

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 799 908**

51 Int. Cl.:

B60F 5/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.05.2015 PCT/US2015/031946**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.11.2015 WO15179624**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2015 E 15795744 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 3145735**

54 Título: **Vehículo submarino y aéreo no tripulado**

30 Prioridad:

21.05.2014 US 201462001244 P

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

22.12.2020

73 Titular/es:

RUTGERS, THE STATE UNIVERSITY OF NEW JERSEY (100.0%)

**Old Queen's, Somerset Street
New Brunswick, NJ 08909, US**

72 Inventor/es:

**DIEZ-GARIAS, FRANCISCO, JAVIER y
MAIA, MARCO, M.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 799 908 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 submarino y aéreo no tripulado

Antecedentes

Declaración del campo técnico

- 5 La presente descripción se refiere a sistemas y métodos para diseñar y operar un vehículo no tripulado remoto en múltiples medios, específicamente, se divulga un vehículo no tripulado capaz de operar tanto en el aire como bajo el agua de modo que la transición entre el aire y el agua es sin interrupciones.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Los vehículos aéreos no tripulados (VANT) son bien conocidos en la técnica. Los VANT pueden ser aeronaves de ala fija, que se asemejan a aviones convencionales pilotados por humanos, o pueden ser aeronaves de rotor que usan hélices similares a los helicópteros convencionales pilotados por humanos. Los VANT típicos son controlados remotamente por humanos, aunque algunos pueden ser semi- o totalmente autónomos, un diseño de VANT actualmente popular implica un bastidor con varias hélices, típicamente entre cuatro y ocho. Un VANT con cuatro hélices también se conoce como cuadricóptero. Un VANT con seis hélices también se conoce como hexacóptero. Un
- 15 VANT con ocho hélices también se conoce como octacóptero.

Los vehículos subacuático no tripulados (UUV) también son bien conocidos en la técnica. Al igual que con los VANT, los UUV generalmente son operados de forma remota por un humano, pero también pueden ser semi- o totalmente autónomos.

Los UUV convencionales se parecen a un submarino operado por humanos.

- 20 El documento US 2013/0206915 A1 divulga una nave giropendular de despegue y aterrizaje vertical o un dispositivo de dron capaz de moverse por los diferentes entornos físicos: en el aire, en tierra, en el mar, bajo el agua o en el espacio exterior, que comprende unidades de propulsión superior e inferior dispuestas en diferentes ejes verticales, equipados con un carenado anular que acomoda cierto número de unidades de propulsión o impulsión alimentadas por gas o de ala esclava electrónicamente situadas en la continuación de los ejes del dispositivo, montadas en rótulas tridimensionales en los extremos de cierto número de barras telescópicas, por ejemplo, a 120° de separación en la
- 25 periferia de la plataforma y orientables alrededor de los tres ejes de acuerdo con el plano de vuelo de la nave multimodal y multiambiente, una estructura vertebral por medio de un cuerpo central articulado tridimensional de forma cilíndrica sólida o hueca para formar una función estabilizada de estabilizar, mantener la posición y el rumbo, y de una plataforma de disco rotatorio inercial equipada debajo con una cabina de forma hemisférica que se extiende desde la
- 30 estructura vertebral, que acomoda una carga útil o una aplicación útil, diseñada para varios campos de aplicación.

- El documento WO 2014/067563 A1 describe una plataforma móvil destinada a ser controlada remotamente y que comprende dos pares de propulsores que tienen ejes de propulsión respectivos orientables en dos planos que son paralelos entre sí y a un eje longitudinal (X1, X'1) de la plataforma, cada propulsor comprende una respectiva hélice marina y una hélice aérea y un motor para impulsar la rotación de las hélices marina y aérea, la plataforma también
- 35 comprende medios para conmutar el acoplamiento entre el motor y una u otra de las hélices al invertir el sentido de rotación del motor. Dicha plataforma puede formar un dron capaz de moverse tanto en el aire como en el agua.

Compendio de la invención

- 40 Los vehículos subacuático no tripulados (UUV) también son bien conocidos en la técnica. Al igual que con los VANT, los UUV generalmente son operados de forma remota por un humano, pero también pueden ser semi- o totalmente autónomos. Los UUV convencionales se parecen a un submarino operado por humanos.

Compendio de la invención

- En al menos una realización, la presente invención proporciona un vehículo no tripulado que incluye un cuerpo y una estructura de bastidor que se extiende desde el cuerpo y soporta una pluralidad de conjuntos de hélice, cada conjunto de hélice incluye al menos una hélice y un motor correspondiente con el motor alojado en un carcasa estanca o
- 45 recubierta y resistente a la corrosión. La invención está definida por las reivindicaciones independientes. Realizaciones adicionales están especificadas por las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de las figuras

- Los dibujos adjuntos, que se incorporan aquí y constituyen parte de esta memoria descriptiva, ilustran las realizaciones actualmente preferidas de la invención y, junto con la descripción general dada anteriormente y la descripción detallada
- 50 dada a continuación, sirven para explicar los rasgos de la invención. En los dibujos:

La Figura 1 es una vista isométrica de un vehículo no tripulado ejemplar de acuerdo con una realización de la invención.

Las Figuras 2A-2E son diagramas esquemáticos que ilustran una secuencia de transición ejemplar del aire al agua para uno de los brazos del vehículo no tripulado de la Figura 1.

La Figura 3 es una vista isométrica de una carcasa de motor ejemplar de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 4 es una vista isométrica de un disipador de calor ejemplar de acuerdo con una realización de la invención.

5 La Figura 5 es una vista isométrica de otro vehículo no tripulado ejemplar de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 6 es una vista isométrica de otro vehículo no tripulado ejemplar de acuerdo con una realización de la invención.

10 La Figura 7 es una vista isométrica de otro vehículo no tripulado ejemplar de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 8 es una vista isométrica de incluso otro vehículo no tripulado ejemplar de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 9 es una vista isométrica de otro vehículo no tripulado ejemplar de acuerdo con una realización de la invención.

15 La Figura 10 es una vista isométrica de un ejemplo de kit de vehículo no tripulado de acuerdo con una realización de la invención.

Descripción detallada

20 Se entenderá fácilmente que los componentes de las realizaciones como se describen generalmente en este documento y se ilustran en las figuras adjuntas podrían disponerse y diseñarse en una amplia variedad de configuraciones diferentes. Por lo tanto, la siguiente descripción más detallada de diversas realizaciones, tal como se representa en las figuras, no pretende limitar el alcance de la presente descripción, sino que es meramente representativa de diversas realizaciones. Si bien los diversos aspectos de las realizaciones se presentan en dibujos, los dibujos no están necesariamente dibujados a escala a menos que se indique específicamente.

25 Las realizaciones descritas deben considerarse en todos los aspectos como ilustrativas. El alcance de la invención está, por lo tanto, indicado por las reivindicaciones adjuntas.

