

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 624**

51 Int. Cl.:

F03D 11/02 (2006.01)

G01M 13/02 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2011** **E 11804631 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2015** **EP 2652323**

54 Título: **Aparato y métodos para monitorizar la salud de componentes en una caja de engranajes de un sistema de generación de potencia**

30 Prioridad:

17.12.2010 US 971480

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

14.09.2015

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

SABANNAVAR, ANIL y

ONG, JIUM KEAT

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 545 624 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

Aparato y métodos para monitorizar la salud de componentes en una caja de engranajes de un sistema de generación de potencia

Campo técnico

- 5 Esta solicitud se refiere de manera general a sistemas de generación de potencia y, más específicamente, a la monitorización de la salud de componentes en una caja de engranajes de un sistema de generación de potencia, tal como una turbina eólica.

Antecedentes

- 10 Un sistema de energía eólica a gran escala o parque eólico incluye un grupo de turbinas eólicas que funcionan colectivamente como una central eléctrica para producir energía eléctrica sin el consumo de combustibles fósiles. Una turbina eólica incluye un rotor, un generador y una caja de engranajes alojada en una góndola, y se coloca en una torre a una altura suficiente por encima del terreno circundante de modo que se le proporcionan a la turbina corrientes eólicas que son más fuertes y más constantes que aquellas a nivel del suelo. Las turbinas eólicas de la clase de megavattios pueden tener góndolas que pesan más de 100 toneladas y rotores que abarcan más de 15 90 metros. Debido a su tamaño, peso y altura de funcionamiento, la realización de reparaciones principales en una turbina eólica es costosa, requiriendo con frecuencia una grúa para retirar el rotor y la góndola de la torre. Por tanto, los principales subconjuntos de una turbina eólica se diseñan normalmente para tener una vida útil de servicio superior o igual a la vida de servicio estimada de la turbina eólica para reducir los costes de mantenimiento previstos.
- 20 Los rotores en una turbina eólica grande producen la rotación con una baja velocidad angular y un alto momento de torsión. Para proporcionar una rotación que tiene una velocidad angular adecuada para generar electricidad con el generador, puede requerirse que la caja de engranajes proporcione relaciones de sobremarcha del orden de 100:1. Dado que los engranajes epicíclicos pueden proporcionar grandes relaciones de sobremarcha y alta eficacia de transmisión de potencia con un factor de forma compacto, con frecuencia se emplean para las etapas de entrada de 25 cajas de engranajes en aplicaciones de turbinas eólicas. Los grandes momentos de torsión aplicados a la entrada de la caja de engranajes y las altas relaciones de sobremarcha usadas para transferir potencia al generador someten las partes móviles de la caja de engranajes a fuerzas extremas. Estas fuerzas pueden hacer que los componentes se desgasten hasta el punto de fallo antes de haber transcurrido la vida útil de diseño de la turbina eólica.
- 30 En funcionamiento normal, cada componente de la caja de engranajes produce una vibración característica, o huella de vibración, por el contacto con engranajes, cojinetes y otros componentes adyacentes en la caja de engranajes. A medida que se desgasta el componente, su huella de vibración puede alterarse lo suficiente como para determinar cuándo está aproximándose al final de su vida de servicio. Igualmente, un fallo de componente puede alterar la huella de vibración que produce lo suficiente como para permitir una detección inmediata del fallo. Por tanto, una posible manera de monitorizar la salud de componentes de cajas de engranajes es detectando y analizando las 35 vibraciones producidas por los componentes de la caja de engranajes de modo que las vibraciones anómalas pueden proporcionar una alerta temprana a operarios de la turbina eólica. Sin embargo, la trayectoria de transmisión de vibraciones de muchos de los componentes internos de la caja de engranajes a la carcasa de la caja de engranajes se atenúa mediante el paso a través de lubricantes, a través de múltiples engranajes y superficies de acoplamiento de cojinetes, y a través de otros componentes. Las huellas de vibración de componentes individuales detectadas desde el exterior de la caja de engranajes también se enmascaran por vibraciones emitidas por otros 40 componentes, haciendo difícil aislar un único fallo. La combinación de señales atenuadas y niveles de ruido de fondo reduce por tanto la capacidad de sensores montados en la carcasa de la caja de engranajes para detectar componentes desgastados de manera temprana en el proceso de fallo.
- 45 Montar sensores de vibración a una mayor proximidad al componente que está monitorizándose puede crear una trayectoria más directa para la transmisión de energía de vibración. Esto puede aumentar la relación señal-ruido para detectar de manera más fiable emisiones de vibraciones anómalas de un componente individual lo suficientemente pronto en el proceso de fallo como para permitir implementar medidas preventivas, o para programar reparaciones, antes de que se produzca el fallo predicho. Sin embargo, debido al espacio confinado de una caja de engranajes epicíclicos, así como la complejidad de la rotación y los movimientos de los componentes 50 internos, no resulta práctico usar alambres o cables para recuperar señales de, y proporcionar potencia a, sensores montados en partes móviles dentro de una caja de engranajes.
- El documento WO2010/100318 da a conocer un engranaje electromecánico que comprende un conjunto de generador productor de electricidad y una unidad de motor eléctrico.
- 55 En el documento US2008279686 se describe un conjunto de sistema de monitorización de caja de engranajes que comprende transmisores inalámbricos.

Por consiguiente, existe la necesidad de sistemas y métodos mejorados para monitorizar la salud de una caja de engranajes de turbina eólica que permitan que sensores evalúen de manera precisa huellas de vibración y que

funcionen sin cables o alambres.

Sumario

Para tratar estos y otros inconvenientes de sistemas convencionales, un aparato para su uso en un sistema de generación de potencia incluye una caja de engranajes que tiene un conjunto de engranajes con un primer componente y un segundo componente móvil con respecto al primer componente; un inducido unido al primer componente del conjunto de engranajes; un imán unido al segundo componente del conjunto de engranajes de tal manera que el imán y el inducido muestran movimiento relativo durante el funcionamiento del conjunto de engranajes de modo que el inducido se somete a un campo magnético variable procedente del imán que genera energía eléctrica; y un dispositivo eléctrico dentro de la caja de engranajes que está eléctricamente acoplado con el inducido de tal manera que el dispositivo eléctrico se alimenta mediante la energía eléctrica, caracterizado porque el dispositivo eléctrico comprende un sensor inalámbrico configurado para detectar una variable relacionada con el funcionamiento de la caja de engranajes y para emitir de manera inalámbrica una señal indicativa de la variable detectada.

En una realización, el conjunto de engranajes puede ser un conjunto de engranajes epicíclicos que incluye un engranaje anular exterior, un engranaje central, una pluralidad de engranajes planetarios que acoplan el engranaje central con el engranaje anular exterior, y un soporte que soporta los engranajes planetarios. El primer componente puede seleccionarse de uno del engranaje anular exterior, el engranaje central, uno de los engranajes planetarios o el soporte, y el segundo componente puede seleccionarse de otro del engranaje anular exterior, el engranaje central, uno de los engranajes planetarios o el soporte. Por ejemplo, en una realización, el primer componente es uno de los engranajes planetarios. En otra realización, el segundo componente es uno de los engranajes planetarios. El dispositivo eléctrico puede estar unido al conjunto de engranajes, tal como al primer componente.

El dispositivo eléctrico incluye un sensor inalámbrico configurado para detectar una variable relacionada con el funcionamiento de la caja de engranajes, y para emitir de manera inalámbrica una señal indicativa de la variable detectada. Por ejemplo, en una realización, la variable detectada puede ser energía vibracional generada dentro de la caja de engranajes. El sensor inalámbrico puede incluir un transceptor que emite de manera inalámbrica la señal y el aparato puede incluir además una antena asociada con la caja de engranajes, en el que la antena está configurada para recibir la señal del transceptor del sensor inalámbrico y comunicar la señal a otro transceptor externo a la caja de engranajes.

Puede proporcionarse una fuente de alimentación para acoplar eléctricamente el inducido con el dispositivo eléctrico. La fuente de alimentación está configurada para capturar y acondicionar la energía eléctrica suministrada desde el inducido hacia el dispositivo eléctrico. En una realización, el sistema de generación de potencia es una turbina eólica que tiene un rotor y un generador, en el que el conjunto de engranajes de la caja de engranajes acopla el rotor con el generador.

En otra realización, también se da a conocer un método de alimentación de un dispositivo eléctrico en una caja de engranajes e incluye unir un inducido al primer componente del conjunto de engranajes; unir un imán al segundo componente del conjunto de engranajes; ubicar un dispositivo eléctrico dentro de la caja de engranajes; y acoplar eléctricamente el dispositivo eléctrico con el inducido de modo que la energía eléctrica procedente del inducido alimenta el dispositivo eléctrico cuando se mueven los componentes primero y segundo uno con respecto al otro. El conjunto de engranajes puede ser un conjunto de engranajes epicíclicos y unir el inducido al primer componente puede incluir unir el inducido a uno del engranaje anular exterior, el engranaje central, uno de los engranajes planetarios o el soporte, y unir el imán al segundo componente puede incluir unir el imán a otro del engranaje anular exterior, el engranaje central, uno de los engranajes planetarios o el soporte. El dispositivo eléctrico puede incluir un sensor inalámbrico configurado para detectar una variable relacionada con el funcionamiento de la caja de engranajes y para emitir de manera inalámbrica una señal indicativa de la variable detectada. En una realización, la variable detectada puede ser la energía vibracional generada dentro de la caja de engranajes. El método puede incluir además configurar el sensor inalámbrico con un transceptor que puede emitir de manera inalámbrica la señal, y configurar la caja de engranajes con un transceptor que puede recibir la señal del transceptor del sensor inalámbrico y comunicar la señal a otro transceptor externo a la caja de engranajes.

En todavía otra realización, un método de alimentación de un dispositivo eléctrico en una caja de engranajes incluye provocar movimiento relativo entre un inducido unido al primer componente del conjunto de engranajes y un imán unido al segundo componente del conjunto de engranajes; generar energía eléctrica en el inducido sometiendo el inducido a un campo magnético variable procedente del imán; y alimentar un dispositivo eléctrico dentro de la caja de engranajes con la energía eléctrica. El método puede incluir además detectar una variable relacionada con el funcionamiento de la caja de engranajes con un sensor inalámbrico, y emitir de manera inalámbrica una señal indicativa de la variable detectada a partir del sensor inalámbrico. El sensor inalámbrico puede incluir un transceptor y el método puede incluir además transmitir la señal desde el transceptor hacia otro transceptor externo a la caja de engranajes. Una fuente de alimentación puede capturar y acondicionar la energía eléctrica suministrada desde el inducido hacia el dispositivo eléctrico.

En otra realización, se proporciona un sistema de monitorización para monitorizar un estado de salud de una caja de

engranajes de turbina eólica. El sistema de monitorización incluye un sensor inalámbrico configurado para recopilar datos vibracionales de la caja de engranajes de turbina eólica durante el funcionamiento y un centro de procesamiento acoplado en comunicación con el sensor inalámbrico. El centro de procesamiento está configurado para recibir los datos vibracionales comunicados a partir del sensor inalámbrico y para analizar los datos vibracionales para determinar el estado de salud de la caja de engranajes de turbina eólica.

En otra realización, se proporciona un método para un estado de salud de caja de engranajes de turbina eólica. El método incluye hacer funcionar la caja de engranajes de turbina eólica y, en respuesta al funcionamiento de la caja de engranajes de turbina eólica, recopilar datos vibracionales usando un sensor inalámbrico dentro de la caja de engranajes de turbina eólica. El método incluye además comunicar los datos vibracionales a partir del sensor inalámbrico de manera externa a la caja de engranajes de turbina eólica y analizar los datos vibracionales para determinar el estado de salud de la caja de engranajes de turbina eólica.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos, que se incorporan en, y forman parte de, esta memoria descriptiva, ilustran diversas realizaciones de la invención y, junto con una descripción general de la invención facilitada anteriormente y la descripción detallada de las realizaciones facilitada a continuación, sirven para explicar las realizaciones de la invención.

La figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica típica de la usada en un parque eólico;

la figura 2 es una vista en perspectiva de una parte de la turbina eólica de la figura 1 en la que la góndola deja ver parcialmente el interior para exponer estructuras alojadas dentro de la góndola;

la figura 3 es una vista en perspectiva en despiece ordenado de un conjunto de engranajes epicíclicos a modo de ejemplo que comprende una etapa de una caja de engranajes de turbina eólica;

la figura 4 es una vista de extremo en sección transversal del conjunto de engranajes epicíclicos en la figura 3;

la figura 5 es el conjunto de engranajes epicíclicos en la figura 4 que ilustra sensores de vibración inalámbricos y sus componentes de recolección de energía de inducción magnética asociados integrados en el soporte;

la figura 6 es una vista esquemática del sensor inalámbrico con la fuente de alimentación de recolección de energía de inducción magnética;

la figura 7 es una vista de extremo en sección transversal de un conjunto de engranajes epicíclicos que ilustra la colocación de componentes para un sistema de recolección de inducción magnética de sensor inalámbrico;

las figuras 8-10 son vistas de extremo en sección transversal del conjunto de engranajes epicíclicos en la figura 7 que ilustran realizaciones alternativas del sistema de recolección de energía de inducción magnética de sensor inalámbrico; y

la figura 11 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de transmisión de datos para transportar datos generados por los sensores inalámbricos en la caja de engranajes a un centro de procesamiento de datos centralizado.

Descripción detallada

Generalmente, las realizaciones de la invención se refieren a la monitorización remota de la salud de componentes de caja de engranajes de turbina eólica en aplicaciones de energía eólica a través de sensores acoplados al componente, y/o componentes adyacentes, y a métodos y sistemas para suministrar potencia a los sensores. Los sensores comunican datos sobre un enlace de comunicaciones inalámbrico y se les proporciona potencia a partir de energía recolectada localmente. De esta manera, los sensores pueden funcionar indefinidamente sin necesidad de alambres, cables u otras conexiones físicas que atraviesen límites móviles. Se recopila energía de manera inductiva montando un inducido en el componente, y colocando un imán de modo que el inducido se somete a un flujo de imán variable mediante el movimiento de la caja de engranajes. La recolección de energía local puede permitir que los sensores funcionen indefinidamente. En realizaciones representativas, los componentes monitorizados residen dentro de una caja de engranajes epicíclicos, aunque la invención no se limita a ello. La monitorización puede incluir obtener datos de salud de componentes de múltiples turbinas o bien en el mismo parque eólico o bien en diferentes parques eólicos y recopilar los datos en una base de datos centralizada.

Con referencia a las figuras 1 y 2, una turbina eólica 10 incluye una torre 12, una góndola 14 dispuesta en la cima de la torre 12, un rotor 16 acoplado operativamente a un generador 20, y una caja de engranajes 34 alojada dentro de la góndola 14. Además del generador 20 y la caja de engranajes 34, la góndola 14 aloja diversos componentes necesarios para convertir energía eólica en energía eléctrica y para hacer funcionar y optimizar el rendimiento de la turbina eólica 10. La torre 12 soporta la carga presentada por la góndola 14, el rotor 16 y otros componentes de turbina eólica alojados dentro de la góndola 14 y funciona para elevar la góndola 14 y el rotor 16 hasta una altura por encima del nivel del suelo o el nivel del mar, según el caso, a la que se encuentran normalmente corrientes de aire

que tienen menor turbulencia y mayor velocidad.

El rotor 16 puede incluir un buje central 22 y una pluralidad de palas 24 unidas al buje central 22 en ubicaciones distribuidas alrededor de la circunferencia del buje central 22. En la realización representativa, el rotor 16 incluye tres palas 24. Las palas 24, que sobresalen radialmente hacia fuera desde el buje central 22, están configuradas para interactuar con corrientes de aire que pasan para producir fuerzas rotacionales que hacen que el buje central 22 gire alrededor de su eje longitudinal. El experto habitual en la técnica del diseño de turbinas eólicas está familiarizado con el diseño, la construcción y el funcionamiento de las palas 24, y pueden incluir aspectos funcionales adicionales para optimizar el rendimiento. Por ejemplo, puede implementarse un control del ángulo de paso de las palas 24 mediante un mecanismo de control del paso (no mostrado) sensible a la velocidad del viento para optimizar la producción de potencia en condiciones de poco viento, y para estabilizar las palas si la velocidad del viento supera limitaciones de diseño.

El rotor 16 puede acoplarse a la caja de engranajes 34 de manera directa o, tal como se muestra, de manera indirecta a través de un árbol de accionamiento 32. De cualquier manera, la caja de engranajes 34 transfiere la rotación del rotor 16 a través de un acoplamiento 36 al generador 20. Un viento que supera un nivel mínimo puede activar el rotor 16, haciendo que el rotor 16 rote en un sentido sustancialmente perpendicular al viento, aplicando un par motor al árbol de entrada del generador 20. La potencia eléctrica producida por el generador 20 puede suministrarse a una red eléctrica (no mostrada) o a un sistema de almacenamiento de energía para su posterior liberación a la red tal como entiende un experto habitual en la técnica. De esta manera, puede aprovecharse la energía cinética del viento por la turbina eólica 10 para la generación de potencia.

La caja de engranajes 34 convierte la baja velocidad rotacional del rotor 16 en una velocidad rotacional adecuada para generar electricidad. La salida de la caja de engranajes 34 puede acoplarse al generador 20 mediante un acoplamiento 36, que puede proporcionar una conexión elástica entre el árbol de salida de la caja de engranajes 34 y una entrada del generador 20. El generador 20 convierte la energía mecánica aplicada en su entrada en energía eléctrica provocando el movimiento relativo entre un inducido y un imán. La caja de engranajes 34 puede incluir una o más etapas usando conjuntos de engranajes epicíclicos. Los conjuntos de engranajes epicíclicos pueden proporcionar grandes relaciones de sobremarcha y alta eficacia de transmisión de potencia con un factor de forma compacto, haciendo que sean adecuados para su uso en cajas de engranajes de turbina eólica.

Una caja de engranajes incluye generalmente un primer componente y un segundo componente móvil con respecto al primer componente. Tal como se explicará con más detalle a continuación, el movimiento relativo entre estos componentes de la caja de engranajes puede usarse para recopilar potencia de la caja de engranajes con el fin de alimentar un dispositivo eléctrico que, por ejemplo, puede monitorizar la salud de uno o más de los componentes. con este fin, y con referencia a las figuras 3 y 4, la caja de engranajes 34 puede incluir un conjunto de engranajes epicíclicos 40 con un piñón o engranaje central 42, un árbol de piñón 44, una pluralidad de engranajes planetarios 46, un soporte 48 que incluye una pluralidad de pasadores 50, y una corona o engranaje anular exterior 52. El engranaje central 42 tiene dientes dirigidos hacia fuera y distribuidos circunferencialmente que se engranan con los engranajes planetarios 46, y puede unirse al árbol 44 de modo que el engranaje central 42 y el árbol 44 rotan juntos como una unidad. Con fines de ilustración, el conjunto de engranajes epicíclicos 40 se muestra con tres engranajes planetarios 46, sin embargo pueden usarse diversos números de engranajes planetarios 46, dependiendo de los tamaños relativos del engranaje central 42 y el engranaje anular exterior 52, así como otros factores de diseño. Cada engranaje planetario 46 puede unirse a uno de los pasadores 50 de modo que cada engranaje planetario 46 está libre para rotar y girar alrededor del eje del pasador 50 respectivo. Puede introducirse un cojinete (no mostrado) para reducir la fricción y transferir carga entre el engranaje planetario 46 y el pasador 50. El engranaje anular exterior 52 incluye dientes dirigidos hacia dentro y distribuidos circunferencialmente que se engranan con los dientes en los engranajes planetarios 46 de modo que, cuando el soporte 48 rota con respecto al engranaje anular exterior 52, cada engranaje planetario 46 rota alrededor del eje de su pasador 50 correspondiente.

El conjunto de engranajes epicíclicos 40 puede estar configurado para transmitir par motor rotacional desde una entrada hacia una salida sujetando de manera estacionaria uno de o bien el engranaje central 42, el soporte 48, o bien el engranaje anular exterior 52, sirviendo el par motor de acoplamiento al componente no estacionario como entrada, sirviendo el componente restante como salida. Para proporcionar una relación de sobremarcha, el conjunto de engranajes epicíclicos 40 puede estar configurado de modo que el soporte 48 sirve como entrada, el engranaje anular exterior 52 se sujeta estacionario, y el árbol de piñón 44 sirve como salida. En esta configuración, la relación de sobremarcha del conjunto de engranajes es $(1 + A/S)$, donde A es el número de dientes en el engranaje anular exterior 52, y S es el número de dientes en el engranaje central 42. Para lograr relaciones de sobremarcha superiores, la caja de engranajes 34 puede incluir múltiples conjuntos de engranajes 40 colocados en serie, accionando la salida de un conjunto de engranajes epicíclicos 40 la entrada del siguiente conjunto de engranajes epicíclicos 40, de modo que la relación de engranajes global es el producto de las relaciones de múltiples conjuntos de engranajes epicíclicos 40. En una realización de la invención, la caja de engranajes 34 puede incluir dos conjuntos de engranajes epicíclicos 40 configurados en serie, y también puede incluir una etapa de engranajes en paralelo para acoplar la salida de la segunda etapa de engranajes planetarios con el generador 20, proporcionando una relación de sobremarcha global en el intervalo de 80:1 a 100:1 entre el rotor 16 y el generador 20. Los dos conjuntos de engranajes epicíclicos 40 también pueden compartir un único engranaje anular exterior 52, en cuyo caso el engranaje anular exterior 52 tendrá una longitud axial suficiente para alojar dos conjuntos de engranajes

planetarios y dos engranajes centrales.

En referencia a la figura 5, la caja de engranajes 34 puede contener un lubricante 64 para reducir la fricción y el desgaste en componentes de la caja de engranajes recubriéndolos durante la rotación mediante el lubricante 64. Con este fin, el lubricante 64 puede formar un colector dentro de la caja de engranajes 34 de modo que los componentes de la caja de engranajes se lubriquen mediante salpicadura durante el funcionamiento. De manera alternativa o adicional, el lubricante 64 puede forzarse (es decir, alimentarse a presión) desde un depósito externo hasta zonas deseadas reduciendo o eliminando así la necesidad de un colector.

Con referencia a las figuras 5 y 6, la caja de engranajes 34 y el conjunto de engranajes epicíclicos 40 dentro de la caja de engranajes 34 pueden incluir un dispositivo eléctrico configurado para monitorizar al menos uno de los componentes del conjunto de engranajes 40. En una realización, el dispositivo eléctrico puede incluir uno o más sensores inalámbricos 54. Con respecto a esto, la caja de engranajes 34 puede incluir sensores inalámbricos 54, una antena 56, imanes 58, inducidos 60 y fuentes de alimentación 62, que en conjunto forman un sistema de comunicaciones para transmitir de manera inalámbrica datos de la caja de engranajes relacionados con el funcionamiento de la caja de engranajes 34 a un transceptor de entrada/salida (I/O) inalámbrico 66. En una realización, los datos pueden ser datos vibracionales. Sin embargo, también pueden transmitirse otros datos que pueden ser, por ejemplo, indicativos de la salud de componentes. Pueden ubicarse sensores inalámbricos individuales 54 en el soporte 48 en estrecha proximidad a los pasadores 50 para aumentar la sensibilidad del sensor a las emisiones de vibración de los engranajes planetarios individuales 46, o puede montarse un único sensor en el soporte 48 y usarse para monitorizar colectivamente múltiples componentes de la caja de engranajes. Dado que los engranajes planetarios 46 entran en contacto directo con el engranaje anular exterior 52 y con el engranaje central 42, uno o más sensores inalámbricos 54 unidos al soporte 48 pueden ser más sensibles a vibraciones que surgen de componentes sometidos a desgaste en comparación con un sensor convencional montado en el exterior de la caja de engranajes 34.

Aunque los sensores inalámbricos 54 están montados directamente en el soporte 48 en la realización representativa, la invención no se limita a ello, y también puede emplearse cualquier combinación de sensores inalámbricos 54 directamente acoplados a, o incrustados en, el engranaje central 42, el árbol de piñón 44, los engranajes planetarios 46, los pasadores 50, el engranaje anular exterior 52, o cualquier otro componente para monitorizar la salud de componentes de la caja de engranajes y el estado del conjunto de engranajes epicíclicos 40. Por ejemplo, es posible que los sensores inalámbricos 54 puedan detectar componentes desgastados o rotos individuales antes de que se produzca un fallo catastrófico. La capacidad para predecir de manera preventiva un fallo antes de que se produzca puede proporcionar a un operario la opción de programar un mantenimiento preventivo o tomar otras medidas preventivas, tales como reducir la producción de la turbina, para prevenir el fallo o retrasar el fallo. Pueden montarse sensores inalámbricos 54 dentro de una cavidad en el, o sobre una superficie exterior del, componente al que están acoplados, de modo que se someten a vibraciones generadas por y/o transmitidas al componente.

Los sensores inalámbricos 54 pueden ser un sensor disponible comercialmente, y pueden convertir la señal del sensor de vibración en datos digitales usando un convertidor analógico-digital (A/D), o pueden transmitirla como señal analógica proporcional a la tensión producida por el transductor de vibración. Los sensores inalámbricos 54 pueden almacenar datos digitales en memoria para su posterior transmisión cuando se les consulte, de manera automática a intervalos periódicos para conservar potencia o capacidad de canal, basándose en la disponibilidad de un canal de transmisión, o pueden transmitirse los datos de manera continua en tiempo real. Cuando las transmisiones se realizan periódicamente para conservar potencia de sensor, la periodicidad de las transmisiones puede depender de cuánta memoria está disponible para los sensores 54, oscilando desde varios segundos hasta varios minutos. La antena 56 puede proporcionar una trayectoria de radiofrecuencia (RF) desde el interior de la caja de engranajes 34 hacia el transceptor I/O inalámbrico 66, de modo que está en comunicación con los sensores inalámbricos 54.

Dado que normalmente el cojinete principal y el árbol de rotor para la entrada de caja de engranajes 34 giran a una velocidad angular inferior a 30 revoluciones por minuto (RPM), la detección de vibraciones producidas por el conjunto de engranajes de etapa de baja velocidad puede requerir que los sensores inalámbricos 54 tengan la capacidad para medir señales de vibración que tienen un contenido de frecuencia con un intervalo de aproximadamente 0,1 Hz a aproximadamente 6.000 Hz. A medida que se aumenta la velocidad rotacional por la caja de engranajes 34, la frecuencia de las vibraciones producidas también aumentará, de modo que el ancho de banda de diseño de los sensores inalámbricos 54 puede ajustarse a medida a la velocidad angular a la que rotan los componentes que están monitorizando. Los sensores inalámbricos 54 que monitorizan las vibraciones producidas por componentes en las etapas de velocidad superior de la caja de engranajes 34 pueden requerir la capacidad de medir señales de vibración que tienen un contenido de frecuencia que oscila entre aproximadamente 3.000 Hz y aproximadamente 20.000 Hz.

Si el entorno de funcionamiento de los sensores inalámbricos 54 incluye lubricante 64, puede usarse un sensor de lubricante inalámbrico (no mostrado), tal como un interruptor de nivel de flotación, para detectar si alguno de los sensores inalámbricos 54 está sumergido en el lubricante 64 de modo que las transmisiones pueden programarse para cuando no hay inmersión. El sensor de lubricante inalámbrico puede ser alternativamente uno configurado para medir la calidad (por ejemplo, niveles de contaminantes) o propiedades (por ejemplo, temperatura) del lubricante.

Con referencia a la figura 6, el sensor inalámbrico 54 puede incluir un acelerómetro 68 u otro transductor de vibración que emite una señal en respuesta a la aceleración (es decir, vibraciones) en uno o más ejes. Los transductores de vibración a modo de ejemplo para su uso con el acelerómetro 68 incluyen, pero no se limitan a, transductores de tipo piezoeléctrico, transductores de tipo de corriente constante, transductores de tipo capacitivo, etc. La salida del acelerómetro 68 representa la energía vibracional presente en el sensor inalámbrico 54 y se suministra a un módulo de entrada-salida (I/O) inalámbrico 72.

El módulo I/O inalámbrico 72 puede incluir un convertidor analógico-digital (A/D) 78, una memoria de a bordo 80 y un transmisor 82. El módulo I/O inalámbrico 72 puede codificar la señal proporcionada por el acelerómetro 68 usando el convertidor A/D 78 para producir datos digitales que representan la señal de salida del acelerómetro 68. Los datos pueden codificarse adicionalmente y transmitirse por RF mediante el transmisor 82 de modo que pueden recibirse por la antena 56. La transmisión de datos puede producirse en tiempo real, o los datos pueden conservarse en la memoria de a bordo 80 para su transmisión en un momento posterior.

La fuente de alimentación 62 captura la energía eléctrica proporcionada por el inducido 60 y acondiciona la energía eléctrica capturada de modo que puede usarse la energía eléctrica acondicionada para alimentar el sensor inalámbrico 54. La fuente de alimentación 62 puede incluir un transformador 84, un rectificador 86 compuesto por diodos 88 configurados en forma de anillo, y un dispositivo de almacenamiento de energía 90, que puede ser un condensador, una batería recargable u otro dispositivo de almacenamiento de energía adecuado. La fuente de alimentación 62 también puede incluir un regulador 92 para acondicionar la salida de la alimentación de modo que proporciona una tensión constante. El funcionamiento de una disposición de este tipo es el siguiente: a medida que los imanes 58 se mueven más allá del inducido 60, puede inducirse una corriente que varía en el tiempo, o alterna (CC), en el inducido 60 debido al campo magnético que varía en el tiempo. El inducido 60 está acoplado a la entrada del transformador 84 de modo que las corrientes fluyen a través de la bobina primaria del transformador 84, induciendo corrientes en la bobina secundaria a un nivel de tensión adecuado para generar potencia para el sensor inalámbrico 54. Las corrientes CA en la salida del transformador 84 se hacen pasar a través del rectificador 86 de modo que se produce una tensión que tiene una componente de CC. La salida del rectificador 86 se usa para cargar el dispositivo de almacenamiento de energía 90 para proporcionar un depósito de potencia. La potencia puede acondicionarse adicionalmente mediante el regulador de tensión 92 de modo que la fuente de alimentación 62 proporciona una tensión constante al sensor inalámbrico 54 en condiciones de funcionamiento variables, tales como velocidad rotacional del imán y cargas eléctricas del sensor inalámbrico variables.

El inducido 60 puede incluir un alambre u otro conductor ubicado de modo que está expuesto a un flujo magnético variable debido al movimiento relativo entre el inducido 60 y los imanes 58. El inducido 60 puede estar formado por un conductor adecuado, tal como cobre o aluminio, y puede recubrirse con un material aislante, tal como un barniz. El inducido 60 puede formarse en forma de bucles, bobinas u otras formas para aumentar la corriente inducida por el flujo magnético variable. Las bobinas pueden formarse con un núcleo de aire, o puede incluir un material de núcleo, tal como un material laminado de hierro blando u otro material magnético, y capas de un material aislante para prevenir la formación de corrientes parásitas. El inducido 60 también puede incluir varias bobinas eléctricamente acopladas entre sí y ubicadas individualmente para recopilar energía a partir de imanes 58 ubicados en engranajes separados u otros componentes móviles, y pueden acoplar la energía recopilada a partir de múltiples ubicaciones en una única fuente de alimentación 62. Alternativamente, pueden conectarse múltiples inducidos 60 a una única fuente de alimentación 62.

En una realización, cada imán 58 es un imán de tierras raras que contiene un material magnético compuesto por una aleación que contiene uno o más elementos de las tierras raras (lantánidos), tales como neodimio o samario, que son metales ferromagnéticos. Determinadas aleaciones que contienen elementos de las tierras raras y metales de transición, tales como hierro, níquel o cobalto, tienen una temperatura de Curie muy superior a la temperatura ambiente, lo cual es una propiedad deseable para imanes permanentes que funcionan en un entorno de alta temperatura. Las aleaciones representativas adecuadas para el material magnético de los imanes 58 incluyen, pero no se limitan a, una aleación de samario que contiene cobalto (SmCo_5) y una aleación de neodimio que contiene hierro y boro ($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$). Puede aplicarse una capa de revestimiento o un recubrimiento para proteger los imanes 58 frente a corrosión, rotura y desconchado. Las aleaciones de las tierras raras se caracterizan por una estructura cristalina de gran anisotropía magnética que fomenta la magnetización en un sentido particular por un campo magnético fuerte pero que, una vez magnetizada, es resistente a magnetizarse en cualquier sentido diferente. La caja de engranajes 34 puede incluir un sistema de refrigeración (no mostrado) que previene que la temperatura de los imanes 58 supere la temperatura de Curie del material magnético constituyente.

Cada uno de los imanes 58 puede estar constituido por un único imán permanente unitario de construcción monolítica, o puede ser un conjunto que incluye múltiples imanes permanentes individuales. Los imanes 58 pueden estar incrustados en el componente de la caja de engranajes a los que están unidos, o pueden estar unidos de manera adhesiva a una superficie exterior del componente de la caja de engranajes. Los imanes 58 también pueden unirse al componente de la caja de engranajes usando abrazaderas mecánicas, bastidores u otras técnicas de sujeción mecánicas convencionales.

En realizaciones alternativas, el material magnético en los imanes 58 puede ser un material cerámico o de ferrita, o alnico. Sin embargo, se prefieren aleaciones de las tierras raras para los imanes 58 debido a una remanencia

comparativamente superior (B_r) que está relacionada con la intensidad del campo magnético, una coercividad comparativamente superior (H_{ci}) que estima la resistencia a la desmagnetización, y un producto de energía comparativamente superior ($BH_{máx}$) que está relacionado con la densidad de energía.

- 5 Los imanes permanentes se ilustran como que tienen una curvatura para adaptarse a la forma del componente en el que están montados. Sin embargo, cada imán permanente no se limita a tener una forma curva, y puede tener una forma rectangular, o cualquier otra forma.

10 La energía recopilada a partir del movimiento relativo de los imanes 58 y los inducidos 60 mediante inducción magnética permite alimentar los sensores inalámbricos 54, que pueden estar montados en componentes móviles de la caja de engranajes 34, con uso limitado de alambres o cables. La inducción magnética es un fenómeno físico que produce una tensión a través de un conductor cuando el conductor se mueve con respecto a un campo magnético. El uso de recopilación de energía mantiene el dispositivo de almacenamiento de energía 90 en un estado cargado de modo que los sensores inalámbricos 54 pueden alimentarse de manera interna, lo cual reduce o elimina preocupaciones con respecto a la vida útil de una batería convencional en una aplicación de sensor inalámbrico. El dispositivo de almacenamiento de energía 90 puede no tener que remplazarse a lo largo de la vida de la caja de engranajes 34, lo cual puede eliminar o al menos reducir la necesidad de acceder a componentes internos de la caja de engranajes 34 y poner la turbina eólica 10 fuera de servicio. Como resultado, la recopilación de energía mejora la funcionalidad de sensores inalámbricos 54 en la caja de engranajes 34. Como solución al problema de alimentar los sensores inalámbricos 54, puede usarse recopilación de energía de inducción magnética para proporcionar una fuente de potencia con una duración sustancialmente indefinida.

20 Con referencia a las figuras 7-10, en las que números de referencia similares se refieren a características similares en las figuras 1-6, se presentan vistas de extremo esquemáticas del conjunto de engranajes epicíclicos 40 omitiéndose la carcasa exterior del soporte 48 y la caja de engranajes 34 por motivos de claridad, que ilustran diversas realizaciones representativas de la invención. Aunque los inducidos 60 se ilustran como que están formados a partir de diversos números de bobinas eléctricamente acopladas entre sí, se entiende que los inducidos 25 60 pueden incluir cualquier número de bobinas, y también pueden estar formados por un único alambre, bucle de alambre o bobina dependiendo del tamaño y la configuración de los componentes del conjunto de engranajes, en qué componente está montado el inducido, así como el tamaño y número de engranajes planetarios 46. Asimismo, se entiende que el tamaño, número y posición tanto de los imanes 58 como de los inducidos 60 pueden variar de los mostrados sin apartarse del espíritu o alcance del concepto inventivo general.

30 Con referencia específica a la figura 7, los inducidos 60 están montados en posiciones fijas con respecto al engranaje central 42, y los imanes 58 están montados en posiciones fijas con respecto a los engranajes planetarios 46 generalmente tal como se muestra. Los inducidos 60 pueden montarse sobre una superficie del engranaje central 42, o en una o más cavidades ubicadas dentro del engranaje central 42, y los imanes 58 pueden montarse de manera similar en los engranajes planetarios 46. Los inducidos 60 están eléctricamente acoplados a una fuente de alimentación 62, que también puede montarse en el engranaje central 42. Cuando se produce movimiento relativo entre el engranaje central 42 y el soporte 48, tal como cuando el engranaje anular exterior 52 está fijo y el engranaje central 42 rota, los engranajes planetarios 46 rotan alrededor de sus pasadores 50 respectivos, haciendo que los imanes 58 se muevan con respecto a los inducidos 60, de modo que puede inducirse una tensión en los inducidos 60 mediante el movimiento relativo de los inducidos 60 a través de los campos magnéticos producidos por los imanes 58. La fuente de alimentación 62 acondiciona y almacena la potencia recopilada por los inducidos 60 de modo que puede suministrar potencia a uno o más sensores inalámbricos 54. Para inducidos 60 montados en el engranaje central 42, la fuente de alimentación 62 puede usarse para proporcionar potencia a uno o más sensores inalámbricos 54 montados en el engranaje central 42 o árbol de piñón 44, evitando así acoplar potencia eléctrica a sensores inalámbricos 54 que son móviles con respecto a la fuente de alimentación 62. Pueden preferirse diferentes colocaciones de los inducidos 60 y los imanes 58 dependiendo de dónde están ubicados los sensores inalámbricos 54 que requieren potencia, y también pueden depender de si el conjunto de engranajes epicíclicos 40 está configurado con el engranaje central 42, el soporte 48 o el engranaje anular exterior 52 como elemento estacionario.

50 Con referencia específica a la figura 8, los inducidos 60 están montados en posiciones fijas con respecto al engranaje anular exterior 52, y los imanes 58 están montados en posiciones fijas con respecto a los engranajes planetarios 46 generalmente tal como se muestra. Los inducidos 60 pueden montarse sobre el engranaje anular exterior 52, o en cavidades dentro del engranaje anular exterior 52, y los imanes 58 pueden montarse de manera similar en los engranajes planetarios 46. Cuando se produce movimiento relativo entre el engranaje anular exterior 52 y el soporte 48, tal como cuando el soporte 48 está fijo y el engranaje anular exterior 52 rota, los engranajes planetarios 46 pueden rotar alrededor de sus pasadores 50 respectivos, haciendo que los imanes 58 se muevan con respecto a los inducidos 60, de modo que puede inducirse una tensión en los inducidos 60 mediante el movimiento relativo de los inducidos 60 a través de los campos magnéticos producidos por los imanes 58. La fuente de alimentación 62 acondiciona y almacena la potencia recopilada por los inducidos 60 de modo que puede suministrar potencia a uno o más sensores inalámbricos 54. Para inducidos 60 montados en el engranaje anular exterior 52, la fuente de alimentación 62 puede usarse para proporcionar potencia a uno o más sensores inalámbricos 54 montados en el engranaje anular exterior 52, evitando así acoplar potencia eléctrica a sensores inalámbricos 54 que son móviles con respecto a la fuente de alimentación 62. La fuente de alimentación 62 puede usarse de ese modo para proporcionar potencia a sensores inalámbricos 54 que son estacionarios con respecto al engranaje anular

exterior 52 sin requerir acoplar potencia eléctrica a través de una interfaz móvil.

Con referencia específica a la figura 9, los inducidos 60 están montados en posiciones fijas con respecto a los engranajes planetarios 46, y los imanes 58 están montados en posiciones fijas con respecto al engranaje central 42 generalmente tal como se muestra. Los inducidos 60 pueden montarse sobre los engranajes planetarios 46, o en cavidades dentro de los engranajes planetarios 46, y los imanes 58 pueden montarse sobre el engranaje central 42, o en cavidades dentro del engranaje central 42. Cuando se produce movimiento relativo entre el engranaje central 42 y el soporte 48, tal como cuando el soporte 48 rota alrededor de un engranaje central 42 fijo, los engranajes planetarios 46 pueden rotar alrededor de sus pasadores 50 respectivos, haciendo que los imanes 58 se muevan con respecto a los inducidos 60, de modo que pueden inducirse tensiones en los inducidos 60 mediante el movimiento relativo de los inducidos 60 a través de los campos magnéticos producidos por los imanes 58. La fuente de alimentación 62 acondiciona y almacena la potencia recopilada por los inducidos 60 de modo que puede suministrar potencia a uno o más sensores inalámbricos 54. Para inducidos 60 montados en los engranajes planetarios 46, la fuente de alimentación 62 puede usarse para proporcionar potencia a uno o más sensores inalámbricos 54 montados en los engranajes planetarios 46, evitando así acoplar potencia eléctrica a sensores inalámbricos 54 que son móviles con respecto a la fuente de alimentación 62. La fuente de alimentación 62 puede usarse de ese modo para proporcionar potencia a sensores inalámbricos 54 montados en sus engranajes planetarios 46 asociados sin requerir acoplar potencia eléctrica a través de una interfaz móvil.

Con referencia específica a la figura 10, los inducidos 60 están montados en posiciones fijas con respecto a los engranajes planetarios 46, y los imanes 58 están montados en posiciones fijas con respecto al engranaje anular exterior 52 generalmente tal como se muestra. Los inducidos 60 pueden montarse sobre los engranajes planetarios 46, o en cavidades dentro de los engranajes planetarios 46, y los imanes 58 pueden montarse sobre el engranaje anular exterior 52, o en cavidades dentro del engranaje anular exterior 52. Cuando se produce movimiento relativo entre el engranaje central 42 y el soporte 48, tal como cuando el soporte 48 rota alrededor de un engranaje central 42 fijo, los engranajes planetarios 46 pueden rotar alrededor de sus pasadores 50 respectivos, haciendo que los inducidos 60 se muevan con respecto a los imanes 58, de modo que pueden inducirse tensiones en los inducidos 60 mediante el movimiento relativo de los inducidos 60 a través de los campos magnéticos producidos por los imanes 58. La fuente de alimentación 62 acondiciona y almacena la potencia recopilada por los inducidos 60 de modo que puede suministrar potencia a uno o más sensores inalámbricos 54. Para inducidos 60 montados en los engranajes planetarios 46, la fuente de alimentación 62 puede usarse para proporcionar potencia a uno o más sensores inalámbricos 54 montados en los engranajes planetarios 46, evitando así acoplar potencia eléctrica a sensores inalámbricos 54 que son móviles con respecto a la fuente de alimentación 62. La fuente de alimentación 62 puede usarse de ese modo para proporcionar potencia a sensores inalámbricos 54 montados en sus engranajes planetarios 46 asociados sin requerir acoplar potencia eléctrica a través de una interfaz móvil.

Con referencia a la figura 11, en la que números de referencia similares se refieren a características similares en las figuras 1-10 y según una realización de la invención, se presenta un diagrama de bloques que ilustra un sistema de monitorización de la salud de componentes de caja de engranajes de turbina eólica 100. El sistema de monitorización 100 recopila datos de los componentes internos de una o más cajas de engranajes de turbina eólica 34 y los almacena en una base de datos en un centro de procesamiento de datos centralizado 101. Estos datos pueden ser, por ejemplo, datos vibracionales. Pueden recopilarse datos a partir de uno o más sensores inalámbricos 54 en cada caja de engranajes 34 mediante el transceptor I/O inalámbrico 66, que retransmite los datos a un centro de procesamiento de datos centralizado 101 a través de una red 103. Los datos recopilados por el sistema de monitorización 100 pueden ser de una única turbina eólica 10, un único parque eólico, o pueden ser de múltiples parques eólicos en diferentes ubicaciones. Una vez recopilados los datos, pueden analizarse por el sistema de monitorización 100 para determinar el estado de salud de las cajas de engranajes 34. Los operarios de turbina eólica pueden acceder a la base de datos en el centro de procesamiento de datos centralizado 101, y también pueden recibir alertas del sistema de monitorización 100 que les avisan de fallos de componentes predichos y un modo de proceder recomendado.

El sistema de monitorización 100 incluye uno o más sensores inalámbricos 54a-54n, y generadores de potencia secundarios 102a-102m ubicados dentro de la caja de engranajes 34. Los generadores de potencia secundarios 102 incluyen imanes 58 acoplados inductivamente a los inducidos 60, que, a su vez, están acoplados eléctricamente a las fuentes de alimentación 62. Los imanes 58 están montados en componentes internos de la caja de engranajes de modo que se mueven con respecto a los inducidos 60 siempre que la caja de engranajes 34 está en movimiento. Cada generador secundario 102 puede alimentar uno o más sensores inalámbricos 54, y a la inversa, cada sensor inalámbrico 54 puede recibir potencia de más de un generador secundario 102, de modo que el número de generadores secundarios 102 no es necesariamente el mismo que el número de sensores inalámbricos 54.

Los sensores inalámbricos 54 pueden incluir un acelerómetro 68, u otro sensor de vibración, que puede estar montado en un componente de caja de engranajes, y un módulo I/O inalámbrico 72. El módulo I/O inalámbrico 72 está adaptado para recibir señales del acelerómetro 68 que representan la energía vibracional presente en el componente monitorizado, y para transmitir las señales al transceptor I/O inalámbrico 66. Alternativamente, las señales pueden conservarse en una memoria de a bordo 80 para su posterior transmisión al transceptor I/O inalámbrico 66.

El transceptor I/O inalámbrico 66 puede incluir una interfaz de sensor inalámbrico 104, un procesador 106, una memoria 108, una memoria intermedia de datos 110, y una interfaz de red 112. Los sensores inalámbricos 54 pueden ser acelerómetros inalámbricos disponibles comercialmente, y pueden acoplarse de manera comunicativa a través de la interfaz de sensor inalámbrico 104 usando un enlace inalámbrico 114 tal como IEEE 802.15.1 (Bluetooth), IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.15.4 (incluyendo ZigBee, WirelessHART y MiWi), una transmisión de banda ultraancha usando un protocolo privado, o cualquier otro protocolo de comunicación inalámbrica adecuado. Los sensores inalámbricos 54 pueden guardar datos recibidos en la memoria de a bordo 80, transmitir los datos en ráfagas a intervalos periódicos para conservar potencia, o pueden transmitir datos de manera continua en tiempo real. El enlace inalámbrico 114 puede incluir corrección de errores, tal como una comprobación de redundancia cíclica (CRC), para prevenir la pérdida o corrupción de datos, y pueden desencadenar un flujo continuo de datos basándose en la disponibilidad de señales de sensor inalámbrico 54. Alternativamente, la interfaz de sensor inalámbrico 104 puede estar adaptada para recibir transmisiones analógicas representativas de las señales sin procesar de los sensores inalámbricos 54. Las señales analógicas pueden convertirse en un formato digital mediante o bien la interfaz de sensor inalámbrico 104 o bien el procesador 106 y almacenarse en la memoria intermedia de datos 110, o transmitirse en tiempo real mediante la interfaz de red 112 al centro de procesamiento de datos centralizado 101.

El transceptor I/O inalámbrico 66 puede acoplarse de manera comunicativa al centro de procesamiento de datos centralizado 101 a través de una red 103, de manera que los sensores inalámbricos 54 pueden transmitir datos de sensor inalámbrico a través de la interfaz de red 112 al centro de procesamiento de datos centralizado 101. Los datos de sensor inalámbrico pueden transportarse usando un protocolo de red tal como Protocolo de Datagramas de Usuario/Protocolo de Internet (UDP/IP), o Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (TCP/IP) a lo largo de una trayectoria que puede incluir un enlace local 116 a la red 103. El enlace local 116 puede ser un enlace cableado, tal como un enlace IEEE 802.3 (Ethernet), o un enlace inalámbrico usando un protocolo de red inalámbrico, tal como una Wi-Fi, o un enlace privado, tal como una transmisión de amplio espectro usando una banda sin licencia, tal como la banda industrial, científica y médica (ISM) a 902-928 MHz. El transceptor I/O inalámbrico 66 puede transmitir datos de sensor inalámbrico 54 en tiempo real según se reciben, o puede almacenar datos de sensor usando la memoria intermedia de datos 110 para su posterior transmisión.

Los datos transmitidos al centro de procesamiento de datos centralizado 101 pueden ser datos de sensor sin procesar, o el transceptor I/O inalámbrico 66 puede realizar un análisis y procesamiento de datos antes de la transmisión. El procesamiento puede incluir una cualquiera o la totalidad de las siguientes técnicas tales como análisis de frecuencia usando transformadas rápidas de Fourier (FFT), transformadas de ondículas y otras técnicas de análisis de señales para detectar fallos u obtener información sobre fallos. El procesamiento de datos local puede permitir que el transceptor I/O inalámbrico 66 transmita datos procesados o códigos de fallo al centro de procesamiento de datos centralizado 101, conservando ancho de banda de red y capacidad de procesamiento del servidor. También pueden añadirse sellos de tiempo a paquetes de transmisión de datos para permitir que el centro de procesamiento de datos centralizado 101 realice un seguimiento de los datos con respecto al tiempo. Para facilitar el procesamiento de datos antes de la transmisión, el procesador 106 puede incluir un procesador de señales digitales (DSP) basado en una disposición de puertas programables en campo (FPGA).

El centro de procesamiento de datos centralizado 101 puede almacenar datos de sensor de múltiples turbinas eólicas 10 y parques eólicos en una base de datos clasificada por ubicación, tiempo y otros datos de servicio. Pueden analizarse datos automáticamente mediante programas que se ejecutan en uno o más de los procesadores 120 de servidores en el centro de procesamiento de datos centralizado 101 para encontrar posibles problemas. Basándose en los datos recibidos de cada transceptor I/O inalámbrico 66, el centro de procesamiento de datos centralizado 101 puede generar informes o alarmas para proporcionar a los operarios información sobre el estado de salud de turbinas eólicas 10 individuales. Los informes pueden incluir una lista de anomalías de componentes sospechadas, así como un tiempo estimado hasta el fallo y soluciones sugeridas. Los usuarios del sistema también pueden acceder al centro de procesamiento de datos centralizado 101 para descargar o analizar datos de vibración, o para comprobar el estado de una turbina eólica 10 particular. El acceso remoto al centro de procesamiento de datos puede estar disponible para operarios del parque eólico, y puede incluir características de seguridad de modo que los usuarios no autorizados sólo puedan acceder a información sobre turbinas eólicas que están supervisando.

Tal como apreciará un experto en la técnica, las realizaciones de la invención también pueden realizarse en un producto de programa informático realizado en al menos un medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene código de programa legible por ordenador incorporado en el mismo. El medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser un sistema, aparato o dispositivo electrónico, magnético, óptico, electromagnético, de infrarrojos o semiconductor, o cualquier combinación adecuada de los mismos, que puede contener, o almacenar, un programa para su uso por, o en relación con, un sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones. Los medios de almacenamiento legibles por ordenador a modo de ejemplo incluyen, pero no se limitan a, un disco duro, un disco flexible, una memoria de acceso aleatorio, una memoria de sólo lectura, una memoria de sólo lectura programable borrable, una memoria flash, una memoria de sólo lectura de disco compacto portátil, un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento magnético, o cualquier combinación adecuada de los mismos. El código de programa informático para llevar a cabo operaciones para las realizaciones de la presente invención puede escribirse en uno o más lenguajes de programación orientados a objetos y por procedimientos.

- Los métodos descritos en el presente documento pueden implementarse mediante instrucciones de programa informático suministradas al procesador de cualquier tipo de ordenador para producir una máquina con un procesador que ejecuta las instrucciones para implementar las funciones/acciones especificadas en el presente documento. Estas instrucciones de programa informático también pueden almacenarse en un medio legible por ordenador que puede dirigir un ordenador para que funcione de una manera particular. Con ese fin, las instrucciones de programa informático pueden cargarse en un ordenador para provocar la realización de una serie de etapas operativas y así producir un procedimiento implementado por ordenador de tal manera que las instrucciones ejecutadas proporcionan procedimientos para implementar las funciones/acciones especificadas en el presente documento.
- La terminología usada en el presente documento tiene únicamente el fin de describir realizaciones particulares y no se pretende que sea limitativa de la invención. Tal como se usan en el presente documento, se pretende que las formas en singular “un”, “una” y “el/la” incluyan también las formas en plural, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá adicionalmente que los términos “comprende” y/o “que comprende”, cuando se usan en esta memoria descriptiva, especifican la presencia de características, números enteros, etapas, operaciones, elementos y/o componentes mencionados, pero no excluyen la presencia o adición de una o más de otras características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos. Además, en la medida en que se usan los términos “incluye”, “que tiene”, “tiene”, “con”, “compuesto por” o variantes de los mismos o bien en la descripción detallada o bien las reivindicaciones, se pretende que tales términos sean inclusivos de manera similar al término “que comprende.”
- Aunque se ha ilustrado la invención mediante una descripción de diversas realizaciones y aunque estas realizaciones se han descrito en detalle de manera considerable, el solicitante no pretende restringir ni limitar de ninguna manera el alcance de las reivindicaciones adjuntas a tales detalles. Ventajas y modificaciones adicionales resultarán evidentes para los expertos en la técnica. Por ejemplo, aunque lo anterior se ha descrito en relación a una caja de engranajes epicíclicos, pueden usarse aspectos de la invención de manera beneficiosa con una gama más amplia de cajas de engranajes. Adicionalmente, pueden usarse aspectos de la invención en una gama más amplia de aplicaciones que tienen componentes con movimiento relativo para los que puede desearse algún tipo de monitorización. Además, debe entenderse que aunque el dispositivo eléctrico dado a conocer en el presente documento se refiere principalmente a un sensor inalámbrico, otros dispositivos eléctricos pueden beneficiarse de determinados aspectos de la invención, incluyendo, pero sin limitarse a, los aspectos de recopilación de potencia para alimentar el dispositivo eléctrico. Por tanto, la invención en sus aspectos más amplios no debe limitarse a los detalles específicos, métodos representativos y ejemplos ilustrativos mostrados y descritos.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para su uso en un sistema de generación de potencia, comprendiendo el aparato:
una caja de engranajes (34) que incluye un conjunto de engranajes que tiene un primer componente y un segundo componente móvil con respecto al primer componente;
- 5 un inducido (60) unido al primer componente del conjunto de engranajes;
un imán (58) unido al segundo componente del conjunto de engranajes, estando el imán y el inducido dispuestos para mostrar movimiento relativo durante el funcionamiento del conjunto de engranajes de modo que el inducido se somete a un campo magnético variable procedente del imán que genera energía eléctrica; y
- 10 un dispositivo eléctrico dentro de la caja de engranajes, estando el dispositivo eléctrico eléctricamente acoplado con el inducido de modo que el dispositivo eléctrico se alimenta mediante la energía eléctrica generada,
en el que el dispositivo eléctrico comprende un sensor inalámbrico (54) configurado para detectar una variable relacionada con el funcionamiento de la caja de engranajes y para emitir de manera inalámbrica una señal indicativa de la variable detectada.
- 15 2. Aparato según la reivindicación 1, en el que el conjunto de engranajes es un conjunto de engranajes epicíclicos (40) que incluye un engranaje anular exterior (52), un engranaje central (42), una pluralidad de engranajes planetarios (46) que acoplan el engranaje central con el engranaje anular exterior, y un soporte (48) que soporta los engranajes planetarios.
- 20 3. Aparato según la reivindicación 2, en el que el primer componente se selecciona de uno del engranaje anular exterior, el engranaje central, uno de los engranajes planetarios o el soporte, y el segundo componente se selecciona de otro del engranaje anular exterior, el engranaje central, uno de los engranajes planetarios o el soporte.
4. Aparato según la reivindicación 3, en el que el primer componente es uno de los engranajes planetarios.
- 25 5. Aparato según la reivindicación 3, en el que el segundo componente es uno de los engranajes planetarios.
6. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo eléctrico está unido al conjunto de engranajes.
7. Aparato según la reivindicación 6, en el que el dispositivo eléctrico está unido al primer componente del conjunto de engranajes.
- 30 8. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la variable detectada es energía vibracional generada dentro de la caja de engranajes.
9. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sensor inalámbrico incluye un transceptor (66) que emite de manera inalámbrica la señal, comprendiendo el aparato además:
una antena (56) asociada con la caja de engranajes, estando la antena configurada para recibir la señal del transceptor del sensor inalámbrico y para comunicar la señal a otro transceptor externo a la caja de engranajes.
- 35 10. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:
una fuente de alimentación (62) que acopla eléctricamente el inducido con el dispositivo eléctrico, estando la fuente de alimentación configurada para capturar y acondicionar la energía eléctrica suministrada desde el inducido hacia el dispositivo eléctrico.
- 40 11. Turbina eólica (10) que incluye un rotor (16), un generador (20) y un aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el conjunto de engranajes de la caja de engranajes acopla operativamente el rotor con el generador.
- 45 12. Método de alimentación de un dispositivo eléctrico en una caja de engranajes (34) que tiene un conjunto de engranajes con un primer componente y un segundo componente móvil con respecto al primer componente, que comprende:
provocar el movimiento relativo entre un inducido (60) unido al primer componente del conjunto de engranajes y un imán (58) unido al segundo componente del conjunto de engranajes;
generar energía eléctrica en el inducido sometiendo el inducido a un campo magnético variable procedente

del imán; y

alimentar un dispositivo eléctrico dentro de la caja de engranajes con la energía eléctrica,

en el que el dispositivo eléctrico comprende un sensor inalámbrico (54),

comprendiendo el método además:

- 5 detectar una variable relacionada con el funcionamiento de la caja de engranajes con el sensor inalámbrico; y
emitir de manera inalámbrica una señal indicativa de la variable detectada a partir del sensor inalámbrico.
13. Método según la reivindicación 12, en el que la variable detectada es energía vibracional generada dentro de la caja de engranajes.
- 10 14. Método según la reivindicación 12 ó 13, en el que el sensor inalámbrico incluye un transceptor (66) que emite de manera inalámbrica la señal, comprendiendo el método además:
transmitir la señal desde el transceptor hacia otro transceptor externo a la caja de engranajes.
15. Método según cualquiera de las reivindicaciones 12-14, en el que el sensor inalámbrico incluye un transceptor que emite de manera inalámbrica la señal, comprendiendo el método además:
- 15 comunicar la señal desde el transceptor hacia una antena (56) asociada con la caja de engranajes; y
comunicar la señal desde la antena hacia otro transceptor externo a la caja de engranajes.
16. Método según cualquiera de las reivindicaciones 12-15, que comprende además:
capturar y acondicionar la energía eléctrica suministrada desde el inducido hacia el dispositivo eléctrico con una fuente de alimentación (62) que acopla eléctricamente el inducido con el dispositivo eléctrico.

20

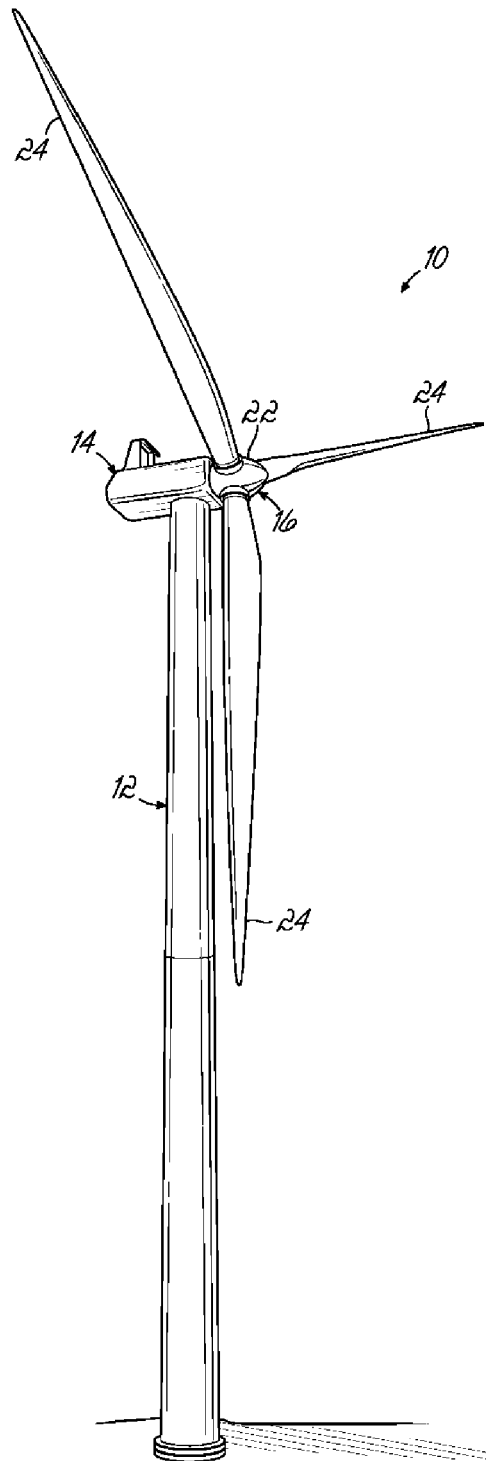


FIG. 1

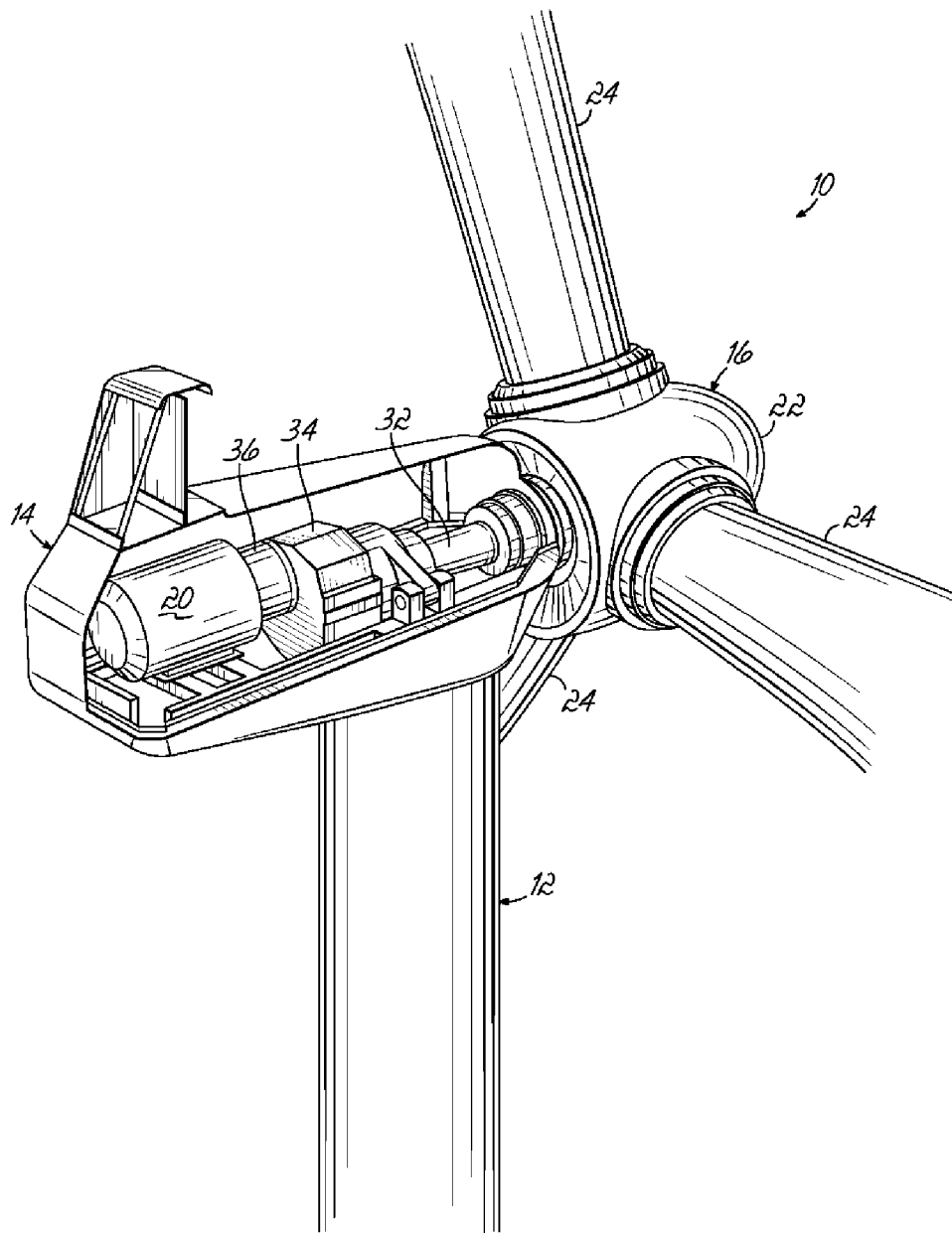


FIG. 2

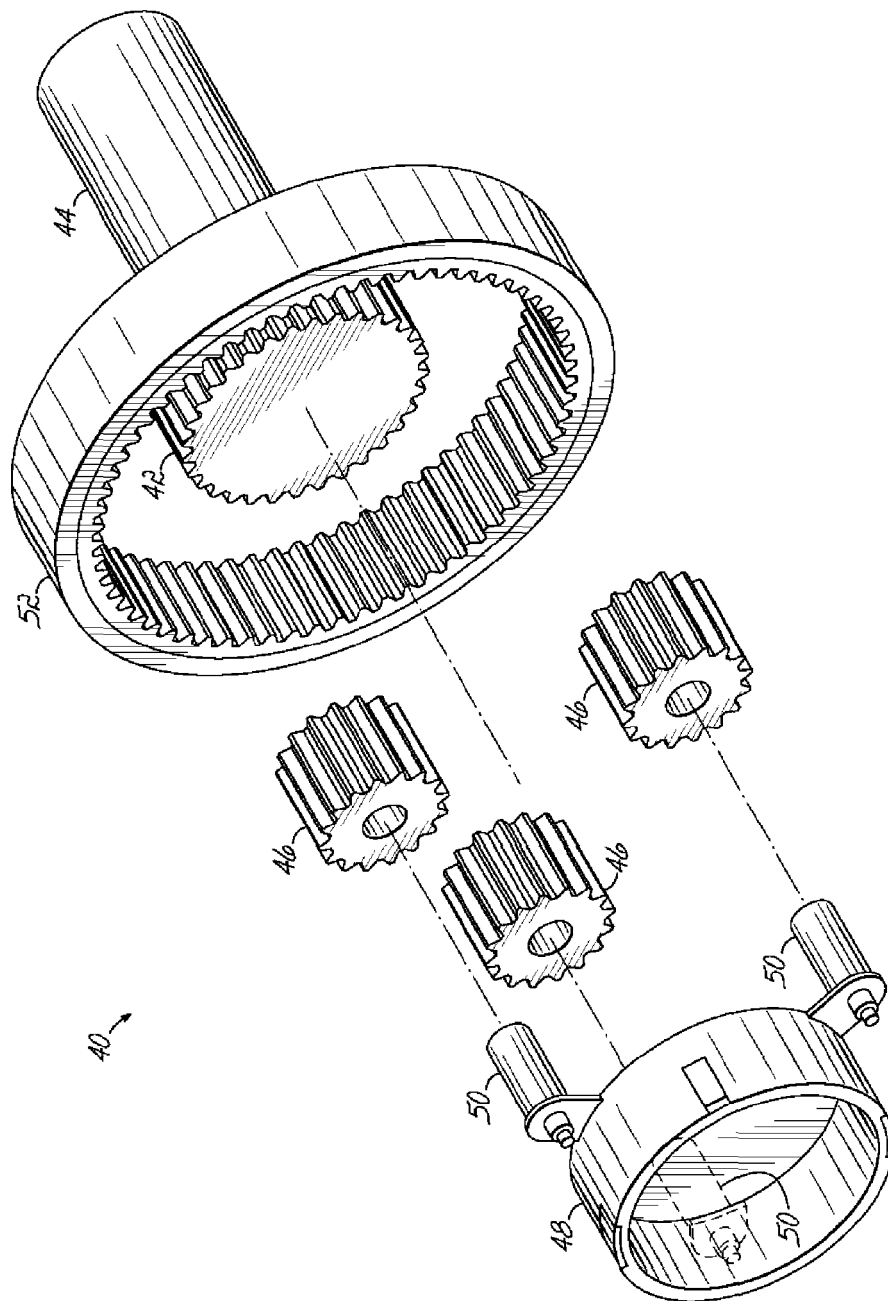


FIG. 3

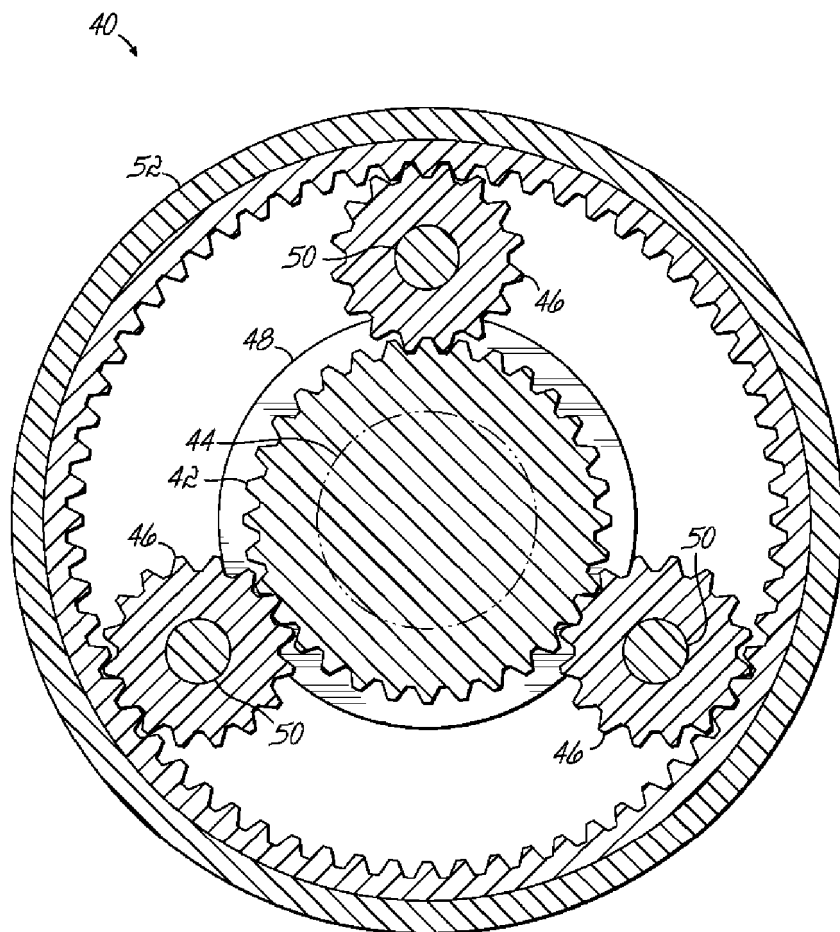


FIG. 4

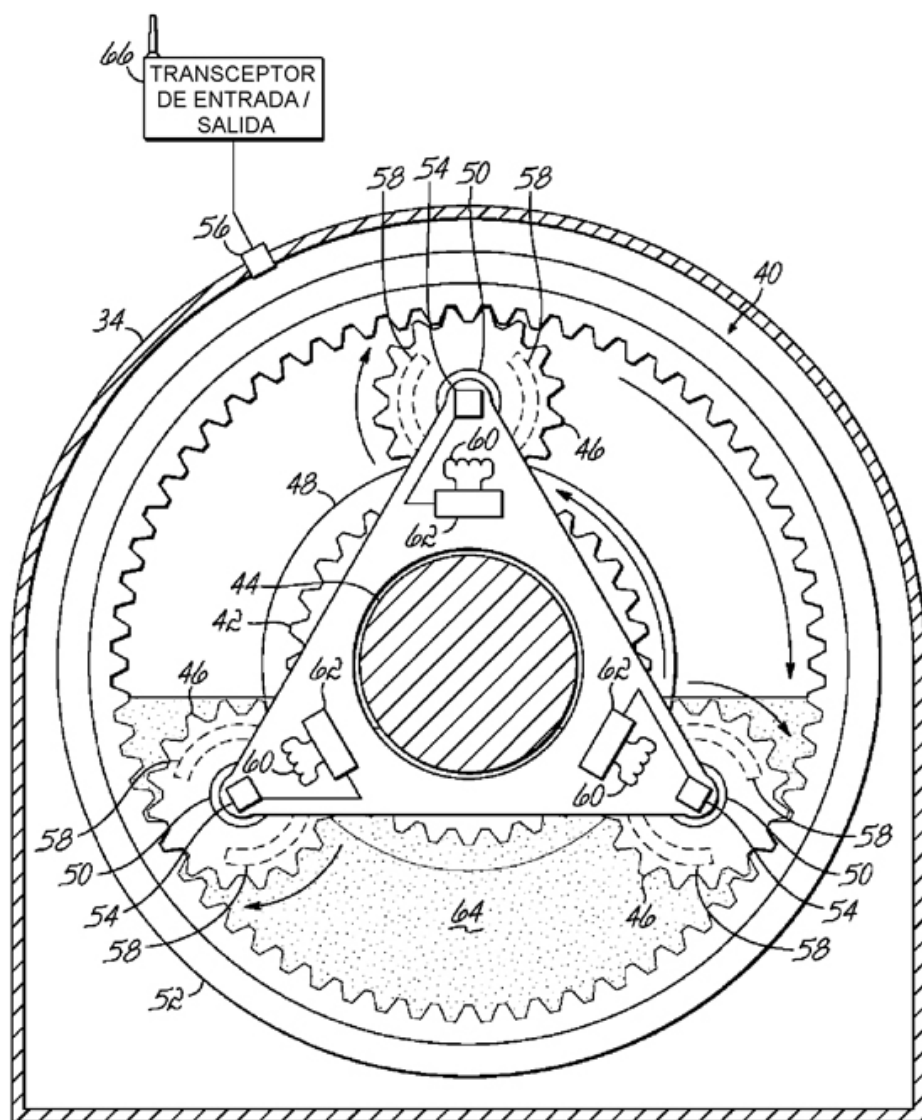


FIG. 5

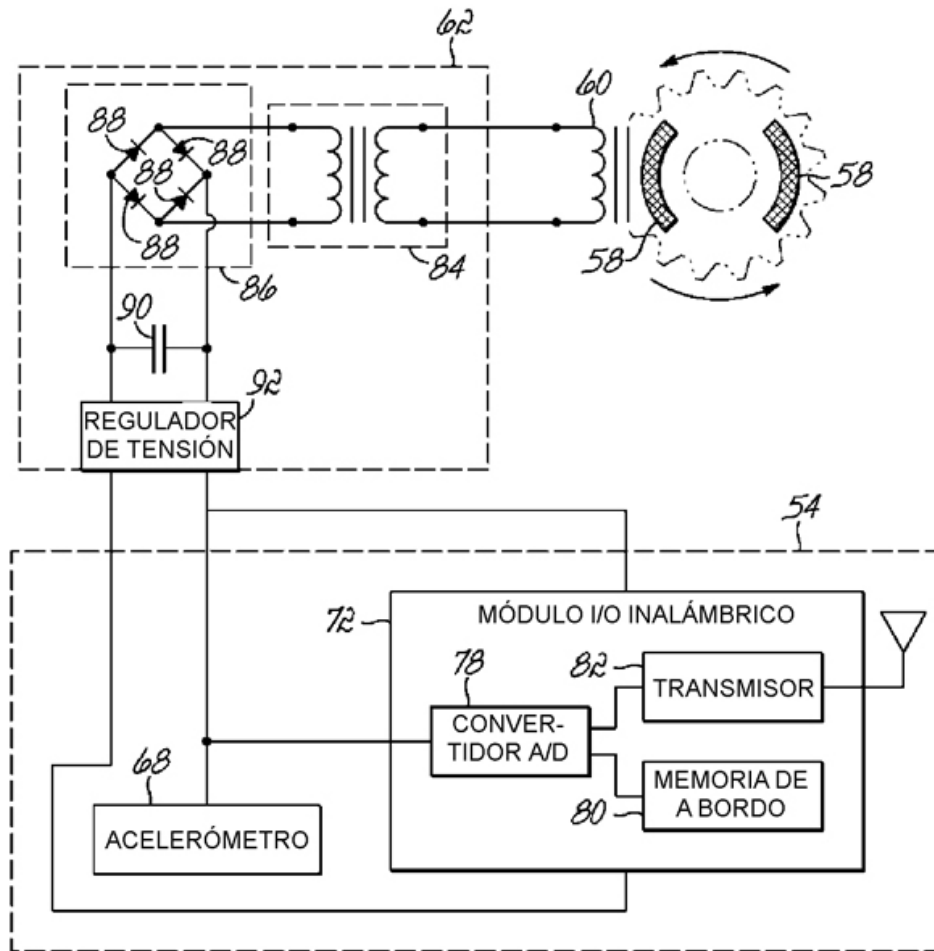


FIG. 6

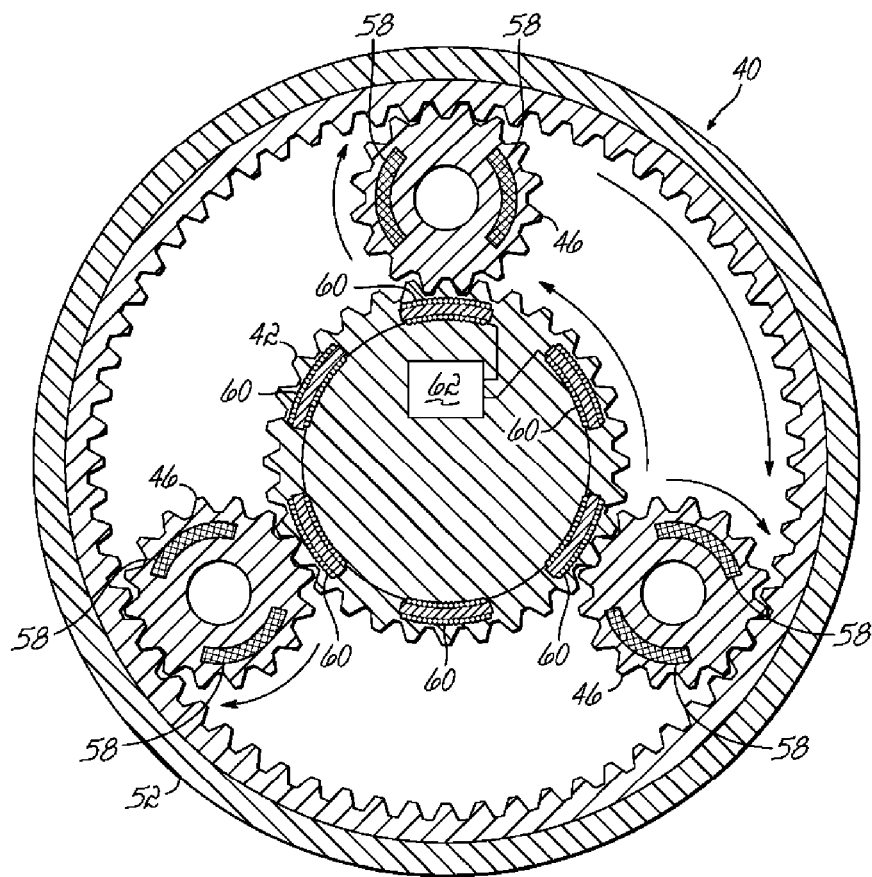


FIG. 7

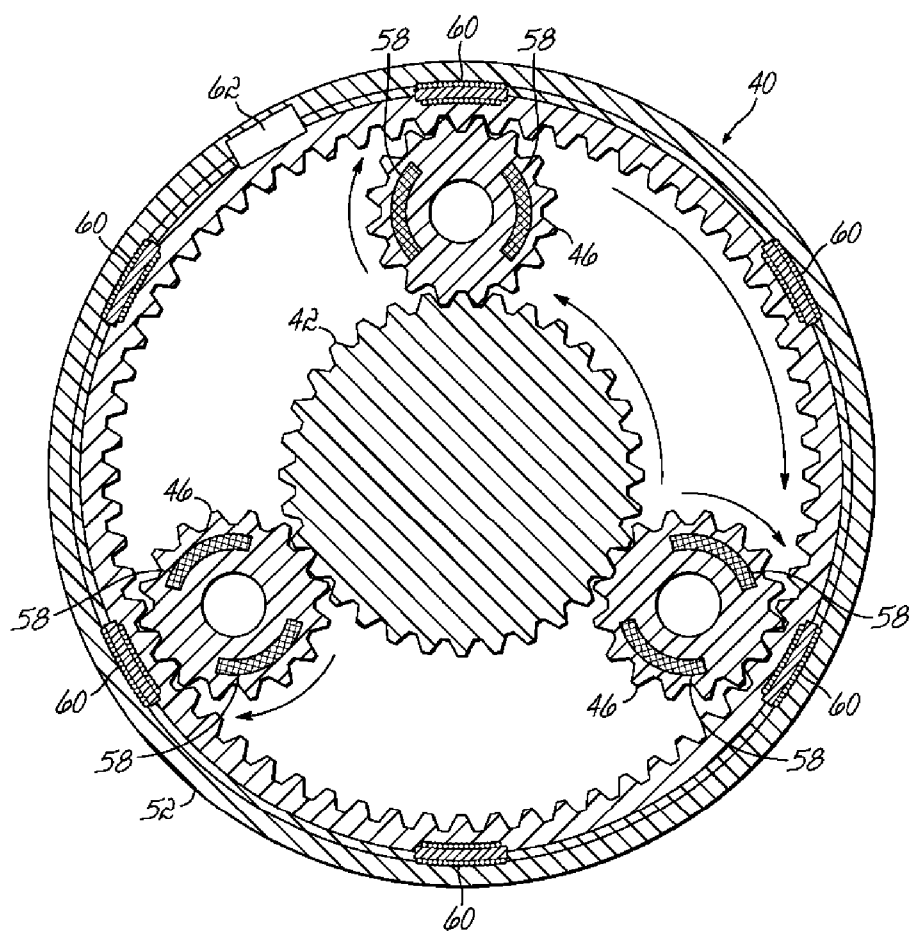


FIG. 8

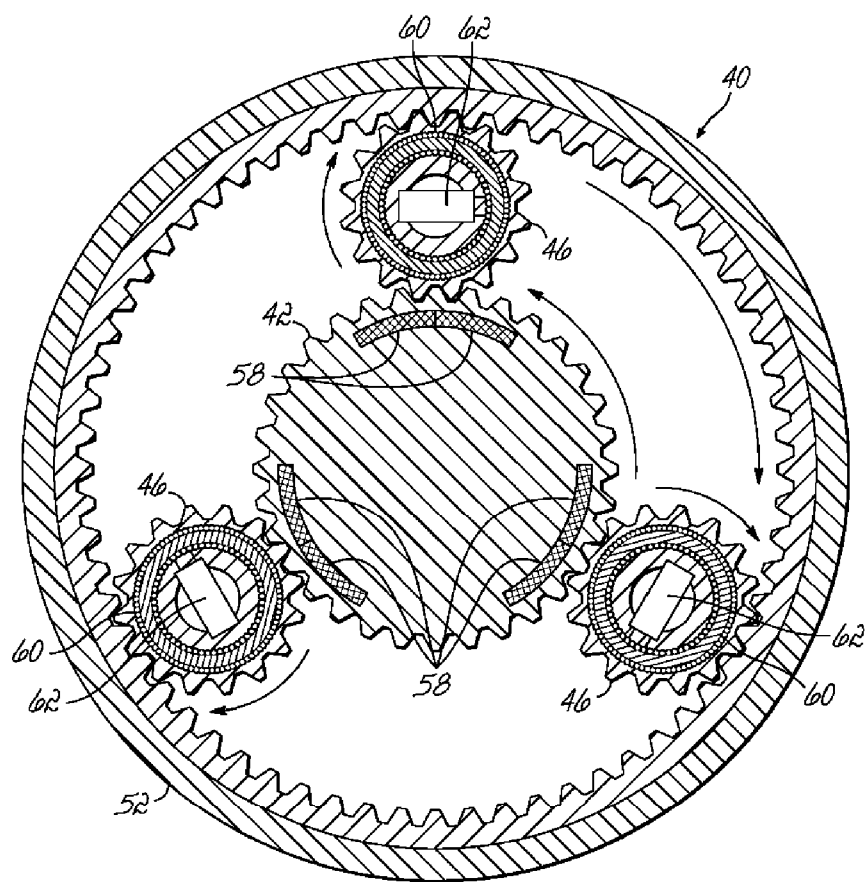


FIG. 9

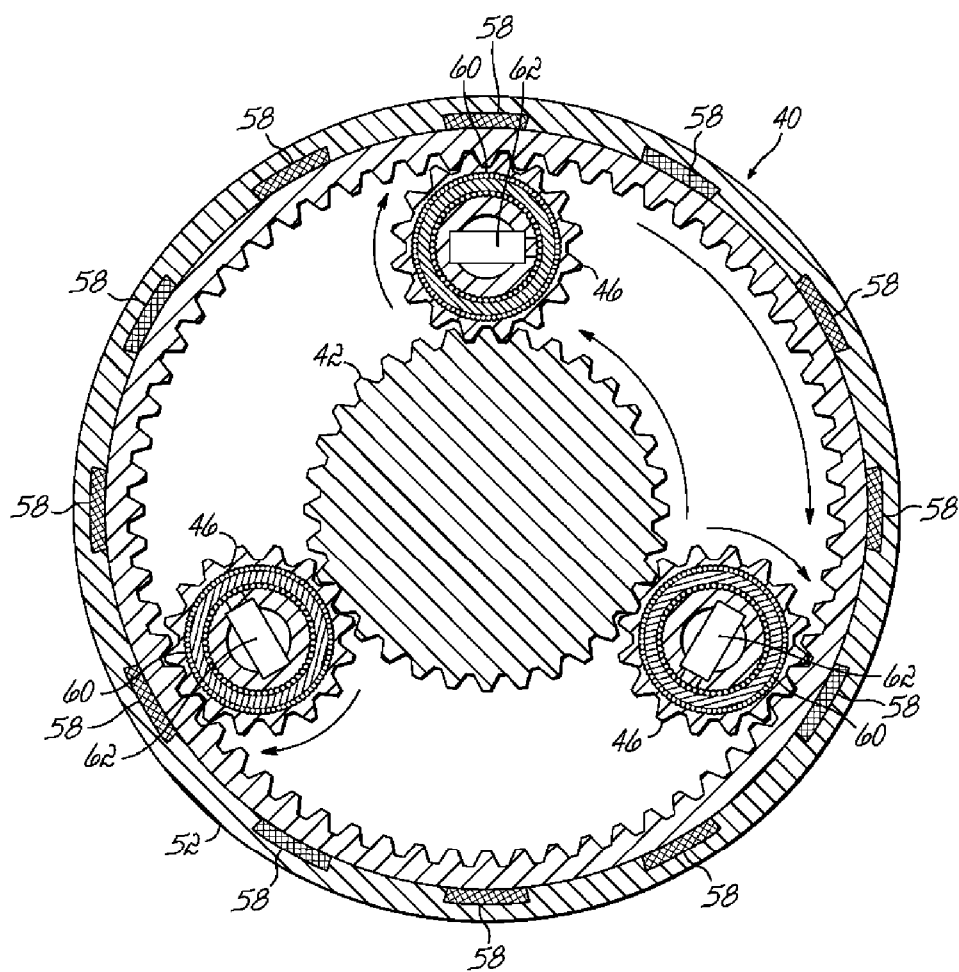


FIG. 10

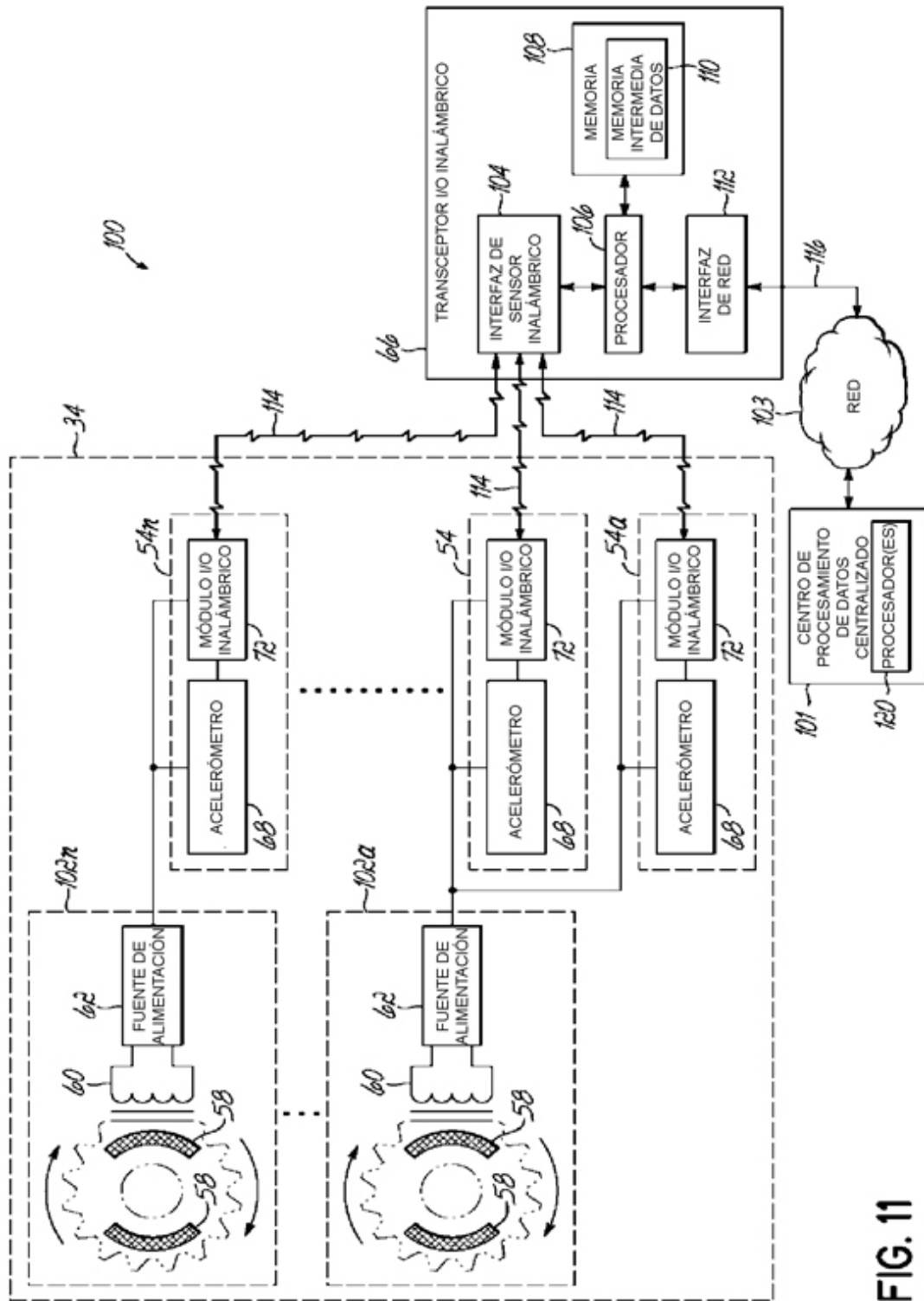


FIG. 11