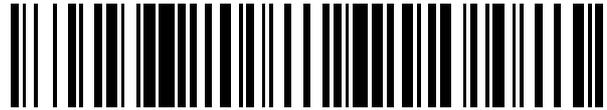


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 533 326**

51 Int. Cl.:

F03D 5/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.08.2012 E 12181506 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.12.2014 EP 2700814**

54 Título: **Planeador para producción de energía eólica aerotransportada**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.04.2015

73 Titular/es:

**AMPYX POWER B.V. (100.0%)
Lulofsstraat 55, unit 28
2521 AL The Hague, NL**

72 Inventor/es:

RUITERKAMP, RICHARD

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 533 326 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

Planeador para producción de energía eólica aerotransportada

La presente invención se refiere a un planeador para producción de energía eléctrica a partir del viento. La presente invención también se refiere a un sistema para producción de energía eléctrica a partir del viento.

5 La producción de energía eléctrica a partir del viento se lleva a cabo generalmente mediante planos de sustentación o estructuras con perfil aerodinámico, los cuales producen fuerzas de sustentación al ser expuestos al viento. De esta manera se extrae energía del viento, la cual puede ser convertida en electricidad, por ejemplo explotando de dichas fuerzas de elevación para accionar un generador eléctrico. Las turbinas eólicas bien conocidas comprenden por ejemplo un rotor con aspas de rotor perfiladas aerodinámicamente, en donde las fuerzas de sustentación de las
10 aspas de rotor provocan que el rotor rote. El rotor está montado en un generador eléctrico, el cual está ubicado a modo de ejemplo en la parte superior de una torre, para la producción de electricidad.

Con la finalidad de explotar fuentes energéticas en altura por encima de algunos cientos de metros sobre el suelo, en donde el viento medio es más fuerte y constante debido a menores interacciones perturbantes con la superficie de la tierra, se ha propuesto usar planos de sustentación en vuelo. Estos conceptos son frecuentemente referidos
15 como energía eólica en vuelo o producción de energía eólica en vuelo.

Uno de los desafíos de la producción de energía eólica en vuelo es la transferencia de la energía extraída del viento a gran altura hacia el suelo. En este contexto se han propuesto dos enfoques generales, un primero que proporciona un generador en vuelo y subsecuentemente un objeto volador relativamente pesado, y otro que proporciona un generador dispuesto en tierra, en donde la energía extraída del viento tiene que ser transformada mecánicamente a
20 tierra.

Un ejemplo de este último enfoque es el concepto denominado cometa de bombeo. Una cometa vuela viento debajo de un generador dispuesto en tierra conectado a sus líneas de pilotaje, las cuales tiran de y accionan el generador a medida que la cometa se aleja del generador. Con la finalidad de recuperar las líneas, el generador es accionado como motor para recuperar la cometa. Durante estas fases, la cometa es pilotada de manera que ejerza menor
25 fuerza de tracción sobre las líneas, de manera que el consumo de energía para recuperar la cometa sea menor que la energía producida por la fuerza de tracción que ejerció anteriormente la cometa sobre las líneas.

El documento WO 2010/148373 A1 se refiere a un sistema de producción de energía eléctrica en vuelo amarrado que puede utilizar una estructura de bastidor apuntalado con planos de sustentación construidos en el bastidor para mantener los generadores accionados por la turbina eólica que están dentro de la estructura del plano de
30 sustentación. Los rotores primarios utilizan el viento predominante para generar la velocidad rotacional. La energía eléctrica generada se devuelve a tierra usando un cable de sujeción que también está adaptado para sujetar el sistema volante a tierra. El sistema volante está adaptado para poder usar la energía eléctrica para proporcionar potencia a las turbinas primarias que se usan como motores para elevar el sistema de la tierra, o el soporte de montaje, en el aire.

35 El problema subyacente de la invención consiste en proporcionar producción de energía eléctrica a partir del viento usando un plano de sustentación en vuelo, en donde en particular el rendimiento energético integral sea mejorado con respecto al estado de la técnica descrito más arriba.

De acuerdo a la presente invención, este problema es resuelto mediante un planeador para producción de energía eléctrica a partir del viento, el cual comprende un plano de sustentación, medios de pilotaje de a bordo para
40 cabecear, balancear y guiñar lateralmente el planeador cuando se encuentra en vuelo, medios sensores que proporcionan una primera señal relacionada con la posición absoluta del planeador, una segunda señal relacionada con la velocidad aerodinámica del planeador y una tercera señal relacionada con la aceleración del planeador, un dispositivo de control conectado a los medios de pilotaje para controlar vuelos autónomos del planeador basados en las señales provistas por los medios sensores, y un medio de conexión para un cable de sujeción que conecta el
45 planeador a una máquina eléctrica dispuesta en tierra construida para convertir una fuerza de sustentación, generada al exponer el plano de sustentación al viento y transferida a la estación en tierra a través del cable de sujeción, en energía eléctrica.

Un planeador o velero en términos de la presente invención es en particular un aeroplano de ala fija, especialmente sin medios de propulsión como hélices o motores de reacción, en donde los medios de pilotaje de a bordo permiten
50 maniobrabilidad total de vuelo del planeador alrededor de su eje longitudinal, su eje lateral y su eje vertical. En términos de la presente invención, estos tres ejes principales constituyen un sistema de coordenadas cartesianas, en donde el origen de dicho sistema de coordenadas está definido por el centro de gravedad del planeador.

