

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 330**

51 Int. Cl.:

F03D 80/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.02.2010 PCT/DE2010/000171**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.08.2010 WO10091675**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.02.2010 E 10723479 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2396541**

54 Título: **Aerogenerador con sensores de monitorización**

30 Prioridad:

16.02.2009 DE 102009009039

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

19.04.2017

73 Titular/es:

**PRÜFTECHNIK DIETER BUSCH AG (100.0%)
Patentabteilung Oskar-Messter-Strasse 19-21
85737 Ismaning, DE**

72 Inventor/es:

**BECKER, EDWIN;
LOESL, JOHANN y
KENZLER, MARCEL**

74 Agente/Representante:

BANDIN ABAD, Dora

ES 2 609 330 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

Aerogenerador con sensores de monitorización

5 La presente invención se refiere a un aerogenerador con un rotor y al menos dos palas.

Los aerogeneradores comprenden normalmente un rotor con buje y tres palas de rotor, que está alojado en orientación horizontal en una góndola maquina que alberga un generador accionado por el rotor y de manera giratoria sobre una torre. Por lo general las palas de rotor están alojadas de manera ajustable en el buje de rotor para controlar de manera separada el ángulo de ataque de cada pala de rotor individual. En la investigación actual incluso se considera el ajuste por separado también de partes de la pala de rotor. Mediante un ajuste tal del ángulo de ataque (también denominado ángulo de paso) puede regularse la velocidad de giro del rotor.

Los aerogeneradores son fundamentalmente propensos a oscilaciones, particularmente debido a desequilibrios del rotor. Los desequilibrios que aparecen tienen esencialmente las siguientes causas: por un lado desequilibrios de masa, particularmente debido a masas de pala de rotor desiguales o distribuciones de masa desiguales en la pala de rotor individual, desequilibrios de buje, excentricidades del rotor completo, depósito de hierro en las palas de rotor, entrada de agua en el interior de las palas de rotor, y por otro lado desequilibrios aerodinámicos, particularmente debido a errores de ángulo de pala, formas de perfil de pala de rotor, daños en la pala de rotor, inclinación de flujo del rotor así como estímulos del exterior condicionados por el emplazamiento, p.ej. mediante velocidad aminorada delante del rotor y el hecho de que la velocidad del viento por lo general depende de la altura por encima del suelo de manera que la misma pala de rotor está sometida a diferentes fuerzas aerodinámicas, según esté recto arriba o abajo. Tales desequilibrios llevan a una vida útil reducida del aerogenerador. Por lo tanto, una minimización de los desequilibrios del rotor es deseable. También es de interés un diagnóstico del estado operativo del aerogenerador, para, en el caso de una aparición de cargas inadmisibles, desconectar el aerogenerador por razones de seguridad o determinar componentes nocivos y reemplazarlos a tiempo.

Una visión general de la problemática sobre oscilaciones en aerogeneradores puede encontrarse por ejemplo en la revista telediagnose.com, edición núm. 12, en www.telediagnose.com/telediagnose/index.html.

En el documento DE 102 19 664 A1 se describe un aerogenerador en el que están previstos elementos de sensor para determinar cargas mecánicas del rotor en las palas de rotor y en el árbol de rotor para ajustar las palas de rotor sobre la base de cargas mecánicas determinadas. Los sensores previstos en el árbol de rotor sirven en este caso para el registro de momentos de pandeo y de guiñada. Además, las palas de rotor pueden estar provistos de tanques de lastre, para bombear agua desde un tanque de almacenamiento previsto en el buje a los tanques de lastre o evacuar agua desde los tanques de lastre hacia el tanque de almacenamiento para minimizar un eventual desequilibrio mediante reequilibrio. Mientras que el llenado del tanque de lastre también es posible durante el funcionamiento, para la evacuación de un tanque de lastre el rotor debe paralizarse en la posición correspondiente.

Por el documento DE 10 2004 014 992 A1 se conoce un aerogenerador en el que está previsto un sensor de desequilibrio para determinar el desequilibrio del rotor y las palas de rotor están provistas de pesos de compensación que pueden ajustarse en dirección axial, que se ajustan de acuerdo con el desequilibrio determinado para minimizar el desequilibrio del rotor.

En el documento EP 1 674 724 A2 está descrito en general la monitorización de componentes de un aerogenerador mediante diferentes sensores, por ejemplo sensores de aceleración, giroscopios, sensores de proximidad e inclinómetros, estando descrito en relación con la monitorización de las palas de rotor el uso de sensores de proximidad mediante los cuales debe registrarse la combadura de las palas.

