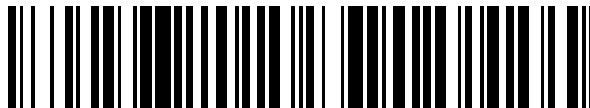


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 691**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.2004** **E 04822594 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2015** **EP 1831545**

54 Título: **Turbina eólica que comprende un sistema de control de redundancia multiplicada y método para controlar una turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.12.2015

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N , DK

72 Inventor/es:

JEPPESEN, OLE, MØLGAARD;
BENGTSON, JOHN y
HANSEN, TORBEN, MØLLER

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 552 691 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

Turbina eólica que comprende un sistema de control de redundancia multiplicada y método para controlar una turbina eólica

Antecedentes de la invención

- 5 La invención se refiere a una turbina eólica, a un método para controlar un sistema de control que está multiplicado por al menos un sistema de control adicional para controlar los mismos equipos bajo control de una turbina eólica y a usos del mismo.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Las turbinas eólicas están diseñadas para afrontar condiciones meteorológicas duras y cambiantes durante un largo periodo de años y todavía mostrar una alta confiabilidad. Anteriormente, la confiabilidad se ha conseguido diseñando turbinas eólicas con un determinado sobredimensionamiento en relación con un uso por debajo del normal requerido de la turbina eólica.

- 15 La torre, las palas de turbina eólica y los sistemas de frenado pueden sobredimensionarse, por ejemplo, con el fin de afrontar una situación meteorológica extrema o fuerzas excesivas durante un mal funcionamiento tal como pérdida de red de distribución o control del rotor de turbina eólica.

Sin embargo, es un desafío cada vez mayor transportar y manipular los componentes de turbina eólica de turbinas eólicas modernas grandes. Por consiguiente, los componentes sobredimensionados son un problema significativo en relación con el tamaño y el peso durante el transporte y la manipulación así como costoso en cuanto a costes de material.

- 20 Anteriormente, también se ha conocido disponer más de un componente de una clase en una turbina eólica. La redundancia se usa especialmente con los componentes que experimentan un esfuerzo mecánico significativo, por ejemplo, un actuador de ajuste de paso hidráulico. El componente añadido puede asumir la carga de trabajo en un corto periodo tras haber fallado un componente principal hasta que el personal de reparación llegue y, por tanto, mejora la disponibilidad y confiabilidad de la turbina eólica. Sin embargo, los más de un componente de una clase no cambian ni solucionan el problema mencionado anteriormente relativo al tamaño y el peso, así como los costes de material de componentes de turbina eólica.

La solicitud de patente europea n.º 1 286 048 da a conocer una turbina eólica con dos sistemas de ajuste de paso independientes en redundancia con el fin de reducir las cargas extremas si un sistema de ajuste falla. La solicitud de patente internacional n.º 2004/114493 también da a conocer una turbina eólica con sistema en redundancia.

- 30 La solicitud de patente estadounidense n.º 2004/151575 y la solicitud de patente internacional n.º 2004/079185 dan a conocer diferentes soluciones de transferencia de datos dentro del área de las turbinas eólicas.

Un objeto de la invención es establecer una técnica que permita construir turbinas más eficientes en cuanto a peso y coste.

La invención

- 35 La invención se refiere a una turbina eólica que comprende equipos bajo control, y un sistema de control para uno o más de dichos equipos bajo control en la que dicho sistema de control está multiplicado por al menos un sistema de control adicional para controlar los mismos de dichos equipos bajo control y en la que dichos sistemas de control están conectados por un sistema de bus de comunicación para intercambiar comunicación de control, e incluye varios controladores distribuidos.

- 40 De este modo se establece una turbina eólica sin las desventajas mencionadas anteriormente de la técnica anterior. La eliminación de la posibilidad de puntos únicos de fallo en el control de equipos bajo control garantizando la funcionalidad a nivel de sistema es ventajosa. Con la mejora del nivel de seguridad y por tanto la fiabilidad de la turbina eólica, resulta posible diseñar los diferentes componentes de turbina eólica para un uso y fatiga normales en lugar de diseñarlos para cargas extremas.

- 45 La torre de turbina eólica puede diseñarse, por ejemplo, con un grosor de material "de tamaño normal" ya que el riesgo de un mal funcionamiento tal como el riesgo de un exceso de velocidad peligroso del rotor debido a pérdida de control disminuye significativamente. Los materiales ahorrados de una torre "de tamaño normal" y otros componentes estructurales de la turbina eólica pueden superar el 25%.

- 50 El término "equipos bajo control" y "componentes principales" deben entenderse especialmente como las palas de turbina eólica, engranaje (si lo hubiera) y generador de la turbina eólica.

El término "sistema de control" debe entenderse como un sistema que supervisa y controla un componente principal y que incluye los componentes necesarios para hacerlo.

En un aspecto de la invención, dichos equipos bajo control son componentes principales de la turbina eólica tal como las palas de turbina eólica.

5 En un aspecto de la invención, dichos sistemas de control funcionan simultánea e independientemente uno de otro. De este modo resulta posible controlar de manera continua el componente principal independientemente de que un sistema de control falle. Por tanto, la turbina eólica puede continuar generando energía eléctrica hasta que pueda realizarse la sustitución del sistema que ha fallado o apagarse de manera controlada.

En un aspecto de la invención, dichos sistemas de control funcionan simultáneamente con una supervisión dependiente uno de otro. De este modo, se garantiza que los sistemas de control trabajan juntos en un control ventajoso de un componente principal.

10 En un aspecto de la invención, dichos equipos bajo control comprenden al menos una pala de turbina eólica de pérdida aerodinámica activa o de ajuste de paso. Resulta ventajoso usar la invención junto con palas de turbina eólica grandes ya que el mecanismo de ajuste de paso de cada pala también es el único sistema de freno del rotor.

15 En un aspecto de la invención, dicha al menos una pala de turbina eólica forma parte de una turbina eólica con dos o tres palas. Resulta especialmente ventajoso usar la invención junto con turbinas eólicas de dos palas ya que la pérdida de control en una pala puede dar como resultado la pérdida de la capacidad para detener el rotor de turbina eólica como tal.

En un aspecto de la invención, dicha turbina eólica comprende un mecanismo de balanceo que incluye sensores de ángulo de balanceo.

20 En un aspecto de la invención, dichos sistemas de control incluyen los sistemas de supervisión para dichas palas de turbina eólica de pérdida aerodinámica activa o de ajuste de paso.

25 En un aspecto de la invención, uno de dichos sistemas de control comprende componentes de ajuste de paso y/o balanceo, por ejemplo sensores tales como sensores de carga de pala, sensores de posición de paso, sensores de azimut y/o sensores de ángulo de balanceo, actuadores tales como actuadores de ajuste de paso y/o actuadores de balanceo, fuentes de alimentación incluyendo UPS y/o controladores tales como microordenadores. De este modo se garantiza que cualquier tipo de fallo no será fatal, ya que los componentes del sistema están multiplicados y, por consiguiente, que los uno o más sistemas de control restantes pueden continuar el control normal de la turbina eólica o al menos detener la turbina eólica de manera controlada.