En términos generales, con referencia a un vuelo recto y nivelado, el eje longitudinal se refiere a la dirección de movimiento, el eje vertical se refiere a la dirección de sustentación y el eje lateral es esencialmente horizontal para
55 completar un sistema de coordenadas cartesianas.

El planeador comprende por ejemplo un fuselaje y un ala principal, en donde el ala principal constituye o comprende

un plano de sustentación. En esta configuración, el eje longitudinal es esencialmente paralelo al fuselaje, el eje lateral es esencialmente paralelo al ala principal y el eje vertical es perpendicular a los dos ejes longitudinal y lateral. Los expertos en la materia apreciarán que el planeador puede tener otra configuración de aeroplano, como por ejemplo un aeroplano de ala delta, con definiciones apropiadas de los ejes principales.

- 5 En términos de la presente invención, balanceo se refiere a la rotación del planeador alrededor de su eje longitudinal, cabeceo se refiere a la rotación del planeador alrededor de su eje lateral y guiñada se refiere a una rotación del planeador alrededor de su eje vertical.

10 Un planeador proporciona la ventaja de baja resistencia aerodinámica o al arrastre y una elevada sustentación aerodinámica debido al ala fija con perfil aerodinámico rígido o plano de sustentación, respectivamente. Esto es particularmente beneficioso puesto que la energía extraída efectivamente del viento depende fuertemente del ascenso y resistencia aerodinámica, en particular del así llamado coeficiente de planeo.

15 Los medios sensores y el dispositivo de control del planeador de acuerdo con la presente invención permiten vuelos no tripulados, lo cual reduce el peso total del planeador. En consecuencia, gran parte de la fuerza de sustentación generada por el plano de sustentación queda disponible para la producción de energía eléctrica y, por lo tanto, se incrementa el rendimiento integral de producción de energía.

Para incrementar la seguridad del planeador, los medios de conexión están dispuestos en particular para conectar en forma desprendible un cable de sujeción al planeador, en donde el cable de sujeción está conectado o dispuesto para conectar al planeador a una máquina eléctrica en tierra.

20 Los medios sensores y el dispositivo de control también permiten la automatización optimizada del vuelo, en particular con la finalidad de maximizar la fuerza de sustentación durante la fase de producción de energía y con la finalidad de minimizar la fuerza de tracción del cable de sujeción durante la fase de recuperación. El vuelo durante la fase de recuperación puede ser optimizado asimismo para lograr una mínima duración.

25 En términos de la presente invención, una señal relacionada con un parámetro específico en particular es un valor de medición o un conjunto de valores de medición, el cual es obtenido continua o intermitentemente durante el vuelo y permite la determinación de parámetros específicos.

La posición del planeador en particular es la posición absoluta con respecto al suelo, la cual está dada por ejemplo en coordenadas universales, por ejemplo longitud, latitud y altura por encima del nivel del mar.

30 Una señal relacionada con la posición es por ejemplo la velocidad con respecto al suelo del planeador, la cual permite la determinación iterativa de la posición del planeador comenzando de una posición inicial conocida. La velocidad con respecto al suelo en particular es el movimiento o velocidad, respectivamente, del planeador con respecto al suelo.

35 En una modalidad preferida de realización, los medios sensores comprenden un primer sensor de posición, en particular un sensor GPS, es decir, un sensor de acuerdo con la norma del sistema bien conocido de posicionamiento global. Un sensor de posición en particular proporciona una señal directa de medición de la posición absoluta, la cual es frecuentemente más precisa que la determinación iterativa de posición. Los expertos en la materia apreciarán que un sensor de posición puede ser un sensor de acuerdo con las normas de cualquier sistema de posicionamiento basado en satélites, por ejemplo el proyecto Galileo, o bien puede estar basado en otras tecnologías de navegación, tal como RADAR.

40 Los medios de sensor comprenden preferiblemente un segundo sensor de posición, en particular un sensor GPS, en donde el segundo sensor de posición está dispuesto a una distancia dada con respecto al primer sensor. Esta medida permite determinar la orientación de la línea virtual entre el primer sensor de posición y el segundo sensor de posición, y en consecuencia proporciona la orientación del planeador con respecto al sistema de coordenadas universal.

45 En contraposición a la velocidad absoluta con respecto al suelo, la velocidad aerodinámica se refiere al movimiento o velocidad, respectivamente, del planeador con respecto al aire circundante. En particular, debido a la presencia del viento, la velocidad aerodinámica en general difiere de la velocidad absoluta del planeador con respecto al suelo. Sin embargo, la velocidad aerodinámica puede ser derivada de la velocidad absoluta con respecto al suelo y la velocidad de viento, es decir la velocidad del aire con respecto al suelo, pudiendo ser determinada la velocidad absoluta con respecto al suelo a modo de ejemplo a partir del cambio en posición del planeador en función del tiempo.

50 Se prefiere que los medios sensores comprendan un sensor de velocidad, en particular un tubo de pitot. En el presente caso, la señal relacionada a la velocidad aerodinámica es una señal directa de medición y generalmente es más precisa que la determinación indirecta de la velocidad aerodinámica a partir de la velocidad absoluta con respecto al suelo y la velocidad del viento.

