ACUMULADOR INERCIAL

CAMPO TÉCNICO

La presente divulgación se relaciona con dispositivos que permiten la acumulación de energía inercial o energía cinética. Particularmente, la presente divulgación se refiere a dispositivos que comprenden aros o anillos para la acumulación de energía cinética rotacional.

DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

La acumulación, reserva y posterior entrega de la energía excedente de una fuente es una necesidad que se ha presentado desde antes de la Revolución Industrial y continúa estando vigente por múltiples razones, por ejemplo, la necesidad de aprovechar las fuentes de energía renovable.

Para almacenar y entregar diferentes tipos de energía, como energía térmica, mecánica y eléctrica, se han desarrollado a lo largo de la historia dispositivos como acumuladores de vapor, baterías químicas desechables y recargables, sistemas de resorte motor, acumuladores hidráulicos, capacitores, entre otros. Particularmente, los dispositivos más conocidos para acumular energía mecánica corresponden a las volantes de inercia y a elementos elásticos como resortes, muelles, y bandas. Sin embargo, dichos elementos presentan limitaciones que han llevado a continuar el desarrollo de acumuladores de energía mecánica, como los dispositivos divulgados en los documentos de patente US6873235B2 y JPH08116630A, y en la publicación de O.J. Fiske, M.R. Ricci *"Third Generation Flywheels For High Power Electricity Storage"*.

El documento US6873235B2 divulga un dispositivo de almacenamiento de energía de anillo levitado, que comprende una estructura de soporte redonda que tiene al menos un primer levitador estacionario magnético que rodea su periferia exterior y un anillo que rodea la estructura de soporte y que tiene al menos un primer levitador de anillo magnético que rodea su periferia interior. Donde los levitadores estacionario y de anillo interactúan para producir una fuerza vertical que hace levitar el anillo. Preferiblemente, el dispositivo incluye una pared de contención que evita que el anillo o cualquiera de sus componentes se desplacen fuera de la cámara formada entre la estructura de soporte y la pared de contención, en caso de falla del anillo. Además, dicha cámara se encuentra al vacío y los levitadores magnéticos comprenden matrices de imanes que permiten el movimiento y el giro del anillo.

Además, el documento US6873235B2 menciona que preferiblemente, las matrices de levitadores más grandes se montan en la pared estacionaria, mientras que las matrices de levitadores más pequeñas se montan en el anillo giratorio. Esto minimiza la adición de masa no estructural al anillo, maximizando la velocidad de rotación alcanzable y, por lo tanto, la capacidad de almacenamiento de energía por unidad de masa. Adicionalmente, el dispositivo de almacenamiento de energía incluye matrices de imanes y bobinas de estabilización y una computadora de control. Lo anterior permite suministrar electricidad al dispositivo de almacenamiento de energía para hacer girar el anillo y almacenar energía en forma de impulso, y también extraer energía del anillo en forma de electricidad.

Adicionalmente, el documento US6873235B2 menciona que el anillo puede fabricarse en fibra de carbono y tener un diámetro de hasta 6 metros, sin embargo, no existe un límite para su longitud axial, ya que el número de levitadores puede incrementarse igualmente.

Por otra parte, el documento JPH08116630A divulga una unidad de entrada y salida de energía utilizada para convertir energía eléctrica en energía cinética de rotación mecánica y para convertir energía cinética de rotación mecánica en energía eléctrica. Dicha unidad comprende un cuerpo giratorio tipo volante que tiene forma de anillo sin eje de rotor, como medio para hacer flotar dicha volante tipo anillo se utiliza una fuerza de levitación magnética entre un superconductor y un imán permanente. El imán permanente se incorpora en la volante tipo anillo, y el superconductor se coloca en una posición frente al imán permanente, ya sea por encima o por debajo. Dicho superconductor puede disponerse en un recinto enfriador con un agente refrigerante como nitrógeno líquido.

Además, la unidad de JPH08116630A incluye un módulo de entrada y salida de energía que puede comprender imanes permanentes para generar un gradiente magnético y una bobina. Una de las ventajas de la unidad es que la fuerza de levitación generada por el superconductor es más estable que la levitación causada por el campo magnético estático entre imanes.

Por otra parte, el documento “*Fiske*”. *Third Generation Flywheels For High Power Electricity Storage*, recuperado de: https://www.launchpnt.com/hs-fs/hub/53140/file-14467597-pdf/docs/002_fiske_powerring.pdf, en adelante, “Fiske”, divulga una volante de inercia de tercera generación de alta energía llamada "*Power Rings*" que utiliza cojinetes magnéticos de separación radial para levitar aros de paredes delgadas rotados a alta velocidad y que sirven para almacenar energía cinética.

En el documento “Fiske” se menciona que en una realización de la “*Power Rings*” un anillo delgado gira alrededor del eje vertical de una cámara de vacío toroidal. Las matrices estacionarias de dos levitadores de fuerza cortante, superior e inferior, están incrustadas en

la pared del estator opuesta a la cara interior del anillo. Las matrices móviles de los levitadores están incrustadas en la cara interior del propio anillo. Tanto las matrices estacionarias como móviles son continuas alrededor del anillo y proporcionan suficiente fuerza para levitar una gran masa. A medida que se aumenta la altura del anillo para una mayor capacidad, también se pueden aumentar las alturas del levitador.

Además, el documento “Fiske” divulga que las bobinas del actuador, superior e inferior, están incrustadas en la pared del estator donde interactúan con las matrices de estabilización en la cara interior del anillo. Estos actuadores mantienen el anillo centrado y evitan el contacto con la pared del estator. Una matriz de imanes montada en el centro vertical de la cara interior del anillo interactúa con los devanados del estator para formar un motor / generador, que se utiliza para hacer girar el anillo para almacenar energía y extraer esa energía mediante la generación de electricidad.

Sin embargo, en el estado de la técnica mencionado anteriormente los anillos son impulsados para girar o levitar únicamente a partir de energía electromagnética, y no pueden aprovechar el movimiento de una fuente motriz externa.

BREVE DESCRIPCIÓN

La presente divulgación se refiere a un acumulador inercial que permite acumular y posteriormente suministrar energía cinética. Dicho acumulador inercial comprende un recinto cilíndrico, un eje que atraviesa el centro del recinto y al menos un anillo alojado en el recinto y coaxial al eje, donde el anillo tiene al menos una ranura en una de sus caras perpendiculares al eje. Además, el acumulador inercial comprende una hélice ensartada en el eje y con al menos una pestaña en sus aspas, donde dicha pestaña se encaja en la ranura del anillo. También, el acumulador inercial comprende un empujador conectado al eje , que se mueve axialmente respecto a dicho eje y un actuador conectado al empujador, donde el actuador impulsa axialmente a dicho empujador y dicho empujador a su vez desplaza la hélice axialmente para enganchar y desenganchar la pestaña a la ranura del anillo. Dicha hélice y el anillo se enganchan por medio de la pestaña para extraer o almacenar energía cinética en dicho anillo, al transmitirse el movimiento entre la hélice y al anillo al girar el eje.

En una modalidad de la invención, el acumulador inercial comprende dos o más anillos y el mismo número de hélices con el fin de aumentar su capacidad de almacenamiento de energía. Además, los anillos pueden disponerse concéntricos uno dentro de otro, o varios anillos del mismo tamaño distanciados entre sí a lo largo del eje.

En una modalidad del acumulador inercial, el eje tiene un acople en un extremo, y dicho acople está configurado para conectarse a una unidad de transmisión de potencia mecánica. Dicha unidad de transmisión de potencia mecánica puede conectarse a una unidad de control, a un sistema motriz externo y a un sistema consumidor. De esta manera es posible que el sistema motriz externo guarde su energía cinética sobrante en el acumulador inercial para posteriormente entregarla, o transmitirla al sistema consumidor cuando éste la requiera.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La FIG. 1 es una vista en perspectiva de una modalidad del interior de un acumulador inercial, donde se observa un recinto que aloja un anillo y un eje que atraviesa dicho recinto; donde dicho eje tiene ensartada una hélice, la cual se desplaza axialmente sobre el eje por medio de un empujador conectado a un actuador. Además, se observan algunas ranuras del anillo.

La FIG. 2 es una vista en perspectiva de una modalidad del acumulador inercial conectado a unidad de transmisión de potencia mecánica, la cual a su vez está conectada a una unidad de control, a un sistema motriz externo y a un sistema consumidor.

La FIG. 3 es una vista en explosión de una modalidad del acumulador inercial, donde se observa una carcasa que rodea dos recintos, los cuales alojan respectivamente dos anillos concéntricos.

La FIG. 4 es una vista frontal de una modalidad del anillo del acumulador inercial y dos vistas en sección A y B de dos modalidades del anillo del acumulador inercial, donde se observan ranuras con diferente sección transversal.

La FIG. 5A es una vista en perspectiva de una modalidad del interior del acumulador inercial, donde se observan dos recintos que alojas dos anillos respectivamente y un eje que atraviesa dichos recintos. Donde dicho eje tiene ensartadas dos hélices, conectadas cada una a un empujador que las desplaza axialmente sobre el eje, y un acople en un extremo.

La FIG. 5B es una vista en corte transversal del acumulador inercial, donde se puede observar cómo las pestañas de las aspas de las hélices encajan en las ranuras de los anillos.

La FIG. 6A es una vista en perspectiva de una modalidad del eje del acumulador inercial, donde en dicho eje se insertan tres hélices, cada una conectada a un empujador, y donde cada hélice presenta tres aspas con pestañas en sus bordes. Además, se puede observar un

acople en un extremo del eje, el cual conecta el acumulador inercial con la unidad de transmisión de potencia mecánica.

La FIG. 6B es una vista en explosión de una hélice con tres aspas, que incluye una corona con engranaje interno, un plato de soporte axial, un engranaje con cojinete en su interior, un embrague y un empujador.

La FIG. 7A es una vista en perspectiva del acumulador inercial conectado a una modalidad de unidad de transmisión de potencia mecánica, donde dicha unidad de transmisión de potencia mecánica está conectada a un sistema motriz externo y a un sistema consumidor.

La FIG. 7B es una vista superior de la unidad de transmisión de potencia mecánica que comprende un acoplamiento entre la unidad de transmisión de potencia y el acumulador inercial, un sistema de multiplicación/reducción de velocidad angular, y un eje de transmisión con un sistema de acoplamiento con sistema motriz externo en un primer extremo y un sistema de acoplamiento con sistema consumidor en un segundo extremo.

La FIG. 8 es una vista en perspectiva de una modalidad de la unidad de control, la cual comprende una bomba hidráulica conectada a un depósito de fluido y a un motor eléctrico. Además, la unidad de control comprende un sistema de hardware y software y un distribuidor de válvulas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La presente divulgación está dirigida a un acumulador inercial que permite guardar energía cinética, para posteriormente suministrarla a un sistema consumidor externo.

Haciendo referencia a la FIG. 1 y FIG. 5B, el acumulador inercial (100) comprende un recinto (10) cilíndrico, un eje (30) que atraviesa el centro del recinto (10) y al menos un anillo (20) alojado en el recinto (10) y coaxial al eje (30), donde el anillo (20) tiene al menos una ranura (21) en una de sus caras perpendiculares al eje (30). Además, el acumulador inercial (100) comprende una hélice (40) ensartada en el eje (30), con al menos una pestaña (42) en sus aspas (41), donde dicha pestaña (42) se encaja en la ranura (21) del anillo (20). También, el acumulador inercial (100) comprende un empujador (60) conectado al eje (30), que se mueve axialmente respecto a dicho eje (30), y un actuador (50) conectado al empujador (60), donde el actuador (50) impulsa axialmente a dicho empujador (60) y dicho empujador (60) a su vez desplaza la hélice (40) axialmente para enganchar y desenganchar la pestaña (42) a la ranura (21) del anillo (20). Dicha hélice (40) y el anillo (20) se enganchan por medio de la pestaña (42) para extraer o almacenar energía

cinética en dicho anillo (20), al transmitirse el movimiento entre la hélice (40) y al anillo (20) al girar el eje (30).

El acumulador inercial (100), que se describe en detalle a continuación, permite guardar la energía cinética excedente de una fuente motriz para que pueda ser utilizada, por ejemplo, en momentos en que dicha fuente motriz no esté disponible. Esto es particularmente conveniente en sistemas con fuentes de energía renovable, como la energía eólica o mareomotriz, donde los vientos o las corrientes marítimas no son constantes. Por otro lado, existen sistemas generadores de energía mecánica, como las centrales hidroeléctricas o térmicas (de carbón, petróleo, nuclear), cuya detención no es posible en horarios de baja demanda, por lo que continúan generando energía que no es aprovechada.

De acuerdo con lo anterior, y haciendo referencia a la FIG. 2, en una modalidad de la divulgación, el acumulador inercial (100) se conecta a una unidad de transmisión de potencia mecánica (200) y dicha unidad de transmisión de potencia mecánica (200) se conecta a su vez, a una unidad de control (300), a un sistema motriz externo (400) y a un sistema consumidor (500). Por otra parte, en otras modalidades de la divulgación el acumulador inercial (100) también puede configurarse para producir energía eléctrica a partir de la energía acumulada. En cuanto a la operación del acumulador inercial (100) respecto a la unidad de transmisión de potencia mecánica (200), la unidad de control (300), el sistema motriz externo (400), y el sistema consumidor (500), ésta se explicará más adelante.

Haciendo referencia a la FIG.1 y FIG. 3, el acumulador inercial (100) comprende al menos un recinto (10) que aloja un anillo (20). En una realización de la divulgación, dicho recinto (10) tiene forma cilíndrica y consta de una pared circular exterior y una pared circular interior concéntricas, que delimitan un espacio entre ellas. En el espacio entre dichas paredes exterior e interior se dispone el anillo (20). Además, dicho recinto (10) se encuentra al interior de una carcasa (11) que puede ser hermética para evitar el ingreso de partículas sólidas contaminantes o de líquidos que afecten el movimiento del anillo (20) o del eje (30) y la hélice (40). También dicha carcasa (11) puede ser hermética y estar sellada al vacío, para reducir la fricción y la transmisión de calor entre las superficies de los elementos alojados en su interior.

Dicha carcasa (11) incluye una tapa (12) como se observa en la FIG. 7A. Además, la carcasa (11) aloja no solo al recinto (10), también aloja el anillo (20), el eje (30), la hélice (40), el empujador (60) y el actuador (50), a excepción del acople (31) que puede encontrarse fuera de la carcasa (11) y al que se une la unidad de transmisión de potencia mecánica (200). Más adelante se hablará de dicho acople (31).

Por otra parte, la carcasa (11) y su tapa (12) pueden estar fabricadas de un material que se selecciona del grupo compuesto por cerámicos, hormigón, acero de diferentes, tipos, hierro de diferentes tipos, o aleaciones de aluminio.

Haciendo referencia nuevamente a la FIG. 3, en una modalidad de la invención el acumulador inercial (100) tiene dos o más recintos (10), que alojan anillos (20). Por ejemplo, el acumulador inercial (100) puede constar de dos recintos (10, 10a) concéntricos donde se alojan respectivamente dos anillos (20, 20a) concéntricos, como se observa en la FIG. 3. Que el acumulador inercial (100) tenga más de un anillo (20) posee la ventaja de que permite acumular mayor cantidad de energía en un acumulador de menor longitud, y que la entrega al sistema consumidor (500) pueda ser mejor dosificada. Sin embargo, que el acumulador inercial (100) solo tenga un anillo (20), tiene la ventaja de simplificar la construcción y montaje de la invención, disminuir la cantidad de partes del acumulador inercial (100) y de esta misma manera el tiempo requerido y costo de su mantenimiento. La cantidad de anillos (20) a utilizar depende de los posibles excesos de energía a acumular, resultando necesario estimarlo previamente para cada posible aplicación.

Haciendo referencia a la FIG. 4, la altura del anillo (20) está definida por una cara longitudinal (22) paralela al eje (30) y el espesor del anillo (20) está definido por una cara transversal (23) perpendicular al eje (30). En una modalidad de la divulgación, la altura del anillo (20) es mayor al espesor del anillo (20), esto tiene la ventaja de incrementar el momento de inercia másico, para permitir un mayor tiempo de acumulación de la energía. Además, el material a partir del cual se construye el anillo (20) puede seleccionarse del grupo compuesto por: polímeros compuestos de alta densidad, acero y sus aleaciones, así como otros materiales que posean una gran densidad.

Además, en una modalidad de la divulgación y nuevamente haciendo referencia a la FIG. 4, el anillo (20) puede contar con ranuras longitudinales (24) en su cara longitudinal (22) interna. En dichas ranuras longitudinales (24) se apoyan elementos rodantes como esferas o rodamientos de rodillo, que también tienen contacto con la superficie interna del recinto (10). Opcionalmente, sobre la cara longitudinal (22) interna del anillo (20) se dispone un retenedor de elementos rodantes, que puede ser fijado a presión o con elementos de sujeción, como tornillos, para evitar que los elementos rodantes cambien de posición.

Haciendo referencia a la FIG. 4 y FIG. 5B, y como se mencionó anteriormente, el anillo (20) tiene al menos una ranura (21) en una de sus caras perpendiculares al eje (30), es decir, en una cara transversal (23). Dicha ranura (21) permite que la hélice (40) se acople al anillo (20), ya que dicha hélice (40) cuenta con aspas (41) que presentan una pestaña (42) la cual se encaja en la ranura (21) del anillo (20). De esta forma, cuando la pestaña (42) se inserta en la ranura (21), el movimiento del anillo (20) y la hélice (40) se hace solidario. De

manera que si el anillo (20) se encontraba en reposo, o la velocidad de giro de la hélice (40) es mayor que la del anillo (20), se almacenará la energía cinética en dicho anillo (20); si por el contrario la hélice (40) se encuentra en reposo o presenta una velocidad de giro menor que la del anillo (20), se extraerá la energía cinética de dicho anillo (20).

Haciendo referencia a la FIG. 4, la ranura (21) se dispone en la cara transversal (23) del anillo (20) y puede cubrir todo el perímetro del anillo (20), o algunas secciones. Además, la sección transversal de la ranura (21) puede tener una forma que se selecciona del grupo compuesto por rectángulos, secciones de círculo, trapecios, triángulos, polígonos, secciones de curvas y combinaciones de estos. Dos ejemplos de dichas secciones transversales de la ranura (21) se pueden observar en la FIG. 4. En una modalidad de la divulgación, la ranura (21) tiene una sección transversal A rectangular; mientras que, en otra modalidad de la divulgación, la ranura (21) tiene una sección transversal B de mayor apertura en la superficie del anillo (20) que en su profundidad, lo cual permite que el acoplamiento entre la pestaña (42) y la ranura (21) sea más suave debido a que la pestaña (42) al entrar a la ranura (21) va contactando progresivamente mayor superficie de la ranura (21).

Por otra parte, haciendo referencia a las FIG. 1, FIG. 5A y FIG. 5B, el acumulador inercial (100) también comprende un eje (30) que atraviesa el centro del recinto (10) y que tiene ensartada al menos una hélice (40) con al menos una pestaña (42) en sus aspas (41) y un empujador (60). En una modalidad de la divulgación, el eje (30) se monta en rodamientos dispuestos en la carcasa (11) y en la tapa (12), permitiendo que el eje (30) gire libremente dentro de la carcasa (11). Además, el eje (30) puede fabricarse de un material seleccionado del grupo integrado por acero o aleaciones de aluminio de alta resistencia.

Respecto a la hélice (40), ésta se mueve a lo largo del eje (30) por medio del empujador (60) que es impulsado por el actuador (50), del que se hablará más adelante, para conectarse y desconectarse al anillo (20) por medio de la pestaña (42), como se explicó anteriormente. Por otra parte, el movimiento rotatorio de la hélice (40) está dado por el movimiento del eje (30). Además, dicha hélice (40) puede tener cualquier número de aspas (41) de acuerdo con el diseño del acumulador inercial (100) y la pestaña (42) en dichas aspas (41) puede tener cualquier forma de sección transversal que pueda acoplarse a la forma de la sección transversal de la ranura (21) correspondiente en el anillo (20). Dichas aspas (41) pueden fabricarse de un material seleccionado del grupo formado por aleaciones de aceros y aleaciones de aluminio, principalmente.

En una modalidad de la divulgación, las aspas (41) de la hélice (40) tienen un ancho menor en la parte cercana al eje (30) y un ancho mayor en su diámetro externo, con el objetivo de tener el mejor momento de masa posible, pues poseer la mayor concentración de masa en el perímetro contribuye a la acumulación de energía. También, en una modalidad de la

divulgación cada aspa (41) posee una pestaña (42), la cual tiene una sección transversal con forma de segmento de arco con sección transversal trapezoidal, donde la base mayor se dispone en el aspa (41) y la base menor en el extremo libre, como las observadas en la FIG. 6, y que se acoplan a la ranura (21). La dimensión de esa base menor de la pestaña (42) es ligeramente menor que el fondo de la ranura (21), para que las pestañas (42) puedan penetrar la ranura (21) del anillo (20) correspondiente y trasmitirle el movimiento que la hélice (40) recibe del empujador (60). De tal forma, la conexión o desconexión entre el anillo (20) y las hélices (40) se realiza de forma progresiva, sin impactos.

Haciendo referencia a las FIG. 6A, FIG. 6B, FIG. 7A y FIG. 7B, el eje (30) tiene un acople (31) en un extremo. Dicho acople (31) está configurado para conectarse a una unidad de transmisión de potencia mecánica (200), lo cual permite a dicho eje (30) girar, girando a su vez la hélice (40). Para que dicho movimiento de rotación sea posible entre la hélice (40) y el eje (30), la hélice (40) tiene en su parte central una corona con engranaje interno (43) que se acopla con un engranaje (45) estriado exteriormente para permitir el desplazamiento axial de la hélice (40) sobre dicho engranaje (45).

Además, En una modalidad de la divulgación la hélice (40) recibe el movimiento del empujador (60) a través de un embrague (47) como se explica a continuación. Haciendo referencia a la FIG. 6B, dicha corona con engranaje interno (43) tiene al menos una ranura axial que la atraviesa de lado a lado, en todo su grosor. Por su parte, un embrague (47) montado sobre el eje (30) tiene pestañas rectangulares axiales que pueden entrar en las ranuras de la corona con engranaje interno (43) y acoplarse, por lo que al rotar hacen girar a la hélice (40). En la zona de la corona con engranaje interno (43), la hélice (40) también posee tres soportes axiales sobre los cuales se atornilla un plato de soporte axial (44) con un orificio central, cuya función es permitir que cuando el embrague (47) se mueva en sentido contrario a la posición del anillo (20) pueda arrastrar consigo axialmente a la hélice (40), que se desplazará sobre las ranuras del engranaje (45). A su vez, el engranaje (45) va montado sobre un cojinete (46) ubicado sobre el eje (30), lo que hace que el engranaje (45) y la hélice (40) giren libremente cuando el embrague (47) no esté conectado con la hélice (40). Dicho engranaje (45) no tiene movimiento axial respecto al eje (30).

Como se indicó, el embrague (47) se conecta a la hélice (40) a través del plato de soporte axial (44), y se encaja con sus pestañas en las ranuras axiales de la corona con engranaje interno (43) para hacer girar la hélice (40). Esto permite que la hélice (40) sea empujada hacia el anillo (20) para conectarse con dicho anillo (20) por medio de las pestañas (42). Cuando el embrague (47) se mueve en sentido contrario, desconecta la hélice (40) del anillo (20). El desplazamiento axial del embrague (47) sobre el eje (30) se produce por la acción de al menos un actuador (50) o varios actuadores (50) que operan simultáneamente y que se encuentran conectados al empujador (60) como se explica a continuación.

Haciendo referencia a la FIG. 6A y FIG. 6B, el empujador (60) consiste en un aro (61) desde el cual se extienden al menos un radio (62) que presenta un orificio (63) ubicado en el extremo más alejado del eje (30). A través de dicho orificio (63) el actuador (50) se conecta con el empujador (60). El aro (61) de dicho empujador (60) se encuentra dispuesto sobre el embrague (47) el cual se dispone a su vez sobre el eje (30). Por su parte, el actuador (50) se encuentra dispuesto al interior de la pared externa del recinto (10) y es accionado por la unidad de control (300).. El empujador (60)no gira cuando rota el embrague (47), ya que dicho empujador (60) va montado sobre un rodamiento de deslizamiento que a su vez está dispuesto sobre el embrague (47). De manera que el empujador (60)solo realiza un movimiento axial sobre el eje (30), propulsando así el movimiento axial del embrague (47) y por lo tanto de la hélice (40).

En algunas modalidades de la divulgación, a la pared externa del recinto (10) se conectan dos o más actuadores (50) que mueven los radios (62) del empujador (60). Por ejemplo, en la FIG.6 se observan tres actuadores (50) fijados en el interior de la pared externa del recinto (10) y que corresponden a cilindros hidráulicos de doble acción, distribuidos a 120° uno de otro. Donde el vástago de cada cilindro entra al orificio (63) del correspondiente radio (62) del empujador (60), fijándose con un pasador o con un sistema de rosca y tuerca. La acción simultánea de los tres actuadores (50) mueve el empujador (60) y en consecuencia el embrague (47) se desplaza axialmente a lo largo del eje (30), empujado la hélice (40). Además, en esta modalidad, los actuadores (50) se alimentan a través de las electroválvulas del distribuidor (340).

Los actuadores (50) pueden ser cualquier dispositivo que transforme energía (v.g. hidráulica, neumática, eléctrica) en energía mecánica, y pueden seleccionarse del grupo compuesto por cilindros neumáticos, cilindros hidráulicos, cilindros mecánicos, pistones de tornillo, pistones electromecánicos, electroimanes y diafragmas neumáticos, entre otros.

Es importante mencionar que de acuerdo con el diseño del acumulador inercial (100), éste puede contar con uno o más anillos (20) concéntricos, y un mismo número de hélices (40), cada una correspondiente a cada anillo (20), como se observan en los ejemplos de las FIG. 3, FIG. 5A, FIG. 5B y FIG. 6A; de manera que los elementos y funcionamiento descritos anteriormente se replican para cada pareja de anillo (20) y hélice (40). Además, cada anillo (20) con su hélice (40) puede operar de manera independiente a los otros anillos (20) y hélices (40), y también todas las parejas de anillo (20) y hélice (40) pueden funcionar al mismo tiempo. Lo anterior depende del modo de operación del acumulador inercial (100) y de la energía que se requiera extraer o acumular en dicho acumulador inercial (100).

Por otra parte, como se mencionó anteriormente, en una modalidad del acumulador inercial (100), el eje (30) tiene un acople (31) en un extremo, y dicho acople (31) está configurado para conectarse a una unidad de transmisión de potencia mecánica (200). Dicha unidad de transmisión de potencia mecánica (200) puede conectarse a una unidad de control (300), a un sistema motriz externo (400) y a un sistema consumidor (500). De esta manera, es posible que el sistema motriz externo (400) guarde su energía cinética sobrante en el acumulador inercial (100) para posteriormente entregarla, o transmitirla al sistema consumidor (500) cuando éste la requiera.

Haciendo referencia a la FIG. 6A, FIG. 7A y FIG. 7B, el eje (30) gira cuando el acople (31) se enlaza con un acoplamiento (210) dispuesto entre un sistema de multiplicación/reducción de velocidad angular (220) y el acumulador inercial (100). A dicho sistema de multiplicación/reducción de velocidad angular (220) se conecta un eje de transmisión (230) por medio de dos parejas de engranajes de eje perpendicular (241, 251). En un extremo del eje de transmisión (230) se conecta el sistema de acoplamiento del sistema motriz externo (240) y en el otro extremo del eje de transmisión (230) se conecta el sistema de acoplamiento del sistema consumidor (250). De esta manera, el eje de transmisión (230) puede extraer energía del sistema motriz externo (400) o alimentar al sistema consumidor (500).

Dicho sistema consumidor (500) puede seleccionarse del grupo compuesto por: molinos, transportadores, bombas de agua o de cualquier otro tipo de fluido, compresores, alternadores, o cualquier máquina para cuyo funcionamiento necesite energía mecánica, entre otros. Sin embargo, el acumulador inercial (100) también puede configurarse para producir energía eléctrica a partir de la energía acumulada. Mientras que el sistema motriz externo (400) puede seleccionarse del grupo compuesto por: motores eléctricos, motores de combustión interna, turbinas de vapor, turbinas a gas, rotores eólicos, rotores marinos, rotores hidráulicos, o cualquier otro tipo de rotor que transforme las fuentes de energía primaria en energía cinética rotatoria.

Haciendo referencia a FIG. 2 y FIG. 8, la unidad de transmisión de potencia mecánica (200) también puede estar conectada a una unidad de control (300) que determina la operación del acumulador inercial (100) y los momentos en que extrae energía del sistema motriz externo (400) o alimenta al sistema consumidor (500). Dicha unidad de control (300) puede incluir una bomba hidráulica (310) que alimenta el actuador (XX), un motor eléctrico (320) que acciona la bomba hidráulica (310) y un sistema de hardware y software (330) que controla el motor eléctrico (320). Dicho sistema de hardware y software (330) puede seleccionarse del grupo compuesto por microcontroladores, micro procesadores, DSCs (*Digital Signal Controller* por sus siglas en inglés), FPGAs (*Field Programmable Gate Array* por sus siglas en inglés), CPLDs (*Complex Programmable Logic Device* por sus

siglas en inglés), ASICs (*Application Specific Integrated Circuit* por sus siglas en inglés), SoCs (*System on Chip* por sus siglas en inglés), PSoCs (*Programmable System on Chip* por sus siglas en inglés), computadores, servidores, tabletas, celulares, celulares inteligentes, generadores de señales y otras "*unidades de cómputo/unidades de procesamiento*" conocidas por una persona medianamente versada en la materia y combinaciones de estas. Adicionalmente, la unidad de control (300) comprende un depósito de fluido (311) que alimenta la bomba hidráulica (310) y un distribuidor de válvulas (340). Cada electroválvula del distribuidor de válvulas (340) está conectada con un actuador (50), controlando la entrada y salida del fluido para mantener la presión establecida automáticamente por la bomba hidráulica (310).

Sin embargo, en una modalidad no ilustrada de la invención donde los actuadores (50) son cilindros neumáticos, la unidad de control (300) no presentaría un depósito de fluido (311) para fluido incompresible, sino un depósito de aire comprimido, y la bomba (310) sería reemplazada por un compresor. Además, el distribuidor de válvulas (340) de fluido incompresible será un distribuidor neumático. Por lo tanto, al distribuidor de válvulas (340) llega el fluido líquido procedente de bomba (310), o llega un fluido gaseoso procedente de un compresor. El programa que controla la lógica de funcionamiento permitirá el paso del fluido hacia cada uno de los actuadores (50), como se describe a continuación.

Cuando el sistema de hardware y software (330) recibe la información de que hay un excedente de energía cinética y que en consecuencia la hélice (40) debe acoplarse al anillo (20), desde el sistema de hardware y software (330) se envía una señal eléctrica a la electroválvula del distribuidor de válvulas (340). Lo anterior para que, según está programado, dicho distribuidor de válvulas (340) suministre la cantidad de fluido necesaria para alcanzar la presión requerida para que el actuador (50) desplace axialmente al empujador (60) y éste mueva la hélice (40). Así, la pestaña (42) del aspa (41) de dicha hélice (40) se inserte en la ranura (21) del anillo (20), para acumular el exceso de energía en el anillo (20). Si, por el contrario, se requiere extraer energía del anillo (20), se realizarán las acciones necesarias de una forma similar a la descrita para el proceso contrario.

Uno de los propósitos de la unidad de control (300) es determinar cuándo hay un exceso de energía por parte del sistema motriz externo (400) que no será consumida directamente y por tanto puede ser almacenada. Por otro lado, la unidad de control (300) también determina cuándo el sistema consumidor (500) necesita mayor cantidad de energía que la que está entregando el sistema motriz externo (400) y sea necesario extraer esa energía desde el acumulador inercial (100).

Ejemplo de la operación del acumulador inercial (100) conectado al sistema motriz externo (400) y al sistema consumidor (500).

Conocida la velocidad angular (ω_C) y el torque nominal (T_C) del sistema consumidor (500) se puede calcular la potencia de consumo (P_C), comparada en cualquier instante con la velocidad angular (ω_M) y el torque (T_M), es decir, la potencia motriz (P_M). Las posibles variantes de P_M, ω_M y T_M respecto a P_C, ω_C y T_C nominal del sistema consumidor externo son los parámetros fundamentales a tener en cuenta para el funcionamiento del acumulador inercial (100).

Los posibles casos del funcionamiento serían los siguientes:

a) Cuando la potencia del sistema motriz externo (400) es aproximadamente igual a la potencia de consumo ($P_M \approx P_C$, $\omega_M \approx \omega_A$, $T_M \approx T_C$) el eje de transmisión (230) se acopla al sistema de acoplamiento del sistema motriz externo (240) y al sistema de acoplamiento del sistema consumidor (250), y las parejas de engranajes de eje perpendicular (241, 251) no se engranan. De esta forma estará conectado el sistema motriz externo (400) al sistema consumidor (500) y toda la potencia del sistema motriz externo (400) se transmitirá al sistema consumidor (500). En esta combinación, el acumulador inercial (100) se encuentra en reposo.

b) Cuando la potencia de consumo es aproximadamente igual a la potencia entregada por el sistema motriz externo (400), pero la velocidad angular del sistema motriz externo (400) es menor que la velocidad angular que necesita el sistema consumidor (500) ($P_M \approx P_C$, $\omega_M < \omega_C$), el sistema motriz externo (400) y el sistema consumidor (500) se conectan con el sistema de multiplicación/reducción de velocidad angular (220) por medio de las parejas de engranajes de eje perpendicular (241, 251). De esta manera se incrementa la velocidad angular y disminuye el torque en correspondencia con los valores de ω_C y T_C del consumidor y se mantendrá constante la relación de potencias $P_M \approx P_C$. En este caso, el acumulador inercial (100) también se encuentra en reposo ya que el acople (31) no se conecta al acoplamiento (210).

c) Cuando la potencia de consumo es aproximadamente igual a la potencia entregada por el sistema motriz externo (400), pero la velocidad angular del sistema motriz externo (400) es mayor que la velocidad angular que necesita el sistema consumidor (500) ($P_M \approx P_C$, $\omega_M > \omega_C$), el sistema motriz externo (400) y el sistema consumidor (500) se conectan con el sistema de multiplicación/reducción de velocidad angular (220) por medio de las parejas de engranajes de eje perpendicular (241, 251). De esta manera se disminuye la velocidad angular, aumenta el torque en

correspondencia con los valores de ω_C y T_C del consumidor y se mantendrá constante la relación de potencias $P_M \approx P_C$. En este caso nuevamente el acumulador inercial (100) también se encuentra en reposo, ya que el acople (31) no se conecta al acoplamiento (210).

d) Cuando la potencia de consumo es menor a la potencia entregada por el sistema motriz externo (400) y la velocidad angular del sistema motriz externo (400) es mayor que la velocidad angular que necesita el sistema consumidor (500) ($P_M > P_C$, $\omega_M > \omega_C$), el acoplamiento del sistema motriz externo y el sistema consumidor externo es igual a los casos b) y c). Adicionalmente, el acople (31) se conecta al acoplamiento (210) y el eje (30) del acumulador inercial (100) comenzará a rotar libremente. En dependencia de la energía sobrante, los embragues (47) se conectarán sucesivamente a las hélices (40). Este tipo de acoplamiento permite trasmitir el movimiento del eje (30) a las hélices (40). En una primera fase, los embragues (47) hacen rotar a las hélices (40), y los actuadores (50) impulsan a los empujadores (60) para desplazar axialmente a las hélices (40) por medio de los embragues (47) hasta que las pestañas (42) de dichas hélices (40) encajen con las ranuras (21) de los anillos (20) y los hagan rotar. El tiempo de conexión está dado por el tiempo en que se mantenga el exceso de energía que está entregando el sistema motriz externo (400). La cantidad de hélices (40) conectadas a sus respectivos anillos (20) dependerá de la magnitud del exceso de energía y de que se haya completado la capacidad de almacenamiento de energía de otros anillos (20) dentro del acumulador inercial (100). De esta forma se disminuye la velocidad angular y aumenta el torque, en correspondencia con la ω_C; mientras la energía sobrante se almacena en el acumulador inercial (100).

e) Cuando la potencia de consumo es mayor a la potencia entregada por el sistema motriz externo (400) y la velocidad angular del sistema motriz externo (400) es menor que la velocidad angular que necesita el sistema consumidor (500) ($P_M < P_C$ y $\omega_M < \omega_C$), el acoplamiento del sistema motriz externo con el sistema consumidor externo se mantiene, para que el consumidor continúe recibiendo la energía que está disponible en el sistema motriz externo (400). Sin embargo, el acumulador inercial (100) también se mantiene conectado a la unidad de transmisión de potencia, de manera que sistema consumidor (500) reciba parte de la energía almacenada en los anillos (20), en correspondencia con el déficit existente entre la demanda del sistema consumidor (500) y la oferta del sistema motriz externo (400).

f) Cuando el sistema motriz externo (400) no está disponible ($P_M = 0$), el acumulador inercial (100) suministrará toda la potencia que requiere el sistema consumidor (500). Esto se realiza desconectando el sistema de acoplamiento del sistema motriz

externo (240) del eje de transmisión (230), de manera que la energía cinética llegue al sistema consumidor (500) solo a través del par de engranajes de eje perpendicular (251). Y el acople (31) se conecte a la unidad de transmisión de potencia (200), por medio del acoplamiento (210). Esto permite extraer la energía cinética acumulada en los anillos (20), en dependencia de la potencia requerida por el sistema consumidor (500). El acumulador inercial (100) entregará la energía acumulada hasta que sea consumida totalmente por el sistema consumidor (500) o hasta que se restablezca el flujo de energía proveniente del sistema motriz externo (400).

Ejemplo 1 del Acumulador inercial (100)

Haciendo referencia a FIG. 4, FIG. 5A y FIG. 5B , se diseñó y construyó un acumulador inercial (100) que comprendió una carcasa (11) hermética y sellada al vacío con una tapa (12), fabricada en hormigón. Dicha carcasa (11) alojaba un primer anillo (20) y un segundo anillo (20a), donde el primer anillo (20) era concéntrico al segundo anillo (20a) de menor tamaño y dispuesto en el interior del primer anillo (20). Cada anillo (20, 20a) en su cara transversal (23) presentaba tres ranuras (21) distribuidas por el perímetro del anillo (20). Además, dentro de la carcasa (11) se alojaba un eje (30) montado en rodamientos, que soportaba a su vez dos hélices (40), las cuales tenían, cada una, tres aspas (41). Dichas aspas (41) eran más estrechas en la zona cercana al eje (30) y más anchas en el extremo cercano a la carcasa (11), y cada aspa contaba con una pestaña (42) en su extremo cercano a la carcasa (11). Las pestañas (42) tenían una sección transversal de forma trapezoidal, al igual que las ranuras (21, 21a) de los anillos (20, 20a).

Cada hélice (40) contaba, además, con una corona con engranaje interno (43) que se acoplaba con un engranaje (45) conectado al eje (30) por medio de un cojinete (46). Además, cada hélice (40) contaba con un plato de soporte axial (44) donde se alojaba un embrague (47). Sobre dicho embrague (47) se dispuso un empujador (60). Dicho empujador (60) consistió en un aro (61) conectado a tres radios (62) que tenían cada uno un orificio (63) en su extremo. En cada uno de dichos orificios (63) se conectaron cilindros hidráulicos como actuadores (50), responsables del movimiento axial de toda la hélice (40). Por otra parte, el eje (30) comprendió en un extremo un acople (31).

Ejemplo 2 del Acumulador inercial (100)

Haciendo referencia a la FIG.2, se diseñó y fabricó un acumulador inercial (100) como el del Ejemplo 1 que se conectó por medio del acople (31) a una unidad de transmisión de potencia mecánica (200). A su vez, dicha unidad de transmisión de potencia mecánica se conectó a una unidad de control (300), un sistema motriz externo (400) y un sistema consumidor (500).

Donde el sistema motriz externo (400) era un rotor eólico y el sistema consumidor (500) era un alternador.

Además, la unidad de transmisión de potencia mecánica (200) comprendió un acoplamiento (210) configurado para conectarse al acople (31) y un sistema de multiplicación/reducción de velocidad angular (220) configurado para conectarse al acoplamiento (210). Adicionalmente, a dicho sistema de multiplicación/reducción de velocidad angular (220) se conectó un eje de transmisión (230) por medio de dos parejas de engranajes cónicos de eje perpendicular (241, 251). En un extremo del eje de transmisión (230) se conectó el sistema de acoplamiento del sistema motriz externo (240) y en el otro extremo del eje de transmisión (230) se conectó el sistema de acoplamiento del sistema consumidor (250). De esta manera, el eje de transmisión (230) pudo extraer energía del sistema motriz externo (400) o alimentar al sistema consumidor (500).

.

REIVINDICACIONES

1. Un acumulador inercial (100), que comprende:
   - un recinto (10) cilíndrico;
   - un eje (30) que atraviesa el centro del recinto (10);
   - al menos un anillo (20) alojado en el recinto (10) y coaxial al eje (30), donde el anillo (20) tiene al menos una ranura (21) en una de sus caras perpendiculares al eje (30);
   - una hélice (40) ensartada en el eje (30) con al menos una pestaña (42) en sus aspas (41), donde dicha pestaña (42) se encaja en la ranura (21) del anillo (20);
   - un empujador (60) conectado al eje (30), que se mueve axialmente respecto a dicho eje (30); y
   - un actuador (50) conectado al empujador (60), donde el actuador (50) impulsa axialmente a dicho empujador (60) y dicho empujador (60) a su vez desplaza la hélice (40) axialmente para enganchar y desenganchar la pestaña (42) a la ranura (21) del anillo (20);

donde la hélice (40) y el anillo (20) se enganchan por medio de la pestaña (42) para extraer o almacenar energía cinética en dicho anillo (20) al transmitirse el movimiento entre la hélice (40) y al anillo (20) al girar el eje (30).

2. El acumulador de la Reivindicación 1, donde el eje (30) tiene un acople (31) en un extremo, y dicho acople (31) está configurado para conectarse a una unidad de transmisión de potencia mecánica (200).

3. El acumulador de la Reivindicación 2, donde la unidad de transmisión de potencia mecánica (200) se conecta a una unidad de control (300), a un sistema motriz externo (400) y a un sistema consumidor (500).

4. El acumulador de la Reivindicación 3, donde la unidad de control (300) incluye una bomba hidráulica (310) que alimenta el actuador (50) por medio de un distribuidor de válvulas (340), un motor eléctrico (320) que acciona la bomba hidráulica (310) y un sistema de hardware y software (330) que controla el motor eléctrico (320).

5. El acumulador de la Reivindicación 1, donde el recinto (10), el anillo (20), el eje (30), la hélice (40), el empujador (60)y el actuador (50) se alojan en una carcasa (11).

6. El acumulador de la Reivindicación 5, donde la carcasa (11) es hermética.

7. El acumulador de la Reivindicación 5, donde la carcasa (11) es hermética y está sellada al vacío.

8. El acumulador de la Reivindicación 1, donde el empujador (60) consta de un aro (61) y al menos un radio (61) que tiene un orificio (63) dispuesto en el extremo más alejado del aro (61).

9. El acumulador de la Reivindicación 1, donde la altura del anillo (20) está definida por una cara longitudinal (22) paralela al eje (30) y el espesor del anillo (20) está definido por una cara transversal (23) perpendicular al eje (30), y la altura del anillo (20) es mayor al espesor del anillo (20).

10. El acumulador de la Reivindicación 1, donde la ranura (21) tiene una sección transversal de mayor apertura en la superficie del anillo (20) que en su profundidad.

.

RESUMEN

La presente divulgación se refiere a un acumulador inercial que permite acumular y posteriormente suministrar energía cinética. Dicho acumulador inercial comprende un recinto cilíndrico, un eje que atraviesa el centro del recinto y al menos un anillo alojado en el recinto y coaxial al eje, donde el anillo tiene al menos una ranura en una de sus caras perpendiculares al eje. Además, el acumulador inercial comprende una hélice ensartada en el eje y con al menos una pestaña en sus aspas, donde dicha pestaña se encaja en la ranura del anillo. También, el acumulador inercial comprende un empujador conectado al eje , que se mueve axialmente respecto a dicho eje y un actuador conectado al empujador, donde el actuador impulsa axialmente a dicho empujador y dicho empujador a su vez desplaza la hélice axialmente para enganchar y desenganchar la pestaña a la ranura del anillo . Dicha hélice y el anillo se enganchan por medio de la pestaña para extraer o almacenar energía cinética en dicho anillo, al transmitirse el movimiento entre la hélice y al anillo al girar el eje.

En una modalidad del acumulador inercial, el eje tiene un acople en un extremo, y dicho acople está configurado para conectarse a una unidad de transmisión de potencia mecánica. Dicha unidad de transmisión de potencia mecánica puede conectarse a una unidad de control, a un sistema motriz externo y a un sistema consumidor. De esta manera, es posible que el sistema motriz externo guarde su energía cinética sobrante en el acumulador inercial para posteriormente entregarla, o transmitirla al sistema consumidor cuando éste la requiera.

FIGURAS

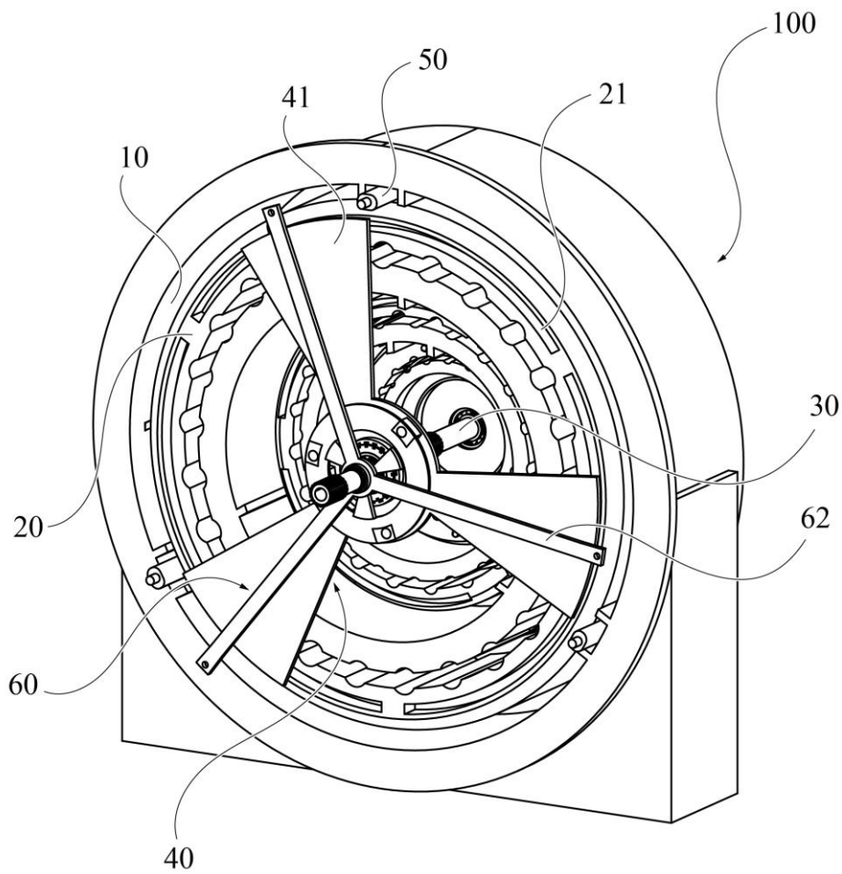

FIG. 1

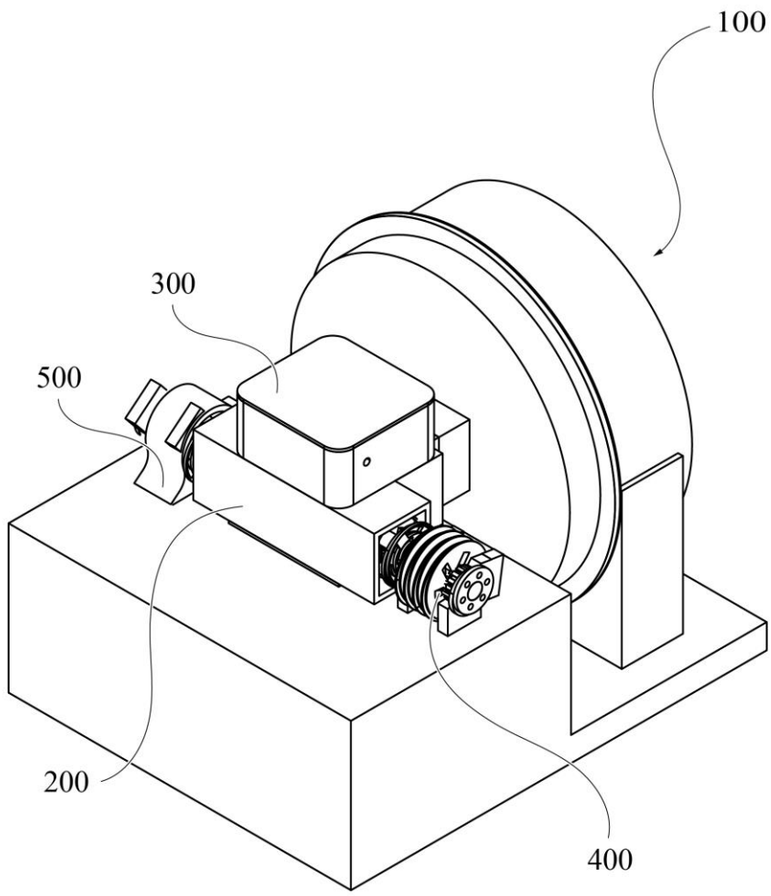

FIG. 2

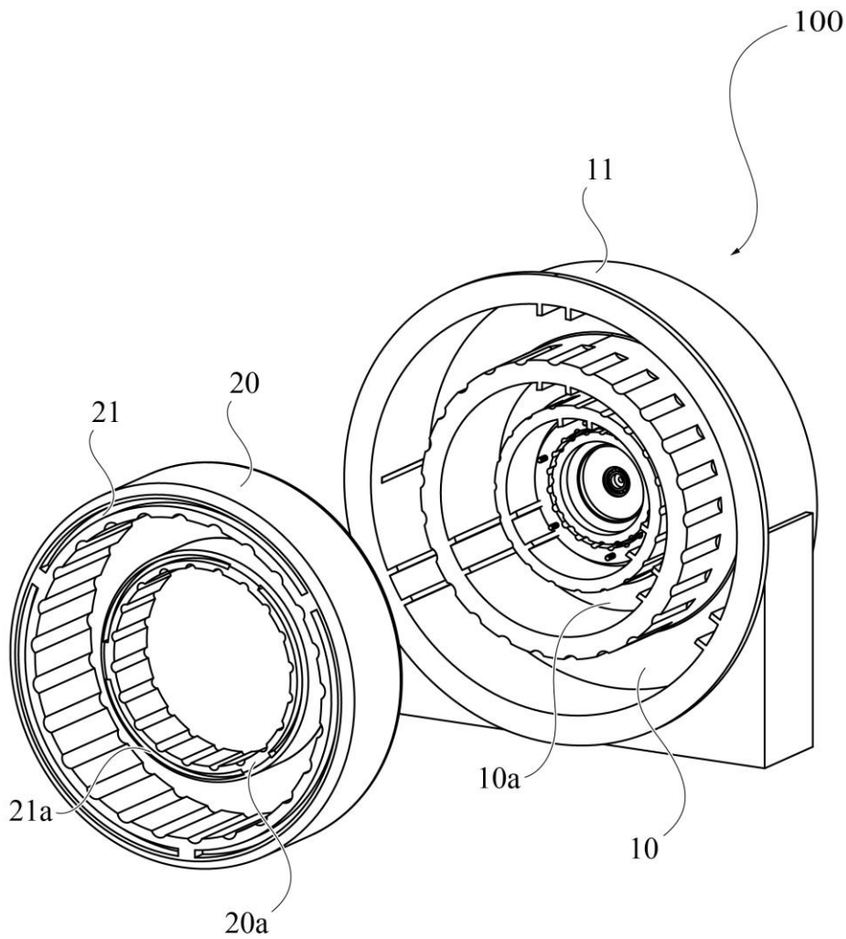

FIG. 3

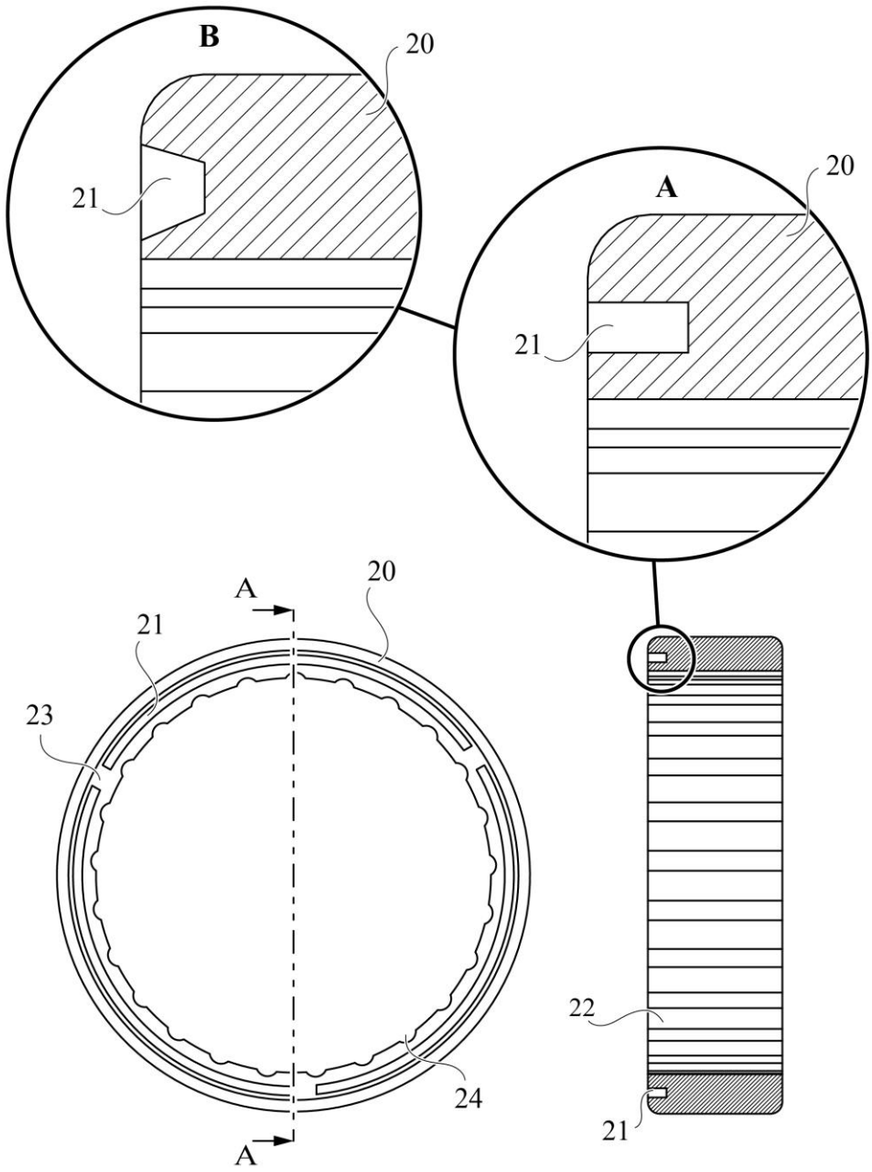

FIG. 4

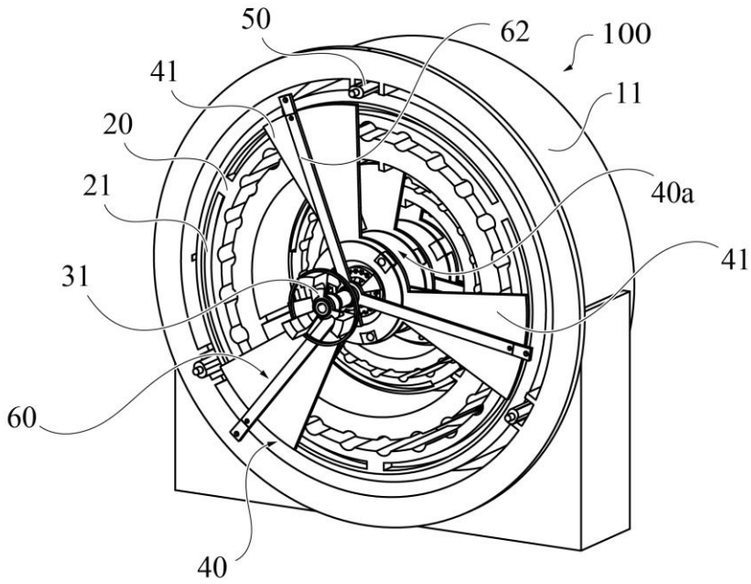

FIG. 5A

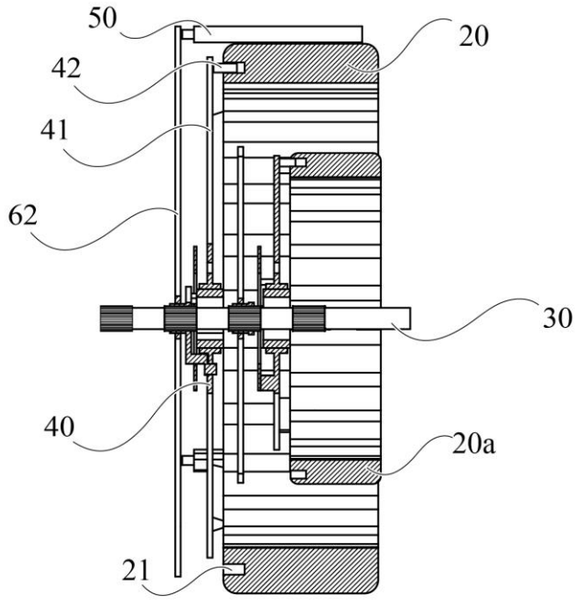

FIG. 5B

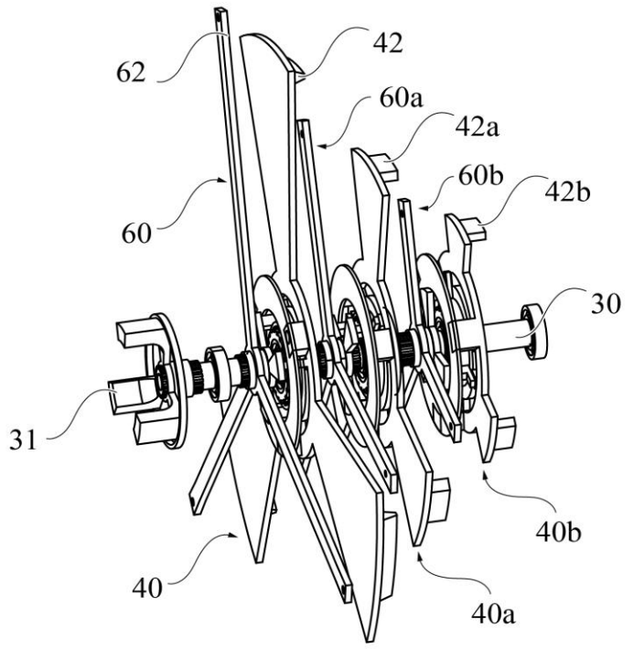
62
42
60a
42a
60b
42b
60
30
31
40b
40
40a

FIG. 6A

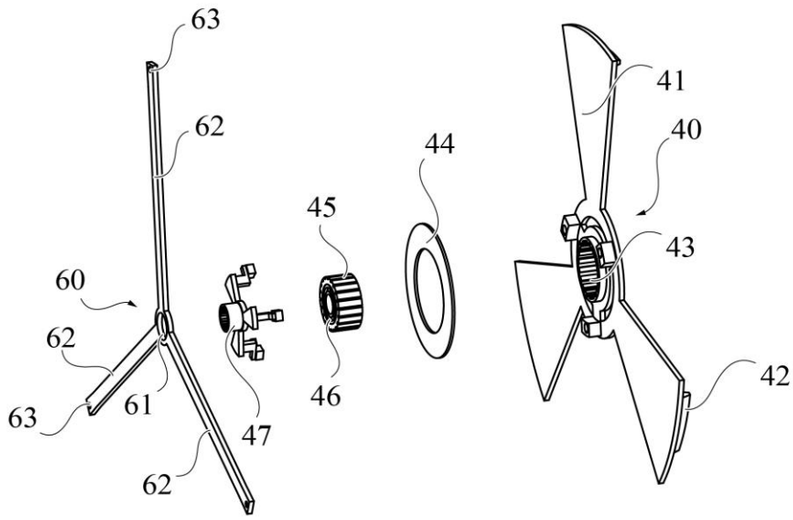
63
62
44
41
40
45
43
60
62
61
46
42
63
47
62

FIG. 6B

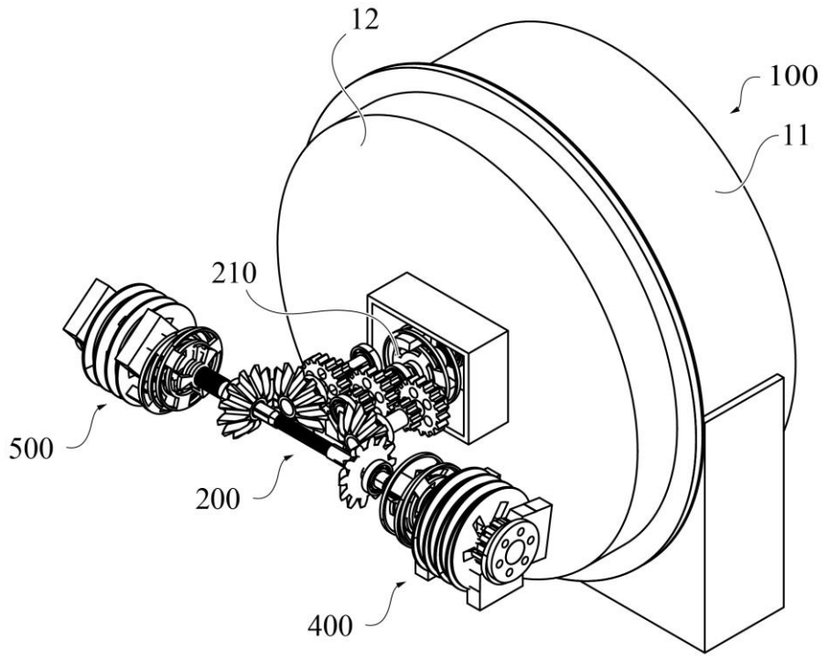

FIG. 7A

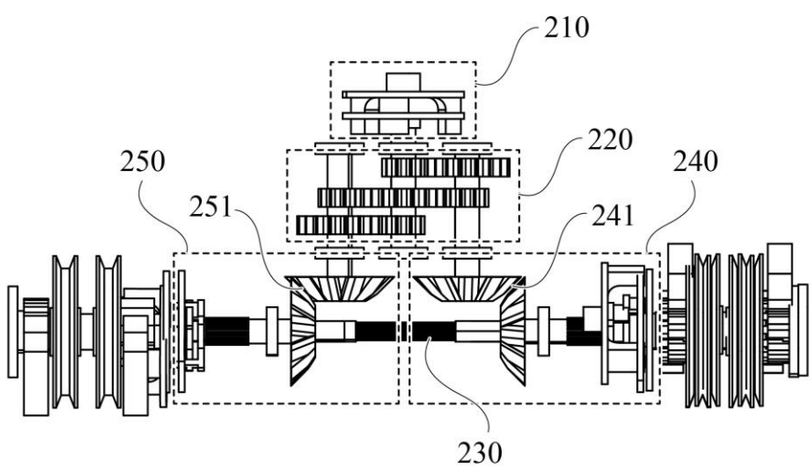

FIG. 7B

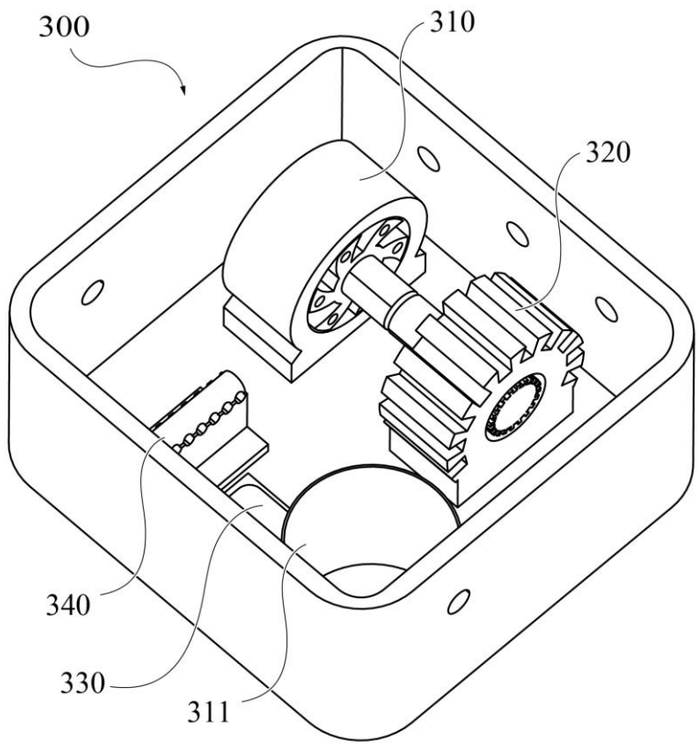

FIG. 8