

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 824 484**

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: **11.03.2016** **E 16159951 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2020** **EP 3067557**

54 Título: **Control de consigna de turbina eólica**

30 Prioridad:

13.03.2015 US 201514656767

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.05.2021

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**CHACON, JOSEPH LAWRENCE;
GERBER, KRISTINA ANNE y
PENNINGTON, NOAH**

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 824 484 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

Control de consigna de turbina eólica

5 **[0001]** La presente materia objeto se refiere en general a turbinas eólicas y más en particular a sistemas y procedimientos para controlar las consignas para sistemas de turbinas eólicas.

10 **[0002]** La potencia eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y más respetuosas con el medio ambiente actualmente disponibles, y las turbinas eólicas han obtenido una creciente atención a este respecto. Una turbina eólica moderna típicamente incluye una torre, generador, caja de engranajes, góndola y una o más palas de rotor. Las palas de rotor capturan la energía cinética del viento usando principios de lámina conocidos y transmiten la energía cinética a través de energía de rotación para hacer girar un eje que acopla las palas de rotor a una caja de engranajes, o si no se usa una caja de engranajes, directamente al generador. A continuación, el generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica que se puede desplegar en una red de suministro.

15 **[0003]** Durante el funcionamiento de una turbina eólica, cada pala de rotor puede estar sujeta a deflexión y/o torsión debido a las cargas de viento aerodinámicas que actúan sobre la pala, lo que puede dar como resultado cargas de reacción transmitidas a través de la pala. Una turbina eólica puede controlar estas cargas usando un sistema de pitch que puede girar las palas de rotor durante el funcionamiento. Pitchear implica ajustar, tal como girar, una pala de rotor alrededor de un eje de pitch. Pitchear la pala de rotor ajusta la carga a la que se somete la pala de rotor durante el funcionamiento. En muchos casos, cada pala de rotor de una turbina eólica se gira a un ángulo de pitch individual, que puede ser diferente de los ángulos de pitch de otras palas de rotor en la turbina eólica. Además, estos ángulos se pueden ajustar constante o intermitentemente durante el funcionamiento. Dicho funcionamiento de giro para las palas de rotor permite de manera beneficiosa un ajuste frecuente de la carga experimentada por las palas de rotor.

20 **[0004]** Un sistema de pitch puede incluir un controlador de pitch y un mecanismo de ajuste de pitch. El controlador de pitch puede recibir señales indicativas de una consigna de ángulo de pitch desde un controlador de turbina. El controlador de pitch puede procesar estas señales y proporcionarlas al mecanismo de ajuste de pitch. A continuación, el mecanismo de ajuste de pitch puede girar las palas de rotor basado en las señales del controlador de pitch para lograr el ángulo de pitch deseado.

25 **[0005]** En determinados casos, puede ser deseable ajustar las consignas de ángulo de pitch proporcionados desde el controlador de turbina para incrementar o aumentar la producción de energía a diversas velocidades y/o potencia del viento. Sin embargo, en algunos casos, puede ser difícil ajustar las consignas de ángulo de pitch en el controlador de turbina por sí mismo. Por ejemplo, las instrucciones legibles por ordenador (por ejemplo, el código fuente) implementadas por el controlador de turbina al ejecutar diversas rutinas de control para proporcionar consignas de ángulo de pitch pueden no ser accesibles o de otro modo, no se puedan modificar.

30 **[0006]** En consecuencia, en la tecnología serían bienvenidos sistemas y procedimientos para modificar las consignas de ángulo de pitch proporcionados por un controlador de turbina a un sistema de pitch. Por ejemplo, serían en particular deseables sistemas y procedimientos que permitan el ajuste de consignas de ángulo de pitch proporcionados por un controlador de turbina sin requerir acceso o modificación de instrucciones legibles por ordenador implementadas por el controlador de turbina. El documento WO 2009/071882 A2 proporciona un ejemplo de modificación de una señal de control de pitch.

35 **[0007]** Diversos aspectos y ventajas de los modos de realización de la presente divulgación se expondrán en parte en la siguiente descripción, o se pueden aprender a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la práctica de los modos de realización.

40 **[0008]** Un aspecto de ejemplo de la presente divulgación está dirigido a un sistema para controlar una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1. El sistema incluye un controlador de turbina configurado para proporcionar una consigna y un sistema de funcionamiento configurado para controlar un parámetro asociado con el funcionamiento de la turbina eólica. El procedimiento incluye además un controlador secundario separado del controlador de turbina por una distancia. El controlador secundario se configura para recibir la consigna desde el controlador de turbina a través de una interfaz de comunicación. El controlador secundario se configura para ajustar la consigna a una consigna ajustada y para proporcionar una señal indicativa de la consigna ajustada al sistema de funcionamiento.

45 **[0009]** En la reivindicación 6 se divulga un procedimiento para controlar un ángulo de pitch de una o más palas de rotor de una turbina eólica. El procedimiento incluye recibir, en un controlador secundario, una señal indicativa de una consigna de ángulo de pitch desde un controlador de turbina. El procedimiento incluye además recibir, en el controlador secundario, una o más señales asociadas con una condición de entrada. El procedimiento incluye además, determinar, en el controlador secundario, una consigna de ángulo de pitch ajustada que es diferente de la consigna de ángulo de pitch basada, al menos en parte, a la condición de entrada. El procedimiento incluye

además proporcionar, por el controlador secundario, una señal indicativa de la consigna de ángulo de pitch ajustada a un controlador de pitch.

[0010] Aún otro aspecto de ejemplo de la presente divulgación está dirigido a un controlador secundario para ajustar una consigna de ángulo de pitch proporcionado por un controlador de turbina. El controlador secundario incluye una primera interfaz configurada para recibir una señal indicativa de una consigna de ángulo de pitch y una segunda interfaz configurada para recibir una o más señales asociadas con una condición de entrada. El controlador secundario incluye además uno o más procesadores y uno o más dispositivos de memoria. El uno o más dispositivos de memoria almacenan instrucciones legibles por ordenador que cuando se ejecutan por uno o más procesadores hacen que el uno o más procesadores realicen operaciones. Las operaciones incluyen recibir una señal indicativa de una consigna de ángulo de pitch por medio de la primera interfaz y recibir una o más señales asociadas con la condición de entrada por medio de la segunda interfaz. Las operaciones pueden incluir además determinar una consigna de ángulo de pitch ajustada que es diferente de la consigna de ángulo de pitch basada, al menos en parte, en la condición de entrada.