55 Un tubo de pitot es un instrumento bien conocido para determinar la velocidad de un aeroplano basado en una

medición de la presión diferencial, a modo de ejemplo la diferencia de una presión de aire en una dirección de vuelo (presión dinámica) y la presión del aire ambiental en una dirección perpendicular a la dirección de vuelo (presión estática).

5 Por ejemplo, un tubo de pitot comprende un tubo cilíndrico orientado a lo largo del eje longitudinal de un aeroplano con un agujero en la punta y un agujero en el lateral, estando ambos agujeros conectados a través de pasajes interiores con un sensor de presión diferencial.

Preferiblemente, el sensor de velocidad aerodinámica es un sensor de velocidad aerodinámica direccional, en particular un tubo de pitot multicanal. Por ejemplo, una diferencia de presión izquierda-derecha y una diferencia de presión abajo-arriba son medidas además de la diferencia de presión dinámica-estática descrita más arriba.

10 Por ejemplo, un tubo de pitot multicanal comprende un tubo cilíndrico con una punta en forma de casquete orientada en el sentido del eje longitudinal de un aeroplano, comprendiendo dicho tubo cinco agujeros en la punta para determinar la presión dinámica y al menos un agujero en el lateral del tubo para determinar la presión estática. Se puede proporcionar más que un agujero para determinar la presión estática, por ejemplo cuatro o aún doce agujeros distribuidos uniformemente a lo largo de un círculo alrededor del lateral del tubo. Los cinco agujeros en la punta
15 están dispuestos con un agujero en el centro de la punta en forma de casquete y otros cuatro agujeros dispuestos a distancias iguales con respecto al agujero central, estando estos agujeros orientados de a pares con el eje lateral y el eje vertical del aeroplano, respectivamente. En esta configuración, la diferencia de presión izquierda-derecha es la presión diferencial de los dos agujeros orientados con el eje lateral, la diferencia de presión abajo-arriba es la diferencia de presión de los dos agujeros orientados a lo largo del eje vertical, y la diferencia de presión dinámica-estática es la diferencia de presión del agujero central en la punta y la presión media de los agujeros dispuestos en el lateral del tubo. Alternativamente, la presión absoluta en cada uno de los nueve agujeros puede ser medida por
20 ejemplo en forma independiente, siendo la diferencia de presión izquierda-derecha, la diferencia de presión abajo-arriba y la diferencia de presión dinámica-estática calculadas a partir de estas mediciones, respectivamente.

25 Una aceleración del planeador puede ser una aceleración translacional o, para un movimiento rotacional, puede ser un movimiento acelerado, una velocidad rotacional y es inducida por fuerzas que actúan sobre el planeador en forma conjunta. Una señal relacionada con la aceleración es por ejemplo la segunda derivada en función del tiempo de la posición en caso de una aceleración translacional y la primera derivada en función del tiempo de la aceleración en caso de velocidad rotacional.

30 En una modalidad preferida de realización de la presente invención, los medios sensores comprenden un sensor de inercia, el cual proporciona en particular una medición directa de la aceleración translacional y/o velocidad rotacional. Por ejemplo, el sensor de inercia mide la aceleración translacional en tres direcciones diferentes y la velocidad rotacional alrededor de tres ejes diferentes.

Un sensor de inercia apropiado incluye en particular un acelerómetro para la medición de una aceleración translacional y/o un giróscopo para medición de la velocidad rotacional.

35 Los medios de pilotaje comprenden preferiblemente al menos una superficie de control aerodinámicamente activa.

Las superficies de control aerodinámicamente activas son usadas para ejercer un par de torsión sobre el planeador alrededor de uno o más de los ejes principales del planeador. Estas superficies de control comprenden por ejemplo al menos un alerón para inducir principalmente balanceo y/o al menos un elevador para inducir principalmente cabeceo y/o al menos un timón para inducir principalmente guiñada. Sin embargo, los expertos en la materia apreciarán que otras superficies de control conocidas en la tecnología aeronáutica también son medios de pilotaje apropiados en términos de la presente invención. En particular, una superficie particular de control puede inducir una rotación alrededor de un eje arbitrario, el cual no corresponde a ninguno de los ejes principales del planeador.

40 Aparte de superficies de control, los medios de pilotaje del planeador comprenden además por ejemplo actuadores, tales como motores eléctricos o sistemas hidráulicos con bombas y cilindros, para mover las superficies de control. Estos actuadores son alimentados por ejemplo mediante una fuente de energía de a bordo, tal como una batería. Alternativamente, los medios de conexión pueden incluir un enchufe eléctrico para conectar el planeador a una fuente de energía eléctrica en tierra a través del cable de sujeción, lo cual reduce significativamente el peso del planeador. En esta configuración, el planeador puede comprender aún una pequeña batería de emergencia para continuar un vuelo seguro en caso de pérdida de conexión con tierra.

50 Otra modalidad de realización de la presente invención se caracteriza porque los dispositivos de control comprenden una unidad de almacenamiento de datos para almacenar datos relacionados con las características de vuelo del planeador y una unidad de procesamiento de datos para derivar señales de control para los medios de pilotaje basadas en los datos almacenados y en las señales provistas por los medios sensores.

55 En la presente, los datos relacionados con las características de vuelo son por ejemplo un modelo matemático de aeroplano, el cual comprende en particular un conjunto de curvas medidas o simuladas de respuesta para la correlación entre la operación o cambios en operación de los medios de pilotaje y el estado resultante o cambios en estado del planeador.

