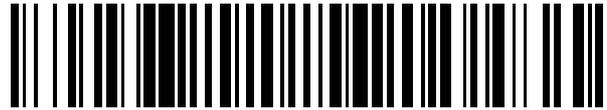


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 202**

51 Int. Cl.:

F03D 11/00 (2006.01)

H02G 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2010 E 10714447 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2013 EP 2419632**

54 Título: **Protección contra rayos para turbinas eólicas y sistemas de control**

30 Prioridad:

17.04.2009 GB 0906641

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

14.10.2013

73 Titular/es:

**TYCO ELECTRONICS UK LTD. (100.0%)
Faraday Road Dorcan
Swindon, Wiltshire SN3 5HH, GB**

72 Inventor/es:

**CATCHPOLE, JONATHAN y
BLANCH, ROBERT ALEXANDER**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 425 202 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

Protección contra rayos para turbinas eólicas y sistemas de control

La presente invención se refiere a un sistema de protección contra impactos de rayos para turbinas eólicas, a un procedimiento para conducir la electricidad generada por el impacto de un rayo a tierra y a un sistema de control para controlar impactos de rayos en turbinas eólicas.

Las turbinas eólicas con sistemas que conducen rayos para conducir la electricidad del rayo a tierra son conocidas. Un ejemplo de una turbina eólica de este tipo se desvela en la patente de Estados Unidos 2007/0114797-A1 en la que un buje del rotor que soporta una pluralidad de álabes de la turbina eólica está provisto de un anillo colector para conducir la electricidad generada por el impacto de un rayo a tierra. Se montan miembros de distancia disruptiva en un rotor que soporta la góndola para que cada uno se sitúe con un extremo separado del anillo colector a una pequeña distancia disruptiva. La electricidad generada por el impacto de un rayo se conduce al anillo colector, después a través de la distancia disruptiva a tierra. El uso de tales distancias disruptivas para conducir la electricidad generada por el impacto de un rayo lejos del rotor proporciona una conexión de alta impedancia y, en consecuencia, no es eficiente. Adicionalmente, debido a tolerancias de los componentes, es difícil mantener las distancias disruptivas de modo que sean lo suficientemente pequeñas. Si las distancias disruptivas son demasiado grandes, no se producirá una conexión a tierra eficaz. En la patente WO 2004/044419 A1 se desvela una turbina eólica adicional de la técnica anterior (en la que se basa el preámbulo de la reivindicación 1). La turbina eólica incluye álabes de paso variable que se montan en un buje que se montan para el giro relativo con relación a una góndola por medio de un eje del rotor. Cuando la turbina es alcanzada por un rayo, la descarga eléctrica principal del álabe viaja desde un conductor en uno de los álabes hasta un miembro de contacto montado sobre una raíz del álabe y a través de una distancia disruptiva hasta una unidad de contacto montada en y para el giro con el buje. La descarga eléctrica se hace pasar después a la góndola a través del eje del rotor. La patente de Estados Unidos 2008/0048453 A1 se refiere también a turbinas eólicas y se refiere al uso de atractores de conducción de rayos de sacrificio incorporados en los álabes de la hélice.

