

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 433**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

H02P 9/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.07.2007 PCT/US2007/072852**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.01.2008 WO08006020**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.07.2007 E 07799320 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 2044326**

54 Título: **Sistemas, procedimientos y aparatos para un controlador de turbina eólica**

30 Prioridad:

06.07.2006 US 806707 P

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

11.12.2018

73 Titular/es:

**ACCIONA WINDPOWER, S.A. (100.0%)
Pol. Ind. Barasoain - Parcela 2
31395 Barasoain, Navarra, ES**

72 Inventor/es:

**ERDMAN, WILLIAM;
BEHNKE, MICHAEL;
ROYO GARCÍA, RICARDO y
NÚÑEZ POLO, MIGUEL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 693 433 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

Sistemas, procedimientos y aparatos para un controlador de turbina eólica

Campo

5 La presente divulgación se dirige generalmente a controlar una turbina eólica, y más en particular, a aparatos, procedimientos y sistemas para mantener consistentes las características operativas de la turbina durante irregularidades de tensión.

Antecedentes

10 Ya que el uso de las turbinas eólicas aumenta y el porcentaje de electricidad que proporcionan las turbinas eólicas se incrementa, son necesarias soluciones para controlar turbinas eólicas durante posibles irregularidades de tensión (es decir, eventos o fluctuaciones de tensión por una red de energía eléctrica). Por ejemplo, unos suministros de energía ininterrumpidos (UPS) se han incorporado en muchos conjuntos de torre eólica para proporcionar una fuente de energía de reserva. Sin embargo, incorporar simplemente un dispositivo UPS no proporciona una solución válida para todos los casos por una variedad de razones. Por ejemplo, los dispositivos UPS no son capaces de ejecutar todos los sistemas de una turbina eólica, si el suministro de energía primario se interrumpe. Como tal, puede ser necesario operar ciertos sistemas a una capacidad reducida cuando el UPS intenta alimentar todos los subsistemas. 15 Asimismo, el mantenimiento del dispositivo UPS puede necesitar requisitos de servicio adicionales para el generador de turbina, terminando en dificultades asociadas con la accesibilidad del dispositivo UPS para técnicos de servicio. Por consiguiente, existe la necesidad de implementar una solución de energía robusta, una que pueda mantener características operativas de turbina consistentes a pesar de la posibilidad de irregularidades de tensión, así como facilitar bajos costes de mantenimiento. También es importante asegurar velocidades de turbina operativa consistentes antes, durante y después de irregularidades de tensión, de lo contrario la velocidad de la turbina puede aumentar durante una irregularidad de tensión. 20

25 La patente de Estados Unidos US-6921985 se refiere a una turbina eólica que incluye un sistema de control de paso de pala para variar un paso de una o más palas y un controlador de turbina acoplado con el sistema de control de paso de pala. Una primera fuente de energía se acopla con el controlador de turbina y con el sistema de control de paso de pala para proporcionar energía durante un primer modo de operación.

Sumario

30 La divulgación detalla implementaciones de aparatos, procedimientos y sistemas para operar una turbina eólica que pueden lograr características operativas consistentes, a pesar de la aparición de irregularidades de tensión. Esta divulgación presente soluciones que ayudan a facilitar la adopción e incorporación de generadores de turbina eólica. En una implementación, el sistema se configura para facilitar el control operativo consistente y se dirige a una variedad de problemas que pueden surgir durante la operación normal de una turbina eólica conectada con la red de energía eléctrica. Por ejemplo, la divulgación analiza una implementación del sistema, que se configura para mantener la operación normal independiente de los eventos de tensión repetidos que pueden ocurrir. En una implementación, el sistema de control de turbina eólica se configura con un controlador de turbina que puede llevar ciertos sistemas de turbina auxiliares a un dispositivo UPS, mientras se mantienen las características de energía operativa normal independiente para sistemas de turbina primarios (por ejemplo, un sistema de control de paso de pala de turbina eólica). 35

Breve descripción de los dibujos

40 Los apéndices y/o dibujos adjuntos ilustran diversos aspectos no limitantes, representativos, e inventivos según la presente divulgación:

la figura 1 es una vista de conjunto de diversos componentes de turbina eólica;

la figura 2A es un diagrama de componentes de sistema de turbina utilizados durante un procedimiento de transmisión de energía;

45 la figura 2B ilustra un diagrama de interconexión de sistema de componente de turbina;

las figuras 3A-3B ilustran un diagrama de componentes de sistema de turbina asociados con un sistema de control de cabeceo de viento según implementaciones del sistema;

la figura 4 ilustra características operativas asociadas con un sistema de control de paso de pala según una implementación del sistema;

50 las figuras 5A-5B ilustran diagramas de elementos hidráulicos asociados con un sistema de control de cabeceo de viento asociado con implementaciones del sistema;

la figura 6 ilustra aspectos de un diagrama de flujo operativo de un sistema de control de turbina según una

implementación del sistema;

la figura 7 es un gráfico que ilustra aspectos de características de tensión operativas con un sistema de control de turbina según una implementación.

5 El número inicial de cada número de referencia indica el primer dibujo en el que ese número de referencia se introduce. Por ejemplo, la turbina 100 se introduce primero en la figura 1.

Descripción detallada

La divulgación detalla la implementación de aparatos, procedimientos y sistemas para controlar un generador de turbina eólica.

10 La figura 1 ilustra una variedad de componentes asociados con las características de control de un generador de turbina eólica. Según una implementación, un generador 100 de turbina eólica puede configurarse con una variedad de subsistemas. Estos subsistemas pueden controlarse en coordinación para mejorar la eficacia y calidad de la energía generada por la turbina 100. Por ejemplo, unos sensores externos y/o subsistemas tal como una unidad de control de guiñada o un sistema de control de paso de pala de turbina pueden controlarse para maximizar la eficacia de generación de energía desde una corriente de viento.

15 Por ejemplo, en una implementación del sistema, el sistema de control de guiñada puede manipularse en función de retroalimentación desde un detector de dirección del viento y configurarse para rotar el rotor de la turbina en la dirección de la flecha 135. En esta implementación, el rotor de la turbina es capaz de lograr un ángulo óptimo respecto a la dirección de una corriente 120 de viento. La retroalimentación desde el detector de dirección del viento puede usarse para ayudar a controlar el paso de la pala 130 de turbina respecto a la dirección o velocidad de la corriente 120 de viento. El sistema de control de paso de pala de turbina puede además utilizar una medición de sensor de las revoluciones por minuto del rotor, para determinar la velocidad de punta de una pala 125 de turbina. Los aspectos del sistema de control de paso de pala se analizarán en mayor detalle a continuación.

20 Unas ganancias de eficacia adicionales pueden conseguirse por un controlador de turbina que gestiona un sistema 140 de control de convertidor de energía que prepara la electricidad generada por el generador de la turbina para transferencia al transformador 145 de la turbina y posteriormente a una red 150 de energía eléctrica.

25 Dependiendo de la implementación particular, el controlador de la turbina, el controlador de paso de pala u otros controladores del sistema pueden implementarse y configurarse en una variedad de maneras. El controlador de la turbina (así como los otros controladores del subsistema, por ejemplo un controlador de paso de pala de viento) puede funcionar para agregar, ejecutar, generar, identificar, instruir, emparejar, procesar, buscar, almacenar, seleccionar servicio y/o facilitar interacciones con un ordenador para gestionar y coordinar diversos aspectos de la funcionalidad asociada con operar una turbina eólica, algunos de los cuales se describen en mayor detalle a continuación.

30 Normalmente, los usuarios, que pueden ser personas y/u otros sistemas, interactúan con sistemas de tecnología de información (por ejemplo, normalmente ordenadores o microcontroladores) para facilitar el procesamiento de información. A su vez, los ordenadores emplean procesadores y otros componentes de sistema para procesar información; tales procesadores a menudo se denominan unidades de procesamiento central (CPU). Una forma común de procesador se denomina microprocesador. Las CPU usan señales comunicativas para permitir diversas operaciones. Tales señales comunicativas pueden almacenarse y/o transmitirse en lotes como componentes de programa y/o datos que facilitan operaciones deseadas.