El dispositivo de control está implementado preferiblemente como un filtro de Kalman. Con esta medida se reduce el efecto de las incertidumbres de medición en el control de los medios de pilotaje y en consecuencia del vuelo del planeador.

5 Se prefiere adicionalmente que el dispositivo de control esté implementado como un filtro de Kalman extendido, puesto que tal filtro permite en particular dependencias y correlaciones no lineales.

Para un rendimiento energético optimizado, el dispositivo de control proporciona preferiblemente un primer modo de operación para tirar de un cable de sujeción que conecta el planeador con una máquina eléctrica dispuesta en tierra y en donde el dispositivo de control proporciona un segundo modo de operación para aproximarlos a la máquina eléctrica.

10 Los dos modos de operación difieren en particular en cuanto a la trayectoria o patrón previsto de vuelo, respectivamente. Por ejemplo, el patrón de vuelo del primer modo de operación es un patrón de vuelo de elevada sustentación con vuelos cruzados del planeador en el viento, mientras que el patrón de vuelo del segundo modo de operación comprende un patrón de vuelo principalmente recto del planeador contra el viento.

15 En otra modalidad preferida de realización de la presente invención, el planeador comprende al menos una superficie aerodinámica de control para variar un coeficiente de sustentación del plano de sustentación y/o para variar el coeficiente de resistencia aerodinámica del plano de sustentación y/o para variar el coeficiente de resistencia aerodinámica del planeador. Esta medida puede optimizar a modo de ejemplo la sustentación y/o la resistencia aerodinámica del planeador con respecto con el modo actual de operación. En particular, elevada fuerza de sustentación y baja resistencia aerodinámica, como resulta beneficioso para el primer modo de operación, pueden retardar el descenso del planeador y en consecuencia resultar en un retorno más lento durante el segundo modo de operación. En consecuencia resultaría ventajoso si la sustentación pudiese ser reducida y/o la resistencia aerodinámica pudiese ser incrementada durante el segundo modo de operación.

20 Las superficies adecuadas de control se denominan también deflectores ubicados por la parte superior del plano de sustentación, así llamadas aletas retractiles (slats) ubicadas en el borde de ataque del plano de sustentación, así llamados flaps ubicados en el borde de fuga del plano de sustentación y así llamados frenos de aire, los cuales afectan solamente el coeficiente de resistencia aerodinámica del planeador en conjunto.

25 Adicional o alternativamente, el plano de sustentación puede comprender un perfil aerodinámico variable, lo cual es otra manera de variar el coeficiente de sustentación y/o el coeficiente de resistencia aerodinámica. Un plano de sustentación con perfil aerodinámico variable es por ejemplo semi-rígido y puede ser modificado en cuanto a su curvatura.

30 El problema subyacente de la invención también es resuelto por un sistema para producción de energía eléctrica a partir del viento, que comprende un planeador de acuerdo con la presente invención, una máquina eléctrica dispuesta en tierra y un cable de sujeción que conecta el planeador con la máquina eléctrica, estando la máquina eléctrica construida para convertir la fuerza de elevación generada por la exposición del plano de sustentación al viento y transferida a tierra a través del cable de sujeción, en energía eléctrica.

35 El problema se resuelve además mediante el uso de un planeador de acuerdo con la presente invención para la producción de energía eléctrica a partir del viento.

40 Otras características de la invención se harán evidentes de la descripción de modalidades de realización de acuerdo con la presente invención junto con las reivindicaciones y los dibujos adjuntos. Las modalidades de realización de acuerdo con la invención pueden satisfacer características individuales o una combinación de diferentes características.

45 La presente invención será descrita más abajo, sin restringir la intención general de la invención, basado en modalidades ejemplares de realización, en donde se hace referencia expresa a los dibujos con respecto a la memoria descriptiva de todos los detalles de acuerdo con la invención que no están explicados con mayor detalle en la memoria. Los dibujos muestran:

Fig. 1 ilustra esquemáticamente un planeador de acuerdo con la presente invención;

Fig. 2a ilustra esquemáticamente la operación de un sistema de acuerdo con la presente invención en un primer modo de operación; y

50 Fig. 2b ilustra esquemáticamente la operación de un sistema de acuerdo con la presente invención en un segundo modo de operación.

En los dibujos, los mismos o similares tipos de elementos o respectivamente partes correspondientes están provistos con los mismos números de referencia a fin de evitar que los elementos precisen ser introducidos nuevamente.

La Fig. 1 ilustra una modalidad ejemplar de un planeador 10 para la producción de energía eléctrica a partir del

viento 50 de acuerdo con la presente invención.

5 El planeador 10 está diseñado para ser un aeroplano de ala fija, el cual comprende un fuselaje 12, un ala 14 principal, un plano 16 de cola y superficies 20, 22, 24 de control. También se ilustra en la Fig. 1 el eje 32 longitudinal, el eje 34 lateral y el eje 36 vertical, los cuales se interceptan en el centro de gravedad del planeador 10 y que constituyen el sistema de coordenadas intrínsecas del planeador 10.

En el ejemplo ilustrado, el fuselaje comprende una construcción tubular de material compuesto reforzado con fibra como estructura 11 mecánica de soporte entre el ala 14 principal y el plano 16 de cola, y una góndola 13, la cual está montada por delante del ala 14 principal.