En el documento WO 01/33075 A1 se describe el registro de la carga de extensómetros instalados sobre las palas de rotor de un aerogenerador con el propósito de controlar la regulación de paso de las palas.

En el documento WO 2006/012827 A1 se describe la monitorización de estado de las palas de rotor de un aerogenerador durante el funcionamiento mediante sonido conducido a través de cuerpos sólidos, estando dispuestos sensores de movimiento sobre las palas.

En el documento WO 2006/039903 A1 se describe que el ajuste de paso de las palas de rotor de un aerogenerador se realiza en función de la diferencia de presión entre lado anterior de pala y lado posterior de pala. En el documento WO 2007/131489 A1 se describe el uso de sensores de aceleración en las palas de rotor de un aerogenerador con el fin de regular el ángulo de paso, llevándose a cabo mediciones de vibraciones.

En el documento WO 2008/058876 A2 se describe que con el fin de evitar la colisión de las palas de rotor con la torre de un aerogenerador en la torre o en la góndola pueden disponerse sensores de distancia para medir la distancia de la pala de rotor respectiva con respecto a un punto predeterminado del aerogenerador y dado el caso emitir un aviso de colisión.

El documento WO 2005/068834 A1 se refiere a un aerogenerador, en el que se monitoriza el estado de la pala de rotor mediante extensómetros y la posición de la pala de rotor mediante GPS.

5 La monitorización del estado de las palas de rotor mediante extensómetros es problemática en cuanto a que los extensómetros son difíciles de instalar y tienen una vida relativamente corta. Además, los extensómetros miden fundamentalmente solo de manera local en la estructura de la pala de rotor. Esto se aplica también para sensores de aceleración o sensores de movimiento.

10 Es objetivo de la presente invención realizar una monitorización del estado lo más informativa posible con respecto a las palas de rotor de un aerogenerador.

Este objetivo se resuelve de acuerdo con la invención mediante un aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 1 así como un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3.

15 En el caso de la solución de acuerdo con la invención es ventajoso que cada pala de rotor esté provista de al menos una disposición de inclinómetros al menos de dos ejes, mediante la cual se determina la combadura y/o torsión de la pala con respecto al eje longitudinal de la pala, se posibilita una valoración de estado informativa en cuanto a las deformaciones de las palas de rotor condicionadas por el funcionamiento. En este caso es particularmente ventajoso que mediante inclinómetros se establece una relación con la dirección de rotación o con el centro de la tierra, es decir se especifica un marco de referencia absoluto, por lo que puede alcanzarse la exactitud de la medición de la deformación de la pala de rotor. Además mediante la disposición de inclinómetros puede monitorizarse también la regulación de paso de las palas de rotor.

25 De las reivindicaciones dependientes resultan configuraciones preferentes de la invención.

A continuación se explica con más detalle la invención mediante los dibujos adjuntos. En este caso muestran:

Fig. 1 un ejemplo esquemático de un aerogenerador de acuerdo con la invención; y

30 Fig. 2 un diagrama de bloques de los componentes esenciales del aerogenerador de la Fig. 1.

En la Fig. 1 se muestra un ejemplo esquemático de un aerogenerador de acuerdo con la invención. En este caso está previsto un rotor 10 con un buje 12 para tres palas de rotor (de ellas se muestran en la Fig. 1 solamente dos palas de rotor 14A, 14B). El rotor 10 está alojado en orientación horizontal en una góndola 16 que alberga un generador 18 que se acciona por el árbol de rotor 20 mediante un engranaje 22. La góndola 16 está alojada alrededor de un eje vertical de manera giratoria sobre una torre 24. La góndola presenta además un sensor 26 para la velocidad de viento y la dirección de viento. Además está previsto un sensor 28 para el registro de la velocidad de giro del rotor 10.