35 Estas señales de código de instrucción almacenadas pueden interactuar con componentes de circuito de CPU para realizar operaciones deseadas. Un tipo común de programa es un sistema operativo informático, que, normalmente, se ejecuta por CPU en un ordenador o microcontrolador; el sistema operativo permite y facilita a los usuarios acceder y operar tecnología y recursos de información informáticos. Los recursos comunes empleados en sistemas de tecnología de información incluyen: mecanismos de entrada y salida por los que los datos pueden pasar dentro y fuera de un ordenador; almacenamiento de memoria en el que los datos pueden guardarse; y procesadores por los que la información puede procesarse. En algunas implementaciones, los sistemas de tecnología de información pueden incluir interfaces para facilitar la comunicación entre el microcontrolador con una variedad de sensores o subsistemas. A menudo los sistemas de tecnología de información se usan para recoger datos para la recuperación posterior, análisis y manipulación, normalmente, que pueden facilitarse mediante un programa de base de datos. Los sistemas de tecnología de información pueden proporcionar interfaces similares que permiten a los usuarios acceder y operar diversos componentes del sistema.

40 En una realización, el controlador de la turbina puede conectarse a y/o comunicarse con entidades como, pero sin limitación a: uno o más usuarios desde dispositivos de entrada de usuario; dispositivos periféricos; uno o más sensores; una variedad de sistemas de control; y/o una red de comunicaciones.

45 Las redes se cree que comprenden normalmente la interconexión e interoperación de clientes, servidores y nodos intermediarios en una topología de gráfico. Debería apreciarse que el término "servidor" como se usa en esta

divulgación se refiere en general a un ordenador, otro dispositivo, programa o combinación de los mismos que procesa y responde a las solicitudes de usuarios remotos por una red de comunicaciones. Los servidores sirven su información a "clientes" solicitantes. El término "cliente" como se usa en el presente documento se refiere en general a un ordenador, otro dispositivo, programa o combinación de los mismos que es capaz de procesar y hacer solicitudes y obtener y procesar cualquier respuesta desde servidores por una red de comunicaciones. Un ordenador, microcontrolador, otro dispositivo, programa o combinación de los mismos que facilita, procesa información y solicitudes, y/o promueve el paso de información desde un usuario fuente a un usuario de destino se denomina normalmente "nodo". Las redes en general se cree que facilitan la transferencia de información desde puntos fuente a destinos. Un nodo específicamente con la tarea de promover el paso de información desde una fuente a un destino se llama comúnmente un "enrutador". Existen muchas formas de redes como Redes de Área Local (LAN), redes Pico, Redes de Área Amplia (WAN), Redes Inalámbricas (WLAN), Etc. Por ejemplo, Internet se acepta en general como una interconexión de una multitud de redes por las que los clientes remotos y servidores pueden acceder e interoperar entre sí.

El controlador de la turbina puede basarse en sistemas informáticos comunes que pueden comprender, pero sin limitación a, componentes como: una sistematización informática conectada a memoria. Una sistematización informática puede comprender un reloj, unidad de procesamiento central (CPU), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de acceso aleatorio (RAM) y/o un bus de interfaz, y más frecuentemente, aunque no necesariamente, están todos conectados y/o comunicándose a través de un bus de sistema. Opcionalmente, la sistematización informática puede conectarse a una fuente de energía interna. Opcionalmente, un procesador criptográfico puede conectarse al bus de sistema. El reloj del sistema normalmente tiene un oscilador de cristal y proporciona una señal de base. El reloj se acopla normalmente al bus de sistema y diversos multiplicadores de reloj que aumentarán o disminuirán la frecuencia operativa de base para otros componentes interconectados en la sistematización informática. El reloj y diversos componentes en una sistematización informática accionan señales que incorporan información a través del sistema. Tal transmisión y recepción de señales que incorporan información a través de una sistematización informática pueden denominarse comúnmente comunicaciones. Estas señales comunicativas pueden transmitirse adicionalmente, y recibirse, y la causa de comunicaciones de señal de retorno y/o respuesta más allá de la sistematización informática instantánea para: redes de comunicaciones, dispositivos de entrada, otras sistematizaciones informáticas o controladores, sensores del sistema, subsistemas de control del sistema, dispositivos periféricos y/o similares. Evidentemente, cualquiera de los anteriores componentes puede conectarse directamente entre sí, conectarse a la CPU y/u organizarse en numerosas variaciones empleadas como ejemplificadas por diversos sistemas informáticos.

La CPU comprende al menos un procesador o en algunas implementaciones un procesador de datos de alta velocidad adecuado para ejecutar componentes de programa para facilitar funcionalidad de sistema de control de turbina, ejecutando solicitudes generadas por el usuario y/o el sistema. La CPU puede ser un microprocesador como el Athlon, Duron y/u Opteron de AMD; PowerPC de IBM y/o Motorola; el procesador Cell de IBM y Sony; Celeron, Itanium, Pentium, Xeon y/o XScale de Intel; y/o procesadores similares. La CPU interactúa con memoria mediante una señal que pasa por conductos conductores para ejecutar un código de programa de señal almacenado según técnicas de procesamiento de datos convencionales. Tal paso de señal facilita la comunicación dentro del controlador de la turbina, los sistemas de control primario y auxiliar del sistema, y más allá mediante diversas interfaces. En caso de que los requisitos de procesamiento dicten una velocidad de mayor cantidad, unas arquitecturas paralelas, de armazón principal y/o superordenador pueden emplearse de forma similar. Como alternativa, en caso de que los requisitos de despliegue dicten una mayor portabilidad o sistemas de control integrados, unas CPU de microcontrolador integradas menores y/o sistemas de control integrados, pueden emplearse.

La figura 2A ilustra aspectos de interacción entre componentes de turbina y el sistema de control de turbina y el controlador de turbina 200 que incluye el controlador de turbina durante el procedimiento de generación de electricidad/transmisión de energía. Las palas/rotor de la turbina se conectan comunicativamente con una caja de cambios (sistemas 205 de generación de energía de componente de turbina), que a su vez acciona un generador 210. Dependiendo de los parámetros operativos de una implementación particular, debe entenderse que una variedad de generadores pueden usarse como parte del sistema de transmisión (por ejemplo, generadores de inducción/síncronos). En algunas implementaciones que implican múltiples turbinas eólicas (o un parque eólico), cada generador de turbina se conecta con su propio transformador 220 para reforzar las características de tensión desde el generador para la transmisión a la red 225 eléctrica.

La figura 2B ilustra aspectos del sistema 200 de control de la turbina (en la figura 2A). La energía para el sistema de control de la turbina y el controlador 200 de turbina pueden proporcionarse desde fuentes 230 de energía de entrada como entradas para un suministro 235 de energía. El suministro de energía puede conectarse con sistemas de turbina primarios, como el sistema 255 de control de cabeceo de viento. Además, el suministro 235 de energía puede además conectarse con sistemas de turbina auxiliares como un sistema 245 de control de guiñada de turbina o diversos sistemas 240 de control de sensor de turbina. Dependiendo de la implementación, los sistemas de control de sensor de turbina pueden incluir un subsistema de control de termostato, un subsistema de anemómetro y un sistema de sensor de vibración, un subsistema hidráulico de control de nivel de fluido y/o cualquier número de otros subsistemas de turbina. Tal y como se ilustra en la figura 2B, estos sistemas auxiliares se conectan con un suministro 250 de energía ininterrumpido (UPS). Sin embargo, se aprecia que los sistemas de turbina primarios, por

ejemplo, un sistema 255 de control de cabeceo de viento se conecta solo con el suministro de energía. Es crítico que estos sistemas de turbina primarios se accionen de forma consistente al hacer la transición a un UPS en características operativas normales a pesar de que pueden ocurrir irregularidades de tensión.

5 Según una implementación, durante una irregularidad de tensión el suministro 235 de energía puede perder su fuente de energía de entrada. Los sistemas de sensor auxiliares se transferirían al dispositivo UPS y pueden operarse selectivamente en algún tipo de capacidad reducida durante una irregularidad de tensión (por ejemplo, un evento de tensión). Esto disminuiría eficazmente las demandas de carga en el UPS durante la irregularidad de tensión. Sin embargo, respecto a los sistemas de control primarios como el sistema de control de cabeceo de viento, es crítico mantener características operativas continuas independientes de si un suministro de energía pierde temporalmente su fuente de energía subyacente sin la transición a un dispositivo UPS. Por lo tanto, el sistema 255 de control de cabeceo de viento, así como los componentes correspondientes incluyendo un dispositivo hidráulico 260 de accionamiento de paso de pala y un acumulador 275, se accionan solamente por el suministro 235 de energía durante la operación normal y en presencia de irregularidades de tensión.

15 En algunas implementaciones, los sistemas de turbina primarios pueden aislarse y accionarse por otro suministro 237 de energía (conectado con el controlador 200 de turbina). El suministro 235 de energía y el UPS 250 pueden accionar sistemas auxiliares y no se conectan a sistemas de turbina primarios en esta implementación alterna. Por consiguiente, el suministro 237 de energía sería el único responsable de proporcionar energía a los sistemas de turbina primarios como el sistema 255 de control de cabeceo de viento. Esta implementación alterna se ilustra por las líneas discontinuas en la figura 2B.

20 Una realización del suministro de energía para proporcionar energía para sistemas de turbina primarios se ilustra en las figuras 3A-B. En la figura 3A, un controlador de paso de viento de pala se proporciona donde la energía 300 de entrada auxiliar en bruto está disponible durante la operación normal de la turbina para proporcionar energía a los sistemas de turbina primarios, tal como el sistema 310 de control de paso de pala y otras cargas 320 de sistemas de turbina primarios mediante un suministro 315 de energía. Tal y como se muestra, el controlador 310 de paso de pala acciona una válvula 318 hidráulica proporcional para ajustar el paso de pala de turbina. En esta configuración, la energía para los sistemas 320 de turbina primarios se suministra desde el suministro 315 de energía en la operación normal (así como durante la posible aparición de un evento de tensión). Durante tal evento, donde está ausente la energía 300, el suministro 315 de energía continúa proporcionando la energía necesaria para la operación continuada del controlador 310 de paso de pala y la válvula 318 hidráulica proporcional. Esto puede conseguirse diseñando el suministro 315 de energía para incluir una cantidad particular y tipo de dispositivo de almacenamiento de energía en el enlace CC del suministro 315 de energía. Dependiendo de las necesidades particulares de la implementación particular, el dispositivo de almacenamiento de energía puede configurarse como una batería CC o condensador de gran capacidad.

35 Una de las principales ventajas de este enfoque respecto al suministro continuado de energía durante irregularidades de tensión implica almacenar energía en un campo electrostático, por ejemplo en un condensador en lugar de en un sistema electroquímico. Por este motivo, un número muy grande de ciclos de carga/descarga son viables, minimizando los requisitos de servicio para el sistema de turbina y reduciendo los costes de sustitución de componentes de sistema. Esto no es cierto para un sistema de turbina que hace la transición uniforme de los sistemas de turbina a un dispositivo UPS tras detectar un evento de tensión.

40 La figura 3B ilustra un diagrama de circuito según una implementación de ejemplo del suministro de energía. Una determinación de diversos componentes de circuito asociados con el suministro de energía para lograr estas características operativas se incluye a continuación.

Asumiendo que la tensión es esencialmente constante sobre la perturbación de utilidad de 3 s, una corriente constante extraída por la válvula proporcional hidráulica de 83 mA se asume.

45
$$Vc(0) - Vc(3\text{ s}) = \int_0^3 I_c(t) dt,$$

$$0,2\text{ V} = (83\text{ mA})(3\text{ s}),$$

$$C = (83\text{ mA})(3\text{ s}) / 0,2\text{ V} \text{ 1,245 Faradios} \sim 1,25\text{ Faradios}$$

50 Por consiguiente, en una implementación del sistema clasificado para mantener características operativas consistentes más allá de un evento de tensión de 3 segundos, un condensador de 1,25 Faradios, 6,3 o 10 V debería incluirse como un componente del suministro de energía. En una implementación esto podría lograrse mediante dos electrolíticos de aluminio o uno o más supercondensadores.

55 La figura 4 ilustra aspectos de las características operativas asociadas con cuatro regiones operativas para el control de paso de pala de turbina (425-440). Los cuatro gráficos muestran diferentes características de control de turbina

asociadas con la velocidad 405 del generador (rotor), par 410, energía 415 y ángulo 420 de cabeceo, respectivamente. Cada gráfico se refiere a estas características 405-420 con una velocidad 465 de viento creciente. Como se describirá en más detalle a continuación, las regiones II y III son regiones operativas de transferencia de energía, con la cúspide 470 entre las dos regiones actuando como una 'zona dulce' de transmisión de energía óptima.

Como se ilustra en la figura 4, en la región operativa I, la velocidad del viento está por debajo de un umbral de conexión y como tal, la turbina no opera. Cuando la velocidad del viento aumenta y entra en la región II, la velocidad de rotación del rotor de la turbina varía en proporción directa con la velocidad del viento. Esto mantiene una relación constante, óptima de la punta de la pala respecto a la velocidad (TSR) para el rotor de la turbina, que a su vez optimiza la captura de energía en la región operativa II. El controlador de la turbina también varía el par como el cuadrado de la velocidad del viento y la velocidad rotativa del rotor. La energía se calcula como el producto de par y velocidad. Ilustrado en el gráfico 415, la energía generada varía como el cubo de la velocidad del viento (o velocidad rotativa del rotor). En la región II, el sistema de control de cabeceo de viento acciona/mantiene las palas de turbina en un cabeceo de grado cero (posición de cabeceo de energía completa). Es decir, las palas se disponen para transferir toda la energía de la corriente de viento, que está generalmente en o aproximadamente a cero grados.

La cúspide 470 entre las regiones II 430 y III 435 marca el punto de transición donde la turbina logra su salida de potencia nominal. La operación en la región III 435 requiere que la turbina opere a una velocidad 475 de rotación del rotor constante y un par 476 constante, a pesar de cualquier incremento en la velocidad del viento. Las características operativas de velocidad y par constantes se logran por el controlador de la turbina que interactúa con un sistema de controlador de la turbina primario, es decir, el sistema de control de cabeceo de viento. Más específicamente, cuando la velocidad del viento se incrementa, el ángulo de cabeceo de la pala de turbina se ajusta moviéndose hacia una posición de bandera completa (una posición de noventa grados que no transfiere energía alguna).

La región 440 operativa IV se considera una región de desconexión de velocidad del viento alta. Operar la turbina en esta región es peligroso y pueden ocurrir daños en la turbina. Por consiguiente, si la velocidad del viento se determina para alcanzar estos niveles, la turbina puede sacarse fuera de línea.

Dependiendo de la configuración actual del sistema, el mecanismo de accionamiento de control de cabeceo puede configurarse con dispositivos electromecánicos o, como se ilustra en las figuras 5A o 5B, dispositivos de accionamiento hidráulicos. A modo solo de ejemplo no limitante, la figura 5A ilustra aspectos de un sistema hidráulico de accionamiento de paso de pala de turbina que interactúa con el controlador de paso de pala de viento. La figura 5A ilustra una implementación de un subsistema de control hidráulico de paso de pala para una única pala 501. Aunque no se ilustra, debe entenderse que unos subsistemas hidráulicos de control de paso de pala correspondiente también se implementan para la pala 2 de turbina (502 en la figura 5A), así como la pala 3 (503 en la figura 5A). El sistema hidráulico almacena energía en una unidad 505 de almacenamiento de energía hidráulica en la góndola que se acopla de forma comunicativa con una bomba 510 hidráulica y se configura para proporcionar energía hidráulica para el sistema hidráulico de accionamiento de paso de pala de cada pala en las palas 501, 502 y 503.

La energía hidráulica se distribuye a través de una junta 515 rotativa. En la implementación ilustrada en la figura 5A, la junta 515 se sitúa entre el circuito hidráulico dispuesto en la góndola y cada circuito hidráulico situado en el buje. La junta rotativa proporciona/extrae eficazmente energía hidráulica a través de la línea 511 de presión (ilustrada en el lado izquierdo de la junta) y una línea 512 de retorno (ilustrada en el lado derecho de la junta). El fluido hidráulico proporcionado por la junta 515 se complementa por una unidad 530 de almacenamiento de energía hidráulica asociada con el circuito 501 de pala. Una válvula 531 sin retorno hidráulica también se incorpora en cada circuito de pala para asegurar la independencia de cada circuito de pala.

Cada circuito de pala incluye un cilindro 520 hidráulico que se manipula para accionar la pala entre la posición de bandera completa (es decir, operando a noventa grados, en la que la pala se configura para repeler toda la energía y no transmitir ninguna energía desde la corriente de viento) y una posición de bandera cero (es decir, operando a cero grados, en la que la pala transmite totalmente toda la energía transmitida desde la corriente de viento). Durante la operación normal, la cámara 521 frontal mantiene una presión constante y se conecta con la línea de presión, mientras la cámara 522 trasera tiene una presión variable para accionar el cilindro y así ajustar el paso de la pala.

Durante la operación normal, unas válvulas 545 y 550 proporcionales varían la presión en la cámara 522 trasera, para accionar el cilindro 520. Por ejemplo, para extender el cilindro 520, la válvula 545 se activa para conectar la cámara 522 trasera con la línea de presión (y así aumentar la presión en la cámara trasera). Por otro lado, para retraer el cilindro, la válvula 550 se activa para conectar la cámara trasera con la línea de retorno (y así disminuir la presión dentro de la cámara 522 trasera).

En la implementación ilustrada en la figura 5A, unas válvulas 535 y 540 de emergencia se operan en general en una configuración activada, por lo que la cámara 521 frontal se conecta con la línea de presión por 535 y la cámara 522 trasera se desconecta por la válvula 540. Si se genera una indicación de fallo del sistema, el sistema de control de cabeceo de viento inicia la liberación de las válvulas 535 y 540 de emergencia, lo que termina en la cámara 521

frontal que se conecta con la línea de retorno por la válvula 535 y la cámara 522 trasera que se conecta a la línea de presión por la válvula 540. Mediante esta configuración operativa, se asegura que el cilindro 520 se extiende en una situación de emergencia y fuerza a las palas a realizar rápidamente la transición a la posición de bandera completa.

5 Una medida de seguridad de emergencia adicional incluida en algunas implementaciones del sistema implica un mecanismo 525 de bloqueo. Cuando se aplica presión a la cámara 521 frontal, el mecanismo de bloqueo se mantiene retraído en una posición inactiva. Sin embargo, si se genera una indicación de fallo del sistema por el sistema de control de la turbina, el sistema de control de cabeceo de viento reduce la presión de cámara frontal. A su vez, un recurso (resorte) que normalmente retiene el cilindro de bloqueo, acciona el cilindro que bloquea las palas en posición una vez hecha la transición a la posición de bandera completa. Ventajosamente, la pala se bloquea y sujeta en la posición de bandera completa. En caso contrario, las palas pueden moverse por el viento (especialmente en el caso en que las direcciones del viento se desplazan para llegar desde detrás de la góndola).

15 La figura 5B ilustra una implementación alternativa del sistema hidráulico de accionamiento de paso de pala de turbina. En lugar de implementar las válvulas 545 y 550 como válvulas separadas, la funcionalidad se logra implementando una única válvula 545A proporcional, acoplada comunicativamente con la válvula 540A de emergencia. Dependiendo de la implementación, el bloque 545A podría configurarse como una bloque de única válvula o que comprende dos válvulas separadas. En esta implementación, la operación normal implica activar la válvula 545A, que conecta por tanto la línea desde la válvula proporcional a la cámara trasera. En el caso de una indicación de fallo del sistema emitida por el controlador de la turbina, la operación de emergencia se basa en conectar la línea de presión a la cámara trasera para forzar al cilindro a extenderse y hacer transitar la pala a la posición de bandera completa.

20 La figura 6 ilustra aspectos de un diagrama de flujo operativo asociado con el sistema de control de la turbina según una implementación del sistema. Cuando la turbina se pone en línea 600, el sistema de control de la turbina interroga 605 al anemómetro para determinar la velocidad del viento actual para determinar a qué región operativa debería transitar la turbina 615. Si no existe viento, el controlador de la turbina recicla el procedimiento 610 de inicio y transita de vuelta a 600. Por otro lado, si se detecta viento, el controlador de la turbina transita para determinar qué región operativa proporcionará una transferencia 615 de energía eficaz y efectiva. Las diversas regiones operativas se analizan antes respecto a la figura 4.

25 En caso de que la turbina ya esté operando en una de las regiones operativas (650), el sistema de control de la turbina determinará si es necesario permanecer en la misma región operativa o transitar a una de las otras regiones 615 operativas. Si el controlador de la turbina determina que es necesario operar en la región II, el controlador envía un mensaje al sistema de control de paso de pala de viento para indicar que el paso de cada una de las palas de turbina debería accionarse/mantenerse en una posición 620 de bandera cero (es decir, un paso de cero grados). Si el controlador de la turbina determina que es necesario operar en la región III, la velocidad del viento se usa para determinar un paso porcentual óptimo para la pala. Un mensaje se transmite entonces al controlador de paso de pala de viento que a su vez accionará/mantendrá la pala a/en un porcentaje de paso óptimo para la velocidad del viento correspondiente. En caso de que el controlador de la turbina determina que es necesario operar en la región IV, se transmite un mensaje al controlador de paso de pala de viento para indicar que las palas deberían accionarse/mantenerse en una posición 635 de bandera completa (es decir, un paso de noventa grados).

30 El procedimiento para determinar la región operativa óptima y transitar a o mantener las palas en la región óptima se ejecuta periódicamente. La evaluación periódica actual puede ejecutarse sobre un intervalo de frecuencias periódicas en función de una variedad de características operativas. Por ejemplo, una implementación del sistema puede basarse en una determinación 625 de región periódica de 20 hz. Como parte de la transición de vuelta al inicio del procedimiento 625 de evaluación de región operativa, el controlador de la turbina determina si existe cualquier irregularidad 640 de tensión (por ejemplo, un evento de tensión).

35 Si no existe un evento de tensión detectado, el controlador de la turbina vuelve al punto A 650. Si se detecta un evento de tensión, el controlador de la turbina puede (1) transitar los sistemas de turbina auxiliares (por ejemplo, algunos sistemas de sensor de turbina) a un suministro 655 de energía ininterrumpido. El controlador de la turbina además (2) comprueba el nivel de tensión de suministro del suministro de energía configurado para suministrar a los sistemas 660 primarios de la turbina (por ejemplo, el sistema de control de paso de pala de viento). Si el suministro de energía se ha descargado y alcanza un nivel crítico, el controlador de la turbina genera una indicación 662 de fallo del sistema y acciona las palas a una posición 635 de bandera completa (por ejemplo, los ejemplos del sistema de accionamiento de fallo de emergencia se describen antes respecto a las figuras 5A-5B). Si el suministro de energía no se ha acercado a un nivel 665 crítico, a pesar de cualquier irregularidad de tensión detectada, el controlador de la turbina realiza un ciclo de vuelta a A 650 y vuelve a evaluar las características operativas actuales. Eficazmente, a pesar de irregularidades de tensión, los sistemas primarios de turbina se accionan en condiciones operativas normales sin transitar a y/o alimentarse por un dispositivo UPS. Sin embargo, se menciona que en algunas implementaciones, los sistemas de turbina auxiliares pueden operar a una capacidad reducida para disminuir el efecto de drenaje en un dispositivo UPS.

60 La figura 7 ilustra aspectos del sistema de turbina coordinado por el controlador de la turbina. En la figura 7, el sistema opera a una tensión 700 del sistema ordinaria hasta el tiempo T. En el tiempo T, el sistema detecta un

5 evento 705 de tensión, en el que la tensión de entrada cae significativamente. En este momento el controlador de la turbina puede configurarse para transitar los sistemas de turbina auxiliares al dispositivo UPS (mostrado por la línea 710 discontinua). Como se ha analizado antes, en algunas implementaciones, el sistema puede entrar entonces en un estado operativo de capacidad reducida para disminuir la demanda de carga en el UPS. También, cuando los sistemas auxiliares transitan al dispositivo UPS, el sistema gasta aún recursos adicionales y puede encontrar un breve retardo en el procesamiento de datos.

10 Por otro lado, a pesar de la caída en la tensión 700 de suministro de entrada, el controlador de la turbina opera los sistemas de turbina primarios bajo características operativas normales (línea 715 discontinua en negrita). Por ejemplo, el suministro de energía conectado al sistema de control de paso de pala de viento ni transita al UPS ni entra en un estado de capacidad operativa reducida. En su lugar, (como se ilustra por la línea 715 discontinua en negrita), el sistema de cabeceo se proporciona con características operativas ordinarias por el suministro de energía. En la implementación analizada en la figura 3B, esto puede lograrse almacenando energía en condensadores dentro del suministro de energía y luego descargando para mantener características 715 de tensión ordinarias.

15 Tal y como se ilustra, existe un punto en el tiempo T+2 cuando el suministro de energía ya no puede sostener estos niveles operativos. Sin embargo, en función de los parámetros del suministro de energía, puede ser posible asegurar que el tiempo T+2 sea significativamente más largo que la duración esperada de cualquier irregularidad de tensión.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100) generador de turbina eólica que comprende:

5 un suministro (235) de energía acoplado operativamente a sistemas (245, 255) de turbina primarios y auxiliares; un dispositivo (250) de suministro de energía ininterrumpido acoplado operativamente a sistemas (245) de turbina auxiliares;

una góndola que soporta una o más palas (130) de turbina y con un controlador (310) de paso de pala de turbina que controla un circuito hidráulico (260) de accionamiento de paso de turbina para cada una de las palas (130) de turbina y configurado para accionar la pala (130) entre una posición de bandera cero y una posición de bandera completa;

10 un controlador (200) de la turbina configurado para controlar sistemas de turbina auxiliares que se accionan por el suministro (235) de energía durante la operación ordinaria y en coordinación con el suministro (250) de energía ininterrumpido durante una irregularidad de tensión;

15 en el que el controlador (200) de la turbina está configurado además para controlar sistemas (245) de turbina primarios que incluyen un sistema (255) de control de paso de pala de turbina, en el que el controlador (200) de la turbina mantiene características operativas consistentes a través del suministro (235) de energía alimentando los sistemas (245) de turbina primarios independientes del dispositivo (250) de suministro de energía ininterrumpido durante tanto la operación normal como en irregularidades de tensión.

2. El sistema de la reivindicación 1, que comprende, además:

20 accionar todas las palas (130) de turbina en una posición de bandera completa tras detectar un nivel crítico del suministro (235) de energía responsable de alimentar los sistemas (245) de control de turbina primarios.

3. El sistema de la reivindicación 2, que comprende, además:

emitir una indicación de fallo del sistema si el controlador (200) de la turbina detecta un nivel crítico en el suministro (235) de energía responsable de los sistemas (245) de control de turbina primarios.

4. El sistema de la reivindicación 3, en el que el controlador (200) de la turbina requiere una anulación manual para transitar de vuelta a características operativas ordinarias tras emitir la indicación de fallo del sistema.

5. El sistema de la reivindicación 2, en el que cada una de las una o más palas (130) de turbina tiene un servomotor hidráulico de accionamiento de paso de pala independiente, o

30 en el que cada uno de los circuitos hidráulicos independientes se acopla comunicativamente con un cilindro (520) hidráulico y configurado para accionar el cilindro (520) hidráulico que cambia el paso de cada pala (130) de turbina entre una posición de bandera (620) cero y una posición (635) de bandera completa.

6. El sistema de la reivindicación 3, que comprende, además:

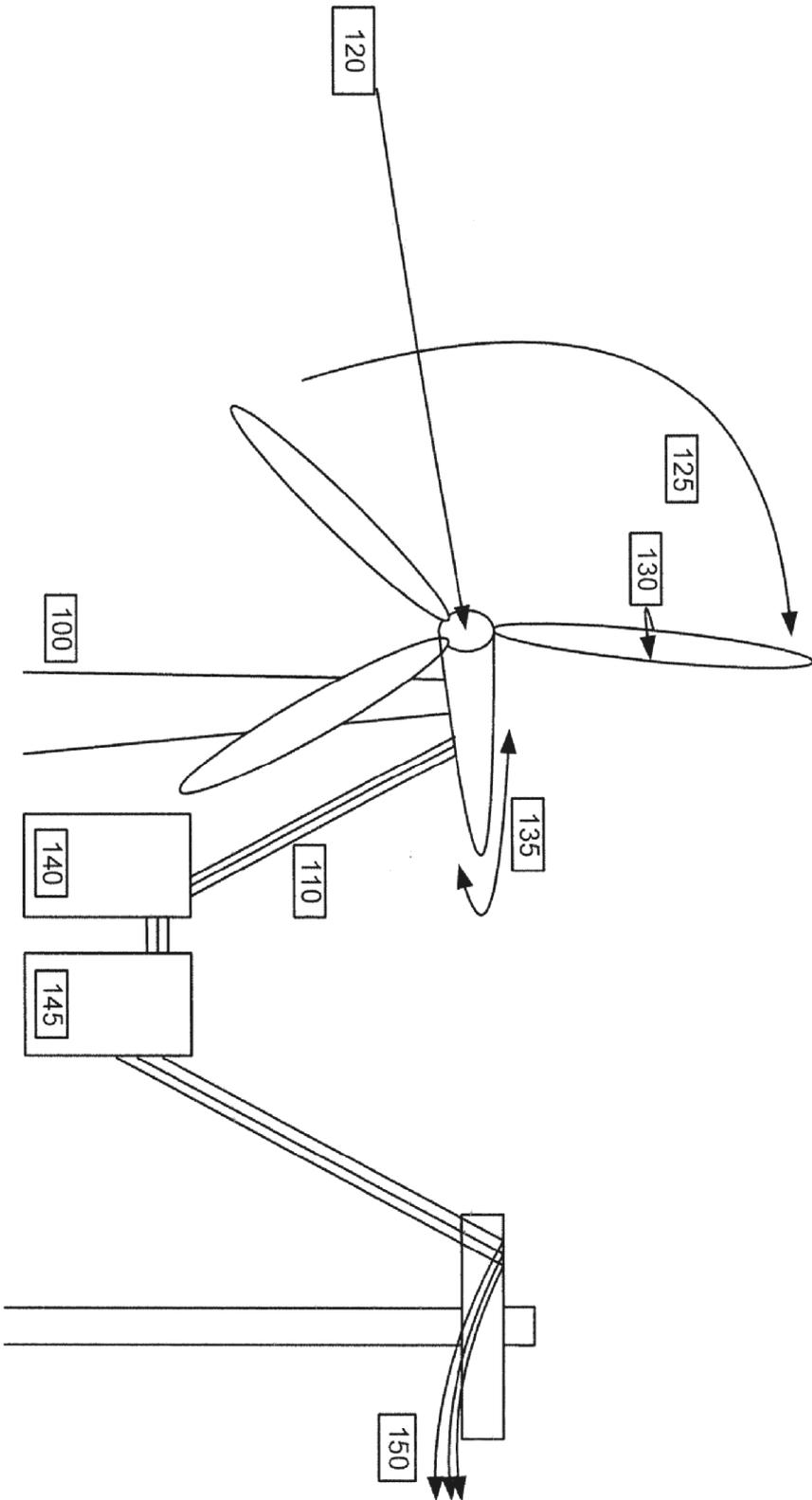
el controlador (310) de paso de pala de turbina se conecta operativamente con un circuito hidráulico (260) de accionamiento de paso configurado para accionar cada pala (130) de turbina con válvulas (535, 540) de accionamiento de emergencia; y opcionalmente

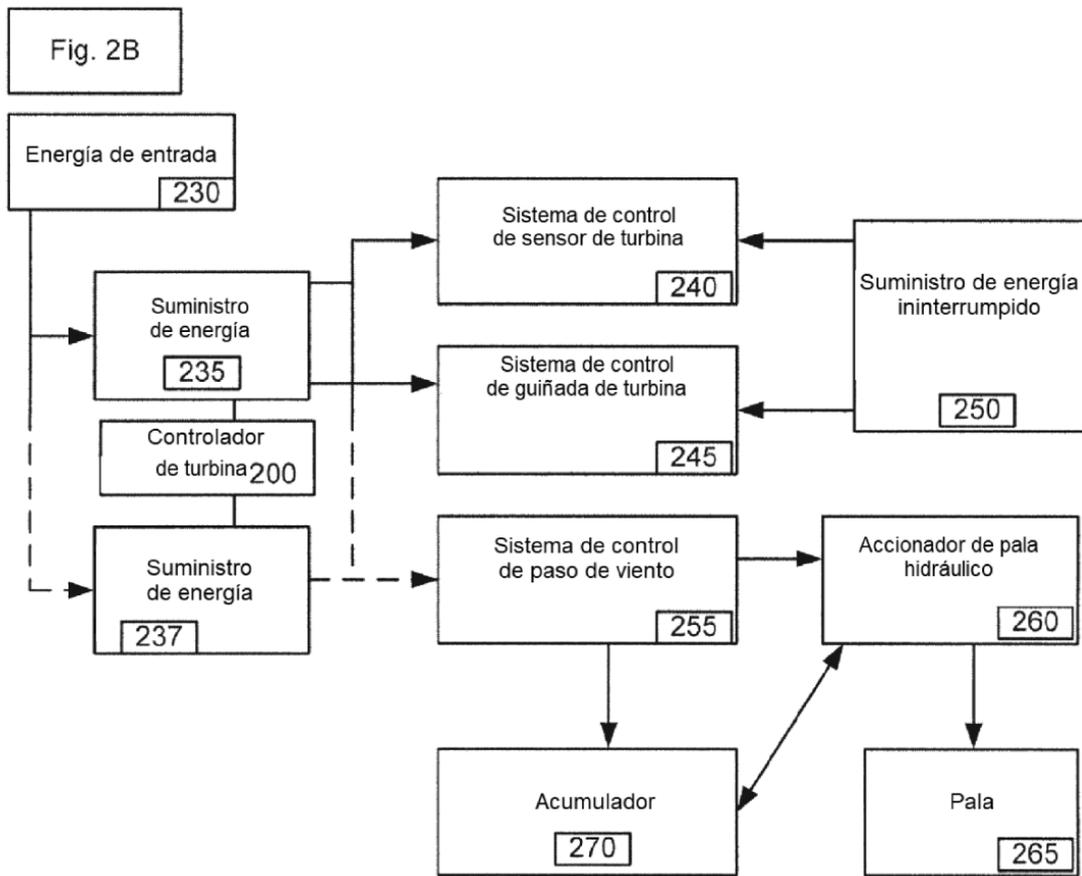
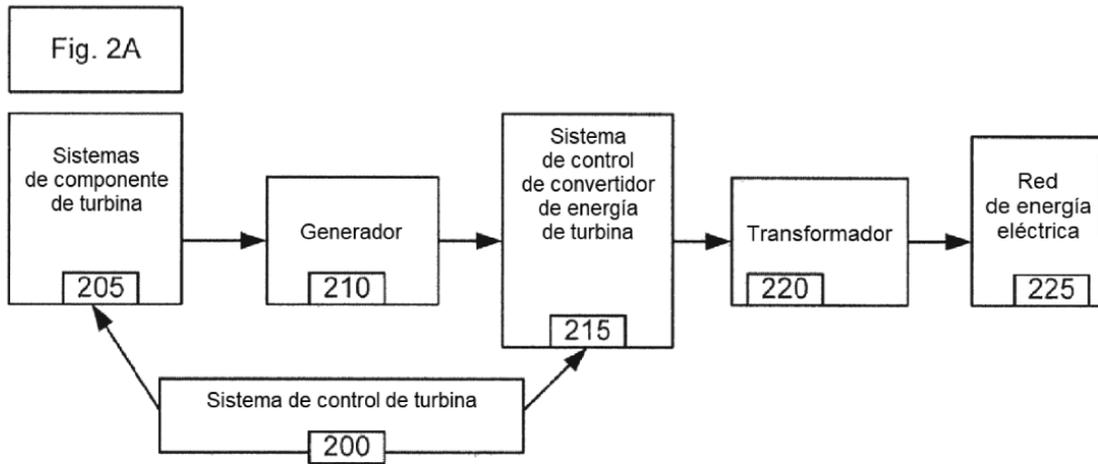
35 en el que cada pala (130) de turbina incluye un mecanismo (525) de bloqueo que está configurado para bloquear las palas (130) en una posición de bandera completa tras generarse una indicación de fallo del sistema; y opcionalmente

en el que cada circuito hidráulico (260) de accionamiento de paso de pala está configurado para ser accionado independientemente por el controlador (310) de paso de pala de turbina.

40

Fig. 1





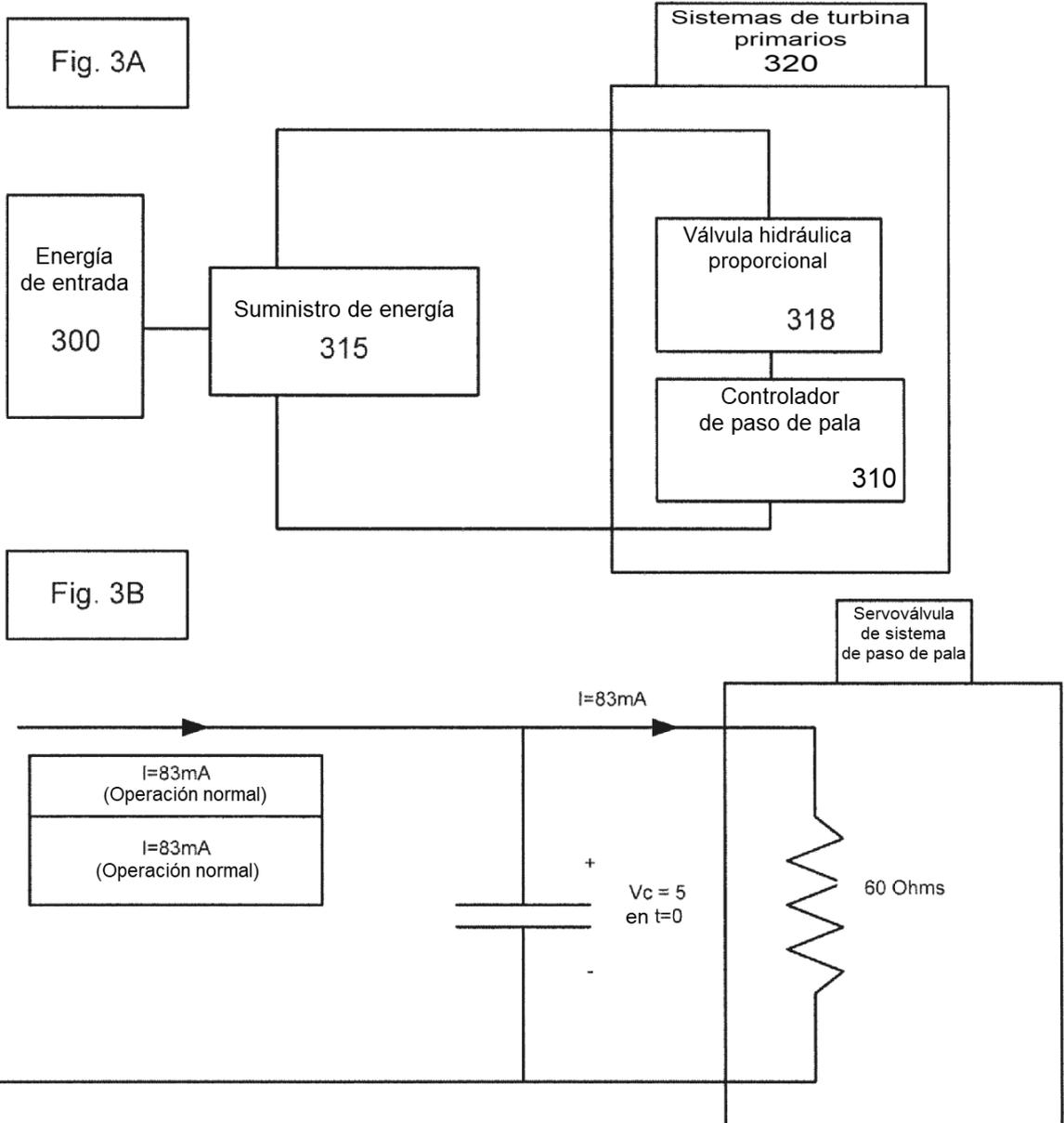
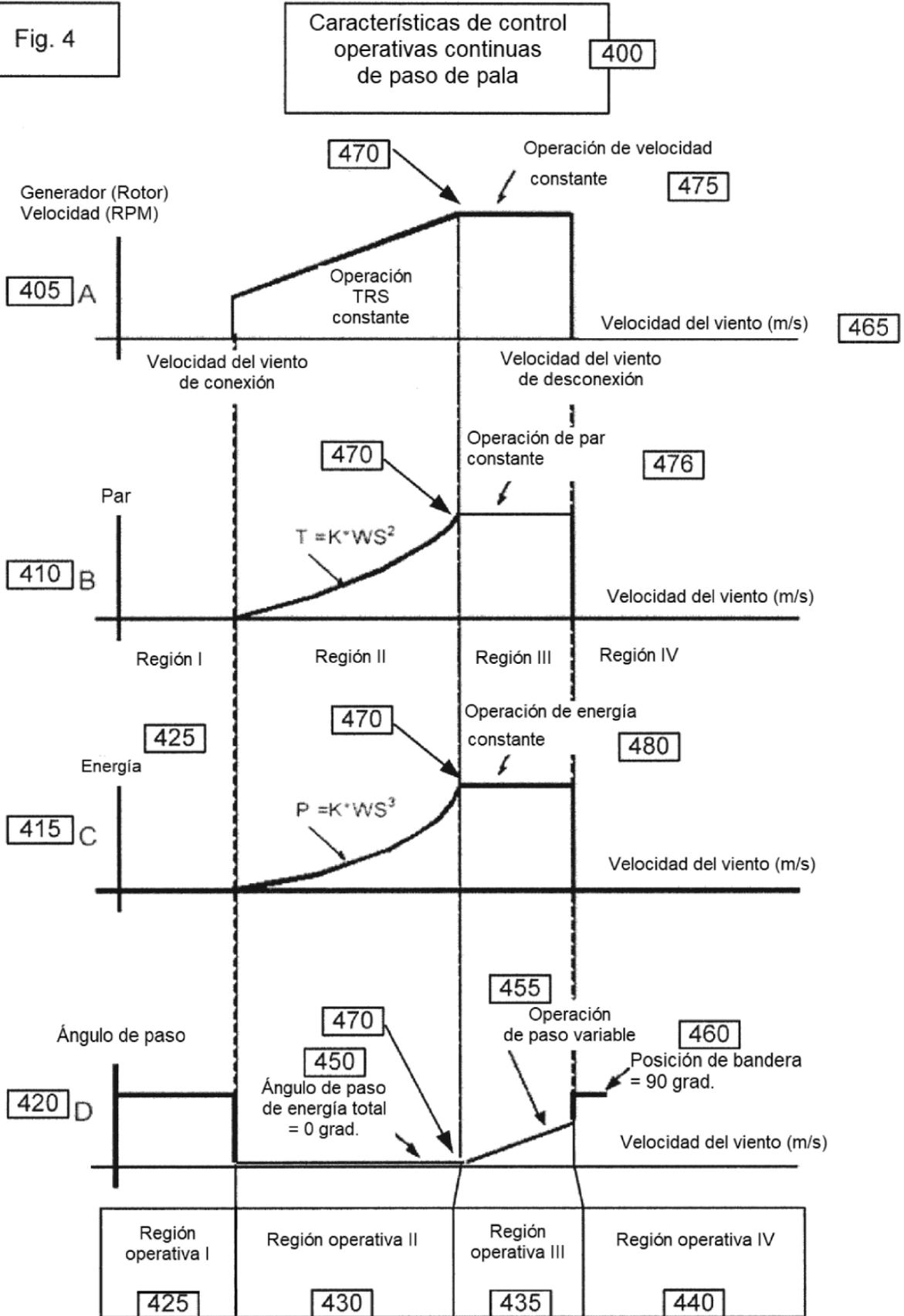
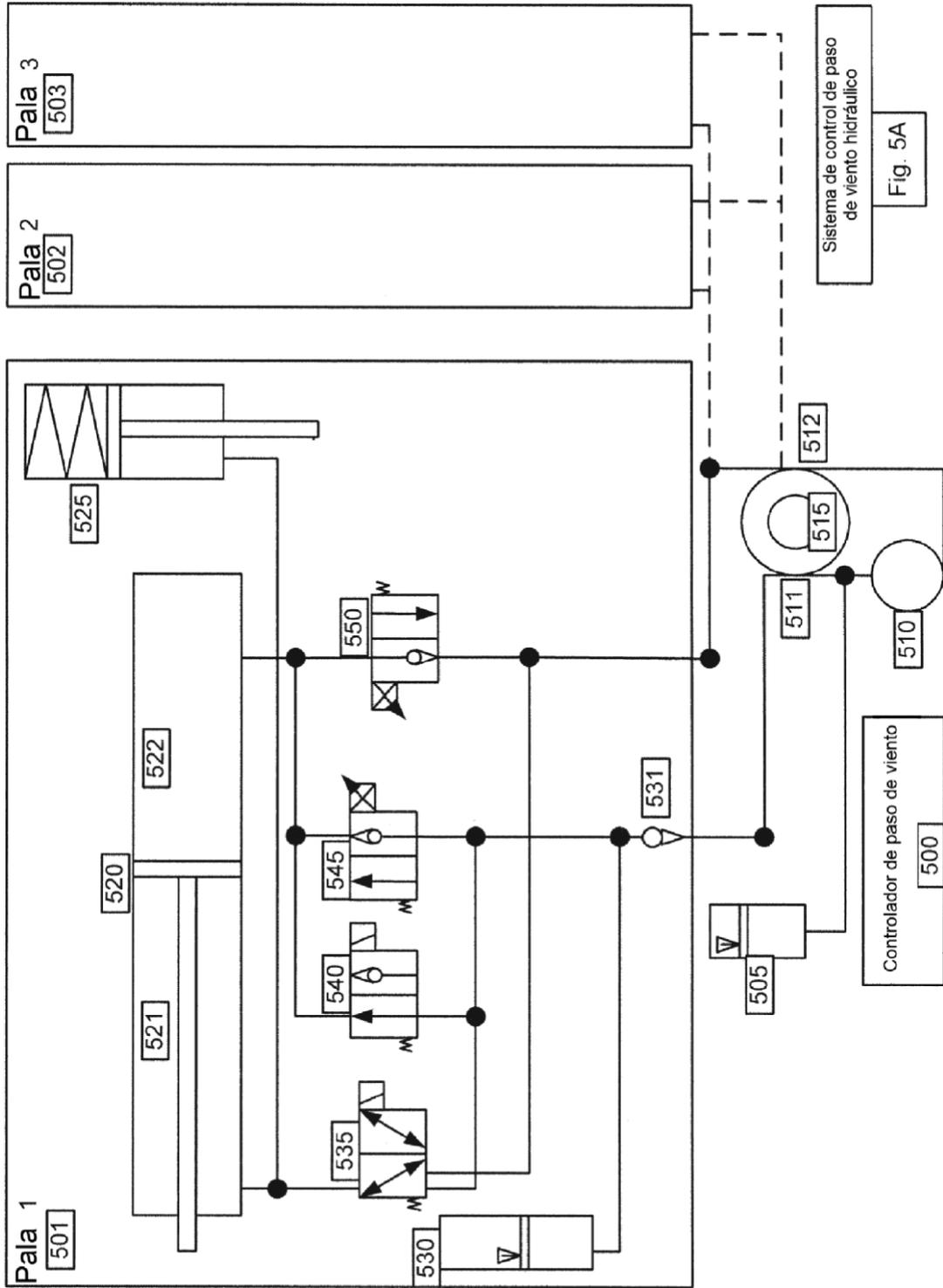


Fig. 4





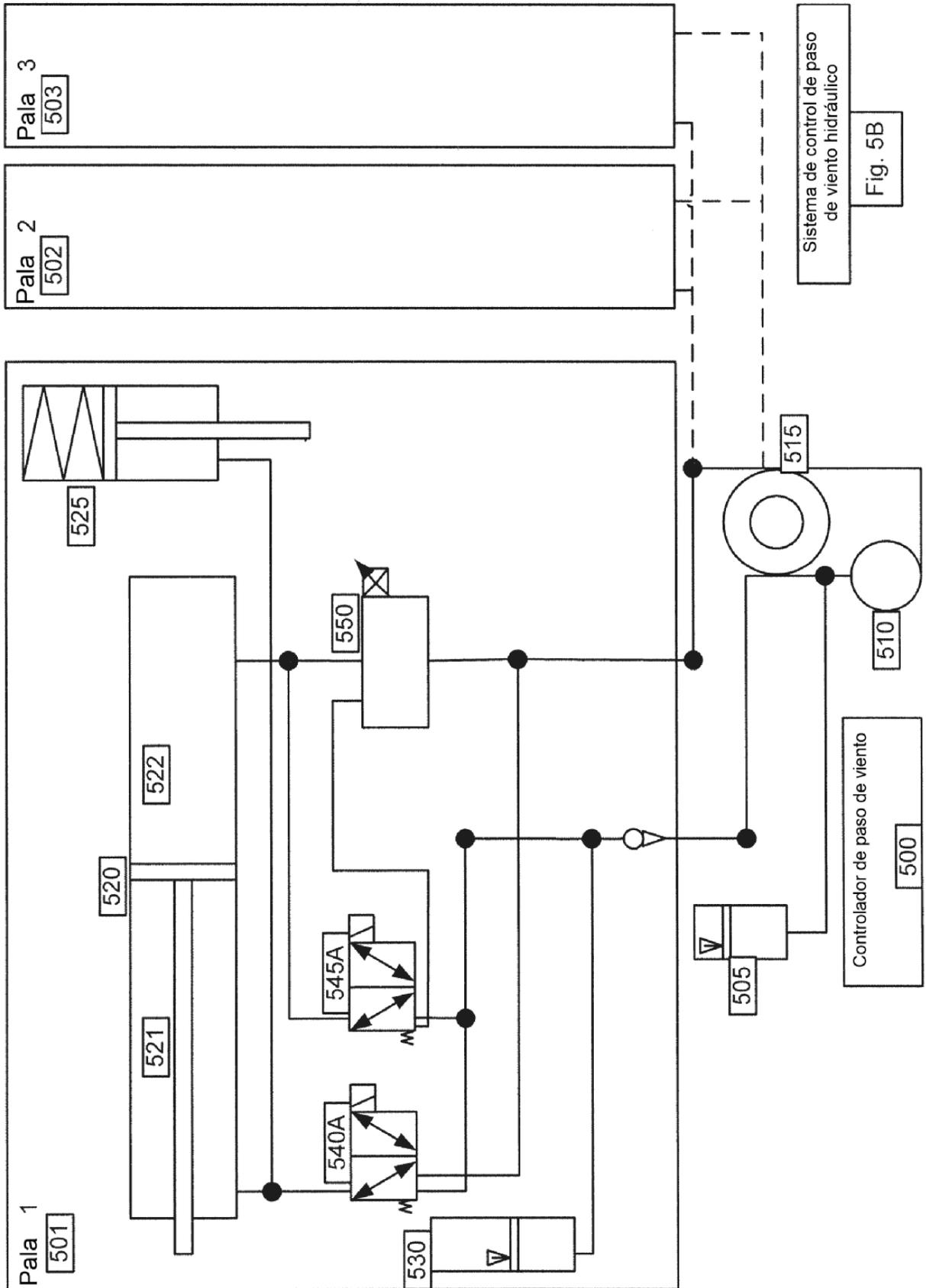


Fig. 6
Diagrama de flujo operativo

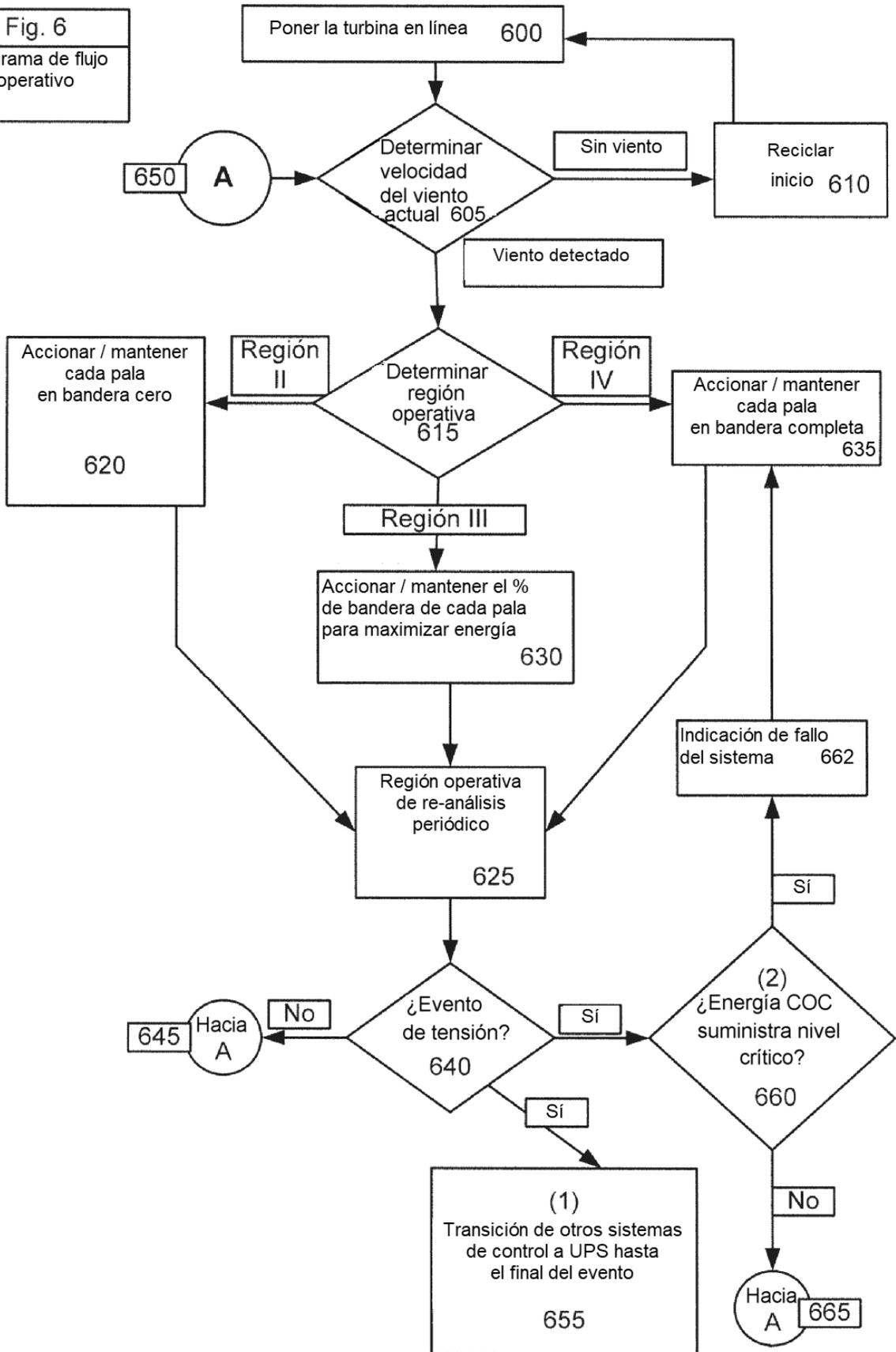


Fig. 7