30 En un aspecto de la invención, sensores en uno de dichos sistemas de control están colocados de manera diferente en relación con las posiciones de los sensores correspondientes en uno adicional de dichos sistemas de control. De este modo se garantiza que el daño a una sección del componente de turbina eólica tal como una pala de turbina eólica de ajuste de paso, por ejemplo, por el impacto de un rayo en sensores del sistema de control, no afecta automáticamente a los sensores del sistema de control adicional.

35 En un aspecto de la invención, la turbina eólica comprende más de dos sistemas de control, por ejemplo, tres o cuatro sistemas de control. La cantidad de sistemas de control adicionales puede elegirse según el riesgo de daño al sistema con el fin de conseguir la fiabilidad necesaria de la turbina eólica. La cantidad puede elegirse, por ejemplo, según el tipo de turbina eólica, de dos o tres palas, el lugar de construcción de la turbina eólica, la frecuencia de tormentas eléctricas y la accesibilidad de la turbina eólica, por ejemplo, una turbina eólica de alta mar.

40 En un aspecto de la invención, la turbina eólica comprende al menos dos sistemas de control en la que uno o más componentes de dichos sistemas están multiplicados por al menos dos o tres, tal como más de dos, componentes de ajuste de paso, componentes de balanceo y/o controladores.

En un aspecto de la invención, dichos sistemas de control incluyen varios controladores centrales.

45 En un aspecto de la invención, dichos sistemas de control incluyen varios controladores distribuidos, por ejemplo, controladores distribuidos por el buje de turbina eólica, el árbol principal, la raíz de la pala de turbina eólica y/o el interior de la pala. De este modo, resulta posible mejorar la fiabilidad de los sistemas de control ya que pueden continuar trabajando si los controladores distribuidos de un equipo bajo control fallan. Los controladores distribuidos de otros equipos bajo control pueden tomar el control de los controladores que han fallado, por ejemplo, los controladores de una pala pueden controlar los sistemas de control de dos palas debido a un fallo en los controladores de una pala provocado por el impacto de un rayo en la pala.

50 En un aspecto de la invención, dichos sistemas de control están conectados por cables tales como cables individuales entre los componentes. De este modo se establecen circuitos de conexión separados entre los diferentes conjuntos y, por tanto, se mejora incluso más la alta fiabilidad de los sistemas de control.

En un aspecto de la invención, los sistemas de control están conectados por un sistema de bus de comunicación, por ejemplo, usado cables de cobre y/o cables de comunicación de fibra óptica, conexiones de comunicación por radio y/o inalámbrica tales como conexiones de Bluetooth. El uso de circuitos de conexión separados, cables de

comunicación de fibra óptica y/o comunicación inalámbrica garantiza especialmente una mayor fiabilidad frente a un mal funcionamiento tras el impacto de un rayo.

En un aspecto de la invención, dichos sistemas de control son sistemas parcial o completamente idénticos. De este modo, resulta posible mejorar el nivel de seguridad común de los sistemas de control.

- 5 En un aspecto de la invención, dichos sistemas de control son un sistema de redundancia multiplicado. De este modo se consigue una realización ventajosa de la invención.

Una disposición de control para un rotor de turbina eólica incluye al menos dos palas de turbina eólica, en la que dicha disposición comprende una pluralidad de sistemas de control para controlar la misma pala de turbina eólica o la misma parte de la pala de turbina eólica, en la que al menos controladores de dicha pluralidad de sistemas de control están distribuidos por la pala de turbina eólica o la misma parte de la pala de turbina eólica que está controlándose, y en la que dichos sistemas de control están conectados, y en la que dichos sistemas de control están conectados por un sistema de bus de comunicación para intercambiar comunicación de control.

De este modo, resulta posible mejorar la seguridad del control del rotor de turbina eólica ya que la disposición incluye controladores distribuidos pero conectados mediante los cuales la disposición de control puede continuar controlando las palas de turbina eólica independientemente de un fallo en uno o más controladores.

Dichos controladores incluyen uno o más microprocesadores.

Dichos sistemas de control están conectados por un sistema de bus de comunicación, por ejemplo, que usa cables de cobre y/o cables de comunicación de fibra óptica, conexiones de comunicación por radio y/o comunicación inalámbrica tales como conexiones de Bluetooth. El sistema de bus garantiza que cualquier dato puede compartirse entre los sistemas de control y los controladores. De este modo, se garantiza que cualquier pala en el rotor de turbina eólica puede permanecer bajo control independientemente de un fallo en alguno de los sistemas de control y controladores.

Dichos controladores están distribuidos por el buje de turbina eólica, el árbol principal, la raíz de la pala de turbina eólica y/o el interior de la pala. Al colocar los controladores localmente en las proximidades de los equipos bajo control se consigue una construcción más sencilla y fiable de una disposición de control.

La invención también se refiere a un método para controlar un sistema de control que está multiplicado por al menos un sistema de control adicional para controlar los mismos equipos bajo control de una turbina eólica, comprendiendo dicho método las etapas de:

controlar dichos equipos con los sistemas de control, y

- 30 hacer funcionar dicho sistema de control y al menos un sistema de control adicional intercambiando comunicación de control sobre un sistema de bus de comunicación que conecta los sistemas de control.

En aspectos de la invención, dichos sistemas de control se hacen funcionar simultánea e independientemente uno de otro o en dependencia uno de otro intercambiando comunicación de control. De este modo se consiguen realizaciones ventajosas de la invención.

- 35 En un aspecto de la invención, se transfiere comunicación de control sobre un sistema de bus de comunicación que conecta dichos sistemas de control. En un aspecto adicional de la invención, dicha comunicación se transfiere sobre un sistema de bus de comunicación entre controladores centrales o distribuidos. De este modo se consiguen realizaciones ventajosas de la invención.

La invención también se refiere a usos de una turbina eólica y a un método junto con una parada de emergencia de la turbina eólica durante situaciones extremas tales como situaciones meteorológicas o pérdida de una red de distribución.

Figuras

A continuación se describirá la invención con referencia a las figuras, en las que

45 la figura 1 ilustra una turbina eólica moderna grande que incluye tres palas de turbina eólica en el rotor de turbina eólica,

la figura 2 ilustra esquemáticamente una sección de una turbina eólica según la invención,

la figura 3 ilustra esquemáticamente un sistema de control central de una turbina eólica de tres palas,

la figura 4 ilustra el sistema de control de la figura 3 en más detalle,

la figura 5 ilustra el sistema de control de la figura 3 en detalle para una turbina eólica de dos palas,

la figura 6 ilustra esquemáticamente una disposición de control que incluye sistemas de control distribuidos de una turbina eólica de tres palas,

la figura 7 ilustra la disposición de control que incluye sistemas de control distribuidos de una turbina eólica de dos palas en detalle, y

- 5 la figura 8 ilustra otra realización de la disposición de control que incluye sistemas de control distribuidos de una turbina eólica de dos palas.

Descripción detallada

10 La figura 1 ilustra una turbina eólica moderna 1 con una torre 2 y una góndola de turbina eólica 3 colocada encima de la torre. Las palas 5 del rotor de turbina eólica están conectadas a la góndola a través del árbol de baja velocidad que sobresale de la parte frontal de la góndola.

