

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 589 581**

51 Int. Cl.:

G05D 1/00 (2006.01)

B64C 31/024 (2006.01)

B64C 39/02 (2006.01)

B64C 19/00 (2006.01)

B64C 31/02 (2006.01)

G05D 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.02.2012** **E 12382052 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.08.2016** **EP 2629166**

54 Título: **Vehículo aéreo no tripulado que recupera energía de corrientes ascendentes de aire**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.11.2016

73 Titular/es:

THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US

72 Inventor/es:

CRIADO, ALFREDO

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 589 581 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

Vehículo aéreo no tripulado que recupera energía de corrientes ascendentes de aire

5 La presente descripción se refiere a un vehículo aéreo no tripulado (UAV) capaz de recuperar energía de corrientes ascendentes de aire y a un método para operar un vehículo aéreo no tripulado.

10 Los pilotos de planeadores son conscientes del potencial de aumentar el alcance y/o tiempo de planeo (autonomía) mediante la utilización de corrientes ascendentes de aire causadas por el calentamiento de la superficie de la Tierra. Estos flujos ascendentes de aire de origen natural, a menudo referidos como térmicos, se forman en columnas y se pueden utilizar para elevar o reducir la caída de un planeador que pasa a través de los mismos. Los planeadores pueden incluso moverse en círculo dentro de una corriente ascendente de aire para ganar una altitud deseada hasta una altitud máxima teórica.

15 Los vehículos aéreos no tripulados pueden aprovechar las corrientes ascendentes de aire de la misma manera que los planeadores. Sin embargo, en muchos países se prohíbe que los UAV vuelen en el espacio aéreo controlado y por lo tanto pueden estar sujetos a un techo artificial que es más bajo que la verdadera altitud máxima teórica. Como tal, no siempre es posible que un UAV consiga las mejoras de altura teóricamente disponibles de las corrientes ascendentes de aire.

20 El documento DE102009050522 divulga un vehículo aéreo no tripulado.

El documento DE19828720 divulga un planeador con un dispositivo de generación de energía.

25 Por lo tanto un objeto de la descripción es proporcionar un UAV que pueda obtener beneficios de una corriente ascendente de aire cuando se le prohíbe subir por encima de una altitud umbral.

30 De acuerdo con un primer aspecto de la presente descripción, se proporciona un método definido por la reivindicación 1. En las realizaciones preferidas de un método de este tipo un vehículo aéreo no tripulado con una capacidad de planeo se opera dentro de una región geográfica.

El vehículo aéreo no tripulado comprende un generador dispuesto para ser accionado por un rotor.

35 El método comprende las etapas de: definir un umbral máximo de altitud para una región geográfica, por encima del que no se permite el vuelo del UAV; identificar la ubicación de al menos una corriente ascendente de aire en el área geográfica; maniobrar el vehículo aéreo no tripulado dentro de la corriente ascendente de aire identificada; y recuperar energía a partir del movimiento del vehículo aéreo no tripulado dentro de la corriente ascendente de aire por el frenado regenerativo del rotor para mantener de ese modo una altura igual o inferior al umbral máximo de altitud.

40 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente descripción, se proporciona un vehículo aéreo no tripulado definido en la reivindicación 7. Las realizaciones preferidas de un vehículo aéreo no tripulado de este tipo tienen una capacidad de planeo y comprenden un generador dispuesto para ser accionado por un rotor, y una batería.

45 El vehículo aéreo no tripulado puede operar en un modo de recuperación de energía en el que el movimiento del vehículo aéreo no tripulado acciona el rotor para girar, el rotor acciona el generador, y el generador carga la batería.

50 En el modo de recuperación de energía, el frenado regenerativo del generador reduce la velocidad de avance del vehículo aéreo no tripulado para generar electricidad y evitar que el vehículo aéreo no tripulado vuele por encima de una altura predeterminada. Opcionalmente, el vehículo aéreo no tripulado se dispone para almacenar la energía recuperada en una batería.

55 Para una mejor comprensión de la descripción y para mostrar cómo la misma se puede realizar, se hace ahora referencia, a modo de ejemplo solamente, a los dibujos adjuntos en los que:

la Figura 1 muestra una representación de un UAV de planeo que utiliza corrientes ascendentes de aire;
la Figura 2 muestra una representación de un umbral de altitud superior;
la Figura 3 muestra una representación esquemática de una primera realización de un sistema para controlar un UAV;
60 la Figura 4 muestra una representación esquemática de una segunda realización de un sistema para controlar un UAV; y
la Figura 5 muestra una representación esquemática de un UAV.

65 Como se puede observar en la Figura 1, un UAV 10 se puede deslizar en una trayectoria circular dentro de una corriente ascendente de aire para ascender a una altitud teórica más alta alcanzable dentro de esa corriente ascendente de aire. El UAV 10 puede entonces descender a medida que planea a una corriente ascendente de aire

vecina, en la que puede iniciar un movimiento circular adicional para ascender de nuevo a la altitud teórica más alta disponible para la nueva corriente ascendente de aire.

5 Cuando planea en una corriente ascendente de aire, el UAV 10 está sujeto a un equilibrio de fuerzas en la dirección vertical. Específicamente, el peso del UAV 10 se ve equilibrado por la suma de la fuerza aplicada por la corriente ascendente de aire, con la elevación proporcionada por el movimiento hacia delante de las superficies aerodinámicas 185 del UAV 10 a través del aire a una velocidad particular.

