

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 979**

51 Int. Cl.:

**G01L 3/04** (2006.01)

**G01L 3/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.03.2011** **E 11250238 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019** **EP 2363697**

54 Título: **Supervisión de carga para sistemas electromagnéticos**

30 Prioridad:

**02.03.2010 US 715609**

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

**12.03.2020**

73 Titular/es:

**HAMILTON SUNDSTRAND CORPORATION  
(100.0%)  
One Hamilton Road  
Windsor Locks, CT 06096-1010 , US**

72 Inventor/es:

**POWER, TERRILL G.;  
RUSS, DAVID EVERETT y  
HILL, DAVID G.**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 747 979 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**

Supervisión de carga para sistemas electromagnéticos

5 Antecedentes de la invención

El objeto descrito en esta solicitud se refiere en general a sistemas electromecánicos. Más específicamente, la descripción de objeto se refiere a la detección de par en sistemas electromecánicos.

10 Con los últimos avances en la tecnología de motores eléctricos y de accionamiento por motor eléctrico, se ha vuelto ventajoso reemplazar los sistemas mecánicos, neumáticos e hidráulicos tradicionales en vehículos como aeronaves, naves espaciales, barcos y vehículos terrestres con sistemas accionados eléctricamente. Los sistemas accionados eléctricamente ofrecen las ventajas de mayor eficiencia, peso reducido, mayor fiabilidad, reducido riesgo medioambiental y de incendio por el fluido hidráulico, reducido coste de mantenimiento y embalaje más pequeño. En 15 aplicaciones de transporte de carga tales como actuadores electromecánicos, generadores de arranque, bombas accionadas eléctricamente, ocasionalmente puede aplicarse al sistema un par que excede los márgenes de diseño seguro, o un par de sobrecarga. La seguridad durante una condición de sobrecarga de la mayor importancia.

20 La necesidad de detectar la condición de sobrecarga mecánica requiere que la carga sea detectada y se actúa sobre ella en un plazo de tiempo apropiado para evitar daños mecánicos o eléctricos al sistema y los alrededores externos. Normalmente, se usan sensores de carga/fuerza mecánicos o eléctricos para proteger los sistemas de accionamiento. Añadir sensores a un sistema de actuación, sin embargo, reduce su fiabilidad y aumenta la complejidad general del sistema. Los sistemas de actuación mecánica requieren mecanismos precisos que permitan el alivio de las cargas 25 mecánicas que exceden un umbral de diseño. Las características de seguridad mecánica tales como árboles rompibles de seguridad, frenos, embragues deslizantes y sensores de carga, han proporcionado tradicionalmente protección contra sobrecarga, pero tienen limitaciones. De manera similar, los sistemas de actuación hidráulica y neumática normalmente utilizan una válvula de alivio de presión accionada por muelle que se abre cuando la presión del sistema/la carga del sistema excede el umbral de diseño. La técnica recibiría bien un aparato de protección contra 30 sobrecarga que proporcione protección precisa del sistema sin aumentar la complejidad del sistema o reducir la fiabilidad general del sistema.

El documento JP 2008-174213 A describe un motor eléctrico que comprende un rotor, y un árbol de salida que puede hacerse girar mediante el motor. Entre el motor y el árbol de salida está dispuesta una barra de torsión. La posición angular absoluta del rotor se determina a partir de la corriente suministrada al motor eléctrico. Un sensor de par mide 35 el par transmitido al árbol de salida.

El documento US 3982419 describe un medidor para determinar la rigidez o el gradiente de par. El medidor incluye un árbol flexible torsionalmente conectado entre un árbol de salida y un árbol de entrada de potencia accionado por un motor, medios de detección (codificadores) para desarrollar dos series separadas de señales representativas del 40 desplazamiento de los árboles de entrada y de salida, respectivamente, un comparador para determinar a partir de las dos series de señales una función de la rigidez o del gradiente de par, y un controlador que controla la potencia al motor dependiendo de la rigidez.

El documento US 2007/234739 A1 describe un sistema de control de arranque para el arranque en frío de un motor de turbina. El sistema comprende un sensor que puede determinar si un generador de arranque está produciendo un 45 par neto negativo.

El documento "Low-Cost Sensorless Control of Brushless DC Motors With Improved Speed Range", Gui-Jia Su y John W. McKeever, IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, vol. 19, no. 2, 2004, describe un motor de CC sin 50 escobillas, donde la posición del rotor se determina usando los voltajes de los terminales del motor.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

55 Según un aspecto de la invención, se proporciona un sistema electromecánico según la reivindicación 1.

Según otro aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento según la reivindicación 3.

Estas y otras ventajas y características resultarán más evidentes a partir la siguiente descripción tomada conjuntamente con los dibujos. 60

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Lo anterior y otras características y ventajas de la invención resultan evidentes a partir de la siguiente descripción detallada tomada conjuntamente con los dibujos que la acompañan, en los cuales: 65

la fig. 1 es una vista esquemática de un ejemplo de un sistema electromecánico;

la fig. 2 es una vista en sección transversal de una porción de un ejemplo de un sistema electromecánico;

la fig. 3 es una vista esquemática de otro ejemplo de un sistema electromecánico;

la fig. 4 es una vista en sección transversal de una porción de un sistema electromecánico; y

la fig. 5 es una vista en sección transversal esquemática que ilustra el par aplicado a un ejemplo de un sistema de actuación electromecánico.

La descripción detallada explica realizaciones de la invención, junto con ventajas y características, a título de ejemplo con referencia a los dibujos.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

En la fig. 1 se muestra un sistema electromecánico que incluye un primer componente, por ejemplo, un motor de turbina (10), y un segundo componente, por ejemplo, un motor de arranque (12) para el motor de turbina (10). En algunas realizaciones, el motor de arranque (12) es un motor eléctrico. El motor de arranque (12) incluye un rotor de arranque (14) que está conectado a un motor de turbina (16) a través de un árbol de turbina (18) que se extiende entre el rotor de arranque (14) y el rotor de turbina (16). El árbol de turbina (18) incluye una porción de árbol flexible giratoriamente (20) situada entre el rotor de arranque (14) y el rotor de turbina (16).

Las posiciones angulares tanto del rotor de turbina (16) como del rotor de arranque (14) son conocidas en cualquier momento dado. Para obtener los datos de posición de rotación, en algunas realizaciones, el motor de turbina (10) incluye al menos un sensor de posición de rotor (22) que es capaz de detectar la posición angular del rotor de turbina (16).

Un sensor de posición (22) tal como, por ejemplo, un dispositivo de resolución, puede estar asegurado a un árbol de turbina (18) para determinar la posición angular del rotor de turbina (16). Una posición del rotor de arranque (14) se determina sin el uso de un sensor de posición de rotor (22). La posición angular del rotor de arranque (14) se determina matemáticamente mediante un algoritmo que utiliza un perfil conocido de, por ejemplo, la distribución de voltaje y/o la corriente, a medida que el rotor de arranque (14) gira alrededor de un eje (26) del motor de arranque (12). Debido a que el perfil de voltaje del motor de arranque (12) se conoce como una función de la posición angular del rotor de arranque (14), la posición angular del rotor de arranque (14) puede determinarse entonces midiendo el voltaje y/o la corriente en un punto deseado y comparando los valores medidos con el perfil conocido.

La porción de árbol flexible giratoriamente (20) está situada a lo largo del árbol de turbina (18) entre el rotor de arranque (14) y el rotor de turbina (16), en algunas realizaciones entre dos porciones rígidas giratoriamente del árbol de turbina (18). Como se muestra en la fig. 2, en algunas realizaciones, la porción de árbol (20) es un muelle de torsión (28) conectado al árbol de turbina (18). El muelle de torsión (28) tiene una constante de elasticidad o cantidad de torsión por unidad de fuerza aplicada al mismo conocida. Aunque en la fig. 2 se muestra un muelle de torsión (28) como la porción de árbol (20), debe apreciarse que pueden utilizarse otras configuraciones de porciones de árbol (20) con una cantidad conocida de flexión rotacional, o torsión, por unidad de fuerza aplicada. Por ejemplo, la porción de árbol (20) puede ser un árbol macizo con una cantidad conocida de flexión de rotación por unidad de fuerza aplicada.

Con referencia nuevamente a la fig. 1, conociendo la posición angular tanto del rotor de arranque (14) como del rotor de turbina (16) y la constante de elasticidad de la porción de árbol (20) establece una relación nominal entre la rotación del rotor de arranque (14) y el rotor de turbina (16), de modo que para cualquier posición de rotación del rotor de arranque (14), puede entenderse una posición nominal del rotor de turbina (16). Tal disposición puede ser útil en muchas situaciones. Por ejemplo, conociendo la posición del rotor de arranque (14) y el rotor de turbina (16), así como la constante de elasticidad de la porción de árbol (20), puede determinarse una carga del motor de turbina (10). Además, la disposición puede utilizarse para supervisar la salud del motor de turbina (10). Muestreando la posición del rotor de arranque (14) y la posición del rotor de turbina (16) al mismo tiempo, puede calcularse una posición delta. Dado que existe una constante de elasticidad conocida entre el rotor de arranque (14) y el rotor de turbina (16), entonces puede determinarse la carga de par del motor de turbina (10). Si la carga de par cae fuera de la nominal para las condiciones de funcionamiento dadas (temperatura, densidad del aire, etc.), entonces puede garantizarse el mantenimiento en el motor de turbina (10).

En la fig. 3 se muestra otro ejemplo de un sistema electromecánico. En este ejemplo, el primer componente es, por ejemplo, un actuador electromecánico (30), que en algunos ejemplos es lineal o rotativo, que está conectado a un motor de accionamiento (32) y es accionado por el mismo. El motor de accionamiento (32) incluye al menos un sensor de posición de rotor (22) que es capaz de detectar una posición angular de un rotor de motor de accionamiento (34) de motor de accionamiento (32).

El sistema electromecánico incluye un mecanismo de freno (36) situado en un extremo de un árbol de motor (38). Como se muestra en la fig. 4, en algunos ejemplos, el mecanismo de freno (36) incluye un engranaje de frenado (40)

5 fijado al árbol de motor (38) y un retén de trinquete (42) unido a un servo de trinquete (44). El engranaje de frenado (40) incluye una pluralidad de dientes de engranaje de frenado (46) en los que puede engranar el retén de trinquete (42) para detener la rotación del árbol de motor (38) en un punto deseado, deteniendo así la actuación del actuador electromecánico (30). Aunque en esta solicitud se describe un mecanismo de freno de retén de trinquete y engranaje de frenado (36), debe apreciarse que ejemplos que incluyen otros tipos de mecanismos de frenado (36) están dentro del alcance de la presente descripción.

10 El árbol de motor (38) incluye una porción de árbol flexible giratoriamente (20) situada entre el motor de accionamiento (32) y el mecanismo de freno (36). Como antes, en algunos ejemplos, la porción de árbol (20) es un muelle de torsión (28) conectado al árbol de motor (38). El muelle de torsión (28) tiene una constante de elasticidad o cantidad de torsión por unidad de fuerza aplicada al mismo conocida. El muelle de torsión (28) tiene un chavetero (48) que es receptivo de un árbol de engranaje de frenado (50). Aunque en la fig. 4 se muestra un muelle de torsión (28) como la porción de árbol (20), debe apreciarse que pueden utilizarse otras configuraciones de porciones de árbol (20). Por ejemplo, la porción de árbol (20) puede ser un árbol macizo con una cantidad conocida de flexión de rotación por unidad de fuerza aplicada.

15 Durante el funcionamiento del sistema electromecánico, el motor de accionamiento (32) acciona el actuador electromecánico (30) a una posición deseada a través de la rotación del árbol de motor (38). El mecanismo de freno (36) se engrana entonces para detener la rotación del árbol de motor (38). Debido a las fuerzas que actúan sobre el actuador electromecánico (30), un par puede actuar sobre el árbol de motor (38). Este par es supervisado a través del motor de accionamiento (32) que tiene la porción de árbol (20). Debido a la presencia de la porción de árbol (20) que tiene una constante de elasticidad conocida, el par aplicado al árbol de motor (38) mientras el mecanismo de freno (36) está engranado permite la rotación del rotor de motor de accionamiento (34) y una porción no flexible (52) del árbol de motor (38). Esta rotación se ilustra en la fig. 5, que muestra las posiciones relativas de un rotor descargado (14a) y una posición de rotor de un rotor cargado (14b). El movimiento del rotor (14) es detectado por el sensor de posición (22), o por el algoritmo de detección. Conocer la cantidad de movimiento de rotación y la constante de elasticidad de la porción de árbol (20) permite que se calcule el par aplicado. En algunos ejemplos, el par aplicado puede tener límites predeterminados por integridad del sistema electromecánico o razones de seguridad. Si el par aplicado excede el límite predeterminado, el mecanismo de frenado (36) puede ser liberado, permitiendo la rotación del árbol de motor (38), que a su vez da lugar a la activación del actuador electromecánico (30) de modo que se libera el par sobre el árbol de motor (38).

20 El sistema electromecánico que tiene la porción de árbol (20) y detección de posición del rotor ya sea a través de un sensor de posición de rotor (22) o por otros medios, elimina la necesidad de un sensor de par directo en el sistema electromecánico (10).

25 Aunque la invención se ha descrito en detalle en relación con solo un número limitado de realizaciones, debería entenderse fácilmente que la invención no está limitada a tales realizaciones descritas. En cambio, la invención puede modificarse para incorporar cualquier número de variaciones, alteraciones, sustituciones o disposiciones equivalentes no descritas hasta ahora. Además, aunque se han descrito diversas realizaciones de la invención, ha de entenderse que los aspectos de la invención pueden incluir solo algunas de las realizaciones descritas. Por consiguiente, la invención no debe verse como limitada por la descripción anterior, sino que solo está limitada por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema electromecánico que comprende:

Un componente de accionamiento (12) que tiene un rotor de accionamiento (14) giratorio alrededor de un eje (26);

y

Un componente accionado (10),

Donde el componente accionado es un motor de turbina (10) que comprende un rotor de turbina (16) giratorio alrededor del eje (26), el componente de accionamiento es un motor de arranque eléctrico (12) para el motor de turbina (10), y el rotor de accionamiento del motor de arranque (12) es un rotor de arranque (14),

Donde el sistema electromecánico comprende además:

un árbol de turbina (18) que comprende una porción de árbol flexible giratoriamente (20) dispuesta en comunicación operativa con el rotor de arranque (14) y el rotor de turbina (16) y conectada operativamente al mismo de modo que la rotación del rotor de arranque (14) alrededor del eje (26) acciona la rotación del rotor de turbina (16) alrededor del eje (26), donde una diferencia en la cantidad de rotación del rotor de arranque (14) y el rotor de turbina (16) es indicativa de una carga en el motor de turbina (10);

un sensor de propiedad eléctrica en comunicación operativa con el motor de arranque (12) para medir una propiedad eléctrica del motor de arranque (12), para determinar una posición angular del rotor de arranque (14) sin usar un sensor de posición de rotor, donde la posición angular del rotor de arranque (14) se determina matemáticamente usando un algoritmo que usa un perfil conocido de la propiedad eléctrica como una función de la posición angular del rotor de arranque (14), de modo que la posición angular del rotor de arranque (14) puede determinarse midiendo la propiedad eléctrica del motor de arranque (12) y comparando el valor medido con el perfil conocido, donde la propiedad eléctrica es el voltaje y/o la corriente; y

un sensor de posición (22) en comunicación operativa con el rotor de turbina (16) para determinar una posición angular de mismo,

donde el sistema está configurado para calcular una magnitud de una carga en el motor de turbina (10) basándose en un cálculo de una diferencia en la posición angular determinada del rotor de arranque (14) y la posición angular determinada del rotor de turbina (16) y una rigidez torsional conocida de la porción de árbol (20).

2. El sistema electromecánico según la reivindicación 1, donde la porción de árbol (20) comprende un muelle de torsión (28) que tiene una constante de elasticidad conocida.

3. Un procedimiento para determinar una carga en un componente accionado (10) de un sistema electromecánico, donde el componente accionado es un motor de turbina (10) y comprende un rotor de turbina (16) giratorio alrededor de un eje (26), comprendiendo además el sistema electromecánico:

un componente accionado (12) que tiene un rotor de accionamiento (14) giratorio alrededor del eje (26), donde el componente de accionamiento es un motor de arranque eléctrico (12) para el motor de turbina (10), y el rotor de accionamiento del motor de arranque (12) es un rotor de arranque (14);

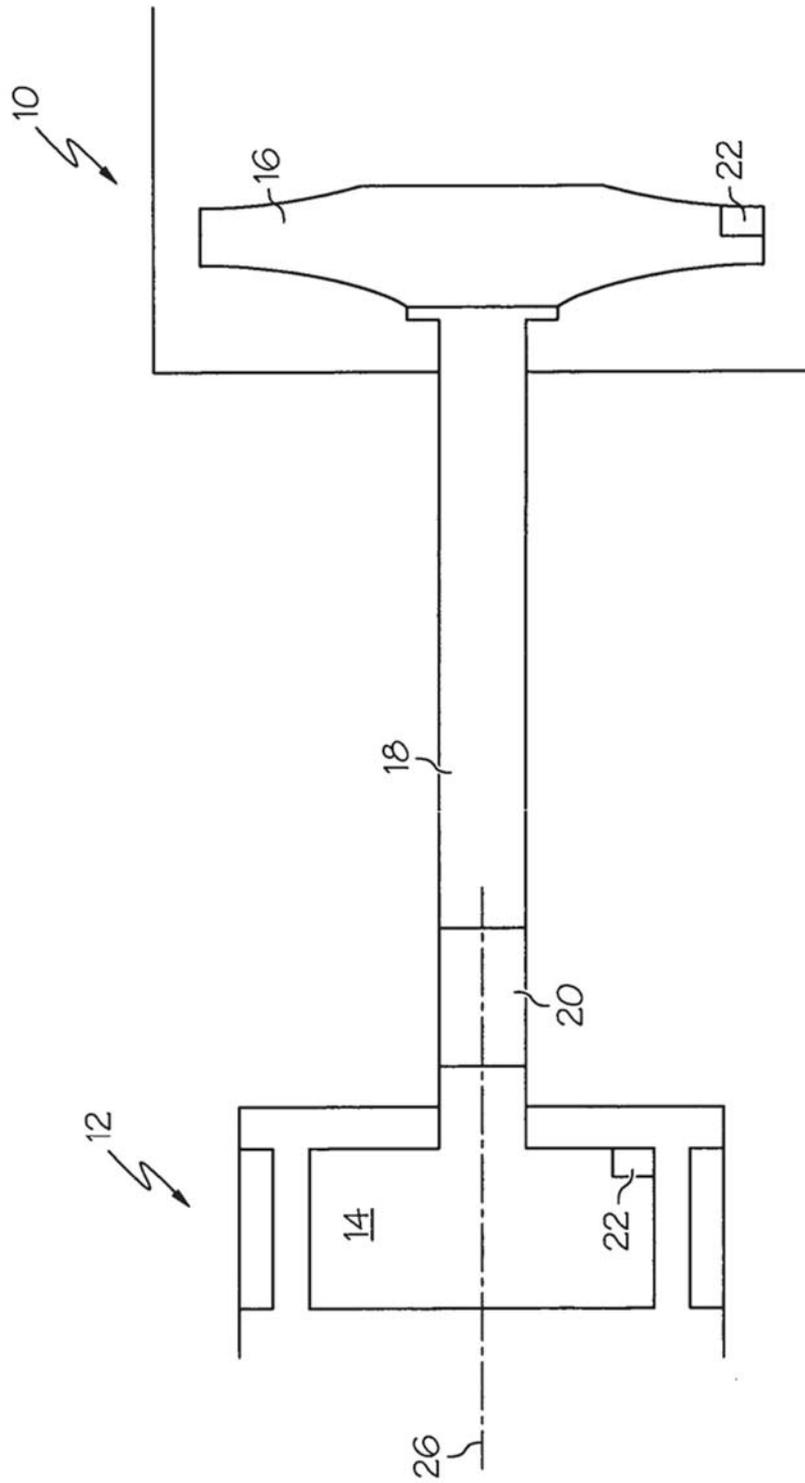
un árbol de turbina (18) que comprende una porción de árbol flexible giratoriamente (20) en comunicación operativa con el rotor de arranque (14) y el rotor de turbina (16), la porción de árbol (20) conectada operativamente al mismo;

comprendiendo el procedimiento:

determinar una posición angular del rotor de arranque (14) matemáticamente sin el uso de un sensor de posición de rotor, midiendo una propiedad eléctrica del motor de arranque (12) y usando un algoritmo que usa un perfil conocido de la propiedad eléctrica como una función de la posición angular del rotor de arranque (14), y determinar la posición angular del rotor de arranque (14) midiendo y comparando el valor medido de la propiedad eléctrica del motor de arranque (12) con el perfil conocido, donde la propiedad eléctrica es el voltaje y/o la corriente;

determinar una posición angular del rotor de turbina (16) usando uno o más sensores de posición de rotor (22) conectados operativamente al mismo; y

calcular una magnitud de una carga en el motor de turbina (10) basándose en un cálculo de una diferencia en la posición angular determinada del rotor de arranque (14) y la posición angular determinada del rotor de turbina (16) y una rigidez torsional conocida de la porción de árbol (20).



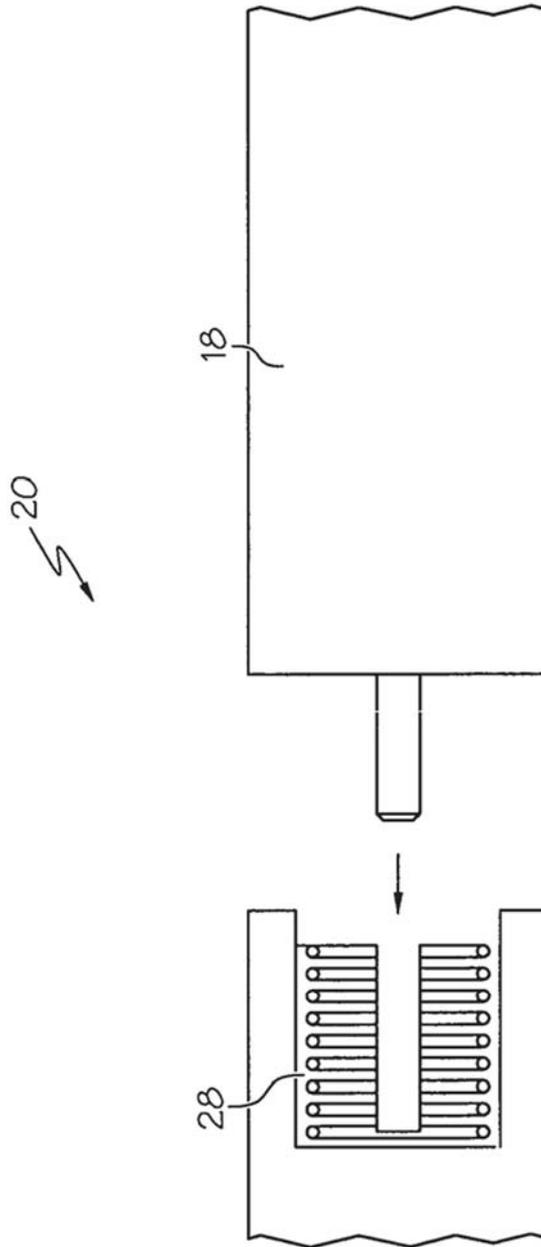


FIG. 2

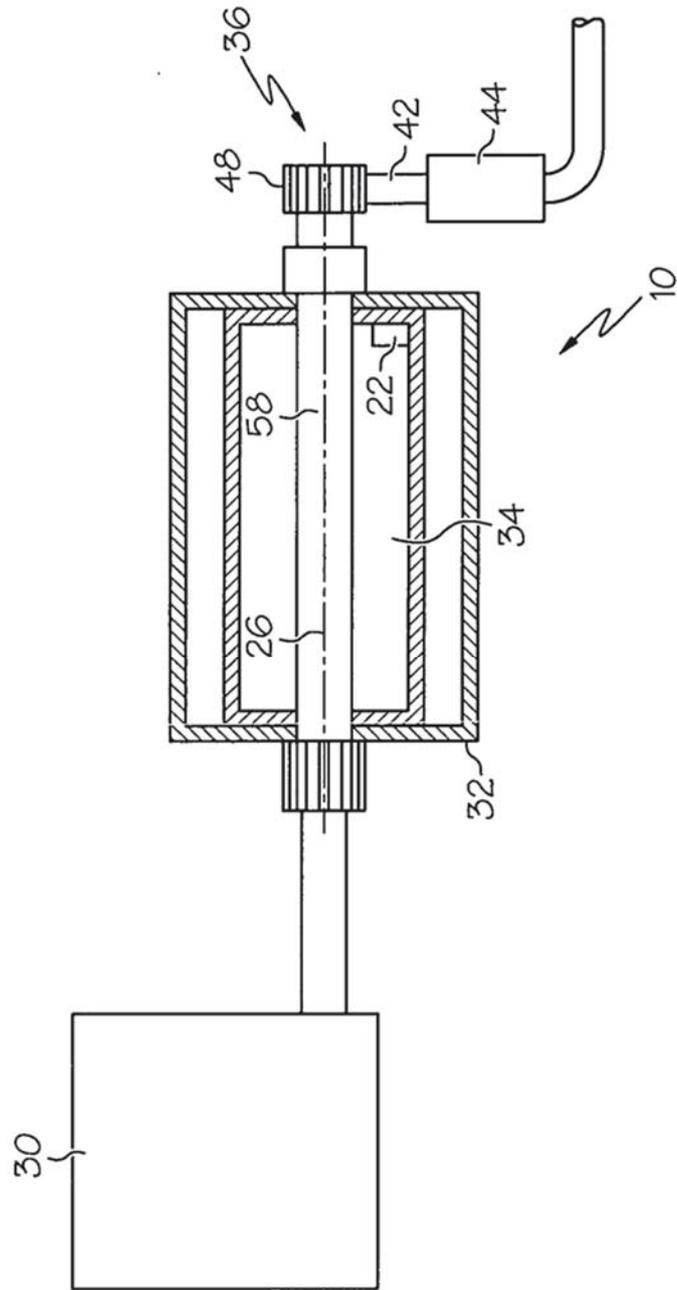


FIG. 3

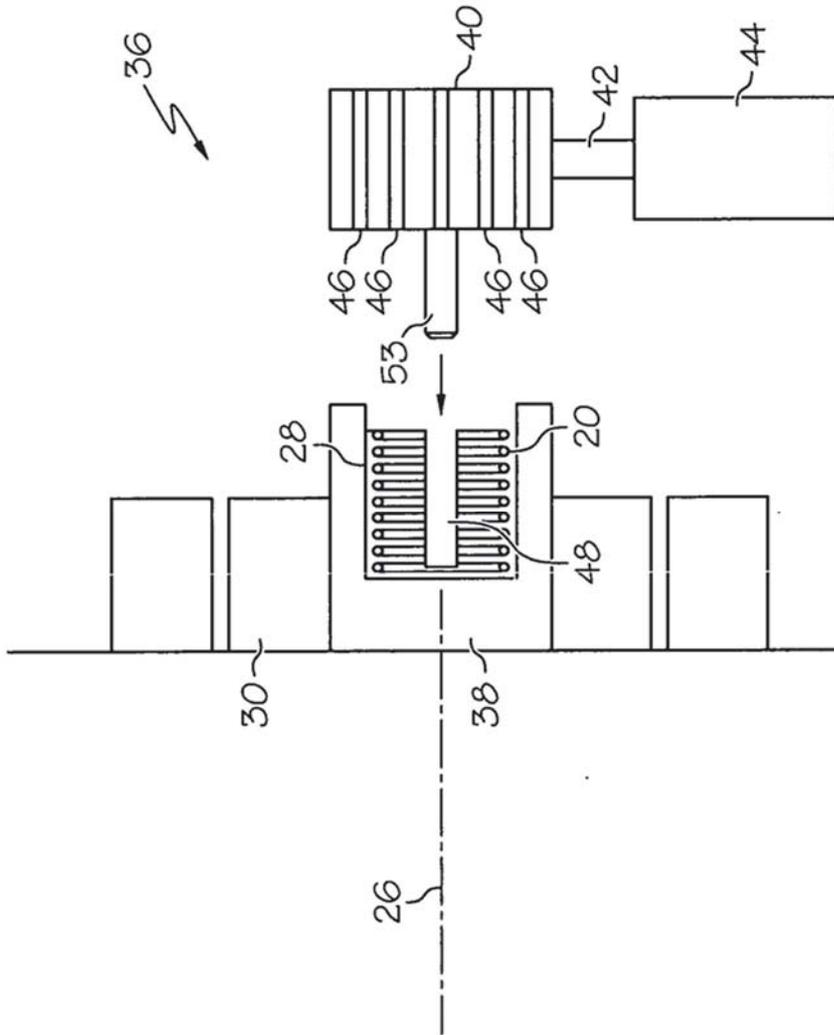


FIG. 4

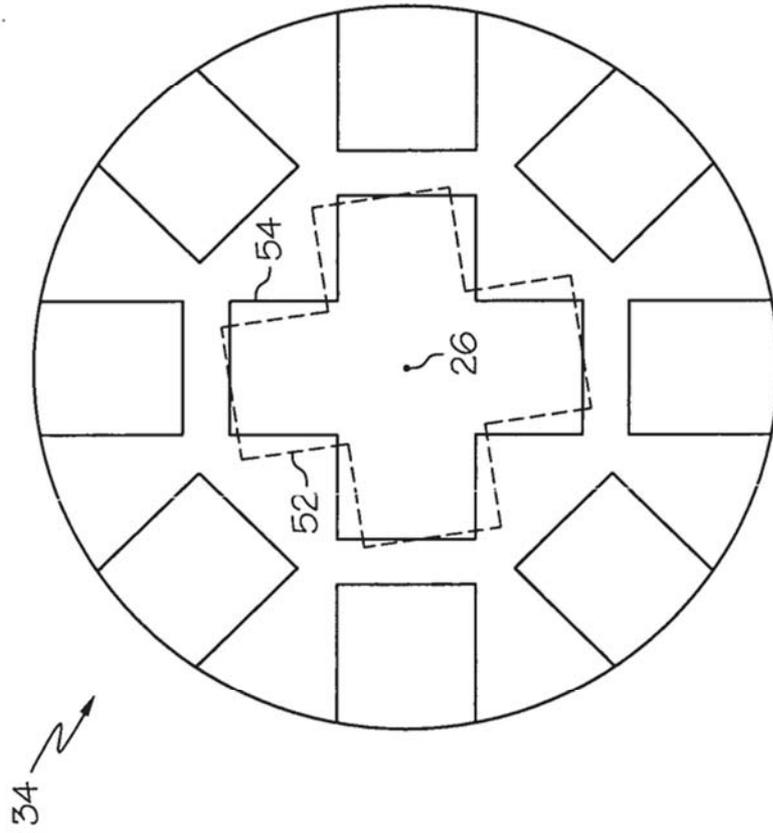


FIG. 5