Tal como se ilustra en la figura, el viento por encima de un determinado nivel activará el rotor y permitirá que rote en una dirección perpendicular al viento. El movimiento de rotación se convierte en energía eléctrica que habitualmente se suministra a la red de transmisión como conocen los expertos en el área.

15 La figura 2 ilustra esquemáticamente los equipos bajo control, es decir las palas de turbina eólica 5, el engranaje 9 y el generador eléctrico 7. Los equipos bajo control se supervisan y controlan mediante sistemas de control 14 de una turbina eólica según la invención. La turbina eólica comprende además los árboles de baja y alta velocidad 10, 8 que conectan las palas de turbina eólica 5, el engranaje 9 y el generador eléctrico 7. El mecanismo de balanceo permite a las palas de turbina eólica inclinarse en relación con un plano vertical.

20 Los sistemas de control 14 pueden supervisar y controlar cualquiera de los equipos bajo control, tal como las palas de turbina eólica 5, durante un uso normal y la parada de la turbina eólica.

Según la invención, los sistemas de control 14 comprenden un primer sistema de control 14A que está multiplicado por al menos un sistema de control adicional 14B para supervisar y controlar los mismos equipos bajo control.

25 Los sistemas de control 14A, 14B son preferiblemente sistemas idénticos en cuanto a construcción y realizan la misma función. Pueden funcionar simultánea e independientemente uno de otro a la hora de supervisar y controlar los mismos equipos bajo control.

La figura 3 ilustra esquemáticamente un sistema de control central de una turbina eólica de tres palas.

30 La figura ilustra cómo se controlan centralmente las palas de turbina eólica desde sistemas de control en los que la comunicación entre componentes en los sistemas de control y las palas se realiza sobre un bus de comunicación. El bus de comunicación pueden ser conexiones por cable, por ejemplo un sistema de bus de comunicación que usa cables de cobre y/o cables de comunicación de fibra óptica. Además, el bus de comunicación puede incluir conexiones de comunicación por radio y/o comunicación inalámbrica tales como conexiones de Bluetooth entre los sistemas de control. El bus de comunicación puede usar, por ejemplo, una técnica LAN convencional.

35 La conexión entre los componentes individuales de los sistemas de control y las palas puede establecerse mediante cables separados o comunes, por ejemplo, cables de energía eléctrica separados que transfieren energía eléctrica a cada componente relevante.

La figura 4 ilustra el sistema de control central de la figura 3 en más detalle, en el que los sistemas de control 14A, 14B forman parte de una turbina eólica de tres palas.

40 Cada conjunto de sistemas de control 14A, 14B comprende uno o más microcontroladores 17, μ Ctrl A, μ Ctrl B que recopilan, tratan y transmiten datos, tal como recopilar datos procedentes de los sensores de sistema de control en los equipos relevantes bajo control y transmitir datos de control a los componentes de sistema de control que controlan los equipos relevantes bajo control.

Ejemplos de sensores y componentes de sistema de control son sensores de posición de paso y de carga de pala, así como actuadores de ajuste de paso en relación con una pala de turbina eólica 5. La disposición de pala se repite para todas las palas 5.

45 Además, cada conjunto de sistemas de control 14A, 14B puede comprender un sensor de azimut 15 que transmite datos a los microcontroladores de pala 17.

50 Los dos microcontroladores 17 de los conjuntos de sistemas de control 14A, 14B están alimentados desde sus propias fuentes de alimentación separadas 16 en las que cada fuente de alimentación incluye una fuente de alimentación ininterrumpida UPS A, UPS B. Las dos UPS alimentan los sistemas de control y permiten controlar y detener la turbina eólica durante un corte de energía eléctrica, provocado por ejemplo por el impacto directo de un rayo sobre una línea eléctrica.

Los sensores de sistema de control de diferentes conjuntos pueden colocarse unos en las proximidades de otros, por ejemplo un sensor de carga de pala cerca del siguiente sensor de carga de pala pero preferiblemente no en la misma posición sobre la pala de turbina eólica 5.

La figura 5 ilustra el sistema de control central de la figura 3 en una turbina eólica de dos palas.

5 La estructura de los sistemas de control 14A, 14B de la figura 4 corresponde sustancialmente a los sistemas de la figura 4. La situación de una pala menos puede iniciar el uso de más de dos sistemas de control idénticos, por ejemplo, tres o cuatro sistemas de control con el fin de mejorar el nivel de seguridad frente al daño de la turbina eólica como consecuencia posterior de un mal funcionamiento de más de un sistema de control.

10 El sistema de control según la invención también puede usarse en relación con otros componentes principales aparte de las palas de turbina eólica. El sistema de control también puede usarse, por ejemplo, junto con la supervisión y el control del generador eléctrico y, por tanto, garantizar que el generador no se enfrenta a condiciones de trabajo dañinas como consecuencia posterior de un mal funcionamiento de un sistema de control.

La figura 6 ilustra esquemáticamente una disposición de control que incluye sistemas de control distribuidos de una turbina eólica de tres palas.

15 La figura ilustra cómo se controla cada pala de turbina eólica desde sistemas de control colocados localmente en cada pala. La comunicación entre componentes en los sistemas de control y las palas se realiza sobre un bus de comunicación, por ejemplo, correspondiente al bus de comunicación mencionado junto con la figura 3.

La figura 7 ilustra una disposición de control que incluye los sistemas de control distribuidos de una turbina eólica de dos palas en detalle.

20 La figura ilustra cómo está multiplicado el sistema de control de cada pala, por ejemplo, en relación con sensores, controladores y fuentes de alimentación incluyendo UPS. Los controladores están conectados en una red de área local LAN y así pueden comunicarse y supervisar la funcionalidad unos de otros.

La figura 8 ilustra otra realización de la disposición de control que incluye sistemas de control distribuidos de una turbina eólica de dos palas.

25 Los controladores de la figura están conectados por un bus de comunicación en una LAN y como tal establecen controladores multiplicados; controlador 1, controlador 2 y controlador de la figura.

30 La turbina eólica según la invención puede formar parte de un parque eólico en el que cada turbina eólica está conectada a una estación de control central que responde a mensajes de fallo procedentes de las turbinas eólicas tales como un sistema de control que ha fallado, por ejemplo, enviando personal de mantenimiento o una señal de parada a la turbina eólica.

35 La invención se ha ejemplificado anteriormente con referencia a ejemplos específicos de una turbina eólica con sistemas de control. El sistema puede controlar la turbina eólica en uso o durante un proceso de parada en un mal funcionamiento de un sistema de control, por ejemplo, una parada de emergencia. Sin embargo, ha de entenderse que la invención no se limita a los ejemplos particulares descritos anteriormente, sino que puede diseñarse y alterarse en multitud de variedades dentro del alcance de la invención tal como se especifica en las reivindicaciones.