10 El ala 14 principal puede estar construida como una sola ala, como en el caso de la modalidad de realización ilustrada en la Fig. 1. Sin embargo, dentro del ámbito de la presente invención también son posibles diseños alternativos, por ejemplo con un ala 14 principal separada por cada lado del fuselaje.

15 En vuelo, el planeador 10 es maniobrado por medio de superficies de control, las cuales en la modalidad ejemplar de realización comprenden alerones 20 por cada lado del ala 14 principal, como también elevadores 22 y un timón 24 en el plano 16 de cola. Las superficies 20, 22, 24 de control son por ejemplo superficies articuladas usadas para inducir un par de torsión alrededor de los ejes 32, 34, 36 principales del planeador 10 por efectos aerodinámicos.

20 El par de torsión alrededor del eje 32 longitudinal es inducido por medio de los alerones 20, los cuales pueden ser o son operados en forma simultánea y en direcciones opuestas. En este caso, direcciones opuestas significa que, cuando el alerón izquierdo es desplazado hacia arriba con respecto al ala 14 principal, el alerón derecho es desplazado hacia abajo. Con esta medida, la sustentación es incrementada por el lado derecho del ala 14 principal y reducida por el lado izquierdo del ala 14 principal, provocando un par de torsión alrededor del eje 32 longitudinal. El movimiento resultante del planeador 10, es decir una rotación alrededor de su eje 32 longitudinal, es referido como balanceo.

25 Una rotación del planeador 10 alrededor de su eje 34 lateral, la cual es referida como cabeceo, se logra mediante los elevadores 22, los cuales son usados para aumentar o reducir la sustentación del plano de cola, induciendo de esta manera un par de torsión alrededor del eje 34 lateral.

El timón 24 induce una rotación del planeador 10 alrededor de su eje 36 vertical, lo cual es referido como movimiento de guiñada.

30 Además de las superficies 20, 22, 24 de control, el planeador 10 comprende deflectores 26 por cada lado del ala 14 principal, los cuales pueden ser levantados con respecto al ala para reducir el coeficiente de sustentación y al mismo tiempo incrementar el coeficiente de resistencia aerodinámica del ala 14 principal. Además se puede proporcionar otras superficies de control en el ala 14 principal para afectar el coeficiente de sustentación y/o el coeficiente de resistencia aerodinámica del ala 14 principal. En particular, estas pueden ser superficies de control en el canto de ataque del ala 14 principal, así llamadas aletas retractiles de borde de ataque (slats) y/o en el borde de fuga del ala 14 principal, así llamados flaps. Efectos similares pueden ser logrados con un ala que tiene un perfil aerodinámico variable, por ejemplo un ala semi-rígida, en donde se puede variar la curvatura del perfil aerodinámico.

Adicional o alternativamente se pueden proporcionar en el fuselaje frenos de aire, los cuales incrementan el coeficiente de resistencia del planeador 10 en su totalidad sin cambiar el coeficiente de sustentación del ala 14 principal.

40 La operación de las superficies 20, 22, 24 de control es controlada por un dispositivo de control dispuesto en la góndola 13, el cual genera a modo de ejemplo señales de pilotaje para mover las superficies 20, 22, 24 de control de acuerdo con una trayectoria prevista de vuelo o patrones de vuelo 52, 54, respectivamente.

45 La trayectoria prevista de vuelo, según la cual se debe controlar el vuelo del planeador 10, puede ser ajustada externamente o derivada por medio del dispositivo de control de acuerdo con un modo de operación del dispositivo de control. En particular, el patrón de vuelo puede ser controlado y adaptado continuamente a modo de ejemplo para tener en cuenta condiciones de inestabilidad del viento 50.

A modo de ejemplo, el dispositivo de control determina una estimación del estado actual del planeador 10 y compara este con un estado deseado definido por el patrón previsto de vuelo 52, 54. En caso que el estado estimado y el estado deseado difieran, el dispositivo de control deriva señales de pilotaje para las superficies 20, 22, 24 de control, las cuales toman en cuenta las características conocidas de vuelo del planeador 10.

50 El estado o vector de estado del planeador 10 es un conjunto de parámetros que contiene suficiente información para describir el vuelo momentáneo y la evolución diferencial del mismo. El vector de estado del planeador 10 comprende a modo de ejemplo la posición del planeador 10 en coordenadas universales, el vector de velocidad del planeador 10 con respecto al aire circundante y la aceleración traslacional y velocidad rotacional en cada una de las tres dimensiones del planeador 10.

El vector de estado es determinado en forma continua a partir de señales de medición de dos sensores 17, 17' de posición montados en la estructura 11 mecánica de soporte, un sensor de velocidad aerodinámica 18 montado en la punta de la góndola 13 y un sensor de inercia con un acelerómetro de tres direcciones y un giróscopo de tres ejes, alojado dentro de la góndola.

- 5 Con la finalidad de limitar la influencia de incertidumbres de medición durante el vuelo del planeador 10, el dispositivo de control implementa un filtro de Kalman, más específicamente un filtro de Kalman extendido. En particular, el dispositivo de control comprende una unidad de almacenamiento de datos, una unidad de procesamiento de datos y algoritmos apropiados implementados en hardware o software.