10 Cualquier superficie aerodinámica móvil y la velocidad del UAV 10 definen los parámetros controlables del equilibrio de fuerzas. Para un determinado ángulo de ataque, a altas velocidades, las superficies aerodinámicas 185 del UAV 10 darán como resultado una mayor fuerza de elevación y el UAV 10 ascenderá. A bajas velocidades, las superficies aerodinámicas 185 del UAV 10 darán como resultado una fuerza de elevación inferior y el UAV 10 descenderá. La altitud de un UAV 10 que se mueve en una corriente ascendente de aire se puede controlar, de este modo, mediante la modulación de su velocidad de avance y/o el ángulo de ataque de sus superficies aerodinámicas 185.

15 La Figura 2 muestra el espacio aéreo controlado superpuesto sobre las corrientes ascendentes de aire de la Figura 1. El espacio aéreo controlado se define por encima de un umbral de altitud. No se permiten vehículos aéreos no tripulados en el espacio aéreo controlado y, por lo tanto, la altitud umbral define una limitación artificial de la altitud de los UAV.

20 En una realización ilustrativa de la invención, un UAV 10 es capaz de planear y recuperar energía a partir del movimiento hacia delante del UAV 10.

25 El UAV 10 se configura y dispone para buscar automáticamente las corrientes ascendentes de aire y mantener una trayectoria (es decir, una trayectoria definida en dos dimensiones laterales en un plano horizontal), tal como una trayectoria circular (por ejemplo, una trayectoria helicoidal aproximada en tres dimensiones), dentro de la corriente ascendente de aire para ganar altura hasta, pero no por encima de, una altitud umbral predeterminada correspondiente al límite inferior del espacio aéreo controlado. Cuando se encuentra dentro de la corriente ascendente de aire, el UAV 10 evita que su altitud aumente por encima de la altitud umbral recuperando energía de movimiento de avance utilizando las técnicas descritas a continuación.

30 Como se muestra en la Figura 5, el UAV 10 tiene preferentemente un rotor 190. El rotor 190 puede actuar como una turbina, es decir, el rotor 190 se puede accionar para girar por el flujo relativo del aire que ha pasado el UAV 10. Un motor/generador 140 se acopla al rotor 190 para ser accionado de esta manera para generar electricidad. La electricidad se puede utilizar para cargar una batería 200.

35 En realizaciones ilustrativas, el UAV 10 se dispone para controlar la velocidad a la que el rotor 190 es accionado para girar por el flujo de aire para controlar la velocidad a la que se recupera energía del movimiento hacia adelante del UAV, controlando de este modo la fricción en el UAV 10 y por lo tanto su velocidad de avance y elevación. Por este mecanismo, el movimiento hacia arriba del UAV 10 dentro de la corriente ascendente de aire se puede controlar de tal manera que no supere la altura de umbral.

40 En otras realizaciones ilustrativas, el UAV 10 puede controlar la velocidad a la que el rotor 190 gira cuando vuela en una trayectoria en bucle o generalmente circular (una trayectoria circular o helicoidal en tres dimensiones) mediante el control del ángulo de inclinación del UAV 10 y de ese modo controlar el radio de la trayectoria seguida por el UAV 10 y por lo tanto su velocidad de avance y elevación. En otras palabras, la cantidad de energía extraída del movimiento hacia delante del UAV 10 se puede modular variando el ángulo de inclinación del UAV 10 para controlar de este modo la velocidad de cambio en altitud.

45 Es posible que el UAV 10 tenga un medio de propulsión separado. En ese caso, el motor/generador 140 puede ser un simple generador 140, es decir, no se configura para accionar el rotor 190. Sin embargo, es preferible que el motor/generador 140 actúe también como un motor dispuesto para accionar el rotor 190 en giro. Por lo tanto, el rotor 190 puede actuar como una hélice, es decir, el rotor 190 y el generador/motor 140 pueden ser tanto un medio de recuperación de energía como un medio de propulsión para proporcionar empuje. En un UAV 10 de este tipo es, por tanto, posible que un solo motor/generador 140 proporcionar ambos del empuje y la recuperación de energía. Preferentemente, el motor/generador 140 será un motor sin escobillas.

50 Preferentemente, el UAV 10 comprenderá superficies de control 185 como flaps o listones en las alas, y los elevadores o timones en el plano de cola.

55 Un sistema de gestión de vuelo 210 controla el UAV 10. La Figura 3 muestra una representación esquemática de los componentes del sistema de gestión de vuelo 210 y de cómo se puede controlar el motor/generador 140 y la batería 200.

60 El sistema de gestión de vuelo 210 comprende: un módulo de navegación y orientación 100; un controlador de velocidad 120; sensores de aeronaves 160; y un módulo de identificación de corrientes ascendentes de aire 180.

El motor/generador 140 se acopla a y se dispone para accionar o accionarse por el rotor 190. En un modo de alimentación, el motor/generador 140 actúa como un motor para accionar el rotor 190 en giro. En un modo de generador, se recupera energía a partir del movimiento hacia delante del UAV 10 por el motor/generador 140 que actúa como un generador de manera que el giro del rotor 190 acciona el generador para generar electricidad.