[0011] Se pueden realizar variaciones y modificaciones a estos modos de realización de ejemplo de la presente divulgación.

[0012] Diversos rasgos característicos, aspectos y ventajas de diversos modos de realización se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en, y forman parte de, esta memoria descriptiva, ilustran modos de realización de la presente divulgación y, conjuntamente con la descripción, sirven para explicar los principios relacionados.

[0013] El análisis detallado de los modos de realización dirigidos a un experto en la técnica se expone en la memoria descriptiva, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

La FIG. 1 representa una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica;

la FIG. 2 representa una vista interna en perspectiva de un modo de realización de una góndola de una turbina eólica;

la FIG. 3 representa un sistema de control de ejemplo de acuerdo con modos de realización de ejemplo de la presente divulgación;

la FIG. 4 ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de un controlador secundario para una turbina eólica de acuerdo con modos de realización de ejemplo de la presente divulgación;

la FIG. 5 representa un diagrama de flujo de un procedimiento de ejemplo para ajustar el ángulo de pitch de una pala de rotor de una turbina eólica de acuerdo con modos de realización de ejemplo de la presente divulgación;

la FIG. 6 representa un diagrama de flujo de un procedimiento de ejemplo para programar una rutina de ajuste para un controlador secundario de acuerdo con modos de realización de ejemplo de la presente divulgación; y

la FIG. 7 representa un diagrama de flujo de un procedimiento de ejemplo para ajustar la realimentación proporcionada por codificadores de ángulo de pitch de acuerdo con modos de realización de ejemplo de la presente divulgación.

[0014] Ahora se hará referencia en detalle a modos de realización de la invención, de los que se ilustran uno o más ejemplos en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, será evidente para los expertos en la técnica que se pueden hacer diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, los rasgos característicos ilustrados o descritos como parte de un modo de realización se pueden usar con otro modo de realización para proporcionar todavía otro modo de realización. Por tanto, se pretende que la presente invención abarque dichas modificaciones y variaciones como vienen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

[0015] Los aspectos de ejemplo de la presente divulgación están dirigidos a sistemas y procedimientos para controlar consignas en un sistema de control de turbina eólica. Los sistemas de control de turbinas eólicas pueden incluir un controlador de turbina configurado para proporcionar señales indicativas de consignas a diversos sistemas operativos de la turbina eólica. Como se usa en el presente documento, un sistema operativo de una turbina eólica puede ser cualquier sistema que se controle por un controlador de turbina eólica para realizar diversas funciones relacionadas con la generación de potencia por la turbina eólica. Un sistema operativo puede incluir, por ejemplo, un sistema de pitch, un sistema de guiñada, un generador, un sistema de potencia u otro sistema adecuado. El controlador de turbina puede determinar diversas consignas para controlar diversas características operativas de la turbina eólica.

[0016] En algunos casos, puede ser deseable modificar las consignas proporcionados por el controlador de turbina bajo diversas condiciones (por ejemplo, diferentes velocidades del viento y/o producción de potencia) para incrementar o aumentar adicionalmente la producción de energía de la turbina eólica. Sin embargo, en algunos casos puede ser difícil acceder a la programación (por ejemplo, instrucciones legibles por ordenador, tales como el código fuente y los parámetros fuente) asociada con el controlador de turbina para realizar cambios en las consignas.

[0017] De acuerdo con aspectos de ejemplo de la presente divulgación, se puede proporcionar un controlador secundario en una turbina eólica. El controlador secundario puede ser externo al controlador de turbina eólica y/o puede estar separado del controlador de turbina por una distancia. En modos de realización de ejemplo, el controlador secundario se puede acoplar entre el controlador de turbina y el sistema operativo de modo que el controlador secundario reciba las consignas desde el controlador de turbina. El controlador secundario puede recibir entradas tales como señales indicativas de la velocidad del viento y/o la potencia (por ejemplo, kilovatios) desde el sistema de control de turbina eólica y puede determinar un ajuste de la consigna desde el controlador de turbina basado, al menos en parte, en las diversas entradas. Las consignas ajustadas se pueden proporcionar al sistema del sistema operativo para ajustar los parámetros operativos de la turbina eólica.

[0018] Por ejemplo, en una implementación particular, el sistema operativo puede ser un sistema de pitch usado para ajustar el ángulo de pitch de las palas de rotor de la turbina eólica. Por ejemplo, a velocidades del viento por debajo de la velocidad nominal del viento de una turbina eólica (es decir, la velocidad del viento a la que una turbina eólica puede lograr su potencia nominal), el ángulo de pitch de las palas de rotor se puede mantener en una posición de potencia para captar la máxima cantidad de energía del viento. Sin embargo, a medida que las velocidades del viento alcanzan y superan la velocidad nominal del viento, el ángulo de pitch se puede ajustar hacia una posición de bandera para mantener la salida de potencia de la turbina eólica en su potencia nominal, evitando de este modo que los componentes de la turbina, tales como los componentes eléctricos, se deterioren.

[0019] El controlador de turbina puede proporcionar una consigna de ángulo de pitch a un sistema de pitch para ajustar un ángulo de pitch de las palas de rotor. Más en particular, el sistema de pitch puede incluir un controlador de pitch que procesa las consignas de ángulo de pitch y controla un mecanismo de ajuste de pitch para ajustar los ángulos de pitch de una o más palas de rotor basado en las consignas de ángulo de pitch. El controlador secundario puede determinar un ajuste de la consigna de ángulo de pitch desde el controlador de turbina. La consigna de ángulo de pitch ajustada se puede proporcionar al sistema de pitch para ajustar el ángulo de pitch de las palas de rotor.

[0020] En implementaciones de ejemplo, se puede determinar una consigna de ángulo de pitch ajustada basado en una rutina de ajuste. La rutina de ajuste puede proporcionar nuevas consignas ajustadas para diversas condiciones de entrada. Las condiciones de entrada se pueden basar, por ejemplo, en diversas velocidades del viento y/o producción de potencia de la turbina eólica. Como ejemplo, la rutina de ajuste puede asociar una primera consigna ajustada favorable a una producción de energía incrementada para velocidades del viento por debajo de un determinado umbral y puede asociar un segundo consigna ajustada favorable a una producción de energía incrementada para velocidades del viento por encima de un determinado umbral. Como resultado, se pueden determinar muchas consignas ajustadas para una variedad de condiciones de entrada a diferencia de una consigna constantemente polarizado.