40 En cada pala de rotor 14A, 14B está prevista al menos una disposición de inclinómetros al menos de dos ejes (en el ejemplo en cada pala de rotor en la dirección longitudinal de la pala se muestran dos disposiciones de inclinómetros 30A, 31A o 30B, 31B desfasadas). Las disposiciones de inclinómetros están previstas para determinar para cada pala de rotor durante el funcionamiento la combadura y/o torsión de la pala con respecto al eje longitudinal de la pala. La combadura de la pala de rotor con respecto al eje longitudinal de la pala puede determinarse cuando la disposición de inclinómetros está dispuesta de manera que puede registrar una variación de la inclinación de la disposición de inclinómetros con respecto a un plano que está en perpendicular al eje longitudinal de la pala (en el caso de un inclinómetro de dos ejes esto corresponde al plano que se define por los ejes de ambos inclinómetros). Puede registrarse una torsión de la pala de rotor con respecto al eje longitudinal de la pala, cuando la disposición de inclinómetros está dispuesta de manera que puede registrarse un giro del inclinómetro alrededor del eje longitudinal de la pala de rotor (el eje correspondiente del inclinómetro debe situarse en este caso en paralelo al eje longitudinal de la pala de rotor).

50 Las palas de rotor 14A, 14B pueden ajustarse en cada caso mediante un ajuste de pala 32 alrededor de su eje longitudinal con respecto al buje 12 para realizar de manera habitual una regulación de paso de las palas de rotor 14A, 14B. Se prefiere en este caso ajustar individualmente cada pala de rotor 14A, 14B.

60 En cada pala de rotor 14A, 14B está previsto al menos un tanque de líquido 34 que está conectado mediante conductos 36 con una disposición de distribuidores 38. La disposición de distribuidores 38 está conectada con una bomba 40, que a su vez está conectada con un depósito colector de líquido 42. La disposición de distribuidores 38, la bomba 40 y el depósito colector de líquido 42 están dispuestos de manera estacionaria en el buje 12 con respecto al buje 12 y se giran conjuntamente de manera correspondiente durante el funcionamiento del rotor 10. Además está prevista una unidad 44 para controlar la bomba 40 o la disposición de distribuidores 38. El líquido puede ser por ejemplo agua, dado el caso con aditivo de agentes anticongelantes, p.ej. glicol.

65 Las señales del sensor de velocidad de giro 28, del anemómetro 26 y las disposiciones de inclinómetros 30A, 31A, 30B, 31B se conducen a la unidad de procesamiento de datos 44. En la unidad de procesamiento de datos 44 se

5 determina a partir de las señales de las disposiciones de inclinómetros para cada pala la combadura y/o torsión de la pala con respecto al eje longitudinal de la pala, de lo cual pueden extraerse conclusiones sobre un desequilibrio de masa y un desequilibrio aerodinámico de la pala de rotor respectiva. Por un lado puede recurrirse a las señales evaluadas o procesadas de esta manera de las disposiciones de inclinómetros como criterio para una desconexión de seguridad del aerogenerador al superar valores límite predeterminados. La evaluación de las señales de las disposiciones de inclinómetros puede realizarse mediante promediado de intervalo de tiempo, análisis de frecuencia, clasificación y/o monitoreo de eventos, realizándose la clasificación mediante un algoritmo de conteo de Rainflow.

10 Los datos evaluados, pero también las señales de las disposiciones de inclinómetros en la forma original o en una forma intermedia procesada previamente pueden transmitirse en línea a través de un dispositivo de transferencia de datos 48 a un punto de diagnóstico 50 alejado del aerogenerador 10 a fin de valorar el estado del aerogenerador. La transferencia de datos se realiza en este caso preferentemente por Internet y puede exigirse activamente por ejemplo por el punto de diagnóstico 50 o realizarse automáticamente a ciertas distancias por correo electrónico. El punto de diagnóstico 50 comprende una unidad de procesamiento de datos 52 para procesar los datos recibidos, así como un dispositivo de visualización 54 para representar los datos procesados.

15 Además, la unidad 44 dispone preferentemente de una entrada para el ajuste de pala 32 y una entrada para el sensor de viento 26. A partir del desequilibrio del rotor o deformaciones de pala determinadas mediante las señales de las disposiciones de inclinómetros, dado el caso considerando el ajuste de pala 32 y las señales del sensor de viento 26, el dispositivo de control 44 genera una señal de control para la disposición de transferencia de líquido formada por la bomba 40 y el distribuidor 38 para transferir selectivamente líquido entre el depósito colector de líquido 42 y los tanques de líquidos 34 en función del desequilibrio registrado para minimizar el desequilibrio del rotor 10 de manera continua.