Un objetivo de la invención es superar al menos una de las desventajas asociadas con la técnica anterior.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un conjunto de buje y góndola de turbinas eólicas que incluye medios de conducción de rayos para conducir un rayo entre el buje y la góndola, estando el buje montado para su giro con relación a la góndola y estando adaptado para soportar los álabes de la turbina, incluyendo el buje un conductor o conexión del buje a un álabe de turbina soportado por el buje, incluyendo los medios de conducción de rayos una pista conductora y un terminal que se enfrentan y son desplazables uno respecto al otro, estando uno de la pista conductora y del terminal montado sobre el buje y estando eléctricamente conectado al conductor del buje, caracterizado porque el otro de la pista conductora y del terminal se monta en la góndola, y el terminal incluye un cuerpo principal del terminal que se separa de la pista conductora y una extensión terminal conductora de sacrificio que incluye una pluralidad de miembros conductores situados lado a lado y que se extienden desde el cuerpo principal del terminal hacia la pista. Al proporcionar el terminal con una extensión terminal de sacrificio, la extensión terminal se puede desgastar por contacto deslizante con la pista conductora hasta que existe una distancia entre la extensión terminal y la pista conductora. Debido a la manera en la que se forma esta distancia, la misma será muy pequeña. Cuando la electricidad generada por el impacto de un rayo se conduce entre el terminal y la pista conductora, la mayoría de la extensión terminal entre el cuerpo principal del terminal y la pista conductora se vaporizará y se formará un arco entre el terminal y la pista conductora. Este arco generará a su vez plasma, creando una trayectoria conductora de aire ionizado que permitirá la conducción continuada de electricidad a la pista conductora. Después que se produce tal impacto de rayo, será necesario sustituir la extensión terminal de sacrificio. La pluralidad de miembros conductores situados lado a lado proporcionan una pluralidad de partes de extensión terminales que se enfrentan a la pista conductora, cada uno con un área en sección transversal relativamente pequeña que aumentará la intensidad del campo eléctrico en los extremos de estas partes. Esto aumentará, a su vez, el potencial para ionizar aire entre la extensión terminal y la pista conductora.

Para iniciar la formación del arco y la consiguiente formación de plasma a la primera oportunidad, preferentemente la extensión terminal se extiende al menos sensiblemente hasta la pista. Como se ha mencionado anteriormente, cuando el buje y la góndola se instalan inicialmente, la extensión terminal entra preferentemente en contacto con la pista conductora y el giro inicial del buje hace que la extensión terminal se desgaste hasta que exista una pequeña distancia entre la extensión terminal y la pista conductora.

Convenientemente, la extensión terminal comprende medios conductores similares a un cepillo y puede comprender ventajosamente un cepillo compuesto por una multiplicidad de cables conductores.

Preferentemente, una superficie del cuerpo principal del terminal está abovedada hacia la pista para aumentar la intensidad del campo y, en consecuencia, el potencial para ionizar el aire entre el terminal y la pista conductora.

La pista se puede montar en la góndola y el terminal montarse en el buje. Con una disposición de este tipo un pararrayos de cada álabe se puede conectar eléctricamente convenientemente por separado a un terminal individual. Cada álabe de turbina se conecta preferentemente por un pararrayos a al menos uno de dichos

terminales. Sin embargo, es posible que cada álabe de turbina se conecte a una pluralidad de dichos terminales. Una disposición de este tipo proporcionaría redundancia ventajosamente.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento para conducir la electricidad de un rayo en un conjunto de buje y góndola de la turbina eólica que incluye las etapas de: (i) proporcionar un conjunto de buje y góndola de la turbina eólica de acuerdo con el primer aspecto de la invención, (ii) conducir la electricidad de un rayo desde el conductor del buje al cuerpo principal del terminal después a través de la extensión terminal hasta la pista y después a tierra; (iii) vaporizar una mayoría de la extensión terminal entre el cuerpo principal del terminal y la pista como un resultado de la electricidad que fluye a través de la extensión terminal; (iv) formar una trayectoria de plasma conductora entre el cuerpo principal del terminal y la pista, y (v) continuar con la conducción de electricidad entre el cuerpo principal del terminal y la pista a través de la trayectoria de plasma.

El conjunto de buje y góndola puede formar parte de un sistema de control de impactos de rayos de una turbina eólica que incluye un rotor que soporta una pluralidad de alabes de turbinas eólicas, incluyendo cada uno un pararrayos y un sensor inductivo configurado para generar una señal eléctrica cuando el pararrayos respectivo conduce la electricidad generada por el impacto de un rayo a tierra. Debido a la tensión extremadamente alta que fluye en un pararrayos cuando es alcanzado (del orden de 200 kA) la detección del impacto por medio de un sensor inductivo proporciona una manera particularmente fiable de efectuar tal detección.

Preferentemente, el sistema de control incluye también medios de adquisición de datos adaptados para adquirir datos en relación con el álabe de la turbina eólica que ha sido alcanzado por un rayo. Cuando la turbina eólica es uno de una pluralidad de turbinas eólicas en un denominado parque eólico, el medio de adquisición de datos se adapta también preferentemente para adquirir datos en relación con la turbina eólica que ha sido alcanzado por un rayo. Con un sistema de este tipo, será posible determinar rápidamente qué terminal de sacrificio de qué turbina tendrá que sustituirse.

Preferentemente, el sistema incluye un transductor dispuesto para convertir la señal eléctrica en una señal óptica para su transmisión entre el buje y un transmisor soportado por una estructura de soporte para el buje. Una disposición de este tipo evitará la necesidad de un anillo colector o conexión eléctrica similar para acomodar el movimiento relativo entre el buje y la góndola para transmitir señales al transmisor. Un sistema de este tipo significa que las señales pueden ser multiplexadas a través de una sola fibra óptica que pasa a través y fuera del buje hasta un sistema de adquisición de datos en la góndola.

Convenientemente, el sistema de control incluye además un sistema SCADA (Control de supervisión y Adquisición de Datos) y cada sensor inductivo comprende un bucle de inducción dispuesto para transmitir una señal al sistema SCADA para permitir el control del álabe de la turbina eólica que ha sido alcanzado por un rayo.

La invención se describirá a continuación a modo de ejemplo solamente con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 muestra una vista lateral de una turbina eólica con un buje y góndolas de acuerdo con una primera realización de la invención;

La Figura 2 muestra una vista en sección transversal esquemática a través de una parte, marcada con A en la Figura 1, de uno de los álabes de la turbina de la turbina eólica mostrado en la Figura 1;

La Figura 3 muestra una vista en sección transversal de la parte esquemática a través del buje y la góndola de la turbina eólica que se muestra en la Figura 1;

La Figura 4 muestra una vista esquemática en sección transversal del conjunto mostrado en la Figura 3 en la línea BB; y

La Figura 5 muestra una vista esquemática en sección transversal del conjunto mostrado en la Figura 3 en la línea CC.

La Figura 1 muestra una turbina eólica 2, que incluye un conjunto de buje 8 y góndola 4 de acuerdo con la invención. La góndola 4 es soportada por una torre 6 y el buje 8 soporta dos álabes de turbina 10 para su giro alrededor de un eje de giro 16. Cada álabe de la turbina incluye una almohadilla 14 abovedada para el impacto de rayos situada exteriormente y cerca de su extremo. Una vista en sección transversal ampliada de la porción del álabe de turbina 10 superior marcada con A en la Figura 1 se ilustra en la Figura 2, que muestra que un pararrayos 18, fabricado de un material conductor adecuado, tal como aleación de cobre, se conecta a una parte interior de la almohadilla 14. El pararrayos 18 se extiende a lo largo del álabe 10 hasta el buje 8 y tiene un sensor inductivo 20, en la forma de una bobina que rodea una porción del mismo. Los cables 22 del sensor desde el sensor inductivo 20 se extienden a lo largo del álabe 10 hasta el buje 8. El sensor inductivo 20 podría estar situado en otras posiciones a lo largo del pararrayos 18, por ejemplo, en el buje 8. Además, el sensor inductivo 20 no necesita rodear el pararrayos 18, como se muestra, sino que podría situarse adyacente al mismo siempre que el sensor inductivo esté lo suficientemente cerca del mismo para detectar el impacto de un rayo que pasa a lo largo del pararrayos 18.

Con referencia a la Figura 3, el buje 8 contiene un conductor de buje 26 que se conecta al pararrayos 18, también puede estar formado de aleación de cobre y puede constituir una extensión del conductor 18. El conductor de buje 26 se conecta también a un terminal 28 que se proyecta desde el buje 8 hasta la góndola 4. El pararrayos 18 y el conductor de buje 26 se encierran en una capa aislante 27. El terminal 28 incluye un cuerpo principal del terminal 30, que se puede formar de aleación de cobre, y una extensión terminal 32 conductora de sacrificio. El cuerpo principal 30 incluye una base 34 con bridas para asegurarlo en el buje 8. El cuerpo principal incluye también un orificio 36 ciego en el que se asegura la extensión terminal 32. Una superficie 38 del cuerpo principal 30 orientado hacia una pista conductora 40 anular fijada a una superficie exterior de la góndola 4 está abovedada. La extensión terminal 32 comprende una multiplicidad de cables conductores que pueden ser cables de acero inoxidable. Los cables están en la forma de un cepillo que se extiende desde el cuerpo principal del terminal 30 sustancialmente hasta la pista conductora 40.

Una disposición alternativa para el terminal se muestra en la Figura 6. El terminal en la Figura 6 incluye un cuerpo principal del terminal 46 con una cara 44 de extremo distal abovedada. El cuerpo principal del terminal 46 está rodeado por una multiplicidad de cables que constituyen la extensión 42 terminal. Los cables están rodeados por una pinza 48 tal como una pinza Jubilee de acero inoxidable (TM) que retiene los cables firmemente alrededor del cuerpo principal del terminal 46.

El buje 8 se soporta para su giro por medio de un eje de rotor 52 que se extiende desde una cara trasera 60 del buje 8 y se hace pasar a través de una abertura 62 en una cara delantera 50 del cuerpo de góndola 24. En el interior del cuerpo de góndola 24, el eje de rotor 52 se monta para girar por medio de miembros 54 de cojinete externos que se acoplan con el cuerpo de góndola 24 y miembros de cojinete internos cada uno de los cuales tiene un conducto 64 pasante a través del que se recibe el eje de rotor 52. Una cámara del generador 53 se sitúa entre el eje de rotor 52 y el cuerpo de góndola 24, en la que se situarán los medios de generación de electricidad. El medio de generación de electricidad se ha omitido por claridad.

La pista conductora 40 es anular y se asegura a la cara delantera 50 del cuerpo de góndola 24, concéntricamente con respecto al eje de giro 16 y al eje de rotor 52, por medio de pernos 66 que acoplan orificios roscados en una superficie trasera de la pista 40. La Figura 5 es una sección transversal por la línea CC en la Figura 3 y muestra la cara delantera 50 del cuerpo de góndola 24 con la pista conductora 40 conectada a la misma. Un conductor 68 de torre se conecta eléctricamente a la pista conductora 40 y se dirige a través del cuerpo de góndola 24 y hacia abajo de la torre 6 hasta tierra. La Figura 4 es una sección transversal por la línea BB en la Figura 3 y muestra la cara trasera 60 del buje 8 y los terminales 28.

Cuando el buje 8 se conecta inicialmente a la góndola 4, las extensiones terminales 32 se diseñarán para simplemente ponerse en contacto con la pista conductora 40. A medida que se produce el giro del buje, las extensiones terminales 32 se desgastarán hasta un punto en el que exista una distancia muy pequeña entre cada extensión terminal 32 y la pista conductora 40.

En el buje 8, los cables 22 del sensor de los dos sensores inductivos 20 se conectan a un transductor 70 que convierte las señales eléctricas de los sensores inductivos 20 en señales ópticas que se transportan por medio de una fibra óptica 72, que se extiende a lo largo de un vía de paso 76 en el eje de rotor 52. La fibra óptica 72 termina en una cara trasera 78 del eje de rotor 52. Las señales de los sensores inductivos 20 pueden, como alternativa, transmitirse a un sistema de adquisición de datos 80 en la góndola 4 de una manera alternativa. Por ejemplo, las señales pueden permanecer en forma eléctrica y transportarse a la góndola 4 por medio de un anillo colector que está situado para rodear el eje de rotor 52.

Un soporte 82 se monta en el cuerpo de góndola 24 inmediatamente adyacente a la cara trasera 78 del eje de rotor 52. El soporte 82 soporta una porción de fibra 84 óptica en alineación con la fibra óptica 72 en el eje de rotor 52. La porción de fibra 84 se conecta a un segundo transductor 74 que convierte las señales ópticas recibidas del primer transductor 70 a través de la fibra óptica 72 y de la porción de fibra 84 en señales eléctricas que se transportan por medio de cables 86 al sistema de adquisición de datos 80, que puede estar en la forma de un denominado sistema SCADA (Control de Supervisión y Adquisición de Datos). Un imán 90 se monta en el eje de rotor 52 y se dispone para pasar un sensor de proximidad 92 conectado al soporte 82 cada vez que se hace girar el eje del rotor. Una señal procedente del sensor de proximidad 92 se dirige al sistema 80 SCADA por medio de un cable 88 adicional. El sistema SCADA puede también suministrarse con datos adicionales relacionados con otras características de la turbina eólica. Una línea de transmisión 94 va desde el sistema 80 SCADA hasta un sistema de procesamiento de datos 102 situado remotamente desde la turbina eólica 2 y que se muestra en la Figura 1. El sistema de procesamiento de datos 102 puede incluir una unidad central de procesamiento 96 conectada a una pantalla 98 y un teclado 100 para acceder a datos relacionados con la turbina eólica 2.

Cuando una de las almohadillas 14 es alcanzada por un rayo, la electricidad viajará por el pararrayos 18 asociado hasta el conductor de buje 26 y en el cuerpo principal del terminal. La electricidad fluirá después en la extensión terminal 32 y después se formará un arco entre la extensión terminal 32 y la pista conductora 40. La electricidad puede fluir desde la pista conductora a lo largo del conductor 68 de torre a tierra. En la interfaz entre la extensión terminal 32 y la pista conductora 40, se vaporizará la extensión terminal 32 y a medida que esto ocurre se dibujará un arco entre el terminal 28 y la pista conductora 40. Este arco generará una trayectoria de plasma conductora del

aire ionizado que proporcionará la conducción eficaz de la electricidad entre el cuerpo principal del terminal 30 y la pista conductora. Después que ha ocurrido el impacto de un rayo, será necesario sustituir la extensión terminal 32 que se ha consumido.

5 Cuando se produce el impacto de un rayo, la conducción de electricidad por el pararrayos 18 hace que el sensor inductivo 20 asociado con el mismo produzca una señal eléctrica que se transmite por medio de los cables 22 del sensor hasta el primer transductor 70, en el que la señal eléctrica se convierte en una señal óptica y la transmite a lo largo de la fibra óptica 72 y de la porción de fibra 84 hasta el segundo transductor 74, en el que se convierte de nuevo en una señal eléctrica. La señal eléctrica procedente del segundo transductor 74 se dirige al sistema SCADA para su posterior transmisión a través de la línea de transmisión 94 en el sistema de procesamiento de datos 102 que constituye una interfaz que permite que un operario humano controle cual de una posible pluralidad de turbinas eólicas ha sido alcanzada por rayo y, en particular, qué álabes de turbina ha sido alcanzado.

15 Aunque se ha descrito una realización particular de la invención, se apreciará que se pueden hacer modificaciones a la misma sin apartarse del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones. La turbina eólica puede incluir tres o más álabes. La pista podría montarse sobre el buje y uno o más terminales podrían montarse en la góndola. Todos los pararrayos podrían conectarse a un único terminal montado sobre el buje o, como alternativa, cada pararrayos podría conectarse a dos, tres o más de dichos terminales. La extensión terminal de sacrificio podría estar en la forma de una pluralidad de barras que pueden tener extremos distales puntiagudos o podría estar en la forma de un miembro sólido fabricado de un material que se vaporizará cuando conduce la electricidad del impacto de un rayo a través del mismo. Los sensores inductivos podrían estar situados en porciones de buje de pararrayos que van desde los álabes de la turbina.

20

REIVINDICACIONES

1. Conjunto de buje (8) y góndola (4) de turbina eólica que incluye medios de conducción de rayos para conducir un rayo entre el buje (8) y la góndola (4), estando el buje (8) montado para girar con relación a la góndola (4) y estando adaptado para soportar los álabes de turbina (10), incluyendo el buje (8) un conductor (26) del buje para su conexión con un álabe de turbina (10) soportado por el buje (8), incluyendo los medios de conducción de rayos una pista (40) conductora y un terminal (28) que están enfrentados y son desplazables uno respecto al otro, estando uno de la pista (40) conductora y del terminal (28) montado sobre el buje (8) y estando conectado eléctricamente al conductor (18) del buje;
- 5 **caracterizado porque** el otro de la pista (40) conductora y del terminal (28) está montado en la góndola (4) y el terminal (28) incluye un cuerpo principal del terminal (30) que está separado de la pista (40) conductora y una extensión terminal (32, 42) conductora de sacrificio que incluye una pluralidad de miembros conductores situados lado a lado y que se extienden desde el cuerpo principal del terminal (30) hacia la pista (40).
- 10 2. El conjunto de la reivindicación 1, en el que la extensión terminal (32, 42) se extiende al menos sustancialmente hasta la pista (40).
- 15 3. El conjunto de la reivindicación 1 o 2, en el que la extensión terminal (32, 42) comprende medios conductores similares a un cepillo.
4. El conjunto de la reivindicación 3, en el que la extensión terminal (32, 42) comprende un cepillo compuesto por una multiplicidad de cables conductores.
5. El conjunto de cualquier reivindicación anterior, en el que una superficie del cuerpo principal del terminal (30, 46) está abovedada hacia la pista (40).
- 20 6. El conjunto de cualquier reivindicación anterior, en el que la pista (40) está montada en la góndola (4) y el terminal (28) está montado sobre el buje (8).
7. El conjunto de la reivindicación 6 en combinación con los álabes de turbina (10) soportados por el buje (8), en el que cada álabe de turbina (10) está conectado por medio de un pararrayos (18, 26) a al menos uno de dichos terminales (28).
- 25 8. La combinación de buje (8), góndola (4) y álabes de turbina (10) de la reivindicación 7, en la que cada álabe de turbina (10) está conectado por medios de conducción de rayos (18) a una pluralidad de dichos terminales (28).
9. Un procedimiento para conducir la electricidad de un rayo en un conjunto de buje (8) y góndola (4) de turbina eólica que incluye las etapas de: (i) proporcionar un conjunto de buje (8) y góndola (4) de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8; (ii) conducir la electricidad de un rayo desde el conductor del buje (26) hasta el cuerpo principal del terminal (30), después a través de la extensión terminal (32, 42) hasta la pista (40) y después a tierra; (iii) vaporizar la mayor parte de la extensión terminal (32, 42) entre el cuerpo principal del terminal (30, 46) y la pista (40) como resultado de la electricidad que fluye a través de la extensión terminal (32, 42); (iv) formar una trayectoria de plasma conductora entre el cuerpo principal del terminal (30, 46) y la pista (40); y (v) continuar con la conducción de electricidad entre el cuerpo principal del terminal (30, 46) y la pista (40) a través de la trayectoria de plasma.
- 30 35

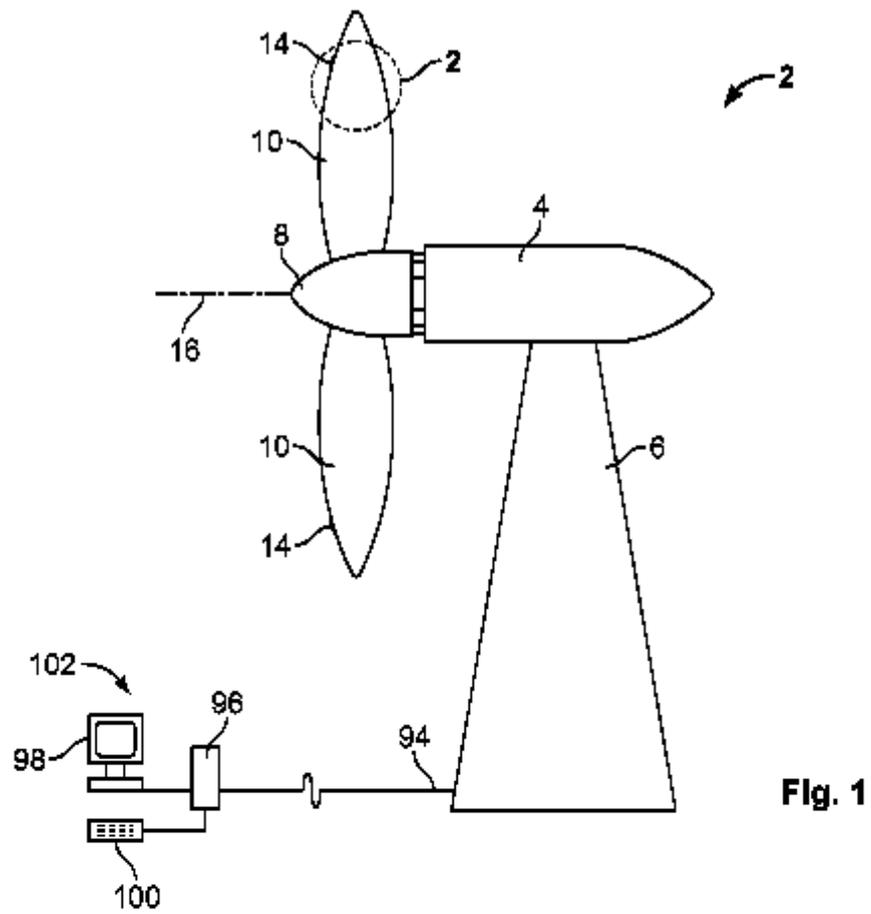


Fig. 1

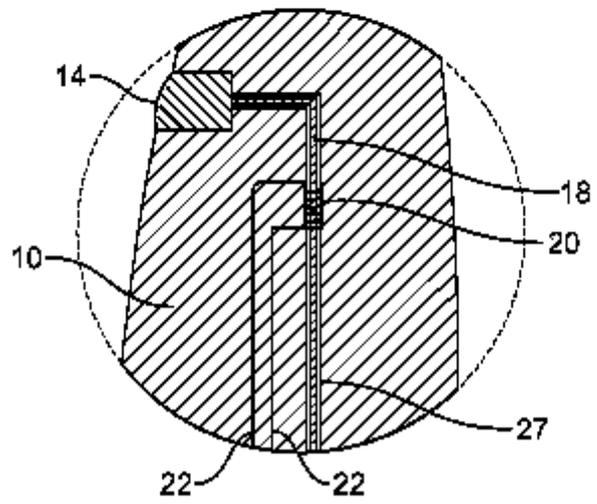


Fig. 2

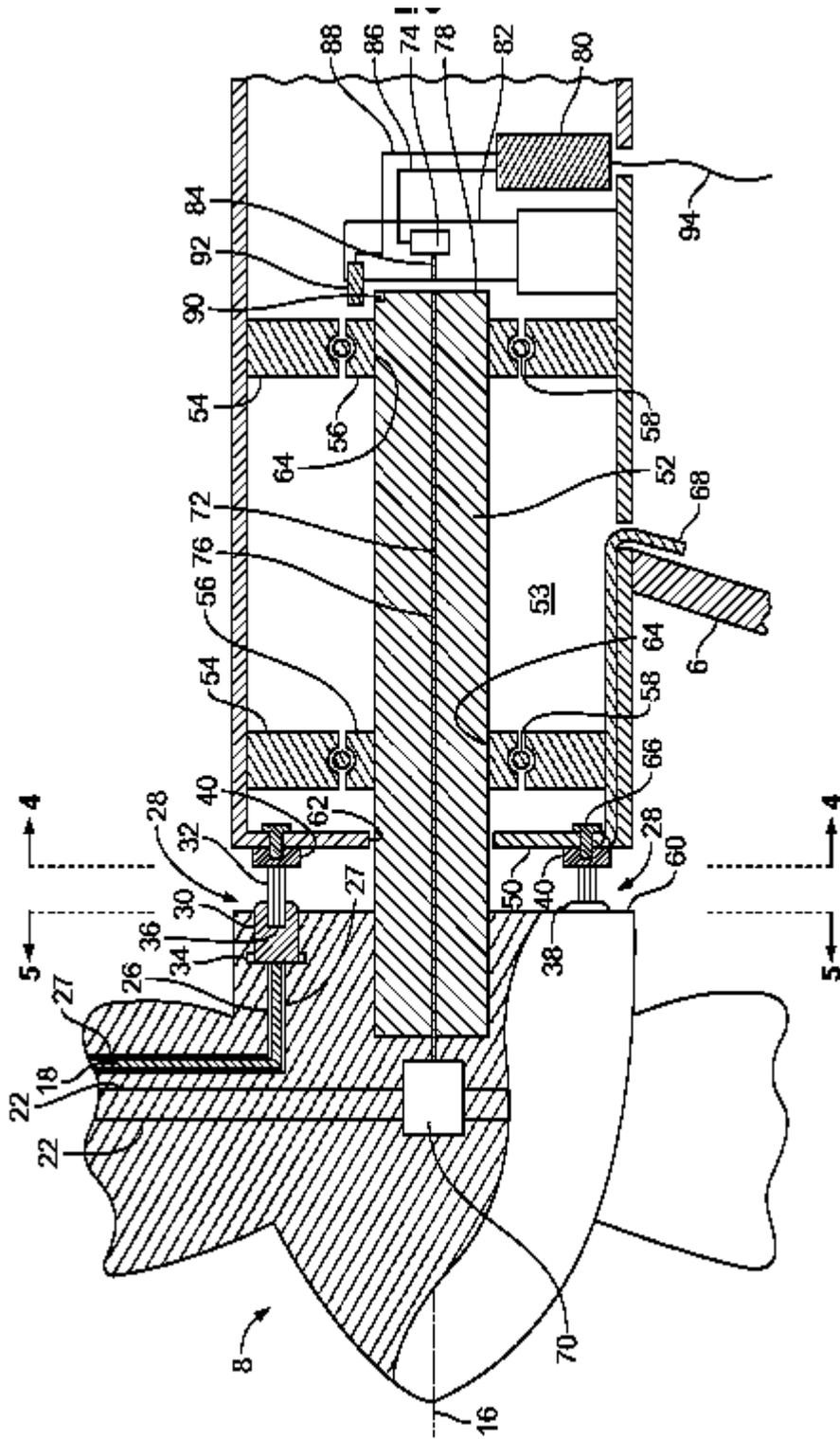


Fig. 3

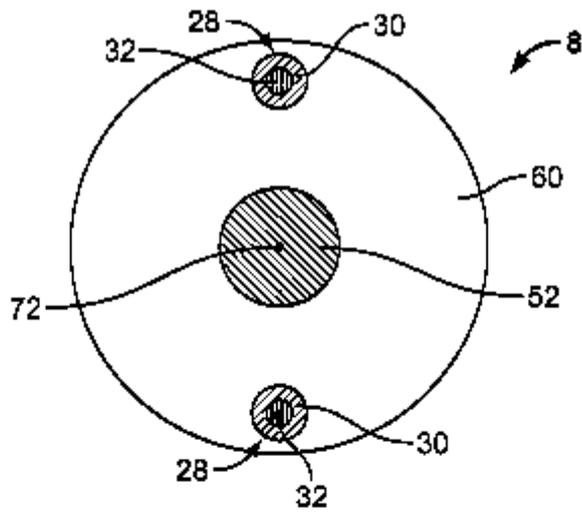


Fig. 4

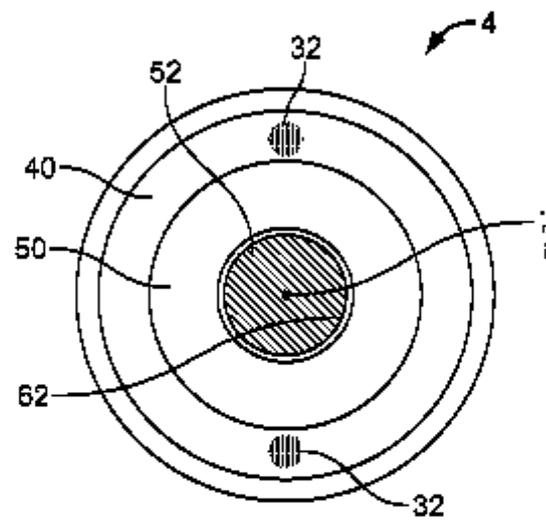


Fig. 5

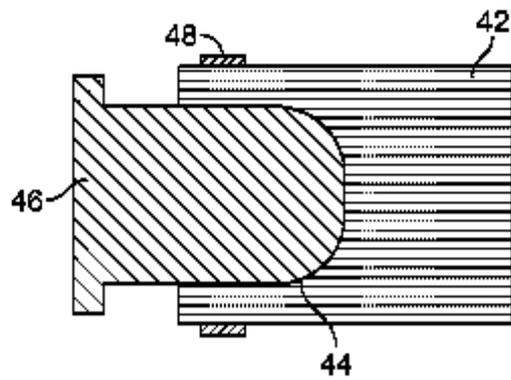


Fig. 6