[0021] La rutina de ajuste se puede programar en el controlador secundario. En modos de realización de ejemplo, la ruta de ajuste se puede programar en el controlador secundario cuando el controlador secundario está integrado en el sistema de control de turbina eólica. Por ejemplo, para cada una de una pluralidad de condiciones de entrada, el controlador secundario puede ajustar gradualmente las consignas de ángulo de pitch entre una pluralidad de consignas de ángulo de pitch graduales. El controlador secundario puede supervisar diversas entradas para determinar qué consigna de ángulo de pitch incremental proporciona la mejora mayor o suficientemente mayor en la producción de energía para la condición de entrada particular. Esta consigna de ángulo de pitch gradual se puede seleccionar como el ángulo de pitch ajustado para la condición de entrada particular.

[0022] Los sistemas y procedimientos de acuerdo con aspectos de ejemplo de la presente divulgación pueden proporcionar una modificación de las consignas de ángulo de pitch sin requerir acceso a instrucciones legibles por ordenador asociadas con el controlador de turbina. Esto puede permitir mejoras en todos los sistemas de pitch que utilizan control de ángulo de pitch, independientemente de la accesibilidad de otros aspectos del sistema de control.

[0023] Los aspectos de ejemplo de la presente divulgación se analizarán con referencia a un controlador secundario configurado para ajustar una consigna de ángulo de pitch para propósitos de ilustración y análisis. Los expertos en la técnica, usando las divulgaciones proporcionadas en el presente documento, entenderán que el controlador secundario puede ajustar otros tipos de consignas asociados con las condiciones operativas de una turbina eólica sin desviarse del alcance de la presente divulgación.

[0024] En referencia ahora a la FIG. 1, se ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica 10. Como se muestra, la turbina eólica 10 incluye en general una torre 12 que se extiende desde una superficie de apoyo 14, una góndola 16 montada en la torre 12 y un rotor 18 acoplado a la góndola 16. El rotor 18 incluye un buje giratorio 20 y al menos una pala de rotor 22 acoplada y que se extiende hacia fuera desde el buje 20. Por ejemplo, en el modo de realización ilustrado, el rotor 18 incluye tres palas de rotor 22. Sin embargo, en un modo de realización alternativo, el rotor 18 puede incluir más o menos de tres palas de rotor 22. Cada pala de rotor 22 puede estar espaciada alrededor del buje 20 para facilitar la rotación del rotor 18 para posibilitar que la energía cinética se transfiera desde el viento en energía mecánica utilizable y, posteriormente, en energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 20 se puede acoplar de forma giratoria a un generador eléctrico situado dentro de la góndola 16 para permitir que se produzca energía eléctrica.

[0025] La turbina eólica 10 también puede incluir un sistema de control de turbina que incluye el controlador de turbina 26 dentro de la góndola 16 o en algún otro lugar asociado con la turbina eólica 10. En general, el controlador de turbina 26 puede comprender uno o más dispositivos de procesamiento. Por tanto, en varios modos de realización, el controlador de turbina 26 puede incluir instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando se ejecutan por uno o más dispositivos de procesamiento, configuran el controlador 26 para realizar diversas funciones diferentes, tales como recibir, transmitir y/o ejecutar señales de control de turbina eólica. Como tal, el controlador de turbina 26 se puede configurar en general para controlar los diversos modos de funcionamiento (por ejemplo, secuencias de arranque o parada) y/o los componentes de la turbina eólica 10.

[0026] Como se analizará con más detalle a continuación, el controlador 26 se puede configurar para ajustar el paso de pala o el ángulo de pitch de cada pala de rotor 22 (es decir, un ángulo que determina una perspectiva de la pala 22 con respecto a la dirección del viento) alrededor de un eje de pitch 28 para controlar la velocidad de rotación de la pala de rotor 22 y/o la salida de potencia generada por la turbina eólica 10. Por ejemplo, el controlador de turbina 26 puede determinar consignas de ángulo de pitch de las palas de rotor 22, individual o bien simultáneamente. A continuación, el controlador 26 puede proporcionar señales de control indicativas de las consignas de ángulo de pitch a un sistema de pitch. Durante el funcionamiento de la turbina eólica 10, el controlador 26 en general puede proporcionar consignas de ángulo de pitch para alterar el ángulo de pitch de cada pala de rotor 22 entre 0 grados (es decir, una posición de potencia de la pala de rotor 22) y 90 grados (es decir, una posición en bandera de la pala de rotor 22).

[0027] Como se analizará en detalle a continuación, las consignas de ángulo de pitch se pueden proporcionar a un controlador secundario (mostrado en la FIG. 3) que puede ajustar las consignas de ángulo de pitch para incrementar la producción de energía de la turbina eólica. A continuación, se pueden proporcionar las consignas de ángulo de pitch ajustadas a un sistema de pitch.

[0028] En referencia ahora a la FIG. 2, se ilustra una vista interna simplificada de un modo de realización de la góndola 16 de la turbina eólica 10 mostrada en la FIG. 1. Como se muestra, se puede disponer un generador 24 dentro de la góndola 16. En general, el generador 24 se puede acoplar al rotor 18 para producir potencia eléctrica a partir de la energía de rotación generada por el rotor 18. Por ejemplo, como se muestra en el modo de realización ilustrado, el rotor 18 puede incluir un eje de rotor 32 acoplado al buje 20 para girar con el mismo. El eje de rotor 32 se puede acoplar, a su vez, de forma giratoria a un eje de generador 34 del generador 24 a través de una caja de engranajes 36. Como se entiende en general, el eje de rotor 32 puede proporcionar una entrada de par de torsión alto y baja velocidad a la caja de engranajes 36 en respuesta a la rotación de las palas de rotor 22 y el buje 20. A continuación, la caja de engranajes 36 se puede configurar para convertir la entrada de par de torsión alto y baja velocidad en una salida de par de torsión bajo y alta velocidad para accionar el eje de generador 34 y, por tanto, el generador 24.