- 10 Para la producción de energía eléctrica, el planeador 10 está conectado a una estación 40 en tierra a través de un cable 44 de sujeción, el cual está fijado a o conectado con el planeador 10 en un medio de conexión que está dispuesto preferiblemente en la proximidad del centro de gravedad del planeador 10. De esta manera las cargas variantes que actúan sobre el cable 44 de sujeción no afectan significativamente el balance del planeador 10 en vuelo.

- 15 En la estación 40 en tierra, la longitud en exceso del cable 44 de sujeción es recogida sobre un carrete 42, el cual está acoplado a una máquina eléctrica 46. La máquina eléctrica 46 está conectada a un sistema de almacenamiento y/o distribución (no ilustrado) de energía eléctrica, tal como una red de distribución de energía eléctrica, una estación transformadora o un depósito de energía de gran escala. Los expertos en la materia apreciarán que el sistema de almacenamiento de energía y/o distribución de energía eléctrica puede ser cualquier dispositivo o sistema capaz de recibir electricidad y de suministrar electricidad a la máquina eléctrica rotativa.

- 20 El sistema que comprende el planeador 10, el cable 44 de sujeción y la estación 40 en tierra, es operado en forma alternada en un primer modo de operación para la producción de energía eléctrica, ilustrado en la Fig. 2a y en un segundo modo de operación para recuperación de sistema, ilustrado en la Fig. 2b.

- 25 En el primer modo de operación, el cual es en particular un modo de operación de producción de energía, el planeador 10 es pilotado, por medio del dispositivo de control, para seguir un patrón de vuelo de alta sustentación indicado por la línea 52 viento debajo de la estación 40 en tierra. En las figuras, la dirección del viento está indicada mediante una flecha 50. Durante el vuelo con viento cruzado, en particular vuelo cruzado con viento rápido, el plano de sustentación o ala 14 principal, respectivamente, del planeador 10 genera una fuerza de sustentación mucho más grande que la requerida para mantener el planeador a una altitud dada. Como consecuencia, el planeador 10 ejerce una fuerza de tracción sobre el cable 44 de sujeción, la cual está correlacionada con el exceso de fuerza de sustentación.

- 30 La fuerza de tracción ejercida sobre el cable 44 de sujeción es usada para desarrollar el cable 44 de sujeción del carrete 42 en la dirección de la flecha R, induciéndose de esta manera una rotación del carrete 42. El par de torsión resultante, el cual depende en particular del diámetro del carrete 42 y la fuerza con la cual se tira del cable de sujeción, es transmitido a la máquina eléctrica 46 rotativa, en donde la energía mecánica es transformada en energía eléctrica. Opcionalmente está dispuesta una caja de engranajes entre el carrete 42 y la máquina eléctrica 46 rotativa, lo cual no está ilustrado en las figuras por razones de simplicidad.

Mientras se desenrolla el cable 44 de sujeción, el planeador se aleja volando de la estación 40 en tierra. El mantenimiento del sistema en el primer modo de operación está limitado por lo tanto por la longitud total del cable 44 de sujeción.

- 40 Para recuperar el cable 44 de sujeción, el planeador 10 es pilotado nuevamente, por medio del dispositivo de control, para volar hacia la estación 40 en tierra. A medida que el planeador 10 se acerca a la estación 40 en tierra, la longitud libre del cable 44 de sujeción se acorta y se enrolla en el carrete 42 según se indica con la flecha R', para lo cual se opera la máquina eléctrica 46 como motor en lugar de generador. La potencia necesaria para esta instancia es provista o suministrada por el sistema de almacenamiento eléctrico y/o de distribución.

- 45 En el segundo modo de operación se prefiere que la fuerza de tracción ejercida sobre el cable 44 de sujeción sea lo más reducida posible con la finalidad de minimizar el consumo de energía durante para enrollar el cable 44 de sujeción lo más rápido posible para minimizar el tiempo muerto, es decir el periodo durante el cual el sistema no produce energía eléctrica. El planeador 10 es por lo tanto pilotado para seguir un patrón de vuelo 54 de baja sustentación, el cual por ejemplo es un vuelo en descenso o una inmersión rápida del planeador 10 contra el viento 50 hacia la estación 40 en tierra. Sin embargo, el patrón de vuelo 54 de baja sustentación también puede ser una aproximación del planeador 10 hacia la estación 40 en tierra sin pérdida en altitud, incluyendo una leve ganancia en altura.

- 55 Si la aproximación se desarrolla en forma lenta, a modo de ejemplo porque un elevado coeficiente de sustentación del ala 14 principal demora el descenso del planeador 10, la fuerza de sustentación puede ser reducida y/o la resistencia aerodinámica puede ser incrementada por medio de deflectores 26 o medidas equivalentes discutidas más arriba. De esta manera, el retorno del planeador 10 hacia la estación 40 en tierra puede ser acelerado y se puede reducir el tiempo durante el cual el sistema no produce energía eléctrica.

Una optimización de la fuerza de sustentación y/o resistencia aerodinámica también se puede lograr modificando el modo de funcionamiento de los alerones 20. En lugar de una operación anti-paralela de ambos alerones 20 para guiar el planeador 10, los mismos pueden ser desplazados en paralelo hacia arriba para reducir la sustentación o hacia abajo para incrementar la sustentación.

- 5 En caso que el planeador tenga dos superficies de control por cada lado del ala 14 principal, por ejemplo un alerón 20 y un flap adicional, la resistencia aerodinámica puede ser incrementada sin o prácticamente sin cambios en la sustentación moviendo los alerones 20 hacia arriba y los flaps 14 hacia abajo o viceversa. En este caso, flaps se refieren a una superficie de control abisagrada en el borde de fuga del ala 14 principal, es decir una superficie de control que es estructuralmente similar a un alerón 20.

