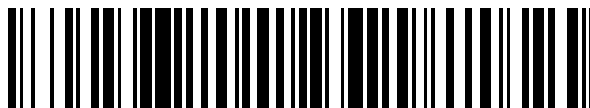


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 529 516**

21 Número de solicitud: 201490116

51 Int. Cl.:

F03D 7/00

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

12.04.2013

30 Prioridad:

23.04.2012 US 13/453,368

43 Fecha de publicación de la solicitud:

20.02.2015

71 Solicitantes:

**KOLLMORGEN CORPORATION (100.0%)
201 West Rock Road
24141 - Radford VA Virginia US**

72 Inventor/es:

BOYLAND, John

74 Agente/Representante:

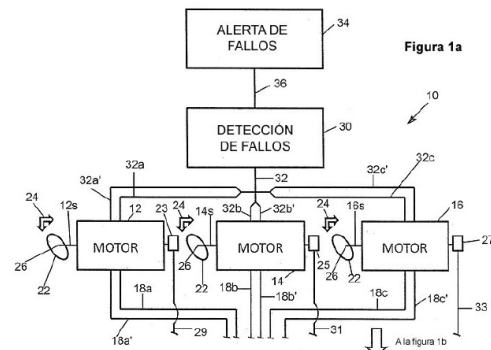
ARIAS SANZ, Juan

54 Título: **Disposición de seguridad redundante de paso de palas de turbina eólica**

57 Resumen:

Disposición de seguridad redundante de paso de palas de turbina eólica.

Una turbina eólica incluye un sistema de ajuste de la posición de las palas que proporciona una operación de reposicionamiento de las palas de la turbina eólica continuado, incluso después de la aparición de ciertos fallos. El sistema incluye una pluralidad de motores de accionamiento eléctrico, cada uno de los cuales está interconectado con una de las palas de la turbina eólica para reposicionar las palas de turbina eólica y modificar el paso de las palas. Cada motor incluye dos o más conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas, y una fuente de alimentación está interconectada por separado con cada uno de los conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas para proporcionar un reposicionamiento continuado de cada pala tras la aparición de un fallo, tal como el deterioro de la tensión o de la corriente, en uno de los conjuntos de bobinas.



DESCRIPCIÓN

Disposición de seguridad redundante de paso de palas de turbina eólica

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo de la invención

10 Esta invención encuentra aplicación en disposiciones de generación de energía de parques eólicos, y se considera particularmente beneficiosa cuando se utiliza conjuntamente con disposiciones de parques eólicos de alta mar o disposiciones dispuestas en otras posiciones con un acceso limitado.

Descripción de la técnica relacionada

15

El ajuste del paso de las palas del rotor de una turbina eólica se utiliza comúnmente para mitigar los efectos de cargas asimétricas sobre los componentes de la turbina. Las patentes US 4.193.005 y 4.420.692 de Kos et al., 4.201.514 de Huetter, 4.348.155 de Barnes et al., 4.352.629 de Cheney, Jr., 4.435.647 de Harner et al., 6.465.901 de Croes, 7.004.724 y 20 7.160.083 de Pierce et al., 7.342.323 de Avagliano et al., y 7.530.785 de Deering et al., por ejemplo, se refieren a este tipo de tecnología.

La patente de Pierce et al. ('724) se refiere a un procedimiento y a un aparato para el control de carga en el que el paso de cada pala de turbina eólica se controla individualmente para 25 reducir la fatiga y la carga del componente de turbina. En la disposición de Pierce et al. ('724), un controlador de paso de las palas está acoplado a uno o más accionamientos de rotación de las palas. Al variar el paso de las palas usando tales controladores, la magnitud y/o duración de las cargas colocadas en la turbina eólica de Pierce et al. ('724) se pueden reducir, y el rendimiento global de la turbina se puede mejorar como resultado. La 30 divulgación completa proporcionada por la patente de Pierce et al. ('724) se incorpora expresamente por referencia en la presente divulgación como materia objeto no esencial.