5 En el modo de generador, el motor/generador 140 proporciona potencia a la batería 200 para cargar la batería 200. En el modo de alimentación, el motor/generador 140 recibe energía de la batería 200 con lo que se agota la carga almacenada por la batería 200.

10 El módulo de navegación y orientación 100 controla cómo el UAV 10 maniobra para volar el UAV 10 de un lugar a otro. Por ejemplo, el módulo de navegación y orientación 100 puede controlar las superficies de control 185 del UAV 10 (por ejemplo, flaps o listones). El módulo de navegación y orientación 100 monitoriza la ubicación lateral (latitud y longitud) del UAV 10 (por ejemplo, utilizando un receptor GPS), y controla la altitud del UAV 10 utilizando las señales de los sensores de aeronaves 160. El módulo de navegación y orientación 100 puede determinar el umbral de altitud actual para evitar que el UAV 10 entre en el espacio aéreo controlado. El módulo de navegación y orientación 100 puede incluir una memoria en la que se almacena el umbral de altitud en un lugar determinado, o puede comunicarse con un dispositivo externo, tal como una estación de control de tráfico aéreo para recibir datos de transmisión que indica la ubicación del espacio aéreo controlado.

20 El módulo de navegación y orientación 100 puede proporcionar señales al controlador de velocidad 120 para determinar la velocidad de giro del rotor 190. Las señales se transmiten a través de un medio de comunicación, tales como buses 50. El controlador de velocidad 120 controla la velocidad de revolución del motor/generador 140. Esto se explica en más detalle a continuación.

25 Por otra parte, el controlador de velocidad 120 puede emitir una señal indicativa de la velocidad del motor/generador 140 indicando de este modo la cantidad de energía recuperada por o utilizada por el motor/generador 140.

Los sensores de aeronaves 160 pueden comprender un sensor de velocidad del aire 160a para determinar la velocidad relativa entre el UAV 10 y la masa de aire a través de la que se está desplazando.

30 Los sensores de aeronaves 160 también pueden incluir un sensor de altitud 160b, que proporciona una señal indicativa de la altitud del UAV 10. Por ejemplo, el sensor de altitud 160b puede comprender un receptor GPS, un altímetro barométrico, etc. La señal se envía a través del bus 50 al módulo de navegación y orientación 100.

35 Los sensores de aeronaves 160 incluyen preferentemente un sensor pitot que comprende los dos sensores de presión estática y dinámica.

Por lo tanto, los sensores de aeronaves 160 se pueden disponer para medir la energía total, es decir la suma de la energía potencial y cinética.

40 El módulo de identificación de corrientes ascendentes de aire 180 utiliza los datos de los sensores de aeronaves 160 para identificar la ubicación y el tamaño de las corrientes ascendentes de aire. El proceso por el que esta identificación se realiza se describe a continuación. El módulo de identificación de corrientes ascendentes de aire 180 proporciona una señal al módulo de navegación y orientación 100 a través del bus 50 para indicar la ubicación y el tamaño de las corrientes ascendentes de aire que tienen suficiente velocidad hacia arriba para elevar el UAV 10 cuando planea.

El módulo de navegación y orientación 100 puede utilizar esta señal para controlar el UAV 10 para maniobrar dentro de una corriente ascendente de aire con el fin de ganar altura y/u recuperar energía.

50 La Figura 4 muestra un sistema de gestión de vuelo alternativo 210, que es igual al de la Figura 3, excepto que el módulo de identificación de corrientes ascendentes de aire 180 se puede sustituir por o incluir un dispositivo de comunicación 184. El dispositivo de comunicación 184 se comunica con un sistema externo, tal como una estación en tierra 182 u otro UAV 10 o aeronave. La estación en tierra 182 puede comprender sensores para identificar la ubicación y el tamaño de las corrientes ascendentes de aire, y un transmisor para transmitir datos que indican la ubicación y el tamaño de las corrientes ascendentes de aire al dispositivo de comunicación 184 del UAV 10. Otro UAV 10 puede detectar una corriente ascendente de aire durante el vuelo a través del mismo (como se describe a continuación), y transmitir la ubicación y el tamaño de la corriente ascendente de aire al dispositivo de comunicaciones 184.

60 En otras palabras, el módulo de identificación de corrientes ascendentes de aire 180 de la Figura 3 y el dispositivo de comunicación 184 de la Figura 4 son ambos medios para proporcionar señales representativas del tamaño y la ubicación de las corrientes ascendentes de aire, y se pueden utilizar para identificar la ubicación de una o más corrientes ascendentes de aire que tienen una velocidad ascendente superior a un valor umbral.

65 En realizaciones ilustrativas, el módulo de identificación de corrientes ascendentes de aire 180 identifica el tamaño y

la ubicación de las corrientes ascendentes de aire de la siguiente manera:

5 durante el vuelo del UAV 10, los datos indicativos de la altura y velocidad para cada lugar son capturados periódicamente por los sensores de aeronaves 160. Los datos capturados por los sensores de aeronaves 160 se utilizan para determinar la energía total (es decir, la suma de la energía potencial y la energía cinética) del UAV 10.

10 El módulo de identificación de corrientes ascendentes de aire 180 puede utilizar la señal del controlador de velocidad 120 indica la velocidad del motor/generador 140 para determinar el efecto del motor/generador 140 en la energía total. Por lo tanto, este efecto se puede filtrar por el módulo de identificación de corrientes ascendentes de aire 180.