Lista

1. Turbina eólica o sistema de turbina eólica
2. Torre de turbina eólica
3. Góndola de turbina eólica
- 40 4. Buje de turbina eólica
5. Pala de turbina eólica
6. Rotor
7. Generador eléctrico
8. Árbol de alta velocidad
- 45 9. Engranaje
10. Árbol de baja velocidad
11. Mecanismo de balanceo

- 12. Mecanismo de ajuste de paso para una pala de turbina eólica
- 13. Mecanismo de guiñada
- 14. Sistema de control para palas de turbina eólica
- 14A, 14B. Sistema de control y un sistema de control adicional
- 5 15. Dos conjuntos de sensores de azimut
- 16. Dos conjuntos de fuentes de alimentación incluyendo UPS
- 17. Dos conjuntos de microcontroladores
- 18. Dos conjuntos de sensores de ángulo de balanceo

10

REIVINDICACIONES

1. Turbina eólica (1) que comprende
equipos bajo control (5, 7, 9), y
un sistema de control (14, 14A, 14B) para uno o más de dichos equipos bajo control (5, 7, 9)
5 en la que
dicho sistema de control (14A) está multiplicado por al menos un sistema de control adicional (14B) para controlar los mismos de dichos equipos bajo control,
caracterizada por que
dichos sistemas de control (14A, 14B) están conectados mediante un sistema de bus de comunicación para intercambiar comunicación de control, e
10 incluye varios controladores distribuidos.
2. Turbina eólica (1) según la reivindicación 1, caracterizada por que dichos equipos bajo control son componentes principales (5, 7, 9) de la turbina eólica tal como las palas de turbina eólica.
3. Turbina eólica (1) según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada por que dichos equipos bajo control comprenden al menos una pala (5) de turbina eólica de pérdida aerodinámica activa o de ajuste de paso.
4. Turbina eólica (1) según la reivindicación 3, caracterizada por que dicha al menos una pala de turbina eólica (5) forma parte de una turbina eólica con dos o tres palas.
5. Turbina eólica (1) según la reivindicación 3 ó 4, caracterizada por que dichos sistemas de control (14A, 14B) incluyen sistemas de supervisión para dichas palas de turbina eólica de pérdida aerodinámica activa o de ajuste de paso (5).
20
6. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por que dicha turbina eólica (1) comprende un mecanismo de balanceo que incluye sensores de ángulo de balanceo (18).
7. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada por que uno de dichos sistemas de control (14A, 14B) comprende componentes de ajuste de paso y/o balanceo por ejemplo sensores tales como sensores de carga de pala, sensores de posición de paso, sensores de azimut y/o sensores de ángulo de balanceo (18), actuadores tales como actuadores de ajuste de paso y/o actuadores de balanceo, fuentes de alimentación (16) incluyendo UPS y/o controladores tales como microordenadores (17).
25
8. Turbina eólica (1) según la reivindicación 7, caracterizada por que sensores en uno de dichos sistemas de control (14A) están colocados de manera diferente en relación con las posiciones de los sensores correspondientes en uno adicional de dichos sistemas de control (14B).
30
9. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada porque la turbina eólica comprende más de dos sistemas de control (14A, 14B) por ejemplo tres o cuatro sistemas de control.
10. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada por que la turbina eólica comprende al menos dos sistemas de control (14A, 14B) en la que uno o más componentes de dichos sistemas están multiplicados por al menos dos o tres tal como más de dos componentes de ajuste de paso, componentes de balanceo y/o controladores.
35
11. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada porque dichos sistemas de control (14A, 14B) incluyen varios controladores centrales.
12. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada por que dichos sistemas de control (14A, 14B) incluyen controladores distribuidos por el buje de turbina eólica, el árbol principal, la raíz de la pala de turbina eólica y/o el interior de la pala.
40
13. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, caracterizada porque dichos sistemas de control (14A, 14B) están conectados por cables tales como cables individuales entre los componentes.
14. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizada porque dichos sistemas de control (14A, 14B) están conectados por un sistema de bus de comunicación que usa cables de cobre y/o cables de comunicación de fibra óptica, conexiones de comunicación por radio y/o comunicación inalámbrica tales como conexiones de Bluetooth.
45

15. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizada por que dichos sistemas de control (14A, 14B) son sistemas parcial o completamente idénticos.
16. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizada por que dichos sistemas de control (14A, 14B) son un sistema de redundancia multiplicado.
- 5 17. Método para controlar un sistema de control que está multiplicado por al menos un sistema de control adicional para controlar los mismos equipos bajo control de una turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, comprendiendo dicho método las etapas de:
- controlar dichos equipos con los sistemas de control, y
- 10 hacer funcionar dicho sistema de control y al menos un sistema de control adicional mediante el intercambio de comunicación de control sobre un sistema de bus de comunicación que conecta los sistemas de control.
18. Método según la reivindicación 17, en el que dichos sistemas de control se hacen funcionar simultánea e independientemente uno de otro.
19. Método según la reivindicación 17 ó 18, en el que dichos sistemas de control se hacen funcionar simultáneamente y en dependencia uno de otro intercambiando comunicación de control.
- 15 20. Método según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, en el que se transfiere comunicación de control sobre un sistema de bus de comunicación que conecta dichos sistemas de control.
21. Método según la reivindicación 20, en el que dicha comunicación se transfiere sobre un sistema de bus de comunicación entre controladores centrales o distribuidos.
- 20 22. Uso de una turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, junto con una parada de emergencia de la turbina eólica (1) durante situaciones extremas tales como situaciones meteorológicas o pérdida de una red de distribución.
23. Uso de un método según la reivindicación 17 ó 21, junto con una parada de emergencia de una turbina eólica (1) durante situaciones extremas tales como situaciones meteorológicas o pérdida de una red de distribución.
- 25