Sumario de la invención

35 Un sistema de ajuste de la posición de las palas de turbina eólica según la invención proporciona una operación de reposicionamiento de las palas de la turbina eólica

continuado, incluso después de la aparición de ciertos fallos. El sistema incluye una pluralidad de motores de accionamiento eléctrico, cada uno de los cuales está interconectado con una de las palas de la turbina eólica para reposicionar esa pala de la turbina eólica y modificar el paso de las palas. Cada motor incluye dos o más conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas. Una fuente de alimentación está interconectada por separado con cada uno de los conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas para proporcionar un reposicionamiento continuado de cada una de las palas de la turbina eólica tras la aparición de un fallo, tal como deterioro de la tensión o de la corriente, en uno de los conjuntos de bobinas. Una disposición de indicación de fallos puede interconectarse con los motores para determinar el deterioro del rendimiento en cualquiera de los grupos de bobinas eléctricamente aisladas.

En una disposición, la fuente de alimentación está interconectada por separado con cada uno de los conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas mediante líneas conductoras separadas. Se puede utilizar una unidad de control para regular la salida de la fuente de alimentación basada, por ejemplo, en la información recibida sobre el viento u otras fuerzas ejercidas sobre las palas de la turbina.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1a es una ilustración esquemática de parte de un sistema de ajuste del paso de las palas de una turbina eólica general de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 1b es una ilustración esquemática del resto del sistema mostrado en la figura 1.

La figura 2 es una ilustración esquemática de parte de una realización más práctica de la invención en la que cada motor del sistema tiene su propio control y fuente de alimentación.

La figura 3 es una ilustración esquemática de parte de otra realización de la invención, en la que cada conjunto de bobinas excitable de manera independiente en cada motor del sistema tiene su propio control y fuente de alimentación.

Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere a la utilización de ciertos tipos de motores eléctricos para producir control de carga mediante el ajuste individualmente del paso de cada una de una

pluralidad de palas de una turbina eólica para reducir la fatiga del componente de turbina y la carga de una manera mejorada. Los motores eléctricos y la tecnología en general, relacionada con los motores eléctricos y otras disposiciones de transmisión de energía encuentran aplicaciones en una amplia variedad de campos. La patente US 4.547.713 de Langley, por ejemplo, se refiere a un motor utilizable como una unidad de escáner para un sistema de radar. Otros ejemplos incluyen la patente US 4.562.399 de Fisher, que se refiere a un tacómetro de corriente continua sin escobillas operable sobre un amplio intervalo de velocidades, la patente US 6.084.330 de Fisher et al., que se refiere a una construcción de rotor aplicada a motores de alta velocidad conmutados electrónicamente, la patente US 6.433.536 de Yundt et al., que divulga un indicador de posición utilizando múltiples sensores para proporcionar redundancia, y la patente US 6.705.581 de Trago et al., se refiere a un conjunto de montaje para un motor eléctrico utilizable para accionar una cinta sin fin a una tensión predeterminada.

En ciertas aplicaciones, los motores que tienen conjuntos de bobinas redundantes independientemente excitables se consideran preferibles para asegurar el funcionamiento del sistema en caso de fallos de una bobina o su circuito de accionamiento asociado. La patente US 4.434.389 de Langley, por ejemplo, divulga un servomotor eléctrico de CC con un estator que incluye múltiples conjuntos superpuestos de bobinas no redundantes potencialmente utilizables para ayudar en el posicionamiento de las superficies de control de aviones. La patente US 5.929.549 de Trago et al. es otro ejemplo, y se refiere a una aplicación posiblemente encontrada de un motor de corriente continua sin escobillas en sistemas de soporte de seguridad, médicos, y de vida. La divulgación completa proporcionada por la patente de Langley ('389) y la divulgación completa proporcionada por la patente de Trago et al. ('549) se incorporan expresamente por referencia en la presente divulgación como materia objeto no esencial.

El sistema de ajuste 10 del paso de palas de una turbina eólica mostrado en las figuras 1a y 1b incluye una pluralidad de motores eléctricos 12, 14, y 16. En el sistema ilustrado, los motores eléctricos 12, 14, y 16 están interconectados por medio de respectivas líneas conductoras 18a, 18a', 18b, 18b', y 18c, 18c' a las salidas de una fuente de alimentación 20.