20 El ajuste de pala 32 considera como señales de entrada entre otras las señales del sensor de viento 26 y del sensor de velocidad de giro 28 así como una señal de salida de la unidad de control 44, que es representativa para el desequilibrio de rotor o deformación de la pala respectiva. De esta manera el ajuste de pala 32 sirve para la regulación de velocidad de giro y puede cooperar adicionalmente en la compensación de desequilibrios del rotor 1. En este caso mediante el trasiego descrito de líquido hacia los o desde los tanques 34 se posibilita un aplanamiento de la dinámica del ajuste de pala.

25 El suministro eléctrico de la bomba 40 que rota se realiza preferentemente mediante un anillo colector (no mostrado).

30 En la configuración mostrada en la Fig. 1 de los tanques 34, la admisión/derivación 36 se conecta en cada caso al extremo del tanque 34 alejado del buje de rotor 12, por lo que, con el rotor 10 girando, está garantizada en cada caso no solamente la posibilidad de la alimentación de líquido hacia los tanques 34, sino también la posibilidad de la derivación de líquido desde los tanques 34 dado que debido a la fuerza centrífuga siempre aparece líquido en el extremo del tanque 34 alejado del buje de rotor 12, incluso cuando el tanque 34 contiene solamente poco líquido y se encuentra aire en el sistema. Fundamentalmente en el caso de una configuración de este tipo el tanque 34 puede estar configurado con paredes rígidas o a modo de bolsa con paredes flexibles.

35 Fundamentalmente por cada pala de rotor 14A, 14B puede estar previsto un único tanque 34 o sino también varios de tales tanques. Asimismo, en lugar de un único depósito colector de reserva 42 también puede estar prevista una multitud de tales colectores de reserva. Además, en lugar de una bomba 40 prevista en común para todos los tanques 34 también por ejemplo para cada una de las palas de rotor 14A, 14B o para cada uno de los tanques 34 puede estar prevista una bomba de líquido propia. La disposición de distribuidores 38, en lugar de como se muestra en la Fig. 1 como bloque, es decir como válvula de tres vías, puede realizarse también mediante válvulas accionadas por separado en cada una de las admisiones/derivaciones 36.

40 Las señales de las disposiciones de inclinómetros pueden emplearse también para monitorizar el ajuste de pala 32. A la inversa, tal como se menciona, pueden considerarse las señales de las disposiciones de inclinómetros durante el control del ajuste de pala 32.

45 En el cojinete de buje principal (no mostrado) puede estar previsto además un sensor de desequilibrio en forma de un sensor de vibración 56 para registrar un desequilibrio del rotor 10 durante el funcionamiento. Las señales del sensor de desequilibrio 56 se alimentan asimismo a la unidad de procesamiento de datos 44 y pueden considerarse en el diagnóstico del aerogenerador, así como en el control del ajuste de pala 32 o el control de la bomba de líquido 40.

50

55

60

REIVINDICACIONES

- 5 1. Aerogenerador con un rotor (10) con al menos dos palas (14A, 14B), que están provistas en cada caso de al menos una disposición de inclinómetros (30A, 30B, 31A, 31B) de al menos dos ejes, y una unidad de evaluación (44, 50, 52), para determinar, a partir de las señales de las disposiciones de inclinómetros para cada pala durante el funcionamiento, la combadura y/o torsión de la pala con respecto al eje longitudinal de la pala.
- 10 2. Aerogenerador según la reivindicación 1, caracterizado por que cada pala (14A, 14B) está provista de varias disposiciones de inclinómetros (30A, 30B, 31A, 31B) que están dispuestas desfasadas en la dirección del eje longitudinal de la pala.
- 15 3. Procedimiento para hacer funcionar un aerogenerador con un rotor (10) con al menos dos palas (14A, 14B), que están provistas en cada caso de al menos una disposición de inclinómetros (30A, 30B, 31A, 31B) de al menos dos ejes, en el que se registra la variación de la inclinación de la disposición de inclinómetros y a partir de ello se determina para cada pala la combadura y/o la torsión de la pala con respecto al eje longitudinal de la pala.
- 20 4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que la evaluación de las señales de las disposiciones de inclinómetros (30A, 30B, 31A, 31B) se realiza mediante promediado de intervalo de tiempo, análisis de frecuencia, clasificación y/o monitoreo de eventos.
- 25 5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que la clasificación se realiza mediante un algoritmo de conteo de Rainflow.
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 5, caracterizado por que se consideran las señales de las disposiciones de inclinómetros (30A, 30B, 31A, 31B) en el ajuste del ángulo de ataque de cada una de las palas de rotor (14A, 14B).
- 35 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 6, caracterizado por que a partir de las señales de las disposiciones de inclinómetros (30A, 30B, 31A, 31B) se extraen conclusiones sobre el desequilibrio de masa y el desequilibrio aerodinámico de las palas de rotor (14A, 14B).
- 40 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 7, caracterizado por que las palas de rotor (14A, 14B) presentan en cada caso al menos un tanque de líquido (34) y está previsto al menos un depósito colector de líquido (42) y una disposición de transferencia (38, 40), en el que, conforme a la combadura determinada de las palas de rotor, con el rotor (10) girando, se transfiere líquido mediante la disposición de transferencia entre el depósito colector de líquido o los depósitos colectores de líquido y los tanques de líquido.
- 45 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 8, caracterizado por que se recurre a las señales de las disposiciones de inclinómetros (30A, 30B, 31A, 31B) como criterio para la desconexión de seguridad del aerogenerador.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 9, caracterizado por que los datos obtenidos mediante las disposiciones de inclinómetros (30A, 30B, 31A, 31B) se transmiten en línea a un punto de diagnóstico (50) alejado del aerogenerador a fin de valorar el estado del aerogenerador.
11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que la transmisión se realiza por internet, realizándose antes de la transmisión un procesamiento previo de los datos.