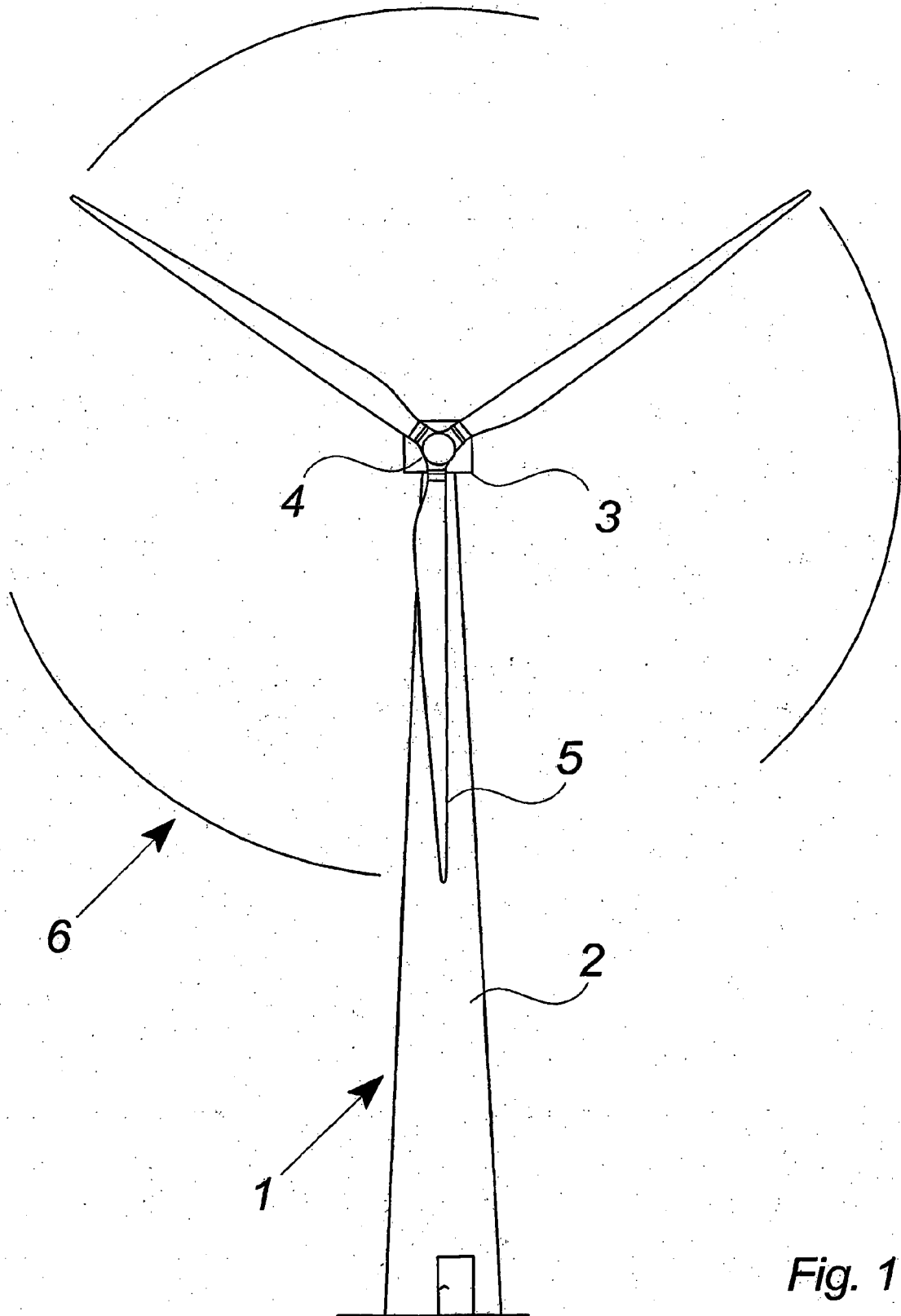


Fig. 1

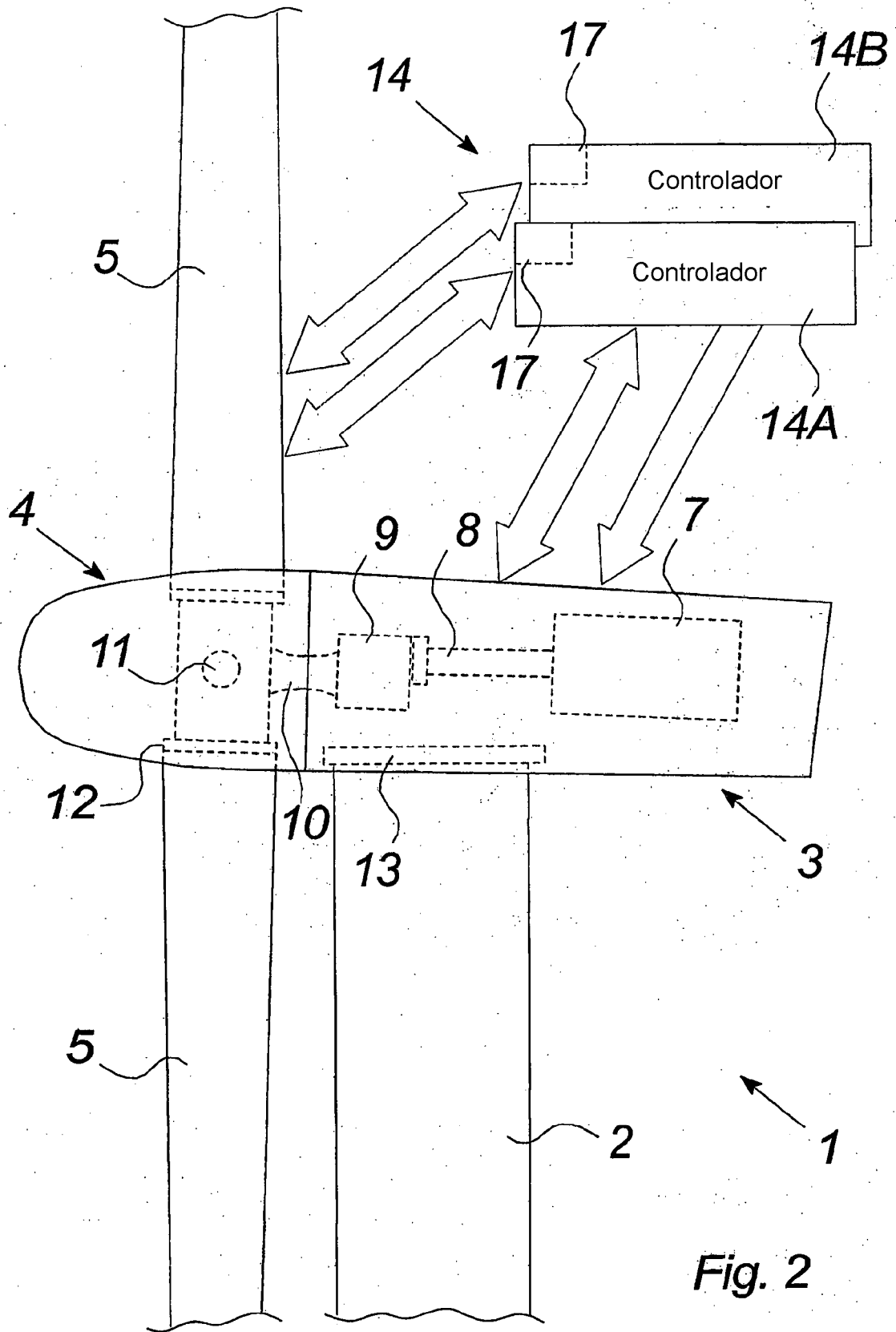