Una cola de lecturas de ubicación del UAV 10 junto con la tasa de cambio de la energía total medida (corregida para eliminar el efecto del motor/generador 140) se almacena.

15 "Guidance and Control of an Autonomous Soaring UAV ", de Michael J. Allen, del Centro de Investigación de Vuelo de NASA Dryden, Febrero 2007 (NASA/TM-2007-214611), cuyo contenido íntegro se incorpora aquí por referencia, divulga los métodos matemáticos para determinar la forma de corrientes ascendentes de aire/térmicas a partir de tales lecturas.

20 Las lecturas almacenadas se pueden procesar por estos métodos conocidos para determinar la ubicación del centro de la corriente ascendente de aire y una distancia que indica el tamaño de la región de la corriente ascendente de aire que es suficiente para proporcionar elevación al UAV 10.

25 Esto se puede hacer mediante la definición de una función que representa la velocidad de la corriente ascendente de aire como una función de la distancia desde el centro de la corriente ascendente de aire, convirtiendo esto en lecturas de energía total equivalentes, y ajustando después la curva a los datos almacenados para determinar la ubicación del centro de la corriente ascendente de aire (en el plano horizontal, por ejemplo, en términos de longitud y latitud).

30 Al utilizar la técnica descrita anteriormente, es posible que el UAV 10 tome mediciones periódicas de la energía total y determine a partir de una secuencia de esas mediciones el tamaño y ubicación de una corriente ascendente de aire.

35 El controlador de velocidad 120 se puede utilizar para determinar la velocidad del motor/generador 140 cuando se alimenta por la batería 200. Cuando el motor/generador 140 se utiliza como un generador para cargar la batería 200, el controlador de velocidad 120 se puede utilizar para controlar la cantidad en que el motor/generador se resiste al giro del rotor 190. En esta forma, el controlador de velocidad puede utilizar el generador para realizar el frenado regenerativo del rotor 190. El controlador de velocidad 120 reduce la velocidad de giro del rotor 190 consumiendo más potencia utilizando el generador, lo que aumenta la velocidad a la que se carga la batería 200. Esto aumenta la resistencia del UAV 10, frenando así el UAV 10 y reduciendo la elevación.

Por el contrario, el regulador de velocidad 120 puede permitir que el rotor 190 gire más rápido, reduciendo la fricción y aumentando la elevación. Esto da lugar a una menor potencia proporcionada por el generador a la batería 200.

45 Preferentemente, el motor/generador 140 es un motor sin escobillas.

El sistema de gestión de vuelo descrito anteriormente se puede utilizar para controlar el UAV 10 para operar en un número de modos.

50 El UAV 10 puede operar en uno o más modos de alimentación. En los modos de alimentación, la energía almacenada en la batería 200 se puede utilizar para la propulsión del UAV 10. En el caso del UAV 10 descrito anteriormente, esto significaría que la batería 200 puede ser llamada a proporcionar potencia al motor/generador 140 para accionar el rotor 190 en giro.

55 En los modos de alimentación, el UAV 10 se controla por el módulo de navegación y orientación 100 del sistema de gestión de vuelo para planear a lo largo de una trayectoria. Opcionalmente en un modo de este tipo, el módulo de navegación y orientación 100 puede controlar el UAV 10 para navegar hacia una corriente ascendente de aire. Por ejemplo, una corriente ascendente de aire identificada por el dispositivo de comunicaciones 184 de la Figura 4.

60 El UAV 10 puede operar en uno o más modos de planeo en los que no es impulsado. En el caso del UAV 10 descrito anteriormente, esto significaría que la batería 200 no proporciona potencia al motor/generador 140 para accionar el rotor 190 en girar. En su lugar, el motor/generador 140 se acciona para girar por el rotor 190 para recuperar energía a medida que pasa a través de una masa de aire. El controlador de velocidad 120 se puede utilizar para controlar si el rotor 190 gira libremente (obstaculizado solamente por la fricción) o está restringido de girar por la acción del motor/generador 140, a medida que genera electricidad. El controlador de velocidad 120 se puede utilizar también para controlar el grado en que el controlador de velocidad 120 restringe el giro del rotor 190 controlando de esta

manera la velocidad a la que el motor/generador 140 genera electricidad.

En los modos de planeo, el módulo de navegación y orientación 100 puede accionar las superficies de control 185 del UAV 10 para maniobrar el UAV 10.

5 Uno de los modos de deslizamiento puede ser un primer modo de planeo en el que el UAV 10 se controla por el módulo de navegación y orientación 100 del sistema de gestión de vuelo para planear a lo largo de una trayectoria.

10 Opcionalmente, en un modo tal, el módulo de navegación y orientación 100 puede controlar el UAV 10 para navegar hacia una corriente ascendente de aire identificada por el dispositivo de comunicaciones 184 de la Figura 4.