30 La referencia a lo largo de esta memoria descriptiva a rasgos, ventajas o lenguaje similar no implica que todas las características y ventajas que pueden realizarse con la presente invención deban ser o estén en una sola realización de la invención. Más bien, se entiende que el lenguaje que se refiere a los rasgos y ventajas significa que un rasgo, ventaja o característica específicos descritos en relación con una realización se incluye en al menos una realización de la presente invención. Por lo tanto, las discusiones sobre los rasgos y ventajas, y un lenguaje similar, a lo largo de la memoria descriptiva pueden, pero no necesariamente, referirse a la misma realización.

35 Además, los rasgos, ventajas y características descritos de la invención se pueden combinar de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones. Un experto en la técnica relevante reconocerá, a la luz de la descripción en el presente documento, que la invención se puede practicar sin una o más de los rasgos o ventajas específicos de una realización particular. En otros casos, se pueden reconocer rasgos y ventajas adicionales en ciertas realizaciones que pueden no estar presentes en todas las realizaciones de la invención.

40 La referencia a lo largo de esta memoria descriptiva a "una realización, una realización", o lenguaje similar significa que un rasgo, estructura o característica particulares descritos en relación con la realización indicada se incluye en al menos una realización de la presente invención. Por lo tanto, las frases "en una realización" y un lenguaje similar a lo largo de esta memoria descriptiva pueden, pero no necesariamente, referirse a la misma realización.

45 Como se usa en este documento, la forma singular "un", "uno" y "el" incluyen referencias en plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario. A menos que se defina lo contrario, todos los términos técnicos y científicos utilizados en el presente documento tienen los mismos significados que los entendidos comúnmente por un experto en la técnica. Como se usa en este documento, el término "que comprende" significa "que incluye, pero no se limita a".

50 La necesidad de vehículos no tripulados se ha disparado durante los últimos años con muchos de estos vehículos desarrollados para innumerables aplicaciones en aire y agua. Los UUV y VANT actuales solo pueden operar en un medio; ya sea agua o aire. Esta descripción se refiere a una aeronave no tripulada totalmente sumergible que puede operar en el aire y bajo el agua y la transición entre ambos medios sin interrupciones. Dicho vehículo puede tener muchas aplicaciones militares, industriales y de consumo, por ejemplo, el despliegue de una carga útil en el agua (p. ej., sensores, actuadores) y aplicaciones en recuperación e inspección subacuáticas (p. ej., barcos, plataformas petroleras u otras plataformas aguaportadas). Aplicaciones adicionales pueden incluir vigilancia y enfoque de sigilo subacuático en entornos desconocidos. Dado que ya existen vehículos subacuáticos y vehículos aéreos, el

desafío/descubrimiento de esta divulgación es encontrar una manera de construir un vehículo que pueda operar en ambos medios y, lo que es más importante, encontrar una forma de transición sin problemas y sin interrupciones entre ellos.

5 Con referencia a las Figuras 1-4, se describirá un vehículo no tripulado 10 de acuerdo con una realización de la invención. El vehículo no tripulado 10 generalmente incluye un cuerpo 20, una estructura de bastidor 30 y una pluralidad de conjuntos de hélice 40. El cuerpo ilustrado 20 incluye miembros de carcasa opuestos 22 y 24 con una junta de sellado 26 entre ellos, de modo que el cuerpo 20 define una estructura impermeable. El cuerpo 20 puede alojar un controlador, otra instrumentación, sensores y similares. El controlador (no mostrado) puede tener la forma de un microprocesador o similar y se configura preferiblemente para comunicación inalámbrica con una estación central, un control remoto y similares. El controlador recibe órdenes de la estación central, el control remoto, sensores u otras entradas y controla el movimiento del vehículo no tripulado 10 en respuesta a las mismas al controlar la rotación de cada una de las hélices 42, 46 para lograr el movimiento deseado como se describirá con más detalle a continuación. El controlador también puede controlar otros instrumentos, por ejemplo, una cámara o un sistema de entrega de carga útil.

15 La estructura de bastidor 30 se extiende desde el cuerpo 20 e incluye una pluralidad de brazos 32 que soportan los conjuntos de hélice 40. La realización actual incluye cuatro brazos 32 que soportan cuatro conjuntos de hélice 40 y, por lo tanto, tiene una configuración de cuadricóptero; sin embargo, la invención no se limita a tales. En la presente realización, elementos de soporte 34 cuelgan de los brazos 32 y se configuran para soportar adicionalmente el cuerpo 20. Además, soportes de aterrizaje 38 se extienden hacia abajo desde los brazos 32 y se configuran para proporcionar una estructura de aterrizaje para el vehículo 10. Los brazos 32 se fabrican preferiblemente como tubos huecos que están en comunicación hermética a agua con el interior del cuerpo 20 y con el respectivo conjunto de hélice 40, como se describe más adelante. Con la construcción impermeable, las baterías, los controladores de velocidad y similares pueden almacenarse en los brazos 32. Idealmente, el cuerpo 20 y el bastidor 30 se hacen de fibra de carbono u otros materiales que son lo más livianos posible y que pueden impermeabilizarse y también manejarse profundidad de inmersión requerida.

20 En la realización ilustrada, cada conjunto de hélice 40 es un conjunto de doble hélice con una hélice superior 42 coaxial con una hélice inferior 46, es decir, las hélices 42, 46 tienen un eje de empuje común. Las hélices 42 y 46 son soportadas para la rotación por una escuadra 45 que se conecta herméticamente a un brazo respectivo 32. La escuadra 45 también soporta un motor 44, 48 para cada hélice 42, 46. Los motores 44, 48 están en comunicación con el controlador y controlado de ese modo. La rotación de los motores 44, 48 se controla para lograr el movimiento deseado del vehículo 10 y también para ayudar con la transición entre medios como se describirá con más detalle a continuación.

30 Con referencia a la Figura 3, se describirá un alojamiento ejemplar 60 para la impermeabilización de los motores 44, 48. Ventajosamente, al usar los motores 44, 48 con devanados de cobre 62 que son mucho más conductores que el agua, no se producirán cortocircuitos y el motor no necesita ser impermeable. Sin embargo, para mejorar la eficiencia y, lo que es más importante, la resistencia del sistema, los motores 44, 48 pueden sellarse. En la realización ilustrada, una carcasa sellada 60 se extiende alrededor de los devanados 62 y un eje 64 se extiende desde la carcasa 60 y se conecta a la hélice respectiva 42, 46. Una junta de sellado 66 se extiende alrededor del eje 64 y evita que el agua entre en la carcasa 60 en el eje de impulsión de hélice 64. La carcasa 60 protege el motor 44, 48 del agua y otros daños ambientales.

40 Sin embargo, los motores también necesitan respirar (disipar calor) y sellar un eje con una velocidad angular tan alta como la observada en multirrotores probablemente dará como resultado pérdidas notables. Dependiendo del material de la caja y del medio en el que funciona, el motor podría sobrecalentarse. Como tal, un enfoque más viable es recubrir los devanados en el interior del motor (que son estacionarios) y reemplazar componentes mecánicos sensibles como los rodamientos con sus homólogos resistentes a la corrosión, como materiales cerámicos o de vidrio. Los imanes en el motor también deben estar recubiertos.

45 Un problema que surge como resultado de la impermeabilización es la transferencia de calor. La batería y especialmente los controladores de velocidad son susceptibles de sobrecalentamiento y se debe emplear un disipador de calor eficaz. Como estos son generalmente componentes que se utilizan para aviones modelo, la carcasa respira aire y la convección del flujo de viento es suficiente para mantenerlos frescos. Sin embargo, no hay flujo de aire en el cuerpo impermeable 20. Una solución de ejemplo es un disipador de calor 70 que incluye, por ejemplo, una placa de aluminio o cobre con aletas que salen del costado y se extienden a través del cuerpo 20. Un ejemplo de disipador de calor 70 se muestra en la Figura 4. El disipador de calor 70 es grande para compensar para estar encerrado en una caja de plástico. En una realización alternativa, el disipador de calor puede exponerse al medio fluido en el que funciona, y no sería necesario un disipador de calor grande. El disipador de calor interno sería suficiente, dependiendo de su uso previsto. En otra realización, el cuerpo 20 puede estar construido de aluminio u otro material con alta conductividad térmica, y la caja en sí misma podría actuar como un disipador de calor, eliminando por completo la necesidad de un disipador de calor interno.

60 Con referencia a las Figuras 2A-2E, se describirá una transición ejemplar del vehículo 10 del aire 100 al agua 110. Como se ilustra en la Figura 2A, cuando el vehículo 10 está completamente en el aire 100, ambos motores 44 y 48

funcionan (como lo indican las flechas curvadas) de modo que ambas hélices 42, 46 crean un empuje hacia abajo hacia el agua 110 (como indican las flechas rectas). Cuando las hélices inferiores 46 llegan al agua 110 como se ilustra en la Figura 2B, las hélices inferiores 46 ralentizan o dejan de rotar mientras las hélices superiores 42 continúan rotando a velocidad regular y crean un empuje hacia abajo. Ralentizar o detener las hélices inferiores 46 al entrar en el agua 110 evita perturbaciones y permite una transición suave de las hélices inferiores 46 al agua 110. Mientras tanto, las hélices superiores 42 proporcionan suficiente empuje para continuar el movimiento hacia abajo del vehículo 10.

Pasando a la Figura 2C, una vez que las hélices inferiores 46 están sumergidas, una vez más se rotan para proporcionar un empuje hacia abajo que ayuda con el empuje hacia abajo generado por las hélices superiores 42. A medida que el vehículo 10 continúa sumergiéndose y las hélices superiores 42 llegan al agua 110 como se ilustra en la Figura 2D, las hélices superiores 42 se ralentizan o dejan de rotar mientras que las hélices inferiores 46 continúan rotando y crean un empuje hacia abajo. Nuevamente, la ralentización o la detención de las hélices superiores 42 al entrar en el agua 110 evita perturbaciones y permite una transición suave de las hélices superiores 42 al agua 110. Mientras tanto, las hélices inferiores 46 proporcionan suficiente empuje para continuar el movimiento hacia abajo del vehículo 10. Una vez que el conjunto de hélice 40 está completamente sumergido, como se ilustra en la Figura 2E, las hélices superior e inferior 42, 46 rotan cada una y, por lo tanto, crean empuje para controlar el movimiento del vehículo dentro del agua 110.

En la realización ilustrada, los sensores 50, 52 y 54 están soportados en los soportes de aterrizaje 38 y las escuadras 45 para indicar al controlador la posición de los conjuntos de hélice 40 en relación con el agua 110 de modo que el controlador pueda detener y arrancar los motores 44 y 48 para lograr la rotación de la hélice descrita anteriormente. Con esta configuración, los sensores 50 en los soportes de aterrizaje 38 se colocan debajo del plano de las hélices inferiores 46 y señalan al controlador cuando las hélices inferiores 46 están a punto de entrar en el agua 110. En respuesta, los motores 48 pueden detenerse. Los sensores inferiores 52 en las escuadras 45 se colocan por encima del plano de las hélices inferiores 46 y, por lo tanto, señalan al controlador cuando las hélices inferiores 46 están sumergidas en el agua 110 de modo que los motores 48 pueden reiniciarse. Los sensores superiores 54 en las escuadras 45 se colocan debajo del plano de las hélices superiores 42 y señalan al controlador cuando las hélices superiores 42 están a punto de entrar en el agua 110 de manera que los motores 44 pueden detenerse o ralentizarse. El controlador puede programarse de modo que los motores 44 se ralenticen o detengan durante una cantidad de tiempo predeterminada para permitir la transición de las hélices 42 a una condición sumergida. Alternativamente, se puede proporcionar otro sensor sobre el plano de las hélices 42 y operar de manera similar a los sensores 52. Los sensores 50, 52, 54 pueden ser, por ejemplo, sensores de tipo flotador, sin embargo, cualquier sensor configurado para detectar entre una atmósfera de aire y se puede utilizar una atmósfera de agua. Además, se pueden utilizar más o menos sensores.

Se contempla además que no se pueden utilizar sensores de agua. En cambio, por ejemplo, el controlador, o un sensor asociado con el mismo, puede configurarse para detectar un pico de resistencia a medida que la hélice 42, 46 se mueve desde el aire menos denso 100 al agua más densa 110. El controlador puede entonces detenerse o ralentizar el motor respectivo 44, 48 durante una cantidad de tiempo predeterminada para permitir la transición suave de la hélice 42, 46. Como una alternativa adicional, la hélice 42, 46 que entra al agua 110 puede detenerse o ralentizarse naturalmente debido a la transición hacia el agua más densa 110 y el motor respectivo 44, 48 no se detiene, sino que se controla, después de una cantidad de tiempo predeterminada, para proporcionar un mayor par de tal manera que la hélice 42, 46 vuelva a rotar en el medio más denso.

La transición del vehículo 10 del agua 110 al aire 100 puede ocurrir a la inversa del proceso descrito anteriormente. Sin embargo, se ha encontrado que las hélices 42, 46 no generan perturbaciones que afecten el asentimiento del vehículo a medida que hace una transición del agua más densa 110 al aire menos denso 100. En consecuencia, la detención o ralentización de las hélices 42, 46 durante tal transición puede no ser necesaria.

El controlador se configura preferiblemente además para controlar el funcionamiento del motor 44, 48 en función del medio en el que está funcionando el vehículo 10. Por ejemplo, cuando el vehículo 10 está sumergido en agua, los motores 44, 48 requerirán un par mayor para lograr la misma velocidad lograda cuando operan en el aire. Además, se ha encontrado que el medio acuoso más denso requiere una mayor inclinación del vehículo para lograr un movimiento hacia adelante/atrás y de lado a lado. Por ejemplo, para mover el vehículo 10 hacia adelante en un medio aéreo, los diversos motores 44, 48 pueden controlarse de manera que el vehículo 10 se incline hacia adelante aproximadamente 5°, tal inclinación genera propulsión hacia adelante. Una inclinación similar en un medio acuoso genera poca o ninguna propulsión hacia adelante. Se ha encontrado que los motores 44, 48 deben controlarse para lograr una inclinación significativa, por ejemplo, 70°, para lograr la misma propulsión hacia adelante. La variación específica dependerá de las propiedades del medio particular, sin embargo, el controlador estará configurado para ajustarse a tales propiedades y para controlar los motores 44, 48 en consecuencia. La ventaja de los motores eléctricos es que responden en milisegundos a cualquier entrada para que se pueda lograr un control adecuado para todas las configuraciones consideradas.

Otro factor en el movimiento del vehículo 10 entre medios y dentro de cada medio es la flotabilidad del vehículo 10. El principio de Arquímedes establece que la fuerza de flotación sobre un objeto sumergido es igual al peso del agua desplazada. Aplicando esto, si la densidad del vehículo es mayor que la densidad del agua, el vehículo se hundirá, ya

que la gravedad ejerce una fuerza mayor. Si el vehículo es menos denso que el agua, flotará, ya que la gravedad ejerce una fuerza menor sobre el vehículo. Si las densidades son exactamente iguales, la fuerza de flotación y la gravedad se cancelan y el objeto no se hundirá ni flotará. Esto presenta tres opciones para el vehículo: 1) hacer que la densidad sea más alta que el agua, y se requerirá energía para llevarlo a la superficie; 2) hacer que la densidad sea menor que el agua y se requerirá energía para empujar el vehículo bajo el agua; 3) hacer que el vehículo tenga una flotación neutra y se requiera una energía mínima para llevar el vehículo debajo o hacia la superficie. Resulta que hacer que el vehículo tenga una densidad ligeramente menor que el agua es beneficioso ya que cualquier fallo en el vehículo podría hacerle ir a la deriva hacia la superficie en lugar de hundirse. Sin embargo, los dos prototipos construidos eran un poco más pesados que el agua, ya que la recuperación no era un problema, ya que todas las pruebas se realizaban en piscinas de diferentes tamaños donde podían recuperarse fácilmente en caso de mal funcionamiento.

Por ejemplo, para un vehículo 10 con un objetivo de peso de dos kilogramos y una objetivo de densidad de agua, se puede calcular el volumen máximo para todo el vehículo 10. La fuerza de flotación se puede escribir como

$$F_B = \rho g v \quad (\text{Ecuación 1})$$

Aquí, ρ es la densidad del agua, g es la constante gravitacional, y v es el volumen de agua desplazada, o el volumen del vehículo 10. Para que el vehículo 10 permanezca bajo el agua, debe tener una masa más alta por volumen que el agua. Dado que el vehículo prototipo pesa dos kilogramos, el volumen tendría que ser menor que el volumen de dos kilogramos de agua. Dos kilogramos de agua tienen un volumen de 2000 centímetros cúbicos, o 122 pulgadas cúbicas. Si el volumen del vehículo fuera superior a este volumen, sería menos denso que el agua. Además, el peso del vehículo 10 no está limitado a dos kilogramos y podría ser más o menos. Además, el vehículo 10 puede escalarse a un tamaño mayor o menor, dependiendo de los requisitos de carga útil.

Para mejorar aún más el funcionamiento del vehículo 10, se puede variar la configuración del cuerpo 20. La Figura 5 ilustra un vehículo 10' de acuerdo con una realización alternativa de la invención. En esta realización, el vehículo 10' incluye nuevamente un cuerpo 20', una estructura de bastidor 30' y una pluralidad de conjuntos de hélice 40. El cuerpo 20' tiene una configuración esférica que tiende a proporcionar un recipiente a presión más fuerte y que también ayuda a minimizar el arrastre y ser menos susceptible a las fuerzas laterales. La estructura de bastidor 30' incluye brazos 32 que se conectan herméticamente a las aberturas 25 en el cuerpo 20'. Se quitan los soportes de bastidor y los soportes de aterrizaje. Los sensores 52 y 54 se proporcionan de nuevo en las escuadras 45. El sensor 50 (no mostrado) se puede proporcionar directamente en una superficie inferior del cuerpo 20' o la escuadra 45. En otros aspectos, el vehículo 10' funciona sustancialmente igual como la realización descrita anteriormente.

Como se explicó anteriormente, el vehículo 10 no está limitado a una configuración de cuadricóptero con hélices dobles en cada brazo. Varias otras configuraciones ejemplares no limitativas se ilustran en las Figuras 6-9. La Figura 6 ilustra un vehículo 10" que comprende un cuerpo esférico 20", una estructura de bastidor 30" y una pluralidad de conjuntos de hélice 40. El cuerpo esférico 20" de la presente realización incluye tres aberturas 25 para soportar los tres brazos 32 del estructura de bastidor 30". En otros aspectos, el vehículo 10" funciona sustancialmente igual que las realizaciones descritas anteriormente.

Con referencia a la Figura 7, el vehículo 10''' incluye un cuerpo esférico 20''', una estructura de bastidor 30''' y una pluralidad de conjuntos de hélice 40a y 40b. El cuerpo esférico 20''' de la presente realización incluye ocho aberturas 25 para soportar los ocho brazos 32 de la estructura de bastidor 30'''. En la presente realización, se utilizan dos conjuntos de hélice diferentes 40a, 40b, cada conjunto de hélice 40a, 40b tiene una única hélice 42, 46 y motor 44, 48. Los conjuntos de hélice 40a se configuran con hélices superiores 42 con sensores 54. Los conjuntos de hélice 40b se configuran con hélice inferior 46 y sensores 52. Se reconoce que los conjuntos de hélice 40a, 40b pueden ser el mismo componente, solo rotados 180° alrededor del eje del brazo 32. Los conjuntos de hélice 40a y 40b se alternan entre sí alrededor del cuerpo 20''', sin embargo, se pueden utilizar otras configuraciones. En otros aspectos, el vehículo 10''' funciona sustancialmente igual que las realizaciones descritas anteriormente. El vehículo 10''' ilustrado en la Figura 8 es sustancialmente el mismo que el vehículo 10''' en la Figura 7 excepto que el cuerpo 20''' incluye cuatro aberturas 25 para soportar los cuatro brazos 32 de la estructura de bastidor 30'''.

Con referencia a la Figura 9, el vehículo 10^v tiene un cuerpo 20^v que incluye cuatro aberturas 25 para soportar los cuatro brazos 32 de la estructura de bastidor 30^{iv} y una quinta abertura en la parte inferior del mismo. En la presente realización, cada uno de los conjuntos de hélice 40a soportados por los brazos 32 incluye una hélice superior 42, un motor 44 y un sensor 54. La hélice inferior 46 está provista por un conjunto de hélice 40b que se conecta directamente a la quinta abertura 25 en el parte inferior del cuerpo 20^v. Los sensores se pueden asociar con el conjunto de hélice 40b. En otros aspectos, el vehículo 10^v funciona sustancialmente igual que las realizaciones descritas anteriormente.

Se reconoce que diferentes aplicaciones del vehículo 10 pueden tener diferentes requisitos y, por lo tanto, diferentes estructuras de cuerpo, bastidor y hélice pueden ser más adecuadas para una aplicación que para otra. Para proporcionar flexibilidad, la Figura 10 ilustra un kit de vehículo no tripulado 80 que permite al usuario ensamblar un vehículo que tiene características preferidas para una aplicación dada. En la realización ilustrada, el kit 80 incluye un cuerpo 20' con una pluralidad de aberturas 25, por ejemplo, ocho aberturas 25. El kit incluye además una pluralidad

de brazos 32 con diversos conjuntos de hélice 40, 40a, 40b, cada uno de los cuales puede asegurarse a una abertura respectiva 25. En el caso de que no se utilicen todas las aberturas 25, el kit 80 incluye además tapones 82 que pueden utilizarse para sellar las aberturas no utilizadas 25. Una vez ensamblado, el vehículo funcionaría como se describe anteriormente.

- 5 Si bien aquí se describen varios conjuntos de hélices, se reconoce que las hélices utilizadas como hélices inferiores 46 no necesitan ser las mismas que las hélices superiores 42. Una configuración preferible utilizaría hélices optimizadas para agua en las hélices optimizadas inferiores y aéreas en la parte superior. Las hélices optimizadas para agua tienden a ser más cortas en longitud y tienen un ángulo de paso más alto en comparación con las hélices aéreas. Las diferencias dominantes entre las hélices de agua y aire tienen que ver con las diferencias entre el agua y el aire. El agua es más densa que el aire y se considera un fluido incompresible, a diferencia del aire. El aire es capaz de aprovechar mejor la densidad aerodinámica y los cambios de presión asociados con el cuerpo de sustentación y la velocidad de su pala, que se pueden usar para la propulsión; no se puede decir lo mismo del agua, ya que la densidad no se desvía mucho. Además, los cambios rápidos de presión en el agua pueden provocar cavitación, lo que se sabe que desgasta y daña las hélices. Por lo tanto, la diferencia de presión que de hecho podría usarse hacia la elevación/empuje aerodinámico está limitada por la aparición de cavitación. Como tal, cuando se trata de hélices destinadas al aire, deben ser: más largas (de modo que los extremos de la pala tengan una velocidad transversal muy alta para una velocidad angular dada y deseada, ya que la elevación aumenta cuadráticamente con la velocidad de la corriente) y con un paso más plano (para reducir el arrastre de las palas y dado que se desea flujo de aire a través de medios de alta velocidad angular/aerodinámica y no simplemente empujando el aire fuera del camino).
- 10
- 15
- 20 Alternativamente, cuando se trata de hélices destinadas al agua, deben ser cortas (para evitar altas velocidades transversales), tener un paso más alto (para compensar su longitud más corta) y tener más palas (para compensar su menor velocidad angular y longitud más corta). Para vehículos 10 destinados a ser utilizados con frecuencia en ambos medios, puede ser deseable fabricar las hélices con una combinación mezclada de rasgos de las hélices de aire y agua.
- 25 Estas y otras ventajas de la presente invención serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la memoria descriptiva anterior. En consecuencia, los expertos en la técnica reconocerán que se pueden realizar cambios o modificaciones en las realizaciones descritas anteriormente sin apartarse de los amplios conceptos inventivos de la invención. Por lo tanto, debe entenderse que esta invención no se limita a las realizaciones particulares descritas en el presente documento, sino que pretende incluir todos los cambios y modificaciones que están dentro del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones.
- 30

REIVINDICACIONES

1. Un vehículo no tripulado que comprende:
 - un cuerpo (20);
 - una estructura de bastidor (30) que se extiende desde el cuerpo (20) y que soporta una pluralidad de conjuntos de hélice (40), cada conjunto de hélice (40) incluye al menos una hélice (42, 46) y un motor correspondiente (44, 48), el motor (44, 48) alojado en una carcasa estanca (60) o revestido y resistente a la corrosión;
 - en donde cada conjunto de hélice (40) comprende al menos una hélice superior (42) y/o una hélice inferior (46); la hélice superior (42) y la hélice inferior (46) son soportadas para rotación por una escuadra (45);
 - al menos un sensor (52, 54) se configura para determinar cuando el subconjunto de la hélice inferior (46) de la al menos una hélice (40), el subconjunto de la hélice superior (42) de la al menos una hélice (40) o ambos están en la transición entre el medio aire y el medio agua;
 - el sensor (52, 54) señala a un controlador cuando las hélices inferiores (46) están a punto de entrar en el agua (110), cuando las hélices inferiores (46) están sumergidas en el agua (110) o cuando las hélices superiores (42) están a punto de entrar al agua (110); el controlador puede detener e iniciar las hélices inferiores (46) y/o las hélices superiores (42);
 - la hélice inferior (46) rota en un plano colocado debajo de un plano en el que rota la hélice superior (42), en donde la pluralidad de conjuntos de hélice (40) se configuran para el funcionamiento independiente de la hélice superior (42) y la hélice inferior (46) de manera que la hélice superior (42) y la hélice inferior (46)
 - (i) funcionan simultáneamente para controlar la propulsión cuando el vehículo no tripulado (10) está completamente sumergido y propulsado en uno de los dos medios de aire y agua, y
 - (ii) funcionan secuencialmente cuando se configuran para operación independiente entre sí a medida que el vehículo no tripulado (10) transita entre un medio aéreo a un medio acuoso.
2. El vehículo no tripulado de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la hélice inferior (46) de la al menos una hélice (40) o hélices se configura para ralentizar o detener la rotación cuando el subconjunto de hélice inferior (46) de la al menos un subconjunto de hélice (40) de las hélices se encuentra en una transición entre el medio aéreo y el medio acuoso, mientras que el subconjunto de hélice superior (42) del al menos un subconjunto de hélice (40) de las hélices continúa rotando.
3. El vehículo no tripulado de acuerdo con la reivindicación 2, en donde el subconjunto de hélice superior (42) de las hélices son de al menos una hélice (40) se configura para ralentizar o detener la rotación cuando el subconjunto de la hélice superior (42) de el al menos un subconjunto de hélice (40) de las hélices se encuentra en la transición entre el medio aéreo y el medio acuoso, mientras que el subconjunto de hélice inferior (46) del al menos un subconjunto de hélices (40) de las hélices continúa rotando.
4. El vehículo no tripulado de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el subconjunto de hélice superior (42) de la al menos una hélice (40) es un subconjunto de hélices configuradas para proporcionar una fuerza de elevación óptima en el medio aéreo y el subconjunto de hélice inferior (46) del al menos una hélice (40) es un subconjunto de hélices configuradas para proporcionar una fuerza de elevación óptima en el medio acuático.
5. El vehículo no tripulado según la reivindicación 1, en donde el plano en el que rota el subconjunto de hélice superior (42) de la al menos una hélice (40) rota el subconjunto de hélices está por encima del centro de gravedad del vehículo no tripulado (40) y el plano en que rota el subconjunto de hélice inferior (46) de la al menos una hélice (40), el subconjunto de hélices rotan está por debajo del centro de gravedad del vehículo no tripulado (10).
6. El vehículo no tripulado de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el vehículo no tripulado (10) tiene una densidad que es igual o ligeramente menor que la densidad del medio acuoso.
7. El vehículo no tripulado según la reivindicación 1, en donde el cuerpo (20) y una estructura de bastidor (30) están sellados contra la entrada de agua.
8. El vehículo no tripulado según la reivindicación 1, que comprende además el controlador configurado para controlar la rotación de cada uno de los motores (44, 48) y en donde el controlador se configura para rotar los motores (44, 48) de modo que el vehículo no tripulado (10) se incline en un ángulo mayor cuando el vehículo no tripulado (10) está en el medio acuático en comparación con la inclinación en el medio aéreo cuando se logra el movimiento hacia adelante/atrás o de lado a lado.
9. El vehículo no tripulado de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende además un disipador de calor (70) asociado con el cuerpo (20).

10. El vehículo no tripulado de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el vehículo no tripulado (10) se configura para funcionar de forma autónoma.
11. El vehículo no tripulado de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el vehículo no tripulado (10) se configura para ser operado por control remoto.
- 5 12. El vehículo no tripulado según la reivindicación 1, en donde cada conjunto de hélice (40) incluye una hélice superior (42) y una hélice inferior (46) que comparten un eje de empuje común, con la primera parte de hélice del subconjunto de hélice superior (42) y la segunda parte de hélice del subconjunto de hélice inferior (46).
13. El vehículo no tripulado según la reivindicación 1, en donde cada conjunto de hélice (40) incluye una única hélice.
- 10 14. El vehículo no tripulado según la reivindicación 1, en donde el conjunto de hélice (40) incluye la hélice inferior (46) conectada a una superficie inferior del cuerpo (20).
15. El vehículo no tripulado según la reivindicación 1, en donde la estructura de bastidor (30) incluye una pluralidad de brazos (32) que se extienden desde el cuerpo (20).
- 15 16. El vehículo no tripulado según la reivindicación 17, en donde la estructura de bastidor (30) incluye dos, tres, cuatro u ocho brazos (32).
17. Un kit para ensamblar un vehículo no tripulado según la reivindicación 1, en donde el kit incluye el cuerpo (20) y una pluralidad de brazos (32) para definir la estructura de bastidor (30), los brazos (32) conectables con el cuerpo (20) de manera sellada y en donde al menos dos de los brazos (32) incluyen conjuntos de hélice (40) con diferentes configuraciones.
- 20 18. Un método para hacer funcionar un vehículo no tripulado que tiene una pluralidad de hélices (42, 46), el método comprende:
- mientras está en cualquiera de ambos de un primer medio y un segundo medio, controlar el vehículo operado de forma remota al operar selectivamente de manera simultánea la pluralidad de hélices que comprenden una hélice superior (42) que se coloca en un plano sobre un plano que tiene una hélice inferior (46); y
- 25 mientras está en un segundo medio, controlar el vehículo operado remotamente al operar selectivamente la pluralidad de hélices (42, 46); y
- mientras realiza la transición entre los medios primero y segundo, controlando el vehículo al hacer funciona selectivamente de forma secuencial la hélice superior (42) y/o una hélice inferior (46) que comparten un eje de empuje común de modo que una de la hélice superior (42) y la hélice inferior (46) que no está ubicado en el límite entre los
- 30 medios primero y segundo funciona a una rotación lenta o detenida.
19. El vehículo no tripulado de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la hélice superior (42) se configura para continuar rotando cuando la hélice superior (42) está en una transición entre el medio aéreo y el medio acuoso, mientras que la hélice inferior (46) continúa rotando en una velocidad sustancialmente sin cambios.
- 35 20. El vehículo no tripulado de acuerdo con la reivindicación 19, en donde la hélice inferior (46) se configura para continuar rotando cuando la hélice inferior (46) está en una transición entre el medio aéreo y el medio acuoso, mientras que la hélice superior (42) continúa rotando en una velocidad sustancialmente sin cambios.

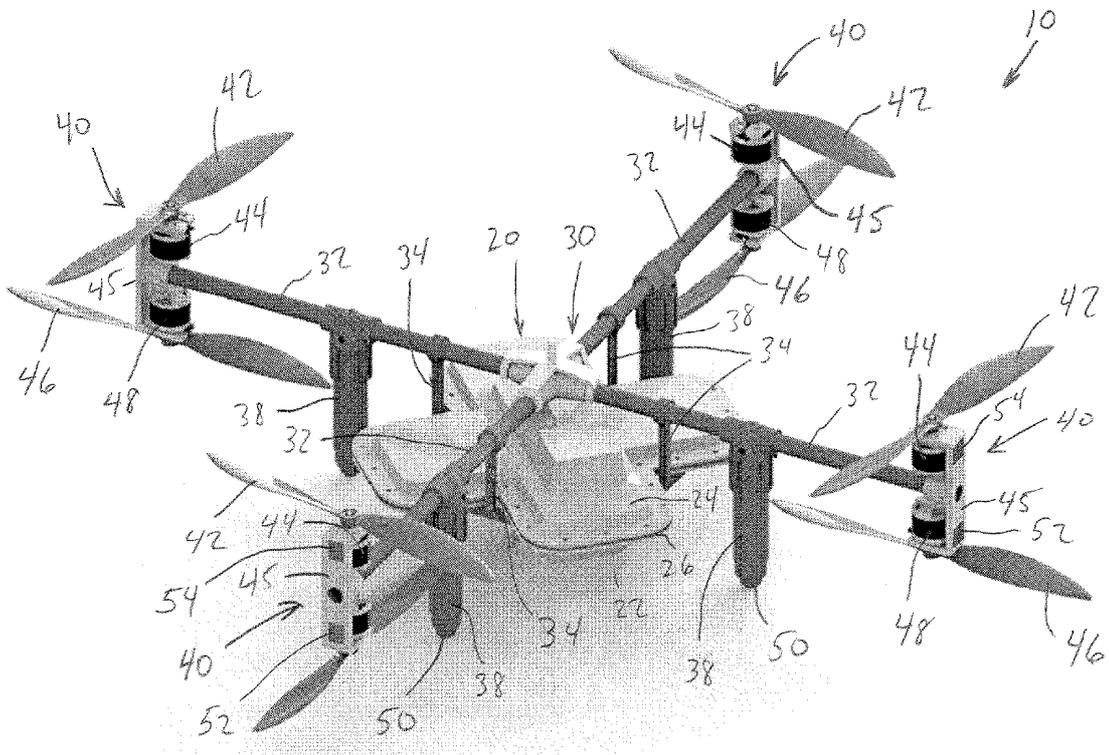


FIG. 1

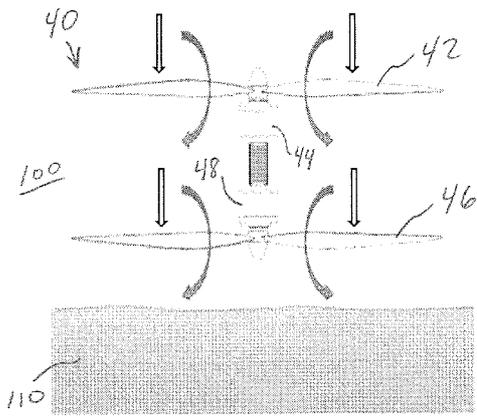


FIG. 2A

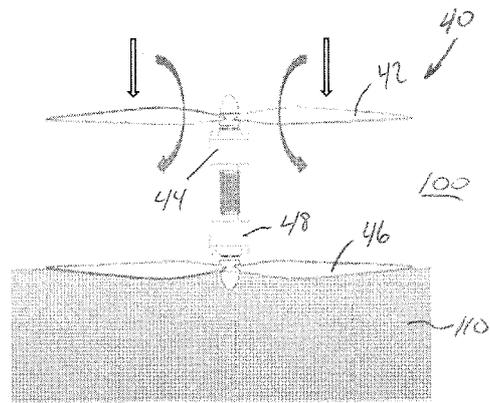


FIG. 2B

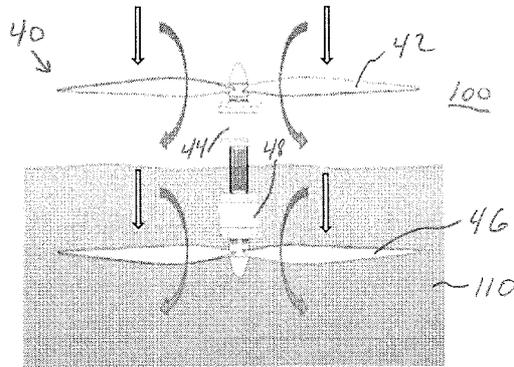


FIG. 2C

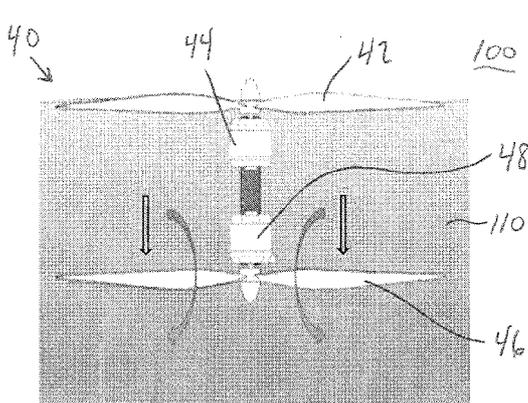


FIG. 2D

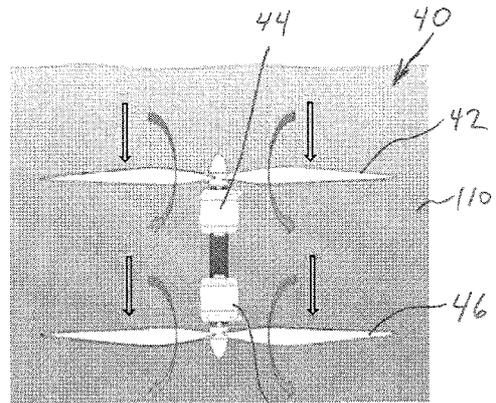


FIG. 2E

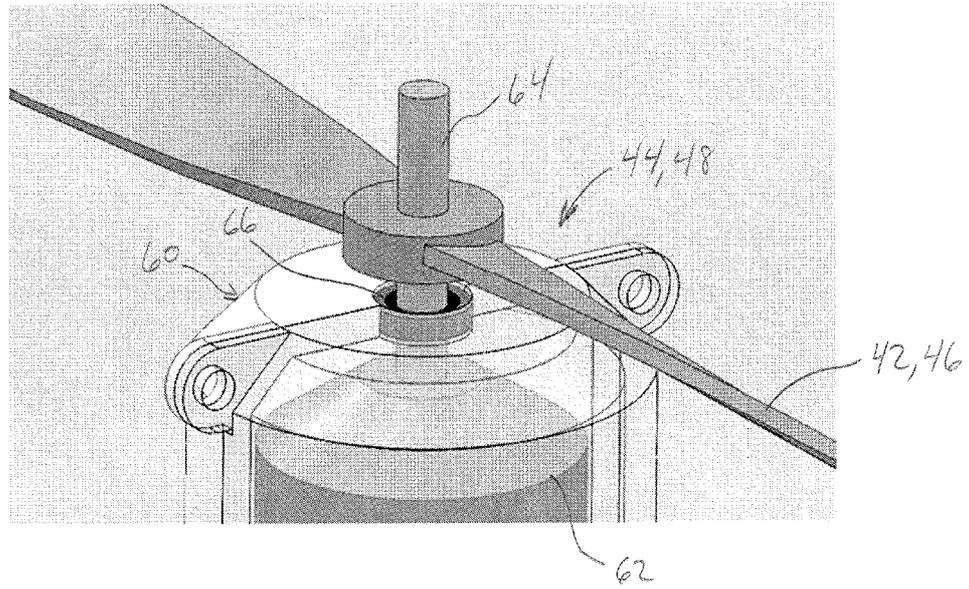


FIG. 3

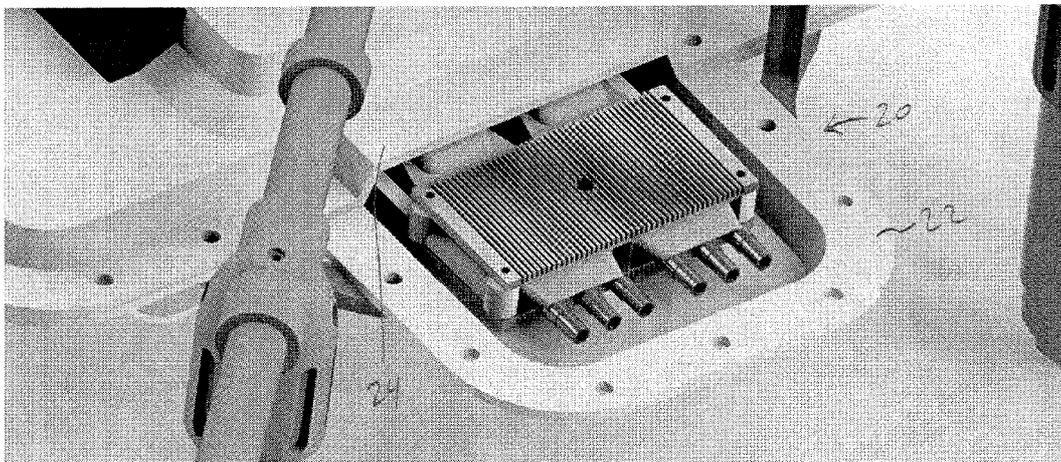


FIG. 4

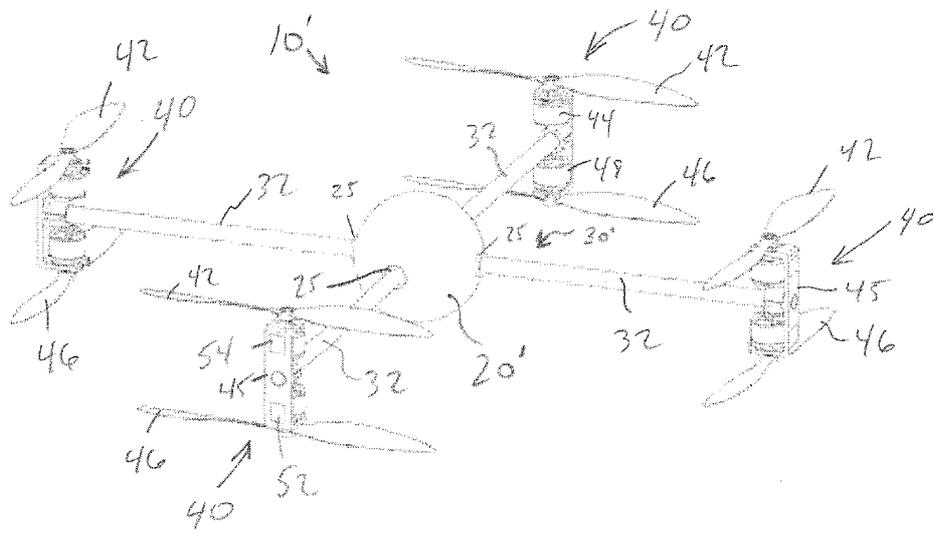


FIG. 5

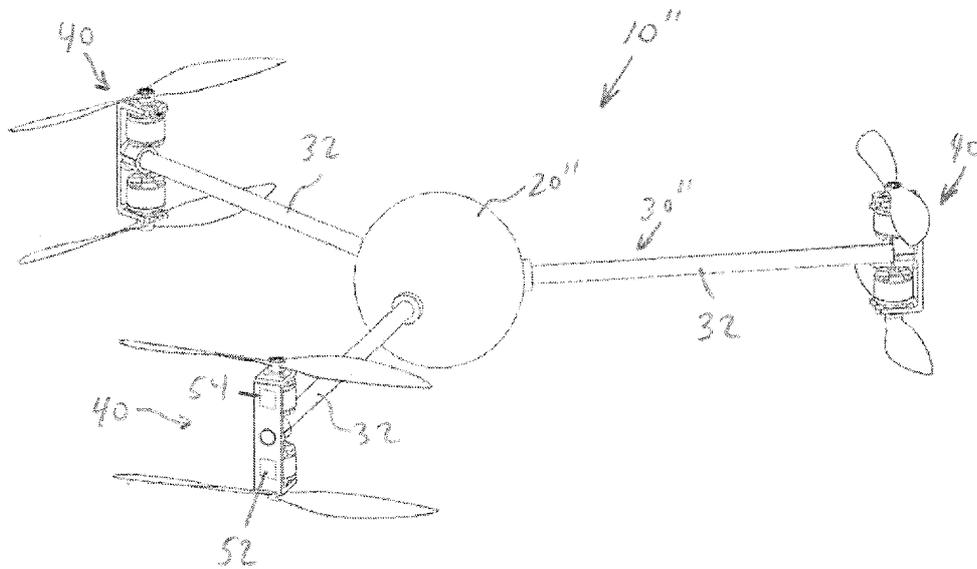


FIG. 6

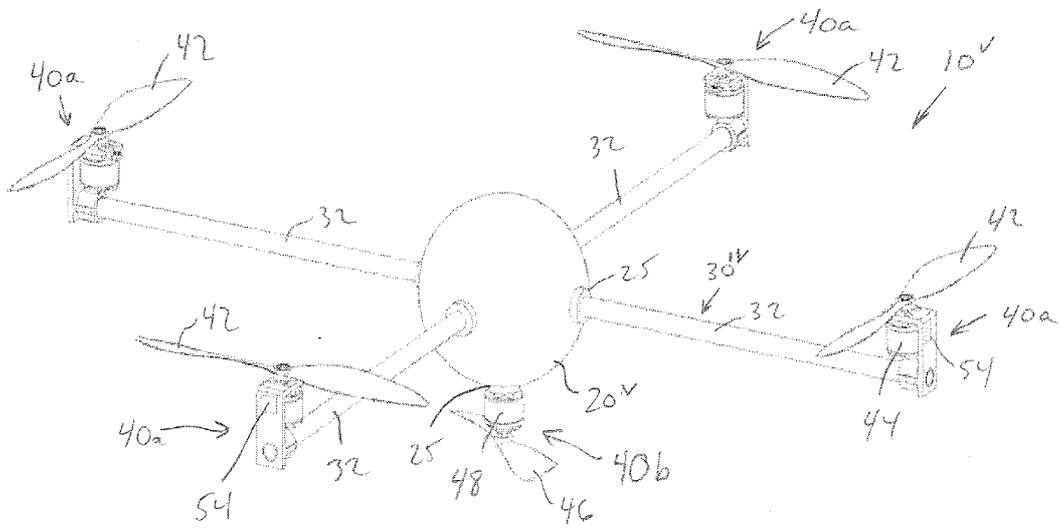


FIG. 9

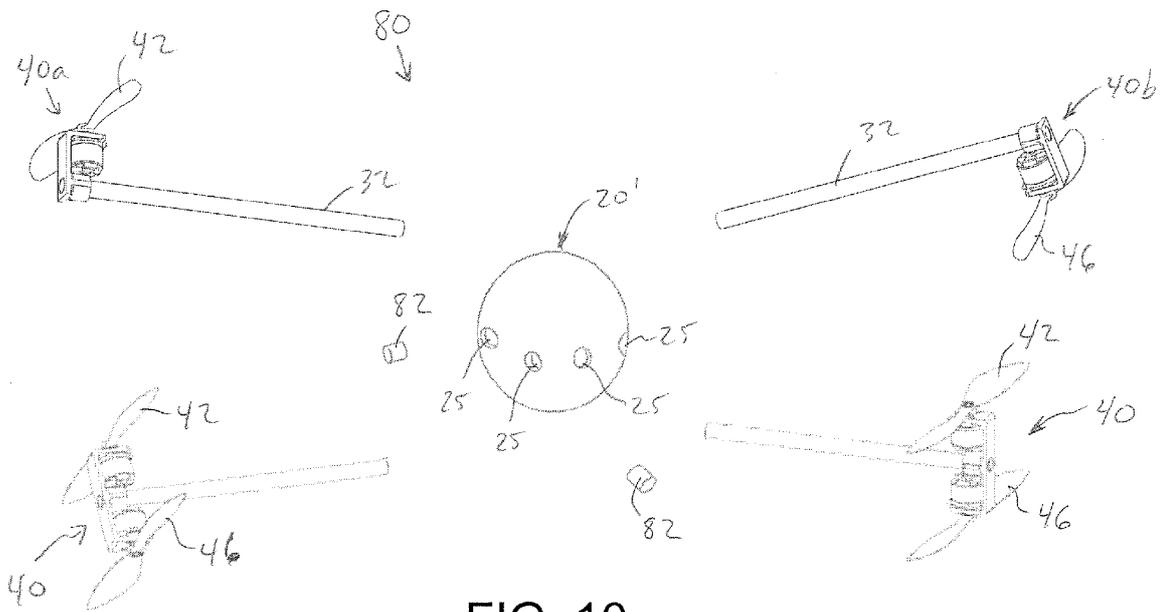


FIG. 10