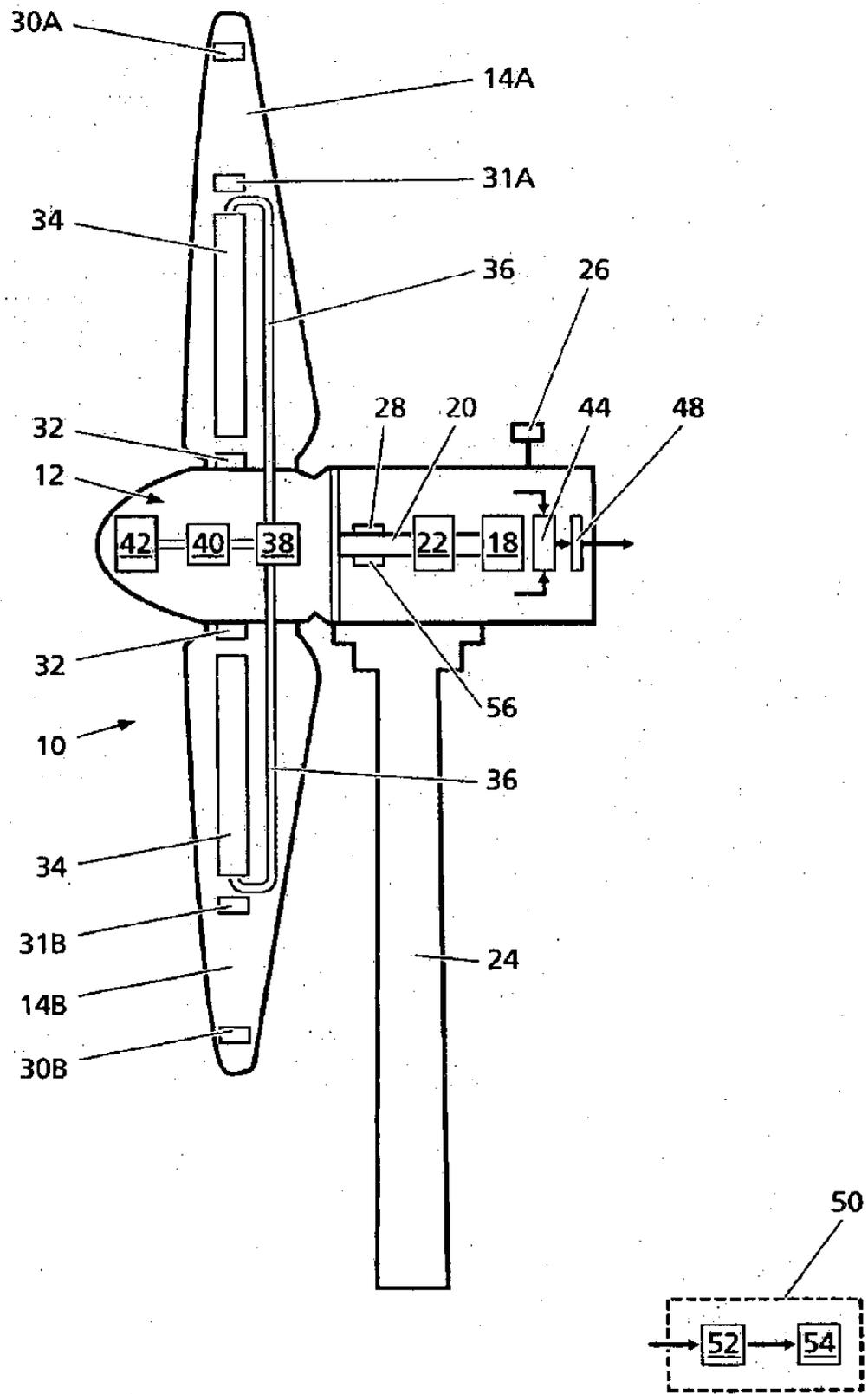


Fig. 1