15 En un segundo modo de planeo, el UAV 10 es instruido para mantener su posición lateral dentro del área de una corriente ascendente de aire para aprovechar el aumento de la altura alcanzada. Esto se puede lograr mediante la maniobra del UAV 10 en una trayectoria en bucle (por ejemplo, manteniendo una trayectoria circular). En este segundo modo de planeo, se permite que la altitud del UAV 10 aumente mediante el flujo ascendente de aire dentro de la corriente ascendente de aire. Cuando la altitud llega a la altura de umbral, el módulo de navegación y orientación 100 puede indicar al controlador de velocidad 120 reducir la velocidad de giro del rotor 190 consumiendo más potencia del motor/generador 140. Esto a su vez aumentará la resistencia del UAV de planeo, reduciendo su velocidad de avance y por lo tanto su elevación, evitando con ello un aumento en altitud. Preferentemente, la cantidad de potencia consumida por el motor/generador 140 se modula para mantener una altitud en o ligeramente por debajo de la altitud máxima permitida. Por consiguiente, el motor/generador 140 puede recuperar la energía de la corriente ascendente de aire una vez que el UAV 10 llega a la altitud umbral.

25 No siempre puede ser deseable aumentar la altitud del UAV 10. En un tercer modo de planeo, el UAV 10 también es instruido para mantener su posición lateral dentro del área de la corriente ascendente de aire. Sin embargo, la velocidad de giro del rotor 190 se puede modular para mantener una altura constante del UAV 10 dentro de la corriente ascendente de aire mediante el control de la resistencia del UAV de plano para controlar de ese modo su velocidad de avance y elevación. Por consiguiente, el motor/generador 140 puede recuperar energía de la corriente ascendente de aire sin una altitud cada vez mayor del UAV 10.

30 Por último, se puede proporcionar opcionalmente un cuarto modo de planeo (además de o en lugar del segundo modo) donde el motor/generador 140 extrae energía del movimiento hacia delante del UAV 10 a una velocidad que varía en función del ángulo de inclinación del UAV 10, mientras que vuela en una trayectoria en bucle. Específicamente, el ángulo de inclinación se puede modular para controlar el radio del bucle seguido por el UAV 10. 35 Un bucle con un ángulo de inclinación más grande resultará en un bucle con un radio más pequeño donde la velocidad de avance del UAV 10 es mayor y por lo tanto el rotor recupera más potencia. A la inversa, un bucle con un ángulo de inclinación más pequeño dará lugar a un bucle con un radio mayor en el que la velocidad de avance del UAV 10 es más baja y por lo tanto se el rotor 190 recupera menos potencia. En este cuarto modo de planeo, se permite que la altitud del UAV 10 aumente mediante el flujo ascendente de aire dentro de la corriente ascendente de 40 aire hasta que se alcanza la altura máxima permitida, y a continuación, se mantiene la altura del UAV 10 volando el UAV 10 en una trayectoria en bucle (preferentemente, una trayectoria generalmente circular) y modulando el ángulo de inclinación del UAV 10.

45 Un quinto modo de planeo se puede proporcionar donde no está permitido que la altitud del UAV 10 aumente por el flujo ascendente de aire dentro de la corriente ascendente de aire, sino que simplemente se mantiene a una altura deseada volando el UAV 10 en una trayectoria en bucle (preferentemente, una trayectoria generalmente circular) y modulando el ángulo de inclinación del UAV 10.

50 Del segundo al quinto modos de planeo, es posible que la ubicación de la corriente ascendente de aire pueda causar deriva (tal vez debido a los vientos dominantes). Por lo tanto, puesto que el UAV 10 mantiene su posición en la corriente ascendente de aire, se irá a la deriva con la corriente ascendente de aire mientras vuela en la trayectoria en bucle. En otras palabras, la trayectoria en bucle seguida por el UAV 10 se moverá con la corriente ascendente de aire.

55 Preferentemente, del segundo al quinto modos de planeo, el UAV 10 volará en una trayectoria circular alrededor del centro aproximado de la corriente ascendente de aire identificada, dentro de la corriente ascendente de aire a una distancia del 65 % de la anchura de la corriente ascendente de aire.

REIVINDICACIONES

1. Un método para operar un vehículo aéreo no tripulado (10) que tiene una capacidad de planeo dentro de una región geográfica, comprendiendo el vehículo aéreo no tripulado (10) un generador (140) dispuesto para ser accionado por un rotor (190), comprendiendo el método las etapas de:
- 5 indicar la ubicación de al menos una corriente ascendente de aire dentro del área geográfica; y
 manipular el vehículo aéreo no tripulado (10) dentro de la corriente ascendente de aire identificada;
- 10 el método **caracterizado por:**
- definir un umbral máximo de altitud para una región geográfica, por encima del que no se permite el vuelo del
 vehículo aéreo no tripulado (10); y
15 mantener una altura igual o inferior al umbral máximo de altitud obteniendo energía a partir del movimiento del
 vehículo aéreo no tripulado (10) dentro de la corriente ascendente de aire por el frenado regenerativo del rotor;
 donde la cantidad de frenado regenerativo del rotor (190) se controla para controlar de ese modo la altitud del
 vehículo aéreo no tripulado (10).
2. El método de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de manipular el vehículo aéreo no tripulado
20 (10) en una de las corrientes ascendentes de aire identificadas.
3. El método de la reivindicación 2, donde el generador (140) es un motor dispuesto para accionar el rotor (190), y la
etapa de manipular el vehículo aéreo no tripulado (10) en una de las corrientes ascendentes de aire identificadas
25 comprende accionar el rotor (190) con el motor para propulsar el vehículo aéreo no tripulado (190).
4. El método de cualquier reivindicación anterior, que comprende además la etapa de manipular el vehículo aéreo
no tripulado (10) a lo largo de una trayectoria en bucle para mantener la posición del vehículo aéreo no tripulado (10)
dentro de la corriente ascendente de aire identificada.
- 30 5. El método de la reivindicación 1, donde el vehículo aéreo no tripulado (10) se manipula dentro de la corriente
ascendente de aire identificada con un ángulo de inclinación que se controla para controlar de ese modo la altitud
del vehículo aéreo no tripulado (10).
6. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además almacenar la energía
35 obtenida en una batería (200).
7. Un vehículo aéreo no tripulado con una capacidad de planeo que comprende:
- 40 un generador (140) dispuesto para ser accionado por un rotor (190); y
 una batería (200),
 caracterizado por que:
- 45 el vehículo aéreo no tripulado puede operar en un modo de recuperación de energía en el que el movimiento
 del vehículo aéreo no tripulado acciona el rotor (190) para que gire, el rotor (190) acciona el generador (140),
 y el generador (140) carga la batería (200); y
 en el modo de recuperación de energía, el frenado regenerativo del generador (140) reduce la velocidad de
 avance del vehículo aéreo no tripulado para generar electricidad y evitar que el vehículo aéreo no tripulado
 vuele por encima de una altura predeterminada;
- 50 donde en el modo de recuperación de energía la cantidad de frenado regenerativo del generador (140) se
 controla para controlar de ese modo la altitud del vehículo aéreo no tripulado.
8. El vehículo aéreo no tripulado de acuerdo con la reivindicación 7 o la reivindicación 8, que comprende un medio
de propulsión, donde el vehículo aéreo no tripulado puede operar en un modo de alimentación, en el modo de
55 alimentación la batería (200) alimenta los medios de propulsión para propulsar el vehículo aéreo no tripulado.
9. El vehículo aéreo no tripulado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, que comprende además
medios para identificar la ubicación de una o más corrientes ascendentes de aire con velocidades ascendentes
superiores a un valor umbral (180; 184).
- 60 10. El vehículo aéreo no tripulado de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, donde el generador (140) es un motor
dispuesto para accionar el rotor (190) en giro para propulsar el vehículo aéreo no tripulado en el modo de
alimentación.
- 65 11. El vehículo aéreo no tripulado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, donde el generador
(140) es un motor sin escobillas.

12. El vehículo aéreo no tripulado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, donde el medio para identificar la ubicación de una o más corrientes ascendentes de aire (180; 184) comprende un dispositivo de comunicación (184) dispuesto para recibir datos de flujo de aire indicativos de la ubicación de la una o más corrientes ascendentes de aire y datos de salida que identifican la ubicación de la corriente ascendente de aire.

5

13. El vehículo aéreo no tripulado de acuerdo con la reivindicación 7, donde en el modo de recuperación de energía se maniobra el vehículo aéreo no tripulado con un ángulo de inclinación que se controla para controlar de ese modo la altitud del vehículo aéreo no tripulado.

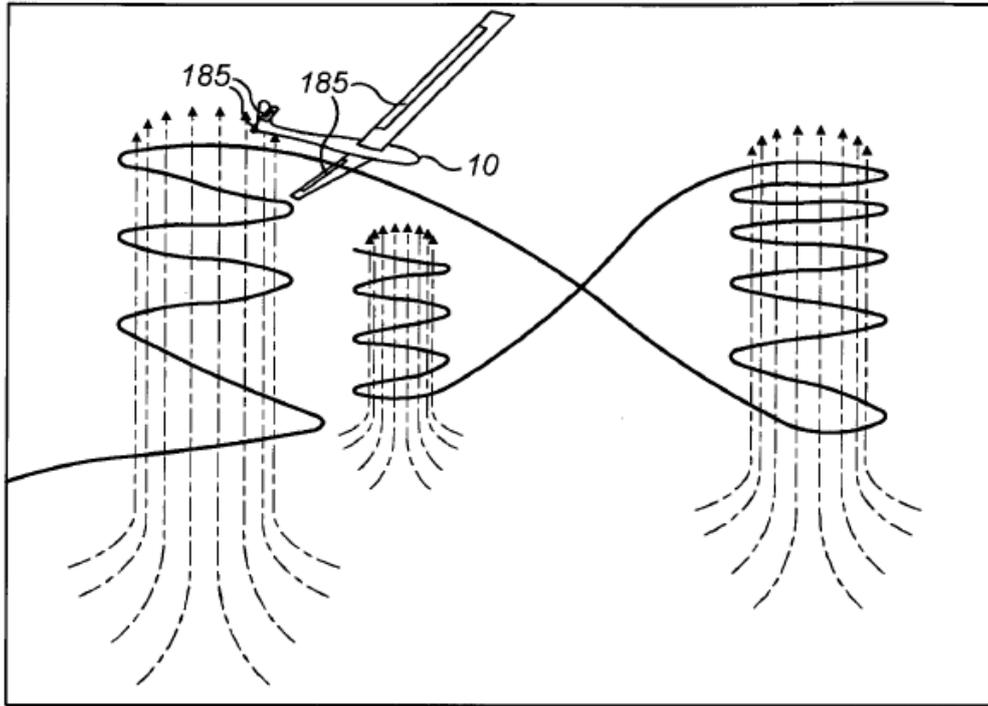


FIG. 1

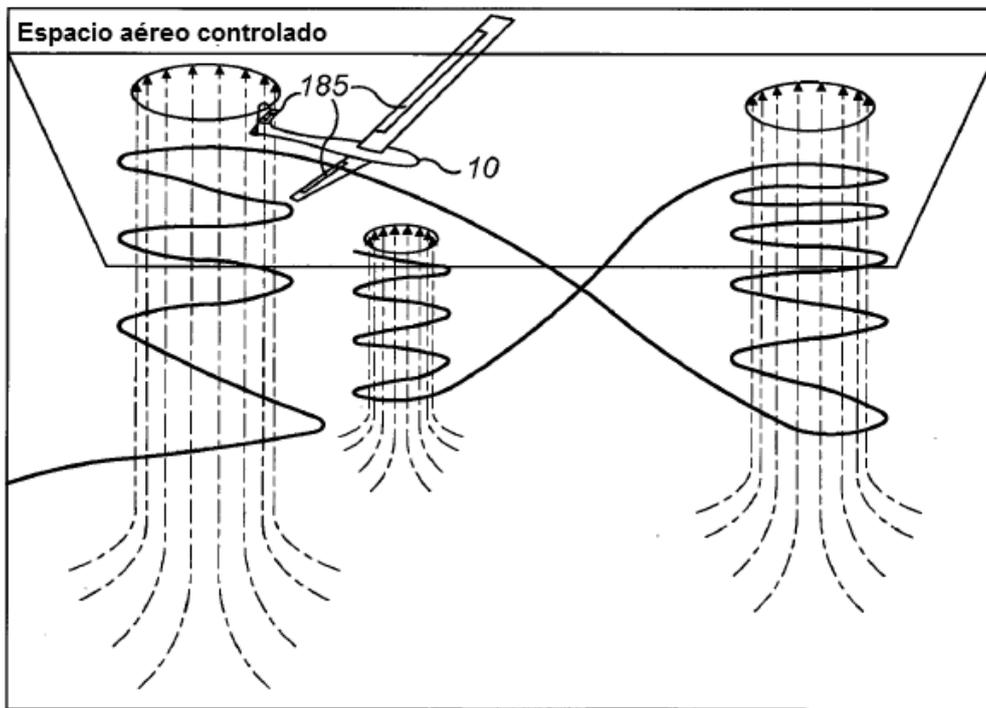


FIG. 2

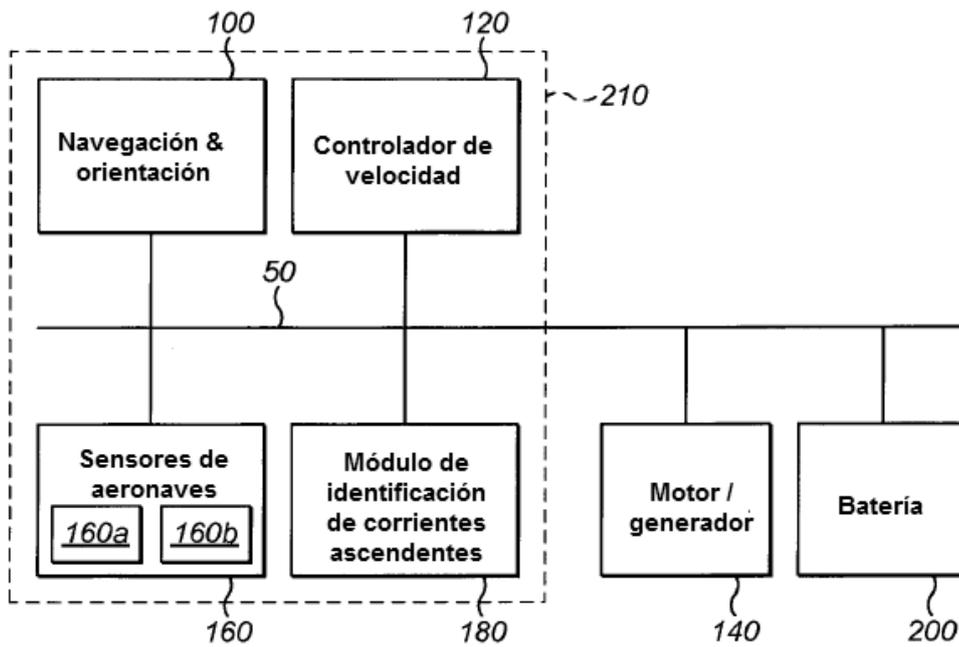


FIG. 3

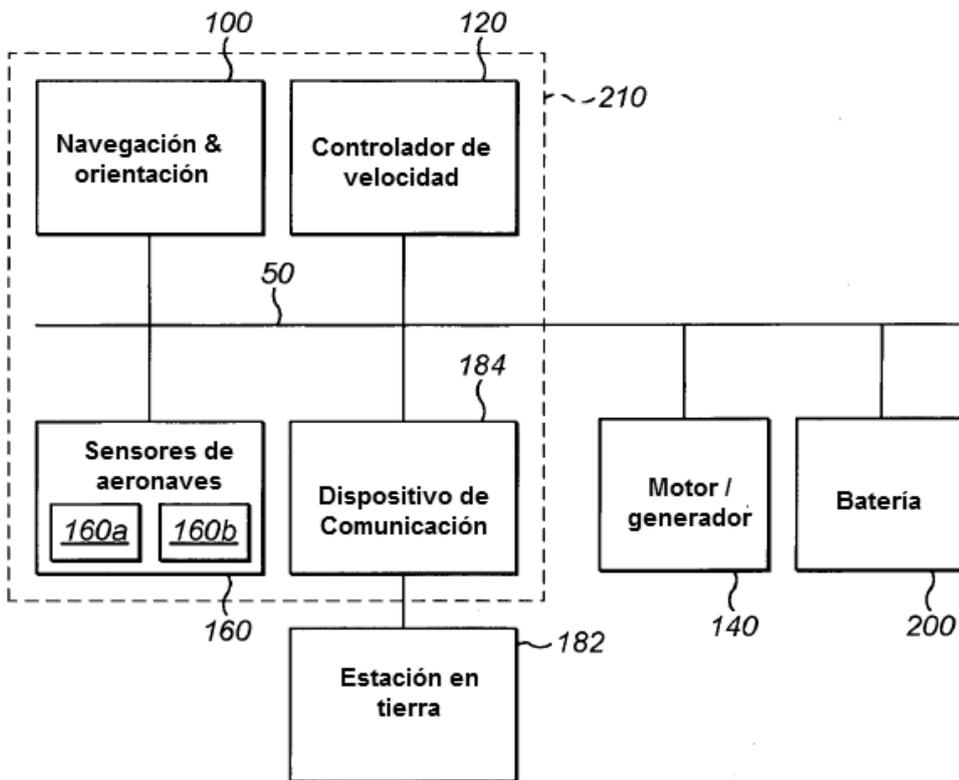


FIG. 4

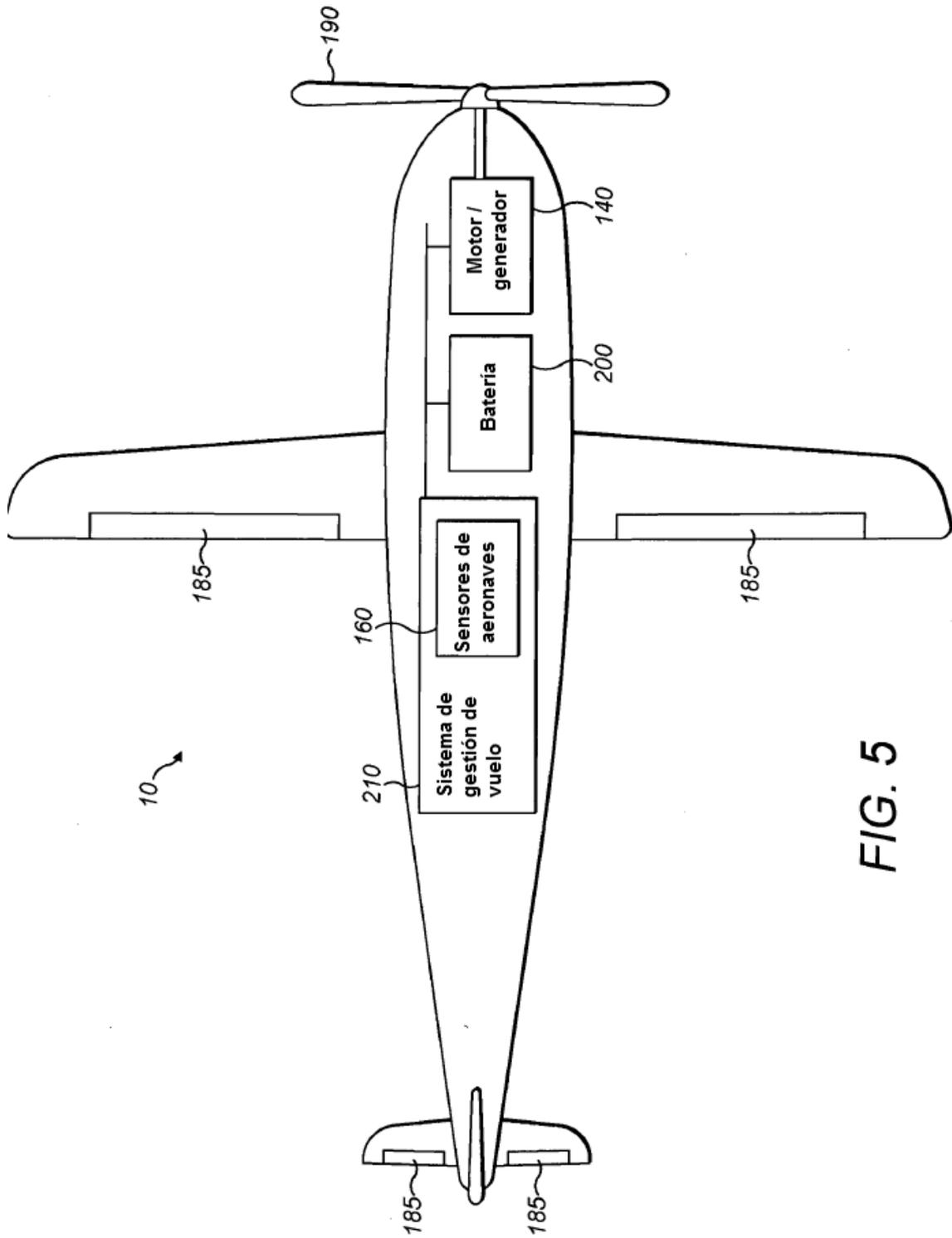


FIG. 5