

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 339**

51 Int. Cl.:

B63H 23/32 (2006.01)

F16C 17/04 (2006.01)

F16C 17/14 (2006.01)

B63G 8/08 (2006.01)

B63G 8/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.11.2015 PCT/IB2015/058707**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.05.2016 WO16075631**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.11.2015 E 15804232 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2019 EP 3218259**

54 Título: **Dispositivo propulsor submarino para vehículo submarino**

30 Prioridad:

12.11.2014 US 201414539493

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

28.11.2019

73 Titular/es:

**ECOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE
LAUSANNE (EPFL) (100.0%)
EPFL-TTO EPFL, Innovation Park J
1015 Lausanne, CH**

72 Inventor/es:

**SCHILL, FELIX y
BAHR, ALEXANDER**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 733 339 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

Dispositivo propulsor submarino para vehículo submarino

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un dispositivo propulsor submarino para un vehículo submarino. Más particularmente, se trata de un dispositivo propulsor con una estructura ligera y simple que se puede fabricar fácilmente.

La presente invención también se refiere a un vehículo submarino provisto de dicho dispositivo propulsor submarino.

Antecedentes de la invención

10 Los vehículos submarinos no tripulados se conocen desde hace mucho tiempo. En particular, se ha descrito un barco submarino de juguete en el documento US 741 581. Más recientemente, dichos vehículos se han utilizado como drones para llevar a cabo una variedad de tareas en el entorno submarino, por ejemplo, inspecciones de tuberías e investigaciones o tareas militares. En el documento WO 2014/113121 se ha descrito un ejemplo de dicha aplicación.

15 Los vehículos submarinos no tripulados suelen tener dimensiones pequeñas o en miniatura para permitir su fácil manejo y su almacenamiento en un espacio limitado. Sin embargo, dichas dimensiones en miniatura pueden aumentar la vulnerabilidad de los vehículos submarinos a la entrada de residuos o a que los sedales se enreden en la hélice de dichos vehículos, lo que podría reducir significativamente su rendimiento y, en el peor de los casos, provocar su deterioro y la pérdida del vehículo. Además, garantizar que las piezas móviles de un sistema de propulsión sean resistentes al agua y a la presión con una gran fiabilidad puede resultar arduo. Las juntas dinámicas
20 alrededor de los ejes del motor pueden desgastarse rápidamente, sobre todo cuando se exponen a partículas de arena suspendidas u otras partículas en el agua. La corrosión también afecta a las piezas metálicas expuestas cuando se exponen al agua, especialmente en agua salada. Una junta defectuosa suele ocasionar una rápida entrada de agua que deteriorará los componentes internos y reducirá la flotabilidad del vehículo, lo que puede traducirse en una pérdida total de todo el vehículo.

25 Se han propuesto diferentes soluciones a estos problemas en el pasado. Véase, por ejemplo, el documento US 5484266 A.

Una solución para hacer que el motor eléctrico del dispositivo propulsor de dichos vehículos sea a prueba de agua y presión es usar juntas tóricas y junta dinámicas que pueden desgastarse rápidamente. Llenar el motor de aceite para resistir la presión externa disminuye la tensión en la junta y mitiga el riesgo de entrada de agua, pero aumenta la fricción dentro del estrecho espacio magnético del motor, puede liberar aceite al ambiente y requiere un mantenimiento regular para reemplazar el aceite perdido. Alternativamente, se puede usar un acoplador magnético entre el motor y la hélice que añada volumen y complejidad y limite el par.

30 Por tanto, un primer objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo propulsor submarino para vehículos submarinos en miniatura, en donde se eviten los inconvenientes mencionados anteriormente.

35 Un segundo objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo propulsor submarino que tenga una estructura compacta y de bajo perfil para reducir la resistencia causada por el grueso del motor, mejorando así el rendimiento del vehículo submarino, particularmente cuando el dispositivo propulsor se utiliza como un impulsor de control de posición y se monta perpendicularmente a la dirección principal de desplazamiento del vehículo submarino.

40 Un tercer objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo propulsor submarino que pueda fabricarse fácilmente.

Compendio de la invención

En esta vista, la presente invención se refiere a un dispositivo propulsor submarino que comprende:

45 - un estátor que comprende bobinas circunferenciales en serie y que está adaptado para generar un campo electromagnético controlado a lo largo de una dirección axial,
- un rotor propulsor sin eje que comprende:

50 - al menos dos placas magnetizadas en forma de anillo separadas coaxialmente a lo largo de dicha dirección axial y perpendiculares a la misma, de manera que dichas bobinas circunferenciales en serie se quedan entre ellas, definiendo cada placa una abertura central y teniendo una serie circunferencial de polos magnetizados radialmente extendidos incorporados en su interior, generando dichos polos magnetizados un campo magnético que interactúa con el campo electromagnético del estátor para ocasionar el giro de dichas placas alrededor de un eje central paralelo a dicha dirección axial,

- al menos una hélice en forma de anillo definida por su periferia exterior y su periferia interior, recibéndose dicha hélice en el interior de las aberturas centrales de dichas placas y asegurándose de manera fija a ellas,
- una pluralidad de palas de hélice que se proyectan hacia dentro desde la periferia interior de dicha hélice, produciendo dichas palas un empuje a lo largo del eje central cuando las placas giran,

5 en donde el rotor está separado axialmente del estátor por un espacio para permitir la formación de una película hidráulica dentro de dicho espacio, adaptándose dicha película hidráulica para proporcionar la lubricación del rotor, reduciendo así la fricción entre el rotor y el estátor, y para transmitir la fuerza de empuje axial del rotor al estátor.

En las reivindicaciones dependientes 2 a 12 se definen características importantes del dispositivo propulsor.

10 La presente invención también se refiere a un vehículo submarino provisto de dicho dispositivo propulsor submarino tal como se define en las reivindicaciones dependientes 13 a 19.

15 Debido a su disposición de imán de flujo axial en lugar de la disposición de imán de flujo radial más habitual, el dispositivo propulsor submarino de la presente invención tiene la ventaja de que se puede alcanzar una alta densidad de flujo magnético entre el par de placas magnéticas del rotor sin necesidad de un núcleo de hierro. Esto permite un espacio más amplio entre el estátor y el rotor que en motores eléctricos de flujo radial convencionales, reduciendo así la fricción hidrodinámica entre el rotor y el estátor, y haciendo que la disposición sea menos propensa a la abrasión causada por los residuos.