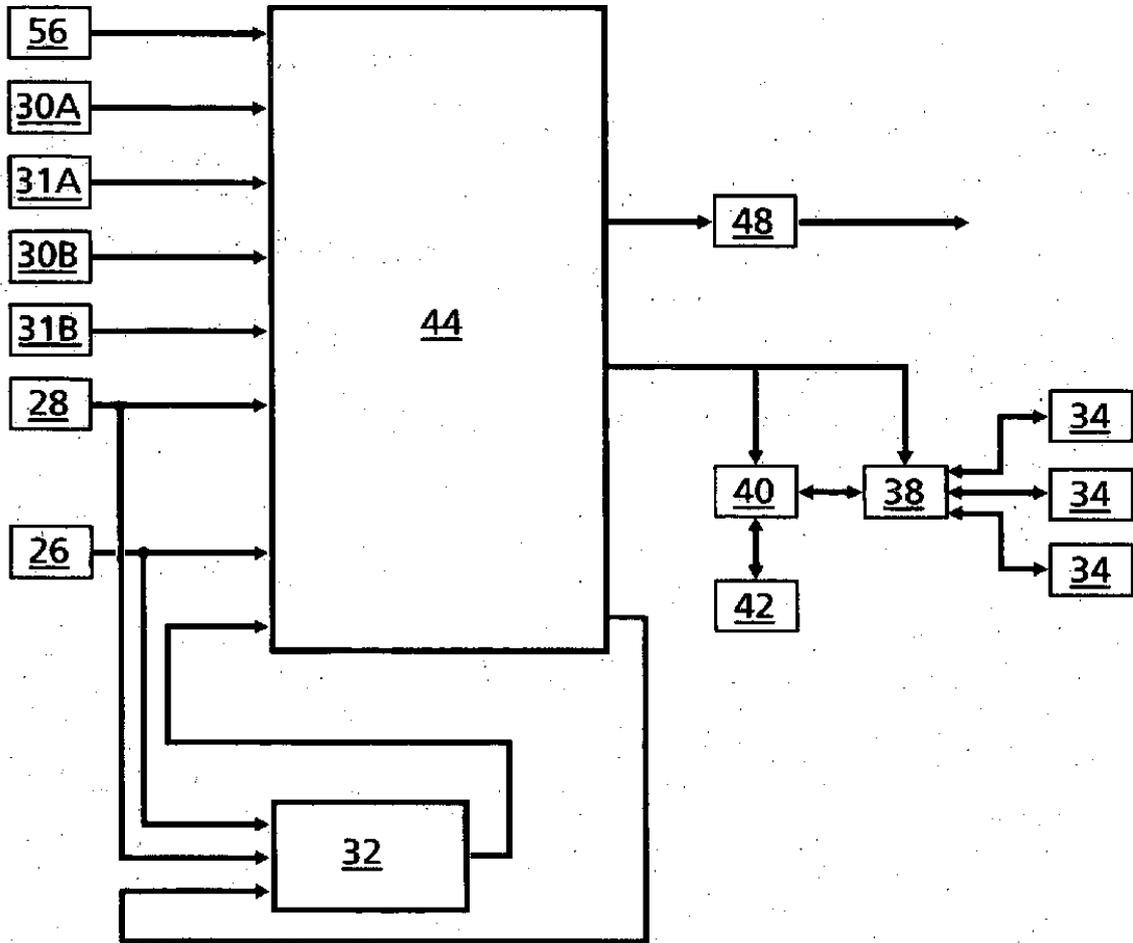


Fig. 2