Fig. 2

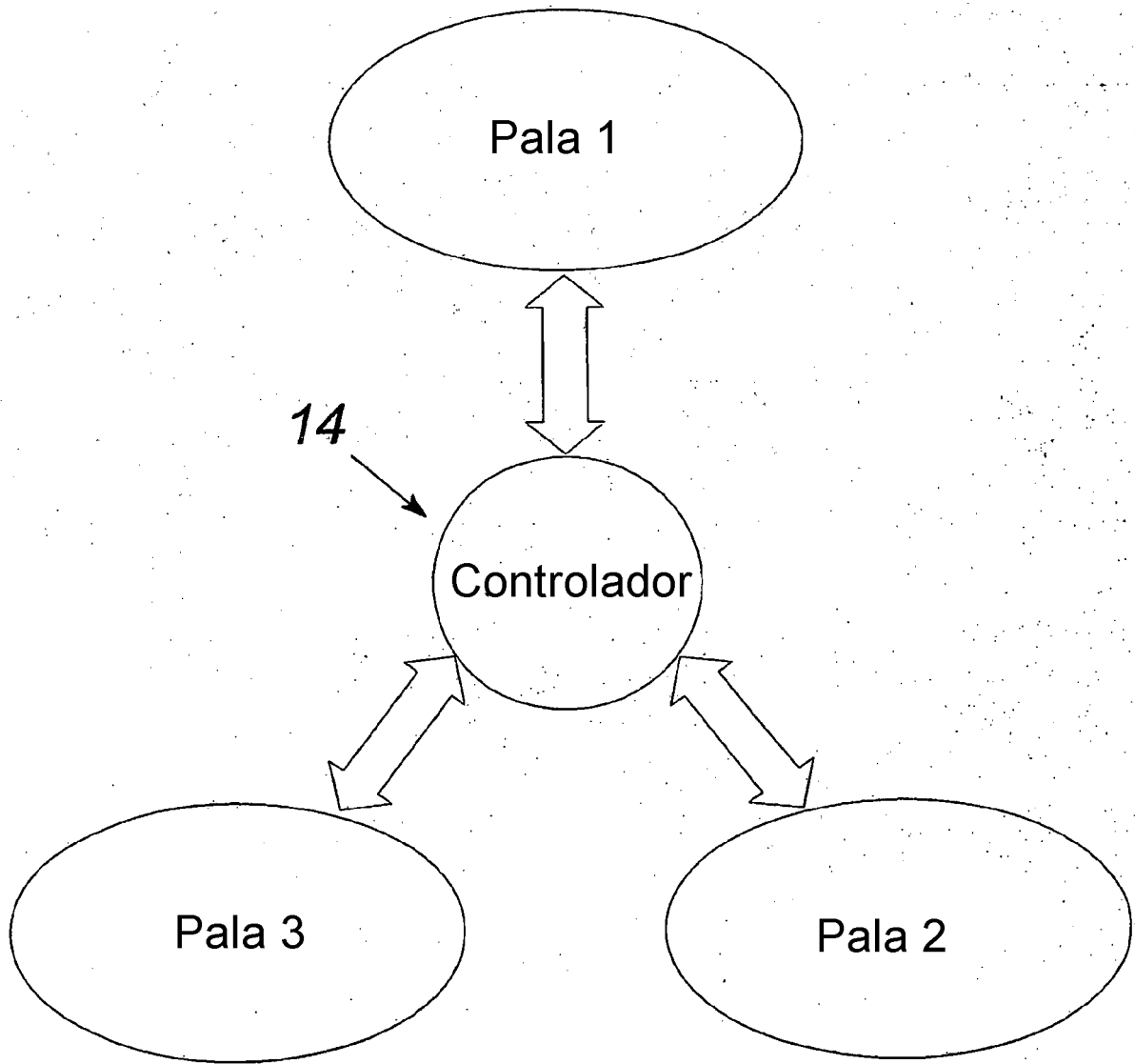
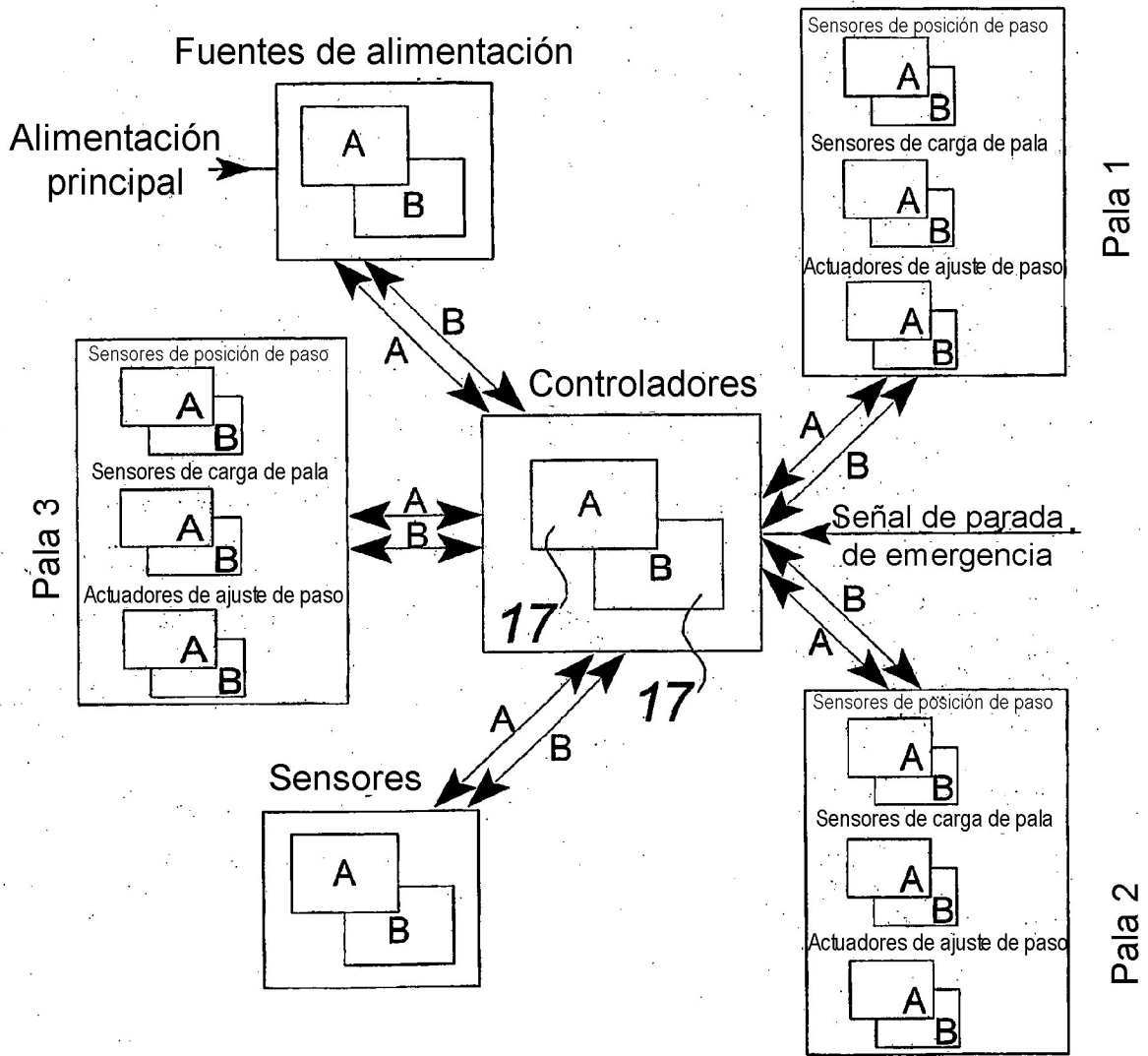
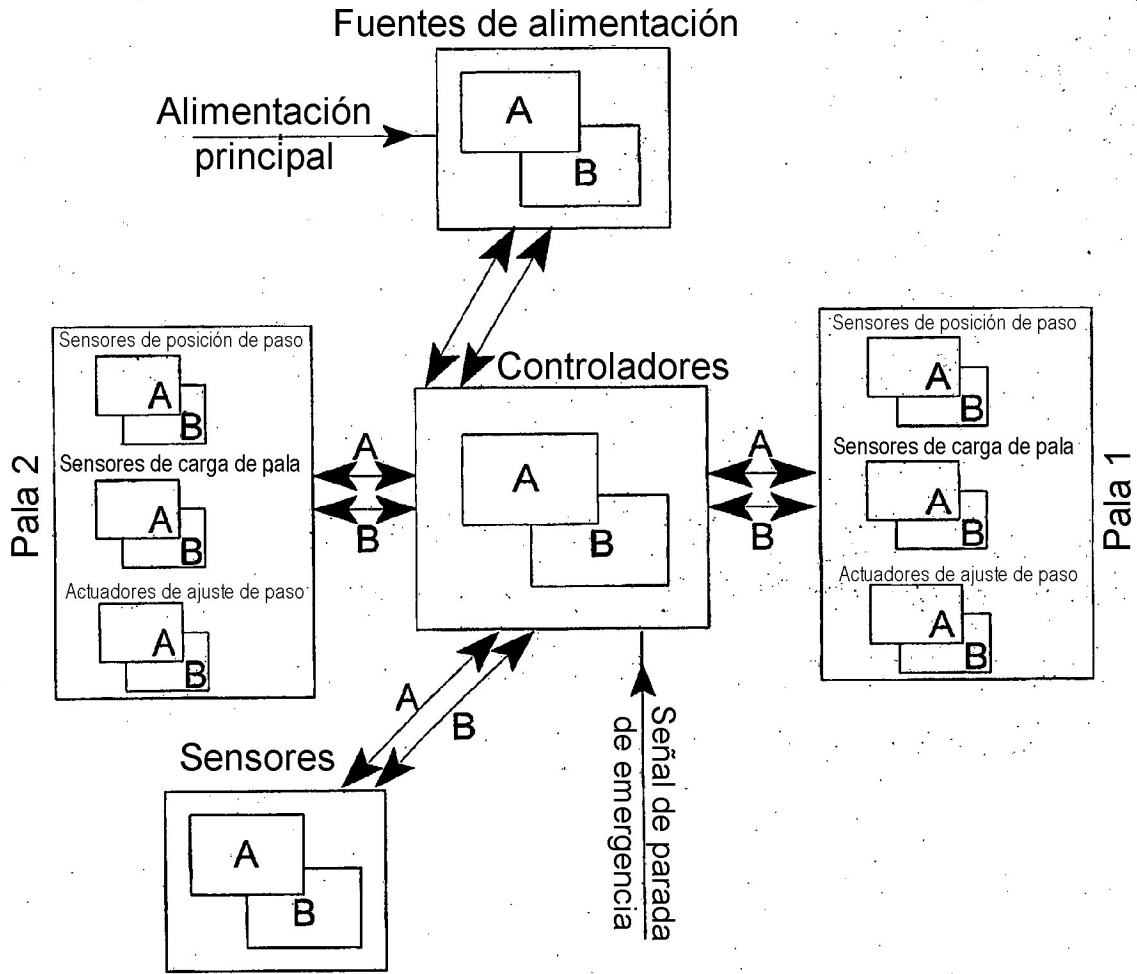


Fig. 3



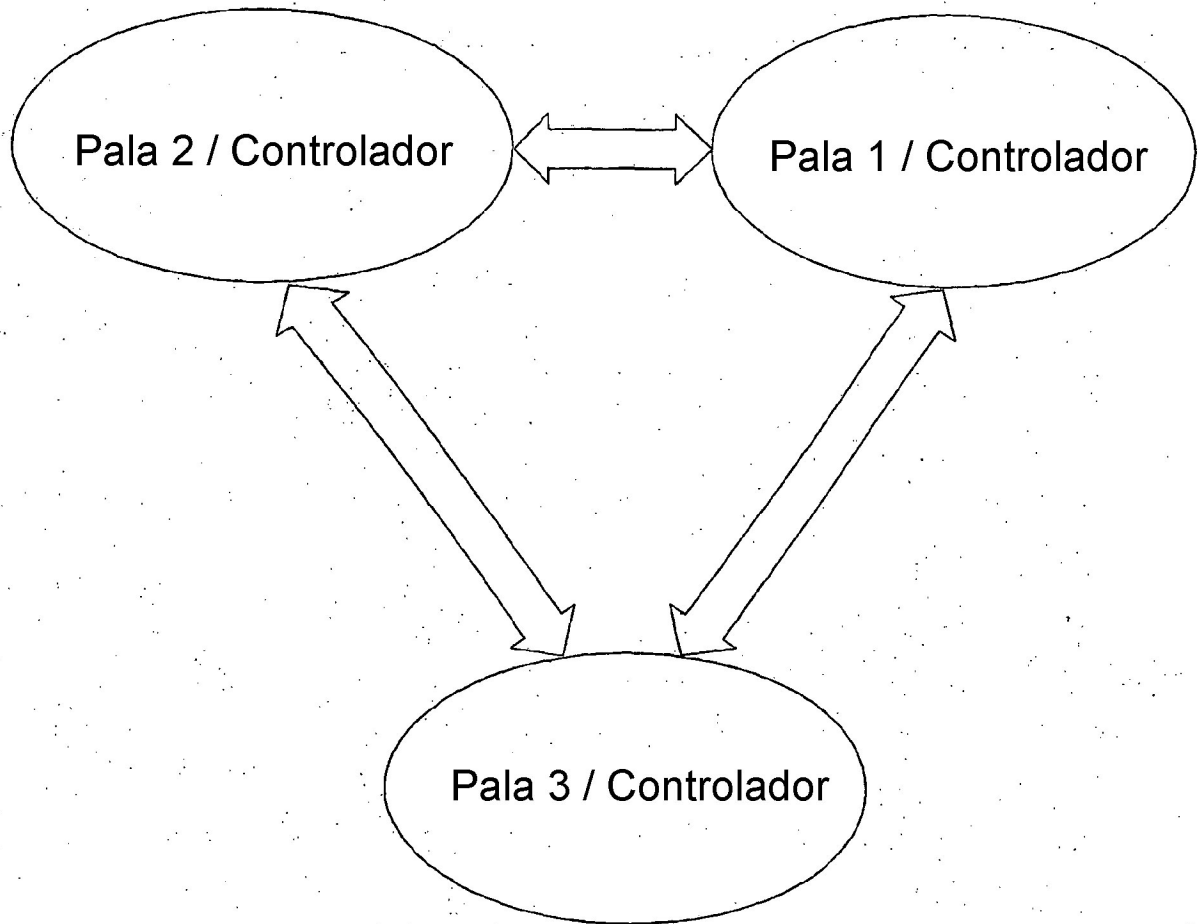
14A, 14B

Fig. 4



14A, 14B

Fig. 5



14 5

Fig. 6

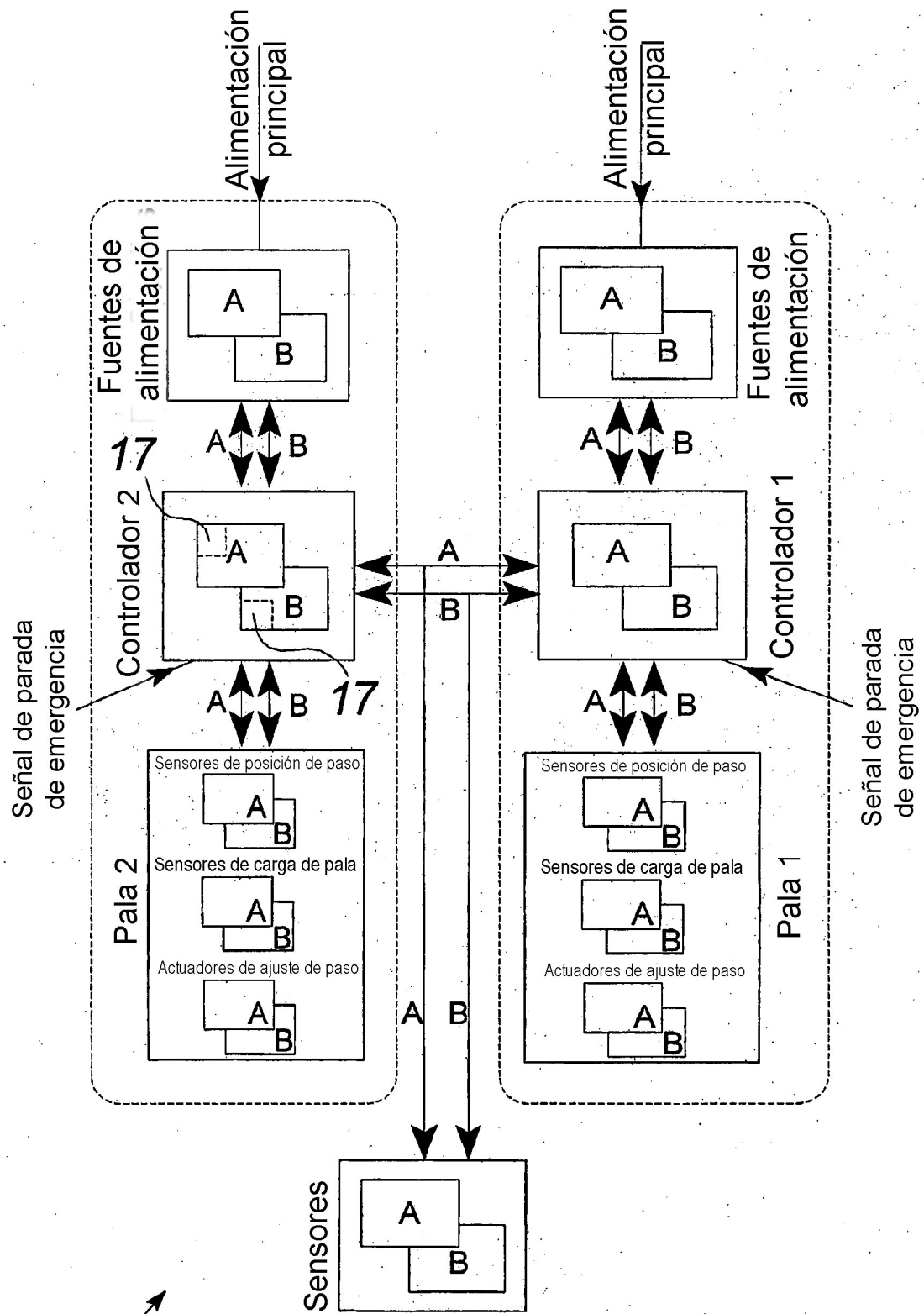


Fig. 7

14A, 14B

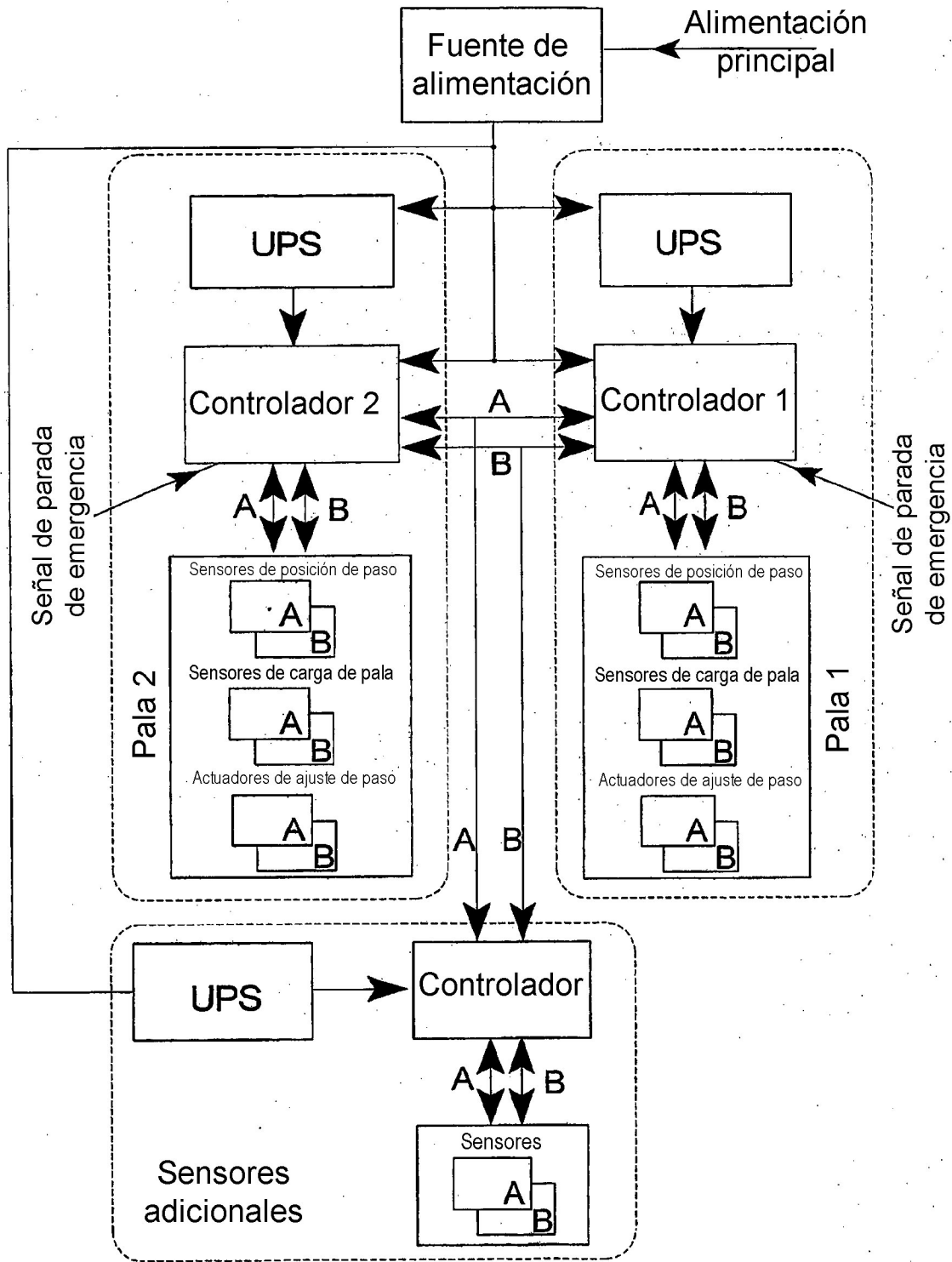


Fig.8