10 **Lista de referencias**

10	planeador
11	estructura mecánica de soporte
13	góndola
14	ala principal
15	plano de cola
16	sensor de posición
17, 17'	sensor de velocidad del aire
18	alerón
20	elevador
22	timón
20	deflector
24	eje longitudinal
26	eje lateral
32	eje vertical
34	estación en tierra
36	carrete
25	cable de sujeción
40	máquina eléctrica
42	viento
44	patrón de vuelo de alta sustentación
46	patrón de vuelo de baja sustentación
50	
30	
52	
54	

REIVINDICACIONES

1. Planeador (10) para producción de energía eléctrica a partir del viento (50), el cual comprende un plano (14) de sustentación, medios (20, 22, 24) de pilotaje de a bordo para cabecear, balancear y guiar el planeador (10) cuando se encuentra en vuelo, medios (17, 17', 18) sensores que proporcionan una primera señal relacionada con una posición absoluta del planeador (10), una segunda señal relacionada con una velocidad aerodinámica del planeador (10) y una tercera señal relacionada con una aceleración del planeador (10), un dispositivo de control conectado a los medios (20, 22, 24) de pilotaje para controlar el vuelo autónomo del planeador (10) en base a las señales provistas por los medios (17, 17', 18) sensores, y un medio de conexión dispuesto para conexión liberable de un cable (44) de sujeción al planeador para conectar el planeador (10) a una máquina eléctrica (46) dispuesta en tierra construida para convertir una fuerza de sustentación, generada al exponer el plano (14) de sustentación al viento (50) y transferida a tierra a través del cable (44) de sujeción, en energía eléctrica.
2. Planeador de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** los medios (17, 17', 18) sensores comprenden un primer sensor (17) de posición, en particular un sensor GPS.
3. Planeador (10) de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** los medios (17, 17', 18) sensores comprenden un segundo sensor (17') de posición, en particular un sensor GPS, estando el segundo sensor (17') de posición dispuesto a una distancia dada con respecto al primer sensor (17) de posición.
4. Planeador (10) de acuerdo con una cualquiera de la reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** los medios (17, 17', 18) sensores comprenden un sensor (18) de velocidad aerodinámica, en particular un tubo de pitot.
5. Planeador (10) de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** el sensor (18) de velocidad aerodinámica es un sensor (18) de velocidad aerodinámica direccional, en particular un tubo de pitot multicanal.
6. Planeador (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** los medios (17, 17', 18) sensores comprenden un sensor de inercia.
7. Planeador (10) de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** el sensor de inercia incluye un giróscopo y/o un acelerómetro.
8. Planeador (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** los medios (20, 22, 24) de pilotaje comprenden al menos una superficie (20, 22, 24) de control activa aerodinámicamente, en particular al menos un alerón (20) y/o al menos un elevador (22) y/o al menos un timón (24).
9. Planeador (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** el dispositivo de control comprende una unidad de almacenamiento de datos para almacenar datos relacionados con las características de vuelo del planeador (10) y una unidad de procesamiento de datos para derivar señales de control para los medios (20, 22, 24) de pilotaje en base a los datos almacenados y a las señales proporcionadas por los medios (17, 17', 18) sensores.
10. Planeador (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** el dispositivo de control implementa un filtro de Kalman, en particular un filtro de Kalman extendido.
11. Planeador (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** el dispositivo de control proporciona un primer modo de operación para tirar de un cable (44) de sujeción que conecta el planeador (10) con una máquina eléctrica (46) dispuesta en tierra y en el que el dispositivo de control proporciona un segundo modo de operación para aproximar la máquina eléctrica (46).
12. Planeador (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado porque** el planeador (10) comprende al menos una superficie (26) de control aerodinámica para variar el coeficiente de sustentación del plano (14) de sustentación y/o variar el coeficiente de resistencia aerodinámica del plano (14) de sustentación y/o para variar el coeficiente de resistencia aerodinámica del planeador (10).
13. Planeador (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** el plano (14) de sustentación comprende un perfil aerodinámicamente variable.
14. Sistema para producción de energía eléctrica a partir del viento (50), el cual comprende un planeador (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, una máquina eléctrica (46) dispuesta en tierra y un cable (44) de sujeción que conecta el planeador (10) con la máquina eléctrica (46), estando la máquina eléctrica (46) construida para convertir la fuerza de sustentación, generada por la exposición del plano (14) de sustentación al viento (50) y transferida a tierra a través del cable (44) de sujeción, en energía eléctrica.
15. Uso del planeador (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 para la producción de energía eléctrica a partir del viento.