[0029] Además, el controlador de turbina 26 también puede estar localizado dentro de la góndola 16. Como se entiende en general, el controlador de turbina 26 se puede acoplar de forma comunicativa a cualquier número de componentes de la turbina eólica 20 para controlar el funcionamiento de dichos componentes. Por ejemplo, el controlador de turbina 26 se puede acoplar de forma comunicativa (por ejemplo, por medio de un controlador secundario y/o un controlador de pitch (mostrado en la FIG. 3)) a cada mecanismo de ajuste de pitch 30 de la turbina eólica 10 (de los que se muestra uno) para facilitar la rotación de cada pala de rotor 22 alrededor de su eje de pitch 28.

[0030] En general, cada mecanismo de ajuste de pitch o sistema de pitch 30 puede incluir un controlador de pitch y/o cualquier componente adecuado y puede tener cualquier configuración adecuada que permita que el mecanismo de ajuste de pitch 30 funcione como se describe en el presente documento. Por ejemplo, en varios modos de realización, cada mecanismo de ajuste de pitch 30 puede incluir un motor de accionamiento de pitch 38 (por ejemplo, cualquier motor eléctrico adecuado), una caja de engranajes de accionamiento de pitch 40 y un piñón de accionamiento del paso 42. En dichos modos de realización, el motor de accionamiento de pitch 38 se puede acoplar a la caja de engranajes de accionamiento de pitch 40 de modo que el motor de accionamiento de pitch 38 imparta fuerza mecánica a la caja de engranajes de accionamiento de pitch 40. De forma similar, la caja de engranajes de accionamiento de pitch 40 se puede acoplar al piñón de accionamiento de pitch 42 para girar con el mismo. El piñón de accionamiento de pitch 42 puede estar, a su vez, en acoplamiento rotacional con un cojinete

de pitch 44 acoplado entre el buje 20 y una pala de rotor 22 correspondiente de modo que la rotación del piñón de accionamiento de pitch 42 provoca la rotación del cojinete de pitch 44. Por tanto, en dichos modos de realización, la rotación del motor de accionamiento de pitch 38 acciona la caja de engranajes de accionamiento de pitch 40 y el piñón de accionamiento de pitch 42, haciendo girar de este modo el cojinete de pitch 44 y la pala de rotor 22 alrededor del eje de pitch 28.

[0031] En modos de realización alternativos, se debe apreciar que cada mecanismo de ajuste de pitch 30 puede tener cualquier otra configuración adecuada que facilite la rotación de una pala de rotor 22 alrededor de su eje de pitch 28. Por ejemplo, son conocidos mecanismos de ajuste de pitch 30 que incluyen un dispositivo accionado hidráulico o neumático (por ejemplo, un cilindro hidráulico o neumático) configurado para transmitir energía de rotación al cojinete de pitch 44, provocando de este modo que la pala de rotor 22 gire alrededor de su eje de pitch 28. Por tanto, en varios modos de realización, en lugar del motor de accionamiento de pitch 38 eléctrico descrito anteriormente, cada mecanismo de ajuste de pitch 30 puede incluir un dispositivo accionado hidráulico o neumático que utiliza presión de fluido para aplicar par de torsión al cojinete de pitch 44.

[0032] Todavía en referencia a la FIG. 2, la turbina eólica también puede incluir una pluralidad de sensores 46, 48 para supervisar uno o más parámetros y/o condiciones de la turbina eólica 10. Como se usa en el presente documento, un parámetro o condición de la turbina eólica 10 se "supervisa" cuando se usa un sensor 46, 48 para determinar su valor actual. Por tanto, el término "supervisión" y variaciones del mismo se usan para indicar que los sensores 46, 48 no necesitan proporcionar una medición directa del parámetro y/o condición que se supervisa. Por ejemplo, se pueden usar los sensores 46, 48 para generar señales relacionadas con el parámetro y/o condición que se supervisa, que a continuación se pueden utilizar por el controlador de turbina 26, controlador secundario (FIG. 3), controlador de pitch (FIG. 3) u otro dispositivo adecuado para determinar el parámetro y/o condición real. Por ejemplo, en un modo de realización, los sensores 46, 48 pueden ser codificadores que proporcionan la posición de ángulo de pitch de vuelta a un controlador de pitch y finalmente de vuelta al controlador de turbina 26. La posición de ángulo de pitch se puede usar como realimentación para que el sistema de pitch ajuste el ángulo de pitch de las palas de rotor 22 de acuerdo con la consigna de ángulo de pitch.

[0033] La FIG. 3 representa un sistema de control para una turbina eólica, tal como la turbina eólica 10 de la FIG. 1, de acuerdo con modos de realización de ejemplo de la divulgación. Como se muestra, el sistema de control 10 incluye un controlador de turbina eólica 26 configurado para proporcionar una señal indicativa de una consigna de ángulo de pitch para un sistema de pitch 30, que incluye un controlador de pitch 35. El controlador de pitch 35 puede controlar un motor de pitch 38 para ajustar el ángulo de pitch de una pala de rotor como se analiza con más detalle anteriormente.

[0034] El controlador de turbina 26 puede incluir instrucciones legibles por ordenador que cuando se ejecutan por uno o más procesadores hacen que el uno o más procesos implementen diversas rutinas de control, tales como la determinación de las consignas de ángulo de pitch para el sistema de pitch 30. En algunos modos de realización, las instrucciones legibles por ordenador asociadas con el controlador de turbina 26 pueden ser inaccesibles o de otro modo no estar disponibles. Por ejemplo, el controlador de turbina 26 se puede haber instalado y/o configurado por un proveedor de servicios diferente o por el fabricante de equipo original (OEM).

[0035] Para ajustar las consignas de ángulo de pitch, por ejemplo, para el propósito de aumentar la producción de energía de la turbina eólica, se puede romper una trayectoria de señal 126 para comunicar una consigna de ángulo de pitch y otra información entre el controlador de turbina 26 y el sistema de pitch 30 (por ejemplo, el controlador de pitch 35). Se puede insertar un controlador secundario 100 en una nueva trayectoria de señal entre el controlador de turbina eólica 26 y el sistema de pitch 35.

[0036] El controlador secundario 100 puede estar separado del controlador de turbina eólica 26 por una distancia (por ejemplo, 1 m, 1 cm o menos, 2 m o más, u otra distancia adecuada). Además, el controlador secundario 100 puede estar localizado en una carcasa separada y/o puede incluir uno o más componentes (por ejemplo, procesadores, dispositivos de memoria, etc.) que son diferentes de los componentes del controlador de turbina eólica 26. En modos de realización, el controlador secundario 100 puede usar diferentes instrucciones legibles por ordenador almacenadas en un lenguaje o protocolo diferente en relación con el controlador de turbina 26. De esta manera, el controlador secundario 100 puede ser un dispositivo independiente y separado tanto del controlador de turbina eólica 26 como del controlador de pitch 35.

[0037] El controlador secundario 100 se puede configurar para recibir señales de control indicativas de las consignas de ángulo de pitch desde el controlador de turbina 26 por medio de una trayectoria de señal 128. Como se usa en el presente documento, una trayectoria de señal puede incluir cualquier medio de comunicación adecuado para transmitir las señales. Por ejemplo, una trayectoria de señal puede incluir cualquier número de enlaces por cable o inalámbricos, incluyendo la comunicación por medio de una o más conexiones Ethernet, conexiones de fibra óptica, buses de red, líneas eléctricas, conductores o circuitos para transmitir información de forma inalámbrica. Las señales se pueden comunicar sobre una trayectoria de señal usando cualquier protocolo de comunicación adecuado, tal como un protocolo de comunicación en serie, un protocolo de banda ancha sobre línea eléctrica, un protocolo de comunicación inalámbrica u otro protocolo adecuado.

[0038] El controlador secundario 100 también puede recibir señales de entrada desde diversos sensores asociados con diversas condiciones de entrada. Las condiciones de entrada pueden ser representativas de la producción de potencia para la turbina eólica, las condiciones de velocidad del viento para la turbina eólica y/u otros parámetros adecuados. Por ejemplo, el controlador secundario 100 puede recibir una señal del sensor 102 sobre la trayectoria de señal 132. El sensor 102 puede ser un sensor asociado con el sistema eléctrico de la turbina eólica que proporciona señales indicativas de la producción de potencia de la turbina eólica. El controlador secundario 100 también puede recibir una señal desde el sensor 104 sobre la trayectoria de señal 134. El sensor 104 puede ser un sensor configurado para proporcionar señales indicativas de la velocidad del viento, tal como un anemómetro u otro procedimiento o aparato adecuado.

[0039] Por ejemplo, la velocidad del viento de la turbina eólica 10 se puede medir, tal como a través del uso de un sensor meteorológico adecuado. Los sensores meteorológicos adecuados incluyen, por ejemplo, dispositivos de detección por luz y distancia ("LIDAR"), dispositivos de detección sónica y distancia ("SODAR"), anemómetros, veletas de viento, barómetros y dispositivos de radar (tales como dispositivos de radar Doppler). Todavía en otros modos de realización alternativos, se pueden utilizar sensores para medir la deflexión de las palas de rotor 22. Esta deflexión se puede correlacionar con la velocidad del viento a la que están sometidas las palas de rotor 22. Todavía, además, se puede utilizar cualquier procedimiento y aparato de medición adecuado para medir directa o indirectamente la velocidad del viento actual.

[0040] El controlador secundario 100 se puede configurar para determinar una consigna de ángulo de pitch ajustada basado, al menos en parte, en la condición de entrada (por ejemplo, velocidad del viento) como se determina a partir, por ejemplo, de las señales recibidas de los sensores 102, 104. En implementaciones particulares, la consigna de ángulo de pitch ajustada se determina basado, al menos en parte, en una rutina de ajuste. La rutina de ajuste correlaciona diversas consignas de ángulo de pitch ajustadas con las diferentes condiciones de entrada para proporcionar una producción de energía aumentada. Los procedimientos de ejemplo para programar una rutina de ajuste en el controlador 100 se analizarán con más detalle a continuación.

[0041] Una vez determinados, las consignas de ángulo de pitch ajustadas se pueden comunicar por el controlador secundario 100 al sistema de pitch 30 sobre la trayectoria de señal 130. Por ejemplo, las consignas de ángulo de pitch ajustadas se pueden comunicar al controlador de pitch 35, que a su vez puede usar las consignas de ángulo de pitch ajustadas para ajustar los ángulos de pitch de las diversas palas de rotor de la turbina eólica.

[0042] La presente divulgación se ha analizado con referencia a un controlador secundario 100 dispuesto entre el controlador de turbina eólica 100 y el controlador de pitch 35. Sin embargo, el controlador secundario 100 también se puede implementar en otros aspectos del sistema de control, tales como entre el controlador de pitch 35 y los diversos componentes del sistema de pitch 30, tales como el motor de pitch 38.

[0043] En referencia ahora a la FIG. 4, se ilustra un diagrama de bloques de un modo de realización de componentes adecuados que se pueden incluir dentro del controlador secundario 100 (o el controlador de turbina 26 o el controlador de pitch 35) de acuerdo con aspectos de ejemplo de la presente divulgación. Como se muestra, el controlador secundario 100 puede incluir uno o más procesadores 112 y dispositivos de memoria asociados 114 configurados para realizar una variedad de funciones implementadas por ordenador (por ejemplo, realizar los procedimientos, etapas, cálculos y similares descritos en el presente documento).

[0044] Como se usa en el presente documento, el término "procesador" se refiere no solo a los circuitos integrados referidos en la técnica como incluidos en un ordenador, sino que también se refiere a un controlador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador de lógica programable (PLC), un circuito integrado específico de la aplicación y otros circuitos programables. Adicionalmente, el/los dispositivo(s) de memoria 114 en general puede(n) comprender elemento(s) de memoria que incluye(n), pero sin limitarse a, un medio legible por ordenador (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM)), un medio legible por ordenador no volátil (por ejemplo, una memoria flash), un disquete, un disco compacto de memoria de sólo lectura (CD-ROM), un disco magnetoóptico (MOD), un disco versátil digital (DVD) y/u otros elementos de memoria adecuados.

[0045] Dicho(s) dispositivo(s) de memoria 114 se puede(n) configurar en general para almacenar instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando se implementan por el/los procesador(es) 112, configuran el controlador secundario 100 para realizar diversas funciones que incluyen, pero sin limitarse a, recibir directa o indirectamente (desde un controlador de turbina 26) señales de control indicativas de las consignas de ángulo de pitch, recibir señales de control desde uno o más sensores (por ejemplo, sensores de velocidad del viento, sensores de producción de potencia) indicativas de diversas condiciones de entrada, determinar consignas de ángulo de pitch ajustadas y/o transmitir señales de control adecuadas indicativas de consignas de ángulo de pitch ajustadas a uno o más del sistema de pitch 30 (por medio del controlador de pitch 35), y otras diversas funciones implementadas por ordenador adecuadas.

[0046] Como se ilustra, el/los dispositivo(s) de memoria 114 también puede(n) almacenar una rutina de ajuste 120. La rutina de ajuste 120 puede correlacionar diversas consignas de ángulo de pitch ajustadas con diferentes

condiciones de entrada. La rutina de ajuste 120 se puede programar en el/los dispositivo(s) de memoria 114 de cualquier manera adecuada. En un modo de realización de ejemplo, la rutina de ajuste 120 se puede programar automáticamente en el/los dispositivo(s) de memoria 114 cuando el controlador secundario 100 se implementa en el sistema de control de la turbina eólica como se analizará con más detalle a continuación.

[0047] Además, el controlador secundario 100 también puede incluir una interfaz de comunicaciones 122 para facilitar las comunicaciones entre el controlador 100 y los diversos componentes de la turbina eólica 10. Una interfaz puede incluir uno o más circuitos, terminales, pines, contactos, conductores u otros componentes para enviar y recibir señales de control. Por ejemplo, la interfaz de comunicaciones 100 puede servir como una primera interfaz para permitir que el controlador secundario 100 reciba señales de control indicativas de la consigna de ángulo de pitch desde el controlador de turbina 26 y transmita señales de control a cada sistema de pitch 30 (por medio del controlador de pitch 35) para controlar el ángulo de pitch de las palas de rotor. Además, el controlador secundario puede incluir una interfaz de sensor 124 (por ejemplo, uno o más convertidores de analógico a digital) para permitir que las señales transmitidas desde los sensores (por ejemplo, sensores 102, 104) se conviertan en señales que se puedan entender y procesar por los procesadores 112.

[0048] La FIG. 5 representa un diagrama de flujo de un procedimiento de ejemplo (200) para controlar un ángulo de pitch de una o más palas de rotor de una turbina eólica de acuerdo con modos de realización de ejemplo de la presente divulgación. El procedimiento (200) se puede implementar usando uno o más dispositivos de control, tales como uno o más de los controladores representados en la FIG. 3. Además, la FIG. 5 representa las etapas realizadas en un orden particular para propósitos de ilustración y análisis. Los expertos en la técnica, usando las divulgaciones proporcionadas en el presente documento, entenderán que las etapas de cualquiera de los procedimientos divulgados en el presente documento se pueden modificar, expandir, omitir, reorganizar y/o adaptar de diversas formas sin desviarse del alcance de la presente divulgación.

[0049] En (202), el procedimiento incluye recibir una consigna de ángulo de pitch en un controlador secundario desde el controlador de turbina. Por ejemplo, el controlador secundario 100 de la FIG. 3 puede recibir una señal de control indicativa de la consigna de ángulo de pitch desde el controlador de turbina 26 sobre la trayectoria de señal 128 por medio de una primera interfaz. En (204) de la FIG. 5, se pueden recibir una o más señales asociadas con una condición de entrada. Por ejemplo, el controlador secundario 100 puede recibir señales de diversos sensores, tales como el sensor 102 y el sensor 104. La condición de entrada puede ser un nivel particular de producción de potencia, una velocidad del viento particular o una combinación. La condición de entrada también se puede basar en otros parámetros adecuados sin desviarse del alcance de la presente divulgación.

[0050] En (206), se puede acceder a una rutina de ajuste. Por ejemplo, se puede acceder a una rutina de ajuste 120 programada en un dispositivo de memoria 114 asociado o en comunicación con el controlador secundario 100. La rutina de ajuste puede correlacionar diversas consignas de ángulo de pitch ajustadas con diferentes condiciones de entrada. Por ejemplo, un primer ángulo de pitch ajustado se puede asociar con velocidades del viento por debajo de un umbral. Un segundo ángulo de pitch ajustado se puede asociar con velocidades por encima de un umbral.

[0051] La FIG. 6 representa un procedimiento de ejemplo de determinación de una rutina de ajuste de acuerdo con modos de realización de ejemplo de la presente divulgación. La rutina de ajuste se puede realizar en cualquier momento adecuado, tal como cuando se implementa por primera vez un controlador secundario en el sistema de control y/o en intervalos periódicos. En general, el procedimiento incluye ajustar gradualmente la consigna de ángulo de pitch entre una pluralidad de consignas de ángulo de pitch graduales (por ejemplo, consigna de ángulo de pitch de $\pm 0,5^\circ$, $\pm 1,0^\circ$, $\pm 1,5^\circ$, $\pm 2,0^\circ$, $\pm 2,5^\circ$, etc.). Se puede usar cualquier número adecuado de consignas de ángulo de pitch graduales sin desviarse del alcance de la presente divulgación. La producción de potencia de la turbina eólica se puede supervisar en cada uno de la pluralidad de diferentes consignas de ángulo de pitch graduales. La consigna de ángulo de pitch ajustada para la condición de entrada se puede seleccionar basado, al menos en parte, en la producción de potencia asociada con cada consigna de ángulo de pitch gradual, de modo que la consigna de ángulo de pitch gradual asociado con la producción de potencia más mejorada y/o aumentada se seleccione como la consigna de ángulo de pitch ajustada.

[0052] Más en particular en (302), se puede identificar una nueva condición de entrada. Por ejemplo, basado en señales recibidas desde los sensores 102 y 104, el controlador secundario 100 puede identificar que está presente una nueva condición de entrada (por ejemplo, una nueva velocidad del viento). En (304), el procedimiento puede incluir ajustar gradualmente la consigna del ángulo de pitch a un siguiente ángulo de pitch gradual. La producción de potencia en el ángulo de pitch gradual se puede supervisar (306). Se determina si la producción de potencia en el ángulo de pitch gradual se mejora o aumenta en (308). De lo contrario, a continuación se determina si el ángulo de pitch gradual es el último ángulo de pitch de la pluralidad de ángulos de pitch graduales (312). Si es así, el procedimiento termina. De otro modo, el procedimiento vuelve a (304) donde el ángulo de pitch se ajusta gradualmente al siguiente ángulo de pitch gradual.

[0053] Si la producción de potencia se mejora o aumenta en (308), el ángulo de pitch gradual se selecciona como el ángulo de pitch ajustado para la condición de entrada (310). A continuación, se determina si el ángulo de pitch gradual es el último ángulo de pitch de la pluralidad de ángulos de pitch graduales (312). Si es así, el procedimiento

termina. De otro modo, el procedimiento vuelve a (304) donde el ángulo de pitch se ajusta gradualmente al siguiente ángulo de pitch gradual. Este proceso se repite hasta que se hayan sometido a prueba todos los ángulos de pitch graduales en la pluralidad de ángulos de pitch graduales.

5 **[0054]** La FIG. 6 representa un procedimiento de ejemplo para programar una rutina de ajuste en un controlador secundario de acuerdo con aspectos de ejemplo de la presente divulgación. Se pueden usar otros procedimientos adecuados sin desviarse del alcance de la presente divulgación. Por ejemplo, en otras implementaciones, la rutina de ajuste se puede programar manualmente en el controlador secundario.

10 **[0055]** En referencia de nuevo a la FIG. 5 en (208), el procedimiento puede incluir determinar una consigna de ángulo de pitch ajustada basado, al menos en parte, en la rutina de ajuste. Por ejemplo, la consigna de ángulo de pitch ajustada correspondiente a la condición de entrada en la rutina de ajuste se puede determinar por el controlador secundario 100 como la consigna de ángulo de pitch ajustada.

15 **[0056]** En (210), la consigna de ángulo de pitch ajustada se comunica al sistema de pitch. Por ejemplo, la consigna de ángulo de pitch ajustada se puede comunicar por el controlador secundario 100 sobre la trayectoria de señal 130 al controlador de pitch 35. En (212) el ángulo de pitch de una o más palas de rotor se ajusta de acuerdo con la consigna de ángulo de pitch ajustada. Por ejemplo, el sistema de pitch 30 puede ajustar el ángulo de pitch de al menos una pala de rotor a un ángulo de pitch que es aproximadamente igual a la consigna de ángulo de pitch.

20 **[0057]** Como se analiza anteriormente, un sistema de pitch puede incluir uno o más codificadores que proporcionan la posición de ángulo de pitch de vuelta a un controlador de pitch y finalmente de vuelta a un controlador de turbina 26. Los codificadores se pueden calibrar para proporcionar una señal indicativa de un cero de pala cuando el ángulo de pitch de una pala de rotor es de 0° o cercano a 0°. En algunos casos, puede ser deseable ajustar las señales proporcionadas por los codificadores con una desviación o polarización para lograr una mejora en la producción de energía. El ajuste de los codificadores puede permitir la mejora de producción de energía de la turbina eólica sin requerir el acceso a las instrucciones legibles por ordenador en un controlador de turbina eólica para determinar las consignas de ángulo de pitch.

25 **[0058]** La FIG. 7 representa un procedimiento de ejemplo (400) para determinar una polarización constante o fija para que los codificadores logren una mejora de producción de energía. En general, el procedimiento incluye ajustar gradualmente las lecturas del codificador desde el cero de pala declarado y supervisar las mejoras de producción de potencia. Si se produce una producción de potencia aumentada o mejorada, el ajuste de las lecturas del codificador se puede establecer como una polarización fija para que los codificadores logren una mejora de energía. El procedimiento (400) se puede implementar ajustando manualmente las lecturas del codificador o usando un proceso automatizado implementado, por ejemplo, por uno o más de un controlador de turbina, controlador secundario o controlador de pitch.

30 **[0059]** Más en particular en (402), el procedimiento puede incluir ajustar gradualmente las lecturas del codificador desde un cero de pala declarado hasta una siguiente lectura de ángulo de pitch gradual. La producción de potencia en el ángulo de pitch gradual se puede supervisar (404). Se determina si la producción de potencia en la lectura de ángulo de pitch ajustado se mejora o aumenta en (406). De lo contrario, a continuación, se determina si la lectura de ángulo de pitch gradual es la última lectura de ángulo de pitch ajustado en la pluralidad de lecturas de ángulo de pitch ajustadas (410). Si es así, el procedimiento termina. De otro modo, el procedimiento vuelve a (402) donde la lectura de ángulo de pitch se ajusta gradualmente a la siguiente lectura de ángulo de pitch gradual.

35 **[0060]** Si la producción de potencia se mejora o aumenta en (408), la desviación asociada con la lectura de ángulo de pitch ajustado gradual se selecciona como una polarización constante para el codificador (408). A continuación, se determina si la lectura de ángulo de pitch gradual es la última lectura de ángulo de pitch ajustado en la pluralidad de lecturas de ángulo de pitch ajustadas (410). Si es así, el procedimiento termina. De otro modo, el procedimiento vuelve a (402) donde el ángulo de pitch se ajusta gradualmente a la siguiente lectura de ángulo de pitch gradual. Este proceso se repite hasta que se hayan sometido a prueba todas las lecturas de ángulo de pitch gradual en la pluralidad de lecturas de ángulo de pitch gradual.

40 **[0061]** Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferente, y también para posibilitar que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo fabricar y usar cualquier dispositivo o sistema y realizar cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones.

45
50
55
60

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para controlar una turbina eólica, que comprende:

- 5 un controlador de turbina (26) configurado para proporcionar una consigna;
un sistema de funcionamiento (30) configurado para controlar un parámetro de funcionamiento de turbina eólica; y
- 10 un controlador secundario (100) separado del controlador de turbina (26) por una distancia, configurado el controlador secundario (100) para recibir la consigna del controlador de turbina (26) a través de una interfaz de comunicación (122);
- 15 en el que el controlador secundario (100) comprende una interfaz (124) configurada para recibir una o más señales de entrada,
en el que el controlador secundario (100) se configura para ajustar la consigna a una consigna ajustada y para proporcionar una señal indicativa de la consigna ajustada al sistema de funcionamiento (30)
- 20 **caracterizado por que** el controlador secundario (100) se configura para determinar la consigna ajustada basada, al menos en parte, a la una o más señales de entrada de acuerdo con una rutina de ajuste (120) programada en el controlador secundario (100), proporcionando la rutina de ajuste (120) una consigna ajustada para cada una de una pluralidad de condiciones de entrada, en el que la rutina de ajuste (120) se determina basada al menos en parte al realizar operaciones con el controlador secundario (100),
25 comprendiendo las operaciones:
para cada una de la pluralidad de condiciones de entrada, ajustar gradualmente la consigna entre una pluralidad de consignas graduales;
- 30 supervisar la producción de potencia de la turbina eólica (10) en cada uno de la pluralidad de diferentes consignas graduales; y
seleccionar la consigna ajustada para la condición de entrada de la pluralidad de consignas graduales basadas, al menos en parte, a la producción de potencia asociada con cada consigna gradual.
- 35
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el controlador secundario (100) se configura para ajustar la consigna sin acceder a instrucciones legibles por ordenador implementadas por el controlador de turbina (26).
- 40
3. El sistema de cualquier reivindicación precedente, en el que el controlador secundario (100) está localizado en una carcasa que es externa al controlador de turbina (26).
4. El sistema de cualquier reivindicación precedente, en el que la una o más señales de entrada comprenden una señal indicativa de potencia.
- 45
5. El sistema de cualquier reivindicación precedente, en el que la una o más señales de entrada comprenden una señal indicativa de la velocidad del viento.
- 50
6. Un procedimiento (200) para controlar un ángulo de pitch de una o más palas de rotor de una turbina eólica, comprendiendo el procedimiento:
recibir, en un controlador secundario, una señal indicativa de una consigna de ángulo de pitch desde un controlador de turbina (202);
recibir, en el controlador secundario, una o más señales asociadas con una condición de entrada (204);
55 determinar, en el controlador secundario, una consigna de ángulo de pitch ajustada que es diferente de la consigna de ángulo de pitch basada, al menos en parte, a la condición de entrada (208) que comprende al menos:
acceder a una rutina de ajuste que proporciona un ángulo de pitch ajustado para cada una de una pluralidad de condiciones de entrada (206); y
determinar el ángulo de pitch ajustado basado, al menos en parte, en la rutina de ajuste (208), en el que la rutina de ajuste se determina por el controlador secundario realizando operaciones,
60 comprendiendo las operaciones:
- 65

para cada una de la pluralidad de condiciones de entrada, ajustar gradualmente la consigna de ángulo de pitch entre una pluralidad de consignas de ángulo de pitch gradual (304);

5 supervisar la producción de potencia de la turbina eólica en cada uno de la pluralidad de diferentes consignas de ángulo de pitch graduales (306); y

10 seleccionar un ángulo de pitch ajustado para la condición de entrada de la pluralidad de consignas graduales basadas, al menos en parte, a la producción de potencia asociada con cada consigna de ángulo de pitch gradual (310);

y en el que el procedimiento comprende además: proporcionar, por el controlador secundario, una señal indicativa de la consigna de ángulo de pitch ajustada a un controlador de pitch (210).

15 7. El procedimiento (200) de la reivindicación 6, en el que el procedimiento comprende ajustar, por un mecanismo de ajuste de pitch, un ángulo de pitch de una pala de rotor basado, al menos en parte, en la señal indicativa del ángulo de pitch ajustado proporcionada al controlador de pitch (212).

20 8. El procedimiento (200) de la reivindicación 6 o la reivindicación 7, en el que una o más señales asociadas con una condición de entrada comprenden una señal indicativa de la producción de potencia de la turbina eólica.

9. El procedimiento (200) de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que una o más señales asociadas con una condición de entrada comprenden una señal indicativa de la velocidad del viento.

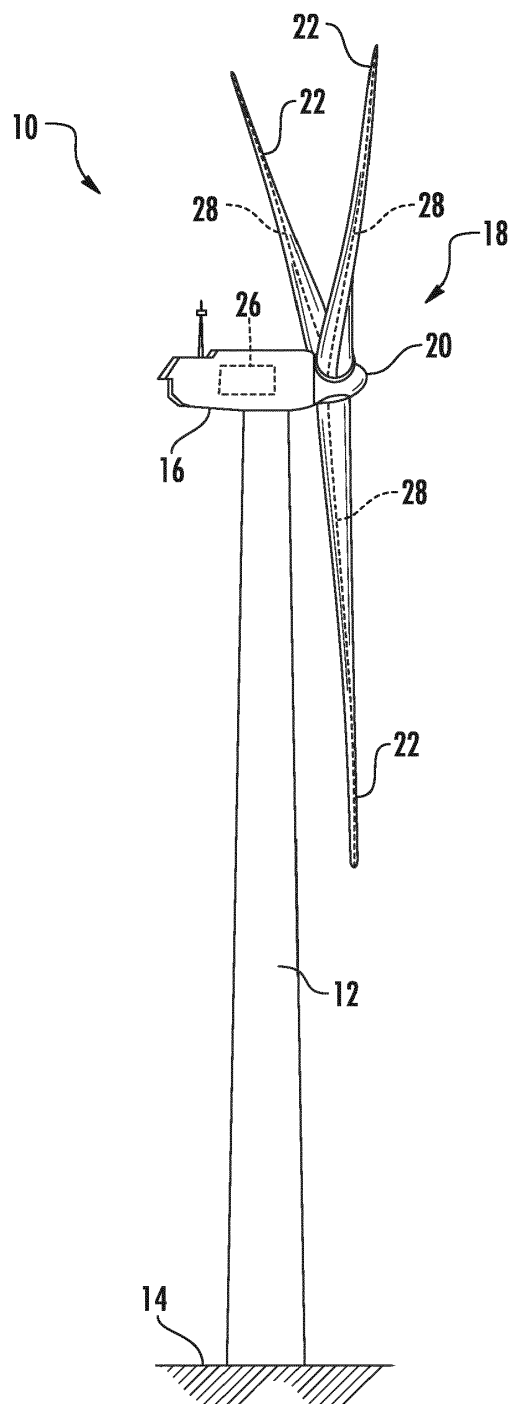


FIG. 1