Cada uno de los motores 12, 14 y 16 tiene un árbol de salida 12s, 14s, y 16s respectivo, con cada uno de estos árboles de salida estando conectado, directamente o por medio de un engranaje adecuado, a una respectiva pala de turbina eólica 22, de manera que la rotación de ese árbol produce la rotación correspondiente del pala de la turbina eólica asociada para

el ajuste del paso. Se entenderá que la rotación de cualquiera de las palas 22 alrededor de un árbol del pala 26 en las direcciones indicadas por las flechas 24 efectúa un cambio en el paso de esa pala 22. El ajuste de las posiciones de las palas podría basarse en la salida recibida desde una unidad central de procesamiento (CPU) 28 u otra unidad de control mediante la fuente de alimentación 20. La fuente de alimentación 20 y la CPU 28 colectivamente forman al menos parte de una unidad/fuente de alimentación general 21.

La salida proporcionada por la CPU 28 podría tener en cuenta las señales de los circuitos de control, que pueden utilizarse en los algoritmos de control del paso aplicables, en relación a las fuerzas del viento ejercidas sobre las palas 22, y las señales procedentes de dispositivos de retroalimentación 23, 25 y 27, que forman parte de sistemas servo generales respectivamente, incluyendo los motores 12, 14, y 16 y la electrónica de accionamiento en la CPU 28, podrían ser tomados en consideración. Cada dispositivo de retroalimentación 23, 25, ó 27, por ejemplo, podría conectarse directamente a un árbol del motor, 12s 14s, ó 16s, y podría ser operable para informar continuamente de la posición real del motor a la CPU 28, o a otra unidad de microprocesador mediante líneas 29, 31, y 33. La utilización de tales dispositivos de retroalimentación permite a la unidad hacer pequeñas correcciones para minimizar cualquier error entre las posiciones del árbol comandado y las posiciones actuales del árbol. En un sistema de ajuste de paso de palas de turbina eólica, una posición comandada sería típicamente el ángulo óptimo de inclinación de las palas de la turbina. La monitorización y corrección continua del error cierra el bucle servo.

Según la presente invención, cada uno de los motores 12, 14 y 16 utilizados en el sistema 10 representado en la figura 1a es un motor que tiene conjuntos de bobinas excitables independientemente redundantes (no mostrado). Las patentes de Langley ('389) y Trago et al. ('549) identificadas anteriormente divulgan ejemplos de tales motores. El motor 12 mostrado en la figura 1, por ejemplo, podría incluir dos de tales conjuntos de bobinas excitables de forma independiente, con uno de estos dos conjuntos excitables mediante la línea 18a y el otro conjunto excitable mediante la línea 18a'. Del mismo modo, el motor 14 podría incluir dos grupos de bobinas excitables de forma independiente, con uno de estos dos conjuntos excitables mediante la línea 18b y el otro conjunto excitable mediante la línea 18b', mientras que el motor 16 también podría incluir dos conjuntos de bobinas excitables independientemente, con uno de estos dos conjuntos excitables mediante la línea 18c y el otro conjunto excitable mediante la línea 18c'. Si se desea, por supuesto, en lugar de los dos grupos de bobinas mencionados, tres o más conjuntos de bobinas independientemente excitables con respectivas líneas conductoras podrían proporcionarse a los estatores de los

motores 12, 14 y 16.

También se muestra una parte del sistema ilustrado en la figura 1, que es una posible disposición de indicación de fallos. Como se ilustra, un elemento de detección de fallos o
5 circuito 30 está respectivamente interconectado con los motores 12, 14, y 16 mediante ramas 32a, 32a', 32b, 32b', y 32c, 32c' de una línea conductora 32. Una comunicación inalámbrica en lugar de la línea conductora 32 y sus ramas podría ser utilizada si se desea. Para ilustrar una posible manera de operación, se presumirá, a modo de ejemplo y para los fines de este análisis solamente, que los dos conjuntos de bobinas independientemente
10 excitables se utilizan en cada uno de los motores 12, 14, y 16. Si un cortocircuito se produce en uno de los dos conjuntos de bobinas utilizados en el motor 12, la existencia de deterioro de tensión o corriente en ese conjunto de bobinas puede comunicarse, por medio de la correspondiente rama 32a o 32a' y la línea conductora 32, al elemento o circuito de detección de fallos 30 que, a su vez, puede enviar una señal a una alarma de fallos 34 u otro
15 indicador mediante una línea de comunicación 36, o de forma inalámbrica en su caso, para proporcionar la notificación. El deterioro de la tensión o corriente en cualquiera de los grupos de bobinas utilizados en el motor 14 o el motor 16 se puede comunicar al elemento o circuito 30, a través de la rama 32b, 32b', 32c, o 32c' relevante y la línea 32, para accionar la alarma de fallos 34 u otro indicador, a través de la línea 36 o de forma inalámbrica, de manera
20 similar.

Mediante un sistema como el descrito, se proporciona redundancia en una base "por pala" para motores eléctricos utilizados en aplicaciones de ajuste de paso de las palas de una turbina eólica. El control de movimiento redundante y los circuitos de accionamiento se
25 proporcionan para cada pala 22 de la turbina del sistema, de modo que, si una bobina del motor de cualquiera de los motores 12, 14, y 16 falla, el otro circuito del motor relevante puede proporcionar un movimiento emergencia, casi de la mitad de rendimiento. Esta característica permite una implementación más tolerante a fallos de aplicaciones en el mercado de la generación de energía de turbinas eólicas sensibles a la fiabilidad. Cuando se
30 produce un fallo del tipo mencionado, es posible tener la turbina eólica continuando la generación de electricidad, aunque a menor capacidad, mientras que el circuito de detección de fallos alerta al personal de la necesidad de mantenimiento. El mantenimiento podría programarse y, mientras tanto, la turbina sería capaz de seguir generando energía. Esto se considera especialmente beneficioso para las disposiciones de generación de energía de
35 parques eólicos en alta mar, ya que las dificultades de acceso pueden limitar el tiempo de respuesta, y el tiempo de inactividad asociado puede ser muy costoso.

Por motivos de simplicidad, la ilustración proporcionada mediante las figuras 1a y 1b, y la descripción asociada con las mismas, identifican sólo una CPU 28 y una fuente de alimentación 20 como la alimentación de los tres motores 12, 14, y 16. Por redundancia y para ser prácticos, sin embargo, cada uno de los motores 12, 14, y 16 tendría su propio control y fuente de alimentación. La figura 2 es una ilustración esquemática de parte de un tipo de un sistema de ajuste 50 de paso de palas de una turbina eólica más práctico, en el que cada motor del sistema tiene su propia unidad/fuente de alimentación 21a, 21b, y 21c, incluyendo respectivas unidades de control (CPUs) 28a, 28b, y 28c y fuentes de alimentación 20a, 20b, y 20c. Las disposiciones de detección de fallos, de alarma y de retroalimentación representadas en las figuras 1a y 1b no se ilustran en la figura 2 por motivos de simplicidad. Las CPUs 28a, 28b, y 28c que se muestra en la figura 2 están interconectadas con un controlador de supervisión 52, lo que permite las operaciones de mando manual y otros tipos de entrada.

La figura 3 es una ilustración esquemática de una parte de otra realización de la invención en la que cada conjunto de bobinas independientemente excitable en cada motor de un sistema de ajuste 60 del paso de las palas de una turbina eólica tiene su propio control y fuente de alimentación. Una vez más, se presumirá, a modo de ejemplo y para los fines de este análisis solamente, que dos conjuntos de bobinas independientemente excitables se utilizan en cada uno de los motores 12, 14, y 16. También se indica que, aunque una línea conductora 32 que conduce a una disposición de detección de fallos y alarma se representa en la figura 3 por motivos de simplicidad, ni la propia disposición de detección de fallos y alarma, ni una disposición de retroalimentación como las representadas en las figuras 1a y 1b, se ilustran en la figura 3. Como cada uno de los tres motores 12, 14 y 16 mostrados en la figura 3 presumiblemente incluye dos conjuntos de bobinas independiente excitables, se utilizan seis unidades/fuentes de alimentación 21d, 21e, 21f, 21g, 21h, y 21i, incluyendo las respectivas unidades de control (CPUs) 28d, 28e, 28f, 28g, 28h y 28i y fuentes de alimentación 20d, 20e, 20f, 20g, 20h y 20i. Las CPUs 28d-28i mostradas en la figura 2, una vez más, están interconectadas con un controlador de supervisión 62, lo que permite operaciones de mando manual y otros tipos de entrada.

Se entenderá que, en la disposición ilustrada en la figura 2, cada motor tiene más de una bobina, pero una sola fuente de control y alimentación. En este caso, si una bobina del motor falla con un circuito abierto, los circuitos redundantes sin fallos permanecen activos. En la disposición ilustrada en la figura 3, sin embargo, aunque cada motor, una vez más,

tiene más de una bobina, cada bobina tiene su propio control y fuente de alimentación. Cualquier fallo en cualquier parte del circuito podría desactivar ese circuito, y los circuitos redundantes sin fallos permanecen activos.

- 5 Esta invención permite la redundancia de la posición de la pala independiente y una redundancia más robusta a través del uso de dos o más bobinas independientes y controles que comparten un rotor y mecánica comunes. Los conjuntos de bobinas redundantes pueden proporcionar el máximo rendimiento cuando se usan juntos, o un rendimiento parcial cuando menos de todos los conjuntos de bobinas están en funcionamiento. A modo de la
- 10 invención, las características de redundancia deseables se aplican en una nueva forma para mejorar el control del paso en las turbinas eólicas.

- La divulgación anterior se ha expuesto simplemente para ilustrar la invención y no se pretende que sea limitativa. Puesto que se pueden producir modificaciones de las
- 15 realizaciones divulgadas que incorporan el espíritu y la sustancia de la invención por las personas expertas en la técnica, la invención deberá interpretarse para que incluya todo dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y equivalentes de las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de ajuste de la posición de las palas de una turbina eólica que proporciona una operación de reposicionamiento de las palas de una turbina eólica continuado después de la aparición de un fallo, que comprende:

una pluralidad de motores de accionamiento eléctrico, estando interconectado cada uno de dichos motores con una de las palas de la turbina eólica para reposicionar dicha una de las palas de la turbina eólica y que incluye múltiples conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas, y

una fuente de alimentación interconectada por separado con cada uno de los conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas para proporcionar un reposicionamiento continuado de cada una de las palas de una turbina eólica tras la aparición de un fallo en uno de los conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas.

2. El sistema de ajuste de la posición de las palas de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sistema de ajuste de la posición de las palas de la turbina eólica modifica el paso de las palas de la turbina.

3. El sistema de ajuste de la posición de las palas de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una disposición de indicación de fallos interconectada con los motores para determinar el deterioro del rendimiento en cualquiera de los grupos de bobinas eléctricamente aisladas.

4. El sistema de ajuste de la posición de las palas de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada conjunto de bobinas eléctricamente aisladas tiene al menos dos bobinas.

5. El sistema de ajuste de la posición de las palas de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha fuente de alimentación está interconectada por separado con cada uno de los conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas mediante líneas conductoras separadas.

6. El sistema de ajuste de la posición de las palas de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una unidad de control para regular la salida de

dicha fuente de alimentación.

7. El sistema de ajuste de la posición de las palas de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además una disposición de indicación de fallos interconectada con los motores para determinar el deterioro del rendimiento en cualquiera de los conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas.

8. El sistema de ajuste de la posición de las palas de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dicha fuente de alimentación está interconectada por separado con cada uno de los conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas mediante líneas conductoras separadas.

9. El sistema de ajuste de la posición de las palas de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicha fuente de alimentación está interconectada por separado con cada uno de los conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas mediante líneas conductoras separadas.

10. El sistema de ajuste de la posición de las palas de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además una unidad de control para regular la salida de dicha fuente de alimentación.

11. El sistema de ajuste de la posición de las palas de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende además una unidad de control para regular la salida de dicha fuente de alimentación.

12. El sistema de ajuste de la posición de las palas de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además una unidad de control para regular la salida de dicha fuente de alimentación.

13. Una turbina eólica en la que se permiten operaciones de reposicionamiento de las palas de la turbina eólica para continuar después de la aparición de un fallo, que comprende:

una pluralidad de motores de accionamiento eléctrico, estando interconectado cada uno de dichos motores con una de las palas de la turbina eólica para reposicionar la posición de dicha una de las palas de la turbina eólica y que incluye múltiples conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas, y

una fuente de alimentación interconectada por separado con cada uno de los conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas para proporcionar un reposicionamiento continuado de cada una de las palas de la turbina eólica tras la aparición de un fallo en uno de los conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas.

14. La turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 13, en la que los motores modifican el paso de las palas de la turbina.

15. La turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende además una disposición de indicación de fallos interconectada con los motores para determinar el deterioro del rendimiento en cualquiera de los conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas.

16. La turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 13, en la que cada conjunto de bobinas aisladas eléctricamente tiene al menos dos bobinas.

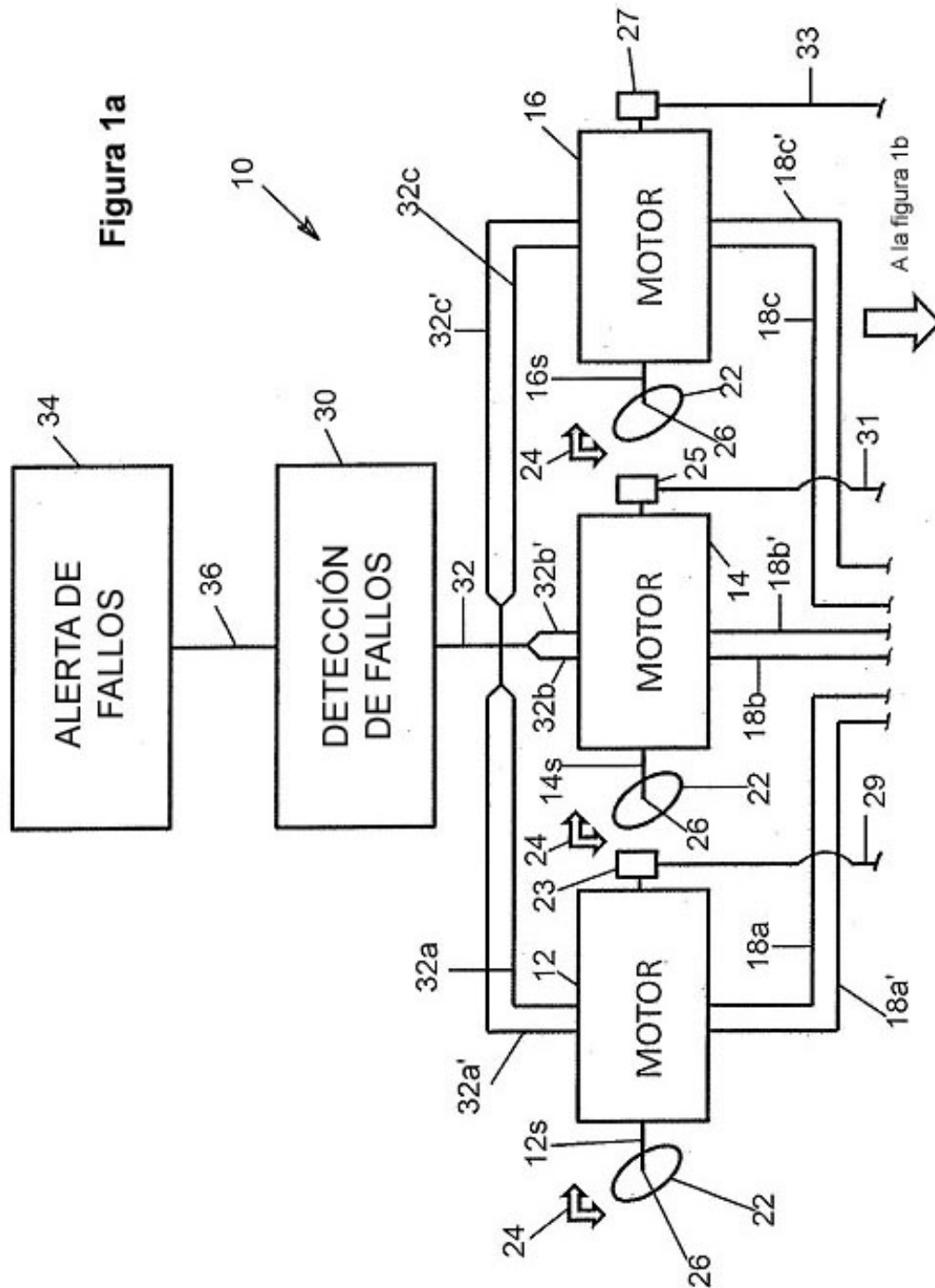
17. La turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 13, en la que dicha fuente de alimentación está interconectada por separado con cada uno de los conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas mediante líneas conductoras separadas.

18. La turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende además una unidad de control para regular la salida de dicha fuente de alimentación.

19. La turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende además una disposición de indicación de fallos interconectada con los motores para determinar el deterioro del rendimiento en cualquiera de los conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas.

20. La turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 15, en la que dicha fuente de alimentación está interconectada por separado con cada uno de los conjuntos de bobinas eléctricamente aisladas mediante líneas conductoras separadas.

Figura 1a



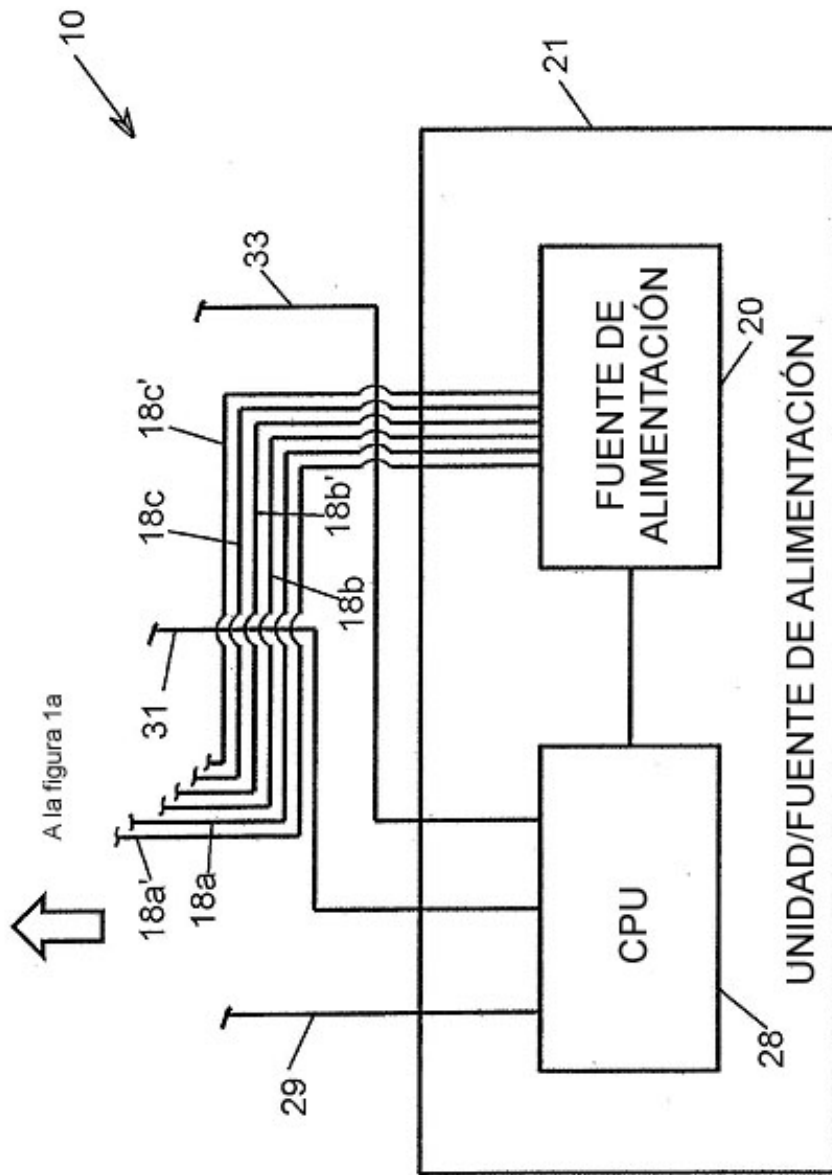


Figura 1b

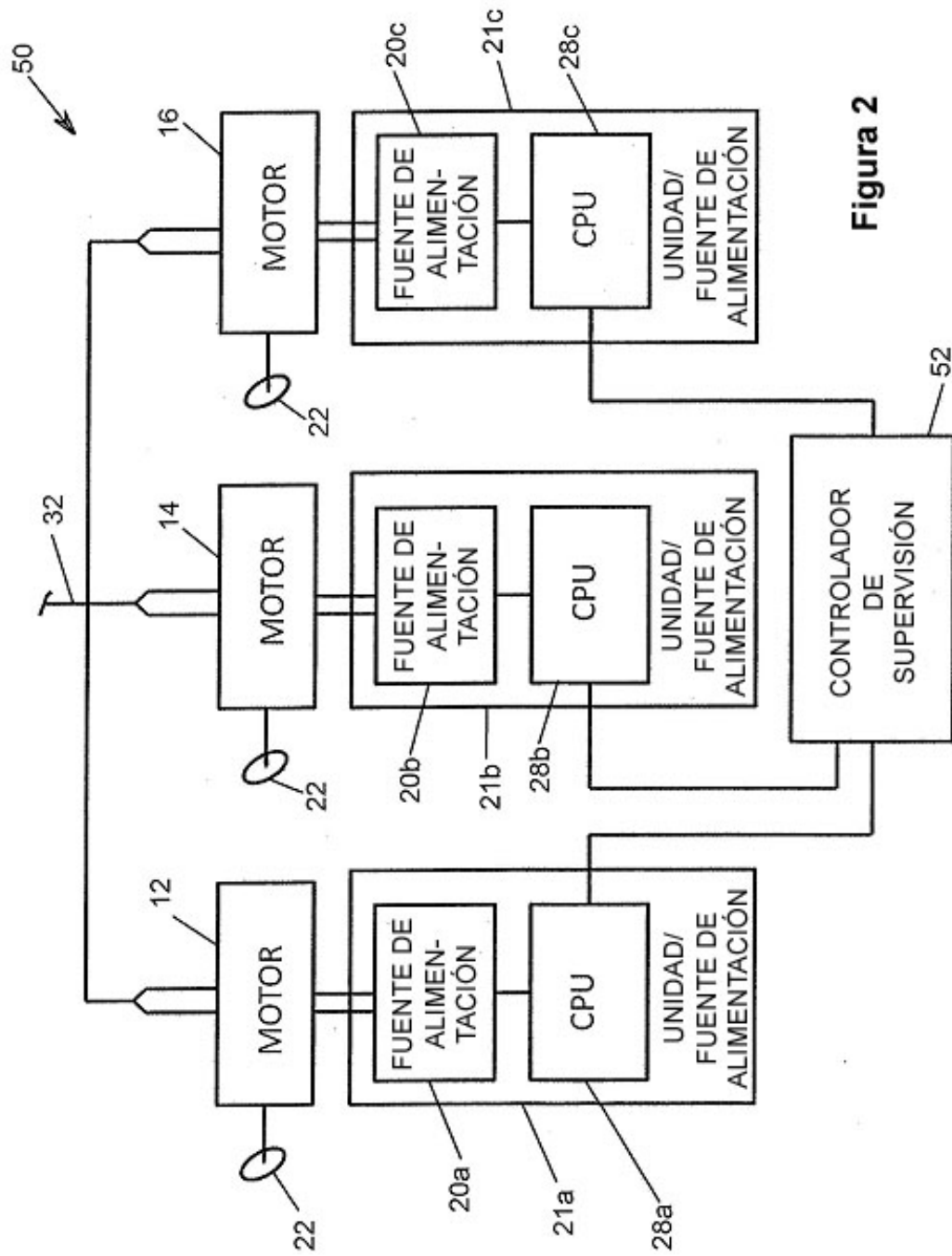


Figura 2