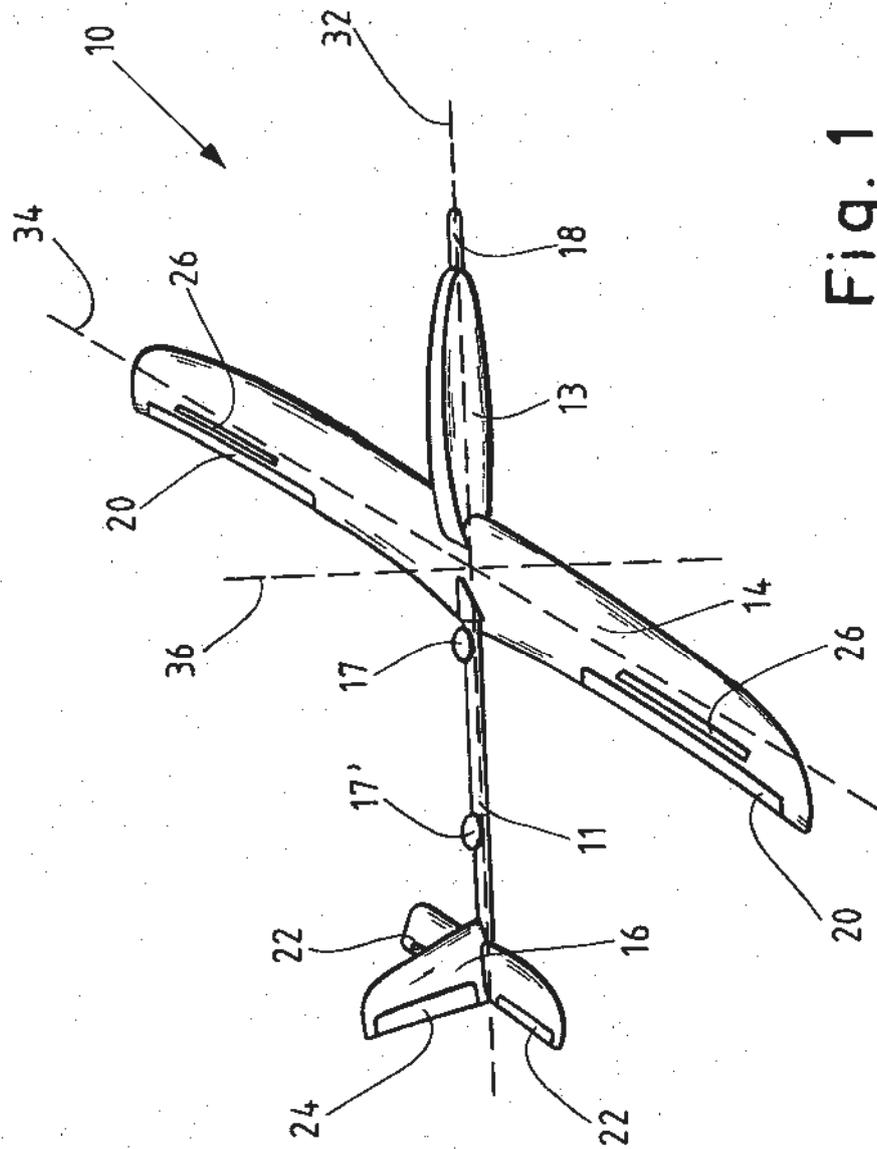


Fig. 1

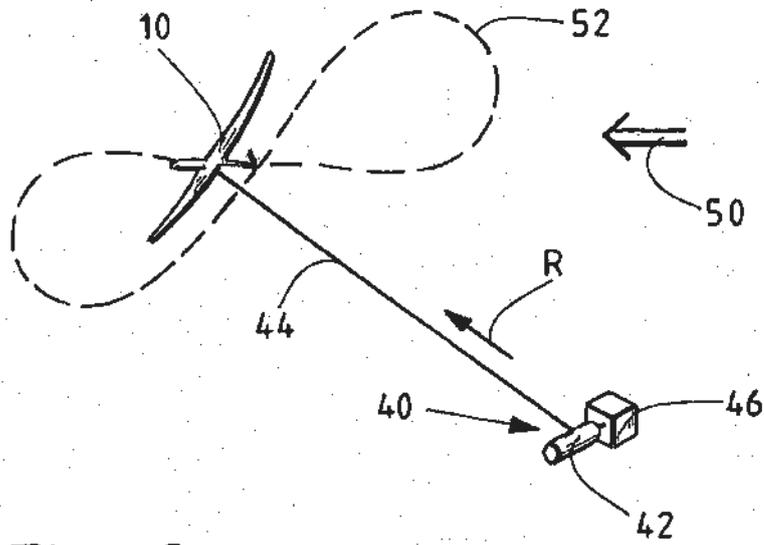


Fig. 2a

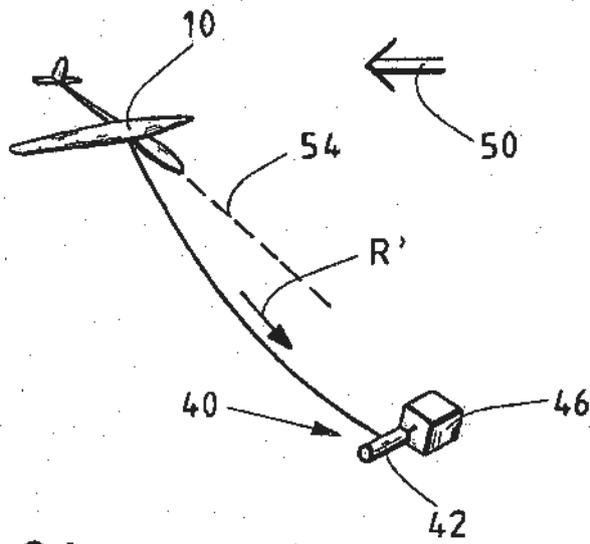


Fig. 2b