20 Además, simplifica los requisitos de montaje para el rotor. En motores de imanes permanentes convencionales, cualquier desequilibrio genera grandes fuerzas magnéticas entre los imanes permanentes en el rotor y el estátor que aumentan el desequilibrio. Para resistir dichas fuerzas, el rotor en otros diseños de motor se suele montar sobre un eje central con cojinetes. Sin embargo, esta solución aumenta el riesgo de que algunos residuos, tales como sedales o plantas acuáticas, se enrollen alrededor del eje, deteniendo el rotor. Por el contrario, en la invención, debido a la falta de un núcleo de hierro en el estátor, no se producen dichas fuerzas magnéticas aparte de las fuerzas magnéticas que producen el par, eliminando la necesidad de cojinetes rígidos. En la invención, el rotor sin eje se desliza sobre una película de agua, formando dicha película un cojinete hidrodinámico que transmite el empuje al estátor mientras usa el agua circundante como lubricante. Además, esta película de agua elimina fácilmente los pequeños residuos, como partículas de arena, que pueden quedar atrapados dentro del espacio que separa el rotor y el estátor. El riesgo de que las partículas se atasquen entre el rotor y el estátor, pudiendo causar daños al motor, se reduce considerablemente, ya que el rotor no está montado rígidamente y puede moverse temporalmente de forma axial o radial hasta que las partículas se desalojen y se eliminen.

30 Finalmente, el dispositivo propulsor de la presente invención se puede fabricar con mínimos gastos generales de montaje debido a la limitada cantidad de sus componentes.

Breve descripción de los dibujos

35 Otras características y ventajas de la presente invención aparecerán más claramente a partir de la descripción detallada de una realización de la invención que se presenta únicamente a modo de ejemplo no restringido y se ilustra mediante los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista en perspectiva de un barco submarino provisto de varios dispositivos propulsores de la presente invención;

la figura 2 es una vista en perspectiva de un dispositivo propulsor según una realización de la presente invención;

la figura 3 es una vista despiezada en perspectiva del dispositivo propulsor de la figura 2;

40 la figura 4 es una vista en perspectiva del dispositivo propulsor de la figura 2 sin la carcasa de su estátor;

la figura 5 es una vista superior del dispositivo propulsor ilustrado en la figura 4;

la figura 6 es una vista lateral en sección del dispositivo propulsor ilustrado en la figura 4;

la figura 7 es una vista superior de la carcasa del estátor del dispositivo propulsor de la figura 2 que muestra las ranuras que mejoran la película hidráulica entre el rotor y el estátor;

45 la figura 8 es una vista de diseño de la placa de circuito de la placa del estátor del dispositivo propulsor ilustrado en la figura 4;

la figura 9 es una vista lateral en sección de un dispositivo propulsor según otra realización de la presente invención.

Descripción detallada de realizaciones de la invención

50 En referencia a la figura 1, se muestra un barco submarino 100 que tiene un cuerpo 110 que monta cinco dispositivos propulsores 10a, 10b según la presente invención. Cada dispositivo propulsor está configurado para

proporcionar un empuje controlado en cualquiera de dos direcciones opuestas, por lo que los dispositivos propulsores pueden controlarse para cooperar con el fin de mover el barco en cualquier dirección deseada. En particular, tres dispositivos propulsores 10a están configurados para proporcionar un empuje a lo largo de una dirección perpendicular a un eje longitudinal XX' del cuerpo 110 y dos dispositivos propulsores 10b están configurados para proporcionar un empuje a lo largo de una dirección paralela a dicho eje longitudinal XX'. Ventajosamente, el cuerpo 110 puede tener pequeñas dimensiones. En particular, su longitud a lo largo del eje longitudinal XX' puede ser preferiblemente inferior a 1,5 metros y, más preferiblemente, inferior a 80 cm.

Como se muestra en las figuras 2 a 5, cada dispositivo propulsor 10 incluye un conjunto de estátor 20 firmemente sujeto al cuerpo 110 y un conjunto de rotor sin eje 30 situado dentro de un alojamiento 25 definido por el conjunto de estátor. El conjunto de rotor está configurado para girar en cualquiera de dos direcciones opuestas alrededor de un eje central ZZ'. Más particularmente, el conjunto de estátor 20 incluye una carcasa 21 externa a prueba de agua, fabricada preferiblemente de un material plástico, que encierra una placa de estátor 22. Como se muestra en detalle en las figuras 6 y 8, dicha placa de estátor 22 está construida de una placa de circuito impreso multicapa (PCB), comprendiendo cada capa PCB bobinas 23 circunferenciales en serie formadas de un material conductor y soportadas por un material dieléctrico no conductor. Las bobinas están interconectadas para crear un circuito adaptado para el suministro monofase o multifase. La placa de estátor 22 puede fabricarse mediante cualquiera de los métodos de fabricación de PCB conocidos y ser acorde, por ejemplo, al estátor de PCB de la patente US 6 411 002. Ventajosamente, la placa de estátor 22 también incluye una sección de control 24 formada por chips de circuito integrado que están conectados a patrones conductores 26 formados en las capas de la placa de estátor mediante cualquier material adecuado. Dicha sección de control 24 está adaptada para controlar la corriente en las bobinas 23 para generar un campo electromagnético multipolar que gira alrededor del eje ZZ'.

Como se muestra en las figuras 3 y 7, la carcasa 21 externa tiene sustancialmente la misma forma que la placa de estátor 22, cuando se ve en la dirección axial. La carcasa 21 puede ser ventajosamente algo más gruesa que la placa de estátor 22 para definir una cavidad de alojamiento 25 para una placa superior en forma de anillo 31 que contiene un conjunto de imanes, una placa inferior en forma de anillo 32 que contiene un conjunto de imanes y una hélice 33 en forma de anillo, formando dichas placas 31, 32 y dicha hélice 33 el conjunto de rotor 30. Por consiguiente, dicha cavidad de alojamiento 25 comprende un subalojamiento superior en forma de disco 25a y un subalojamiento inferior en forma de disco 25b, teniendo dichos subalojamientos 25a, 25b sustancialmente una forma simétrica con respecto al plano mediano P definido por la placa de estátor 22 y estando axialmente separados por un subalojamiento central en forma de disco 25c sustancialmente alineado con dicho plano mediano P. Como se ilustra en la figura 2, el diámetro D1 de dichos subalojamientos superior e inferior 25a, 25b es ventajosamente algo más grande que el diámetro D2 de dichas placas magnetizadas superior e inferior en forma de anillo 31, 32 para definir un espacio anular entre ellas, dentro del cual puede circular un líquido W, permitiendo así el giro fácil del conjunto de rotor 30 alrededor del eje ZZ'. El líquido W puede ser ventajosamente el líquido circundante en el que funciona el dispositivo propulsor, por ejemplo, pero sin limitación, agua. Por las mismas razones, el diámetro D3 del subalojamiento central 25c puede ser preferiblemente algo más grande que el diámetro D4 de la hélice 33. Además, durante el funcionamiento, la placa superior 31, respectivamente, la placa inferior 32, puede colocarse ventajosamente a lo largo del eje ZZ' para separarse axialmente de la cara inferior 25a₁ del subalojamiento superior 25a, respectivamente, la cara superior del subalojamiento inferior 25b, por un espacio, dentro del cual puede circular el líquido W, creando así una película hidráulica entre el rotor 30 y el estátor 20 que reduce la fricción entre el rotor 30 y el estátor 20 y permite la transmisión del empuje producido por la hélice 33 a dicho estátor. Este espacio puede ser preferiblemente inferior a 3 mm. Como se muestra en detalle en la figura 7, las caras inferior y lateral 25a₁, 25a₂ del subalojamiento superior 25a, respectivamente, las caras superior y lateral del subalojamiento inferior 25b, pueden estar ventajosamente provistas de una serie de ranuras 27, 28 separadas circunferencialmente, estando dichas ranuras adaptadas para mejorar la formación de una película hidráulica mediante el líquido W entre el rotor 30 y el estátor 20 creando un volumen en forma de cuña entre el rotor 30 y el estátor 20 alrededor de dichas ranuras. El líquido W se mete en dicho volumen en forma de cuña mediante el giro del rotor 30, que crea una fuerza axial que repele el rotor desde el estátor, impidiendo así el contacto directo entre el estátor 20 y el rotor 30 y permitiendo la transmisión de las fuerzas de empuje axial desde la hélice 33.

En una realización más de la presente invención mostrada en la figura 9, la cara inferior 25a₁ del subalojamiento superior 25a, respectivamente, la cara superior 25b₁ del subalojamiento inferior 25b, de la carcasa 21 puede estar ventajosamente algo inclinada con respecto al plano mediano P definido por el subalojamiento central en forma de disco de la carcasa, formando así una forma inversamente cónica que es más delgada hacia el centro y más gruesa hacia el borde exterior. De manera similar, la cara inferior 31₁ de la placa superior en forma de anillo 31, respectivamente, la cara superior 32₁ de la placa inferior en forma de anillo 32, que mira hacia dicha cara inferior 25a₁, respectivamente, dicha cara superior 25b₁, puede ser ventajosamente paralela a la misma. Así configurado, el dispositivo propulsor 10 puede tener un autocentrado mejorado del rotor dentro del alojamiento del estátor mientras está girando.

Como se muestra en la figura 3, cada placa magnetizada 31, 32 del rotor 30 define una abertura central 31a, 32a en forma de disco adaptada para recibir la hélice 33. En particular, el diámetro D5 de dichas aberturas puede ser, de forma ventajosa, sustancialmente igual o algo más pequeño que el diámetro D4 de dicha hélice para permitir la conexión fija de dicha hélice a dichas placas mediante abrazaderas. Ventajosamente, la conexión fija de la hélice mediante abrazaderas se consigue mediante las fuerzas de atracción magnética que se producen naturalmente

- entre las dos placas magnetizadas. Por lo tanto, la hélice se puede montar o desmontar fácilmente en las placas magnetizadas sin ayuda de una herramienta y sin necesidad de medios de conexión adicionales. Como se muestra en las Figuras 5 y 6, cada placa magnetizada 31, 32 tiene una serie circunferencial de polos magnetizados 34 radialmente extendidos incorporados en su interior, generando dichos polos magnetizados un campo magnético axial que es perpendicular al flujo de corriente radialmente orientado de las bobinas 23 del estátor 20.
- 5 Ventajosamente, las placas magnetizadas 31, 32 también contienen un anillo anular 36, fabricado ventajosamente de un material ferroso como el hierro, montado en el conjunto de imanes 34 en el lado orientado lejos del estátor 20, para contener el campo magnético posterior de los imanes con el fin de aumentar el flujo magnético a través del estátor 20 y reducir el campo magnético fuera del conjunto de motor para reducir la interferencia con otros equipos
- 10 en el vehículo submarino. De este modo, cuando las placas magnetizadas superior e inferior 31, 32 se colocan en sus respectivos subalojamientos 25a, 25b, la placa de estátor 22 se coloca entre dichas placas 31, 32 de manera que las bobinas 23 se colocan justo debajo, respectivamente, justo encima, de dicha placa magnetizada superior 31, respectivamente, de dicha placa magnetizada inferior 32, ocasionando así el giro de dichas placas magnetizadas alrededor del eje ZZ' bajo la acción de fuerzas electromagnéticas.
- 15 Como se muestra en la figura 5, la hélice 33 comprende una pluralidad de palas de hélice 35 que se proyectan hacia dentro desde la periferia interior de dicha hélice, produciendo dichas palas un empuje a lo largo del eje ZZ' cuando el rotor 30 gira. Dichas palas 35 pueden configurarse para definir un área 36 libre cilíndrica que tiene un diámetro d, proporcionando dicha área 36 un camino de cruce a residuos tales como plantas acuáticas o sedales, impidiendo así que dichos residuos se enrollen alrededor de dichas palas de hélice.
- 20 La descripción detallada anterior con referencia a los dibujos ilustra, en lugar de limitar, la invención. Existen numerosas alternativas, que entran dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo propulsor (10) submarino adaptado para funcionar en un líquido (W) que comprende:

- un estátor (20) que comprende bobinas (35) circunferenciales en serie y que está adaptado para generar un campo electromagnético controlado a lo largo de una dirección axial,

5 - un rotor propulsor sin eje (30) que comprende:

- al menos dos placas magnetizadas en forma de anillo, respectivamente, una placa magnetizada superior (31) y una placa magnetizada inferior (32), coaxialmente separadas a lo largo de dicha dirección axial y perpendiculares a la misma, de manera que dichas bobinas (35) circunferenciales en serie quedan entre ellas, definiendo cada placa (31, 32) una abertura central (31a, 32a) y teniendo una serie circunferencial de polos magnetizados (34) radialmente extendidos incorporados en su interior, generando dichos polos magnetizados (34) un campo magnético que interactúa con el campo electromagnético del estátor (20) para ocasionar el giro de dichas placas (31, 32) alrededor de un eje central (ZZ') paralelo a dicha dirección axial,

10 - al menos una hélice (33) en forma de anillo definida por su periferia exterior y su periferia interior, recibándose dicha hélice en el interior de las aberturas centrales (31a, 32a) de dichas placas (31, 32) y asegurándose de manera fija a ellas,

15 - una pluralidad de palas (35) de hélice que se proyectan hacia dentro desde la periferia interior de dicha hélice (33), produciendo dichas palas (35) un empuje a lo largo del eje central (ZZ') cuando las placas (31, 32) giran,

en donde el rotor (30) está axialmente separado del estátor (20) por un espacio, preferiblemente inferior a 3 mm, dentro del cual puede circular el líquido (W), permitiendo así la formación de una película hidráulica dentro de dicho espacio, adaptándose dicha película hidráulica para proporcionar la lubricación del rotor, reduciendo así la fricción entre el rotor y el estátor, y para transmitir la fuerza de empuje axial del rotor al estátor.

20

2. El dispositivo propulsor (10) según la reivindicación 1, en donde la periferia exterior de la hélice (33) en forma de anillo tiene un diámetro (D4) sustancialmente igual o algo más grande que el diámetro (D5) de la abertura central (31a, 32a) de cada placa (31, 32) para permitir la colocación de dicha hélice (33) dentro de dicha abertura central (31a, 32a) y la conexión fija de dicha hélice (33) a las al menos dos placas magnetizadas (31, 32) en forma de disco mediante abrazaderas.

25

3. El dispositivo propulsor (10) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el estátor (30) comprende una placa de estátor (22) que comprende al menos una placa de circuito impreso provista de una o varias capas, dentro de la cual están las bobinas (23), realizadas como patrones conductores.

30 4. El dispositivo propulsor (10) según la reivindicación 3, en donde la placa de estátor (22) comprende una sección de control (24) adaptada para controlar la corriente recibida por las bobinas (23).

5. El dispositivo propulsor (10) según la reivindicación 4, en donde la sección de control (24) está formada por chips de circuito integrado conectados a patrones conductores (26) de la placa de estátor (22).

35 6. El dispositivo propulsor (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en donde la placa de estátor (22) está encerrada en una carcasa (21) a prueba de agua.

7. Dispositivo de propulsión (10) según la reivindicación 6, en donde la carcasa (21) define un alojamiento (25) para el rotor (30).

40 8. El dispositivo propulsor (10) según la reivindicación 7, en donde la carcasa (25) comprende un subalojamiento superior en forma de disco (25a) adaptado para recibir la placa magnetizada superior (31) y un subalojamiento inferior en forma de disco (25b) adaptado para recibir la placa magnetizada inferior (32), estando dichos subalojamientos (25a, 25b) axialmente separados por un subalojamiento central en forma de disco (25c) adaptado para recibir al menos parcialmente la hélice (33).

45 9. El dispositivo propulsor (10) según la reivindicación 8, en donde el subalojamiento superior (25a), respectivamente, el subalojamiento inferior (25b), tiene un diámetro (D1) algo más grande que el diámetro (D2) de la placa magnetizada superior (31), respectivamente, de la placa magnetizada inferior (32), definiendo así un espacio anular entre dicho subalojamiento superior, respectivamente, dicho subalojamiento inferior, y dicha placa magnetizada superior, respectivamente, dicha placa magnetizada inferior, dentro del cual puede circular un líquido (W).

50 10. El dispositivo propulsor (10) según la reivindicación 9, en donde el subalojamiento superior (25a), respectivamente, el subalojamiento inferior (25b), está definido por una cara inferior (25a₁) y una cara lateral (25a₂), respectivamente, por una cara superior y una cara lateral, estando dichas caras inferior y lateral, respectivamente, dichas caras superior y lateral, provistas de una serie de ranuras (27, 28) separadas circunferencialmente adaptadas para mejorar la formación de una película hidráulica entre el estátor (20) y el rotor (30).

11. El dispositivo propulsor (10) según la reivindicación 9, en donde el subalojamiento superior (25a),

- 5 respectivamente, el subalojamiento inferior (25b), está definido por una cara inferior (25a₁), respectivamente, por una cara superior (25b₁), que está inclinada con respecto a un plano mediano (P) definido por el subalojamiento central en forma de disco (25c) de la carcasa (21), y en donde una cara inferior (311) de la placa magnetizada superior (31), respectivamente, una cara superior (321) de la placa magnetizada inferior (32), es paralela a dicha cara inferior (25a₁), respectivamente, dicha cara superior (25b₁).
12. El dispositivo propulsor (10) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las palas (35) de la hélice están configuradas para definir un área (36) libre cilíndrica que forma un camino de cruce a residuos, tales como, sin limitación, un sedal o plantas de agua.
- 10 13. Un vehículo submarino (100) que comprende al menos un dispositivo de hélice (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.
14. El vehículo submarino (100) según la reivindicación 13, que comprende un cuerpo (110) que tiene una longitud inferior a 1,5 metros.
15. El vehículo submarino (100) según la reivindicación 14, en donde la longitud del cuerpo (110) es inferior a 80 cm.
- 15 16. El vehículo submarino (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, que comprende conjuntos de dos o más dispositivos propulsores (10a, 10b) adaptados para controlar sus velocidades de giro independientemente para proporcionar un empuje direccional paralelo a un eje de dicho vehículo, así como un par de giro alrededor de otro eje de dicho vehículo submarino.
- 20 17. El vehículo submarino (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, en donde el casco exterior o piezas del casco de dicho vehículo se conforman alrededor de dicho dispositivo propulsor (10) de manera que la resistencia hidrodinámica se reduce cuando el vehículo submarino se está moviendo.
- 25 18. El vehículo submarino (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 17, que comprende tres dispositivos propulsores (10a) adaptados para proporcionar un empuje a lo largo de una dirección perpendicular a un eje longitudinal (XX') del cuerpo (110) así como un par alrededor de dicho eje longitudinal (XX') y un par alrededor de un eje lateral (YY') perpendicular a dicho eje longitudinal (XX'), y dos dispositivos propulsores (10b) adaptados para proporcionar un empuje a lo largo de una dirección paralela a dicho eje longitudinal (XX'), así como un par alrededor de un eje perpendicular a dicho eje longitudinal (XX') y dicho eje lateral (YY').
19. Un barco submarino (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 18.

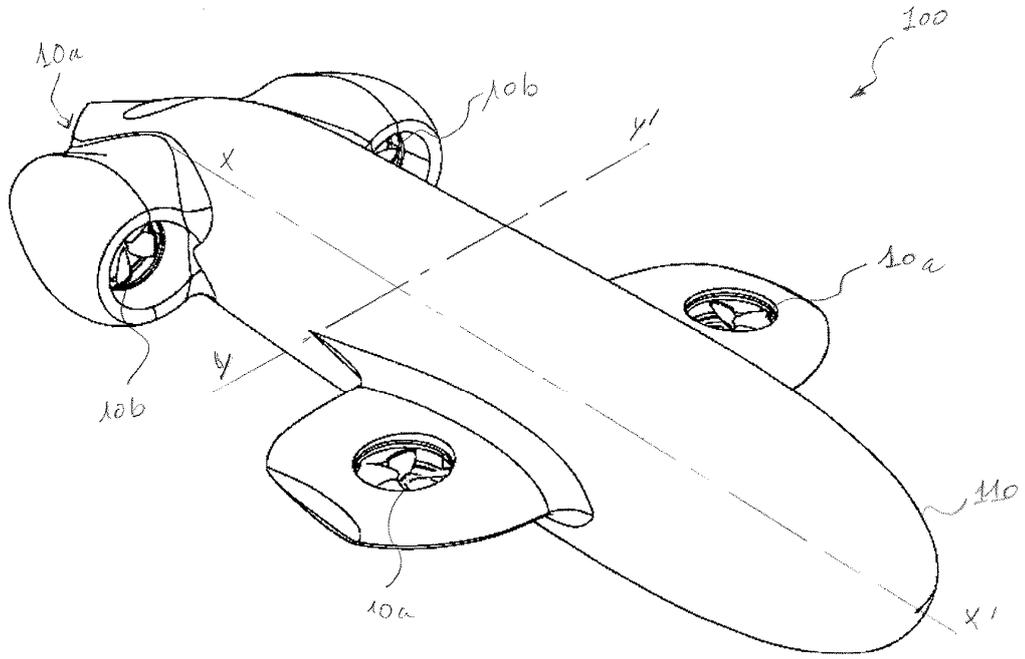


FIG. 1

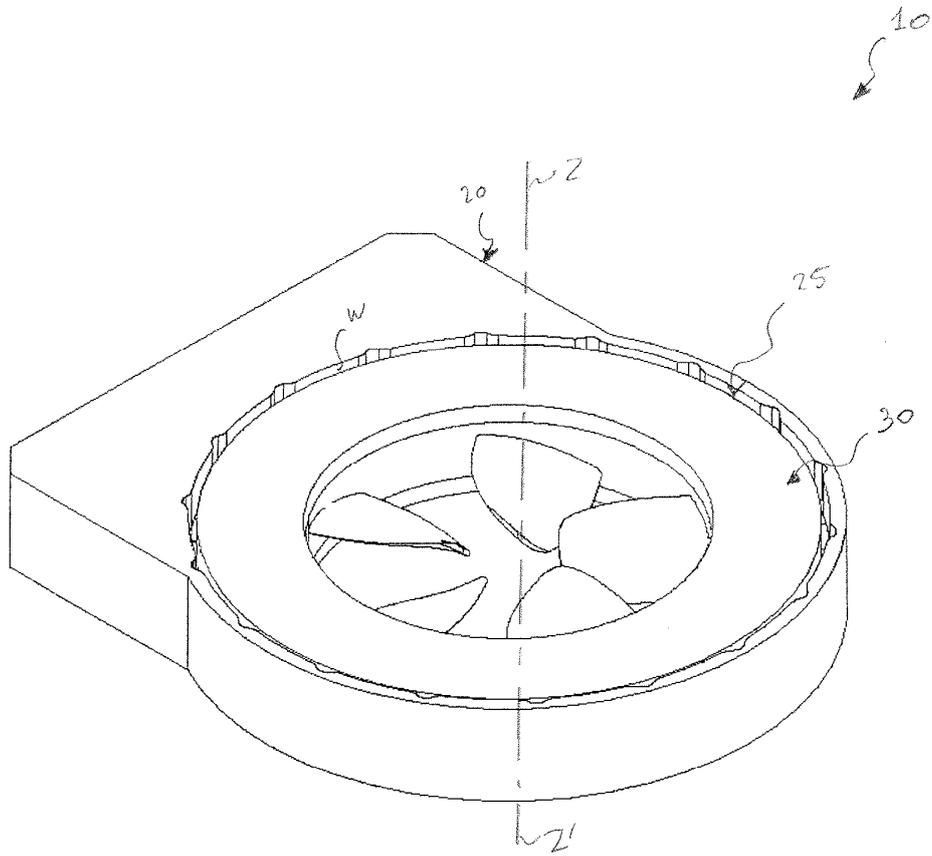


Fig. 2

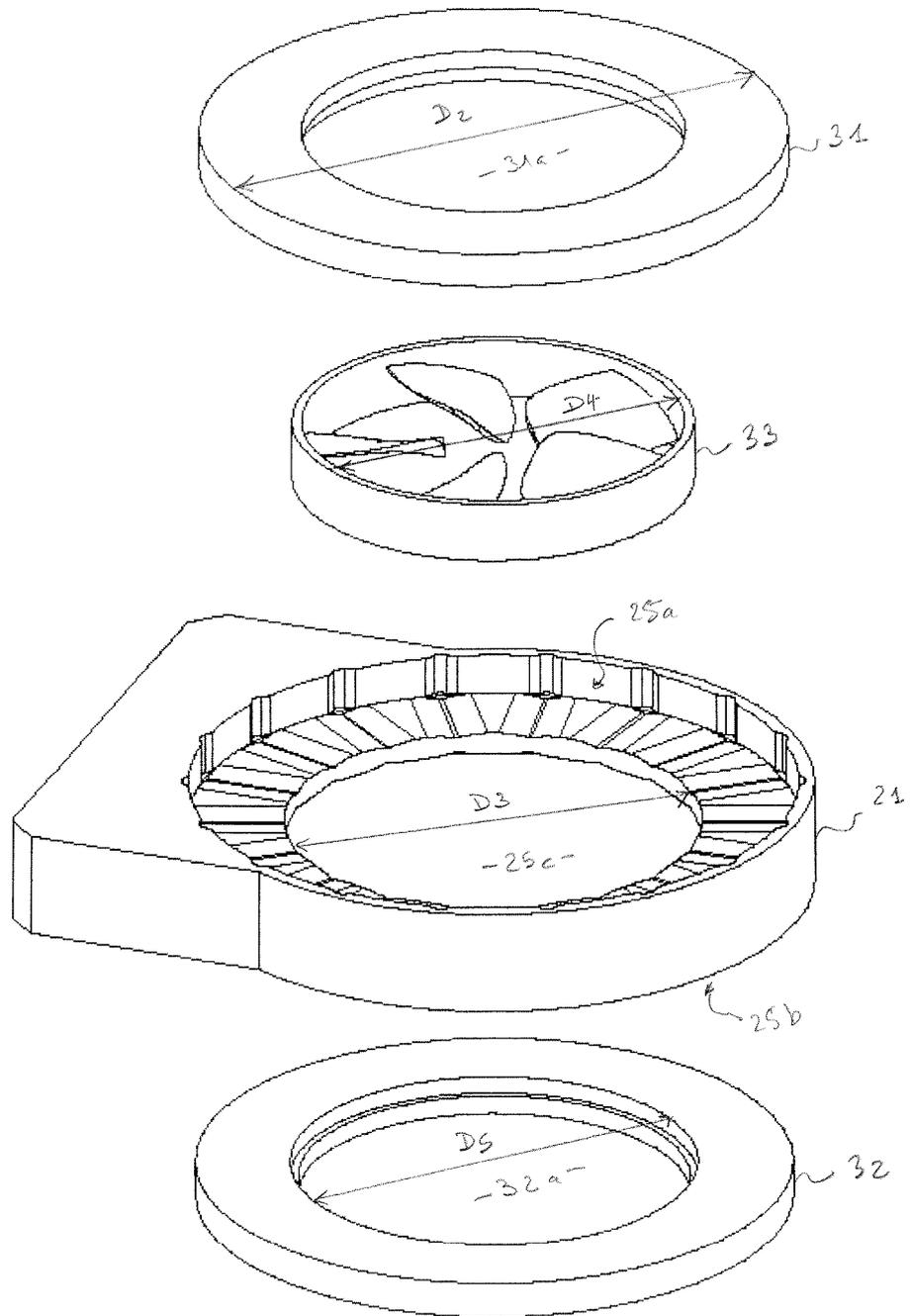


Fig.3

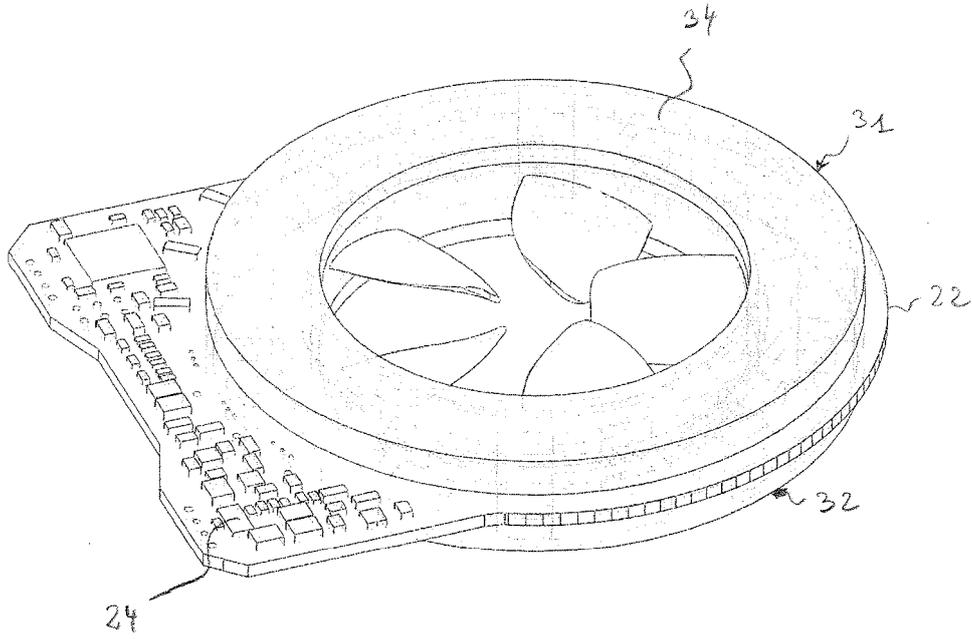


Fig. 4

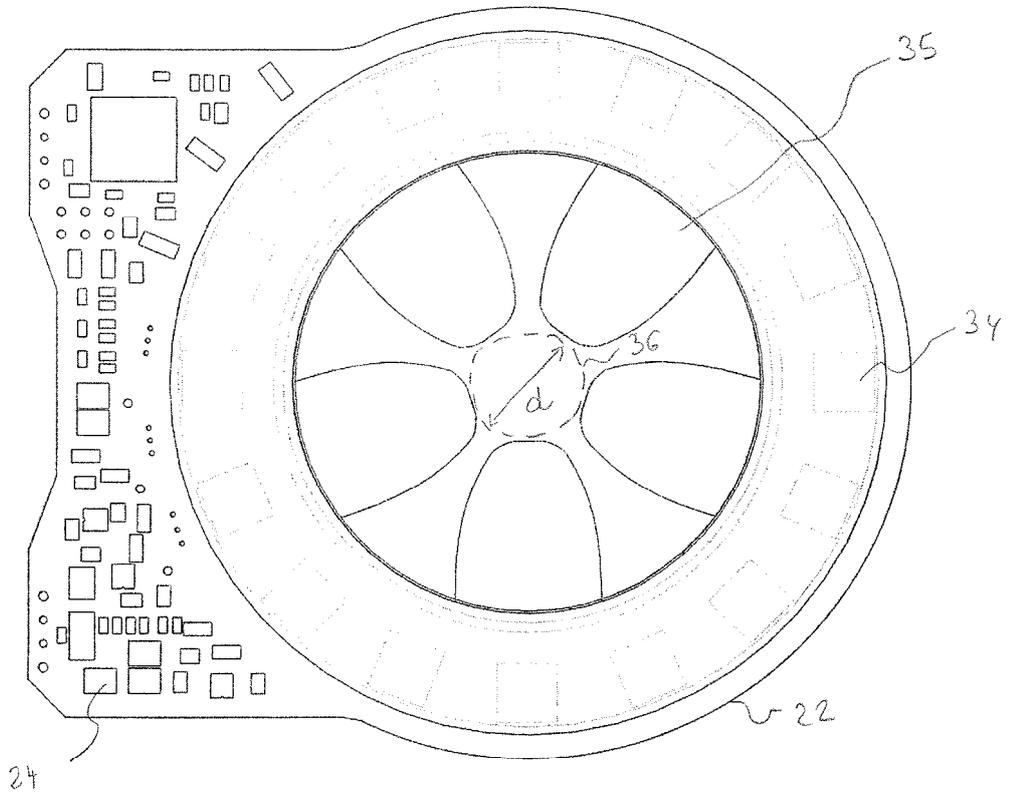


Fig. 5

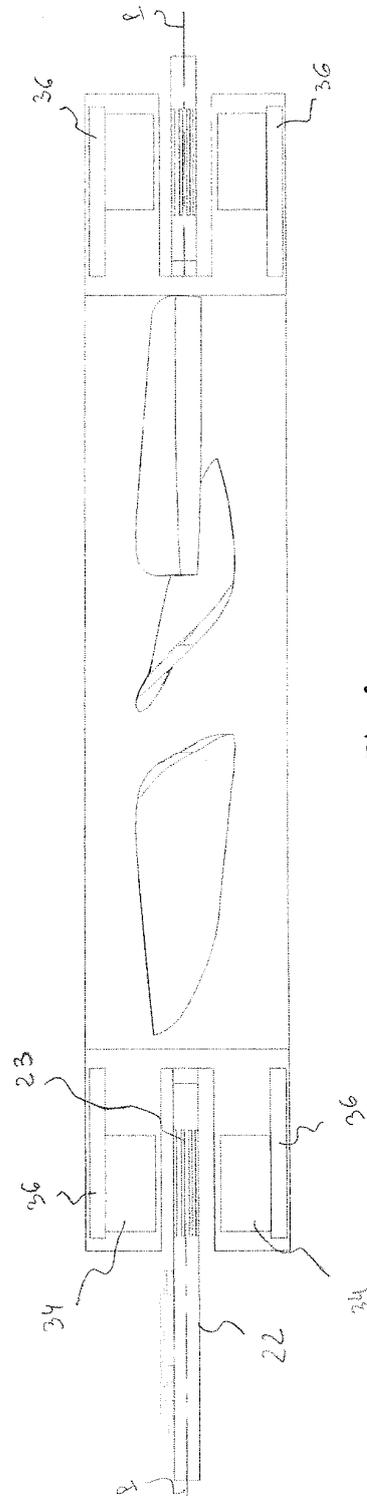


Fig. 6

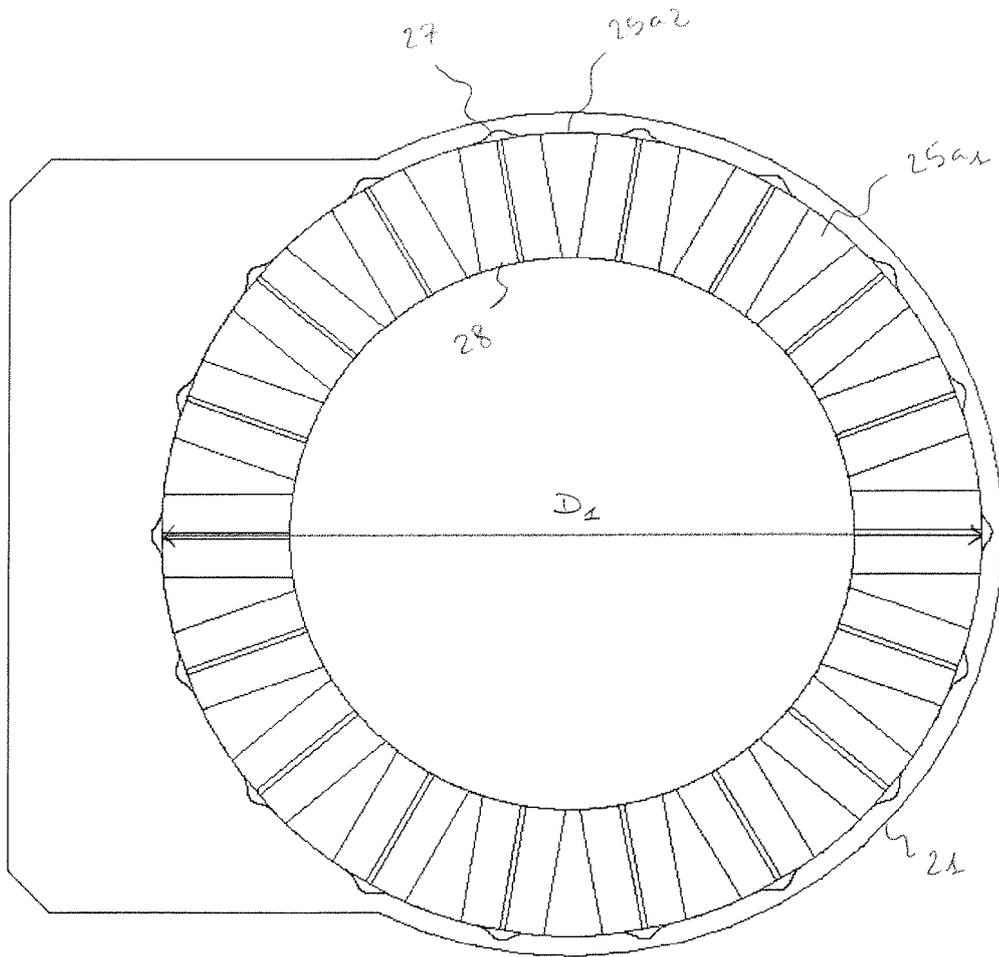


Fig. 7

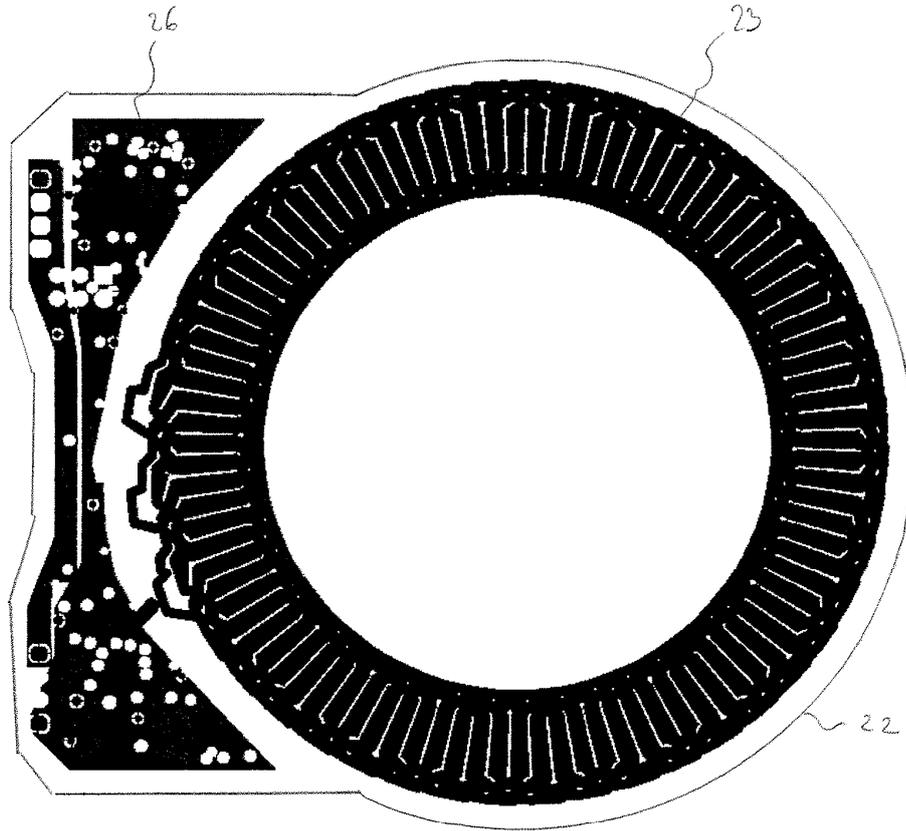


Fig. 8

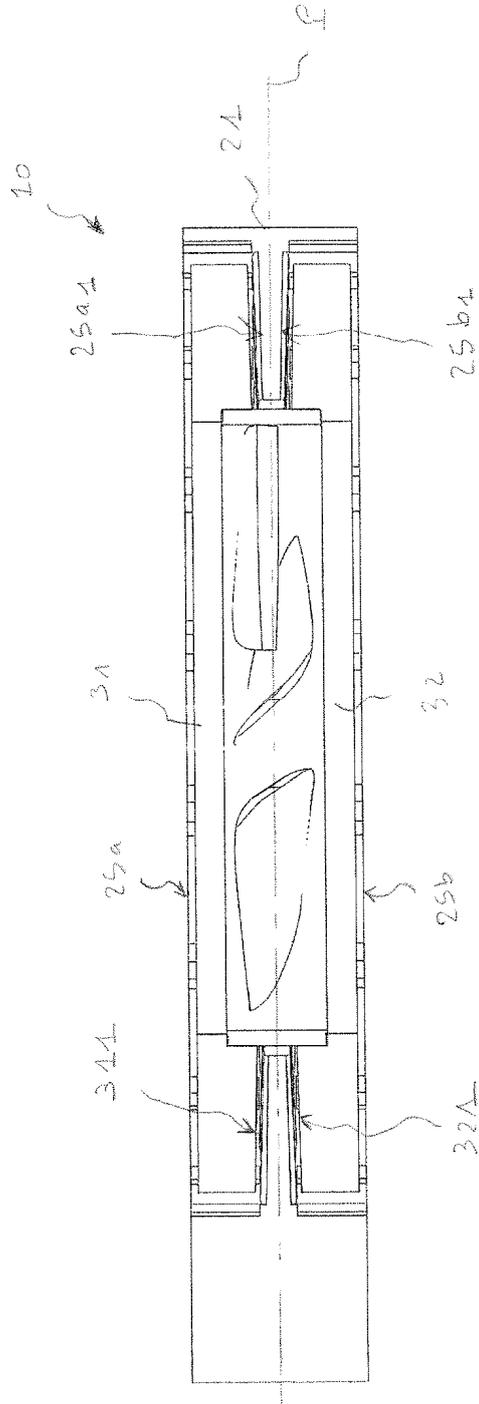


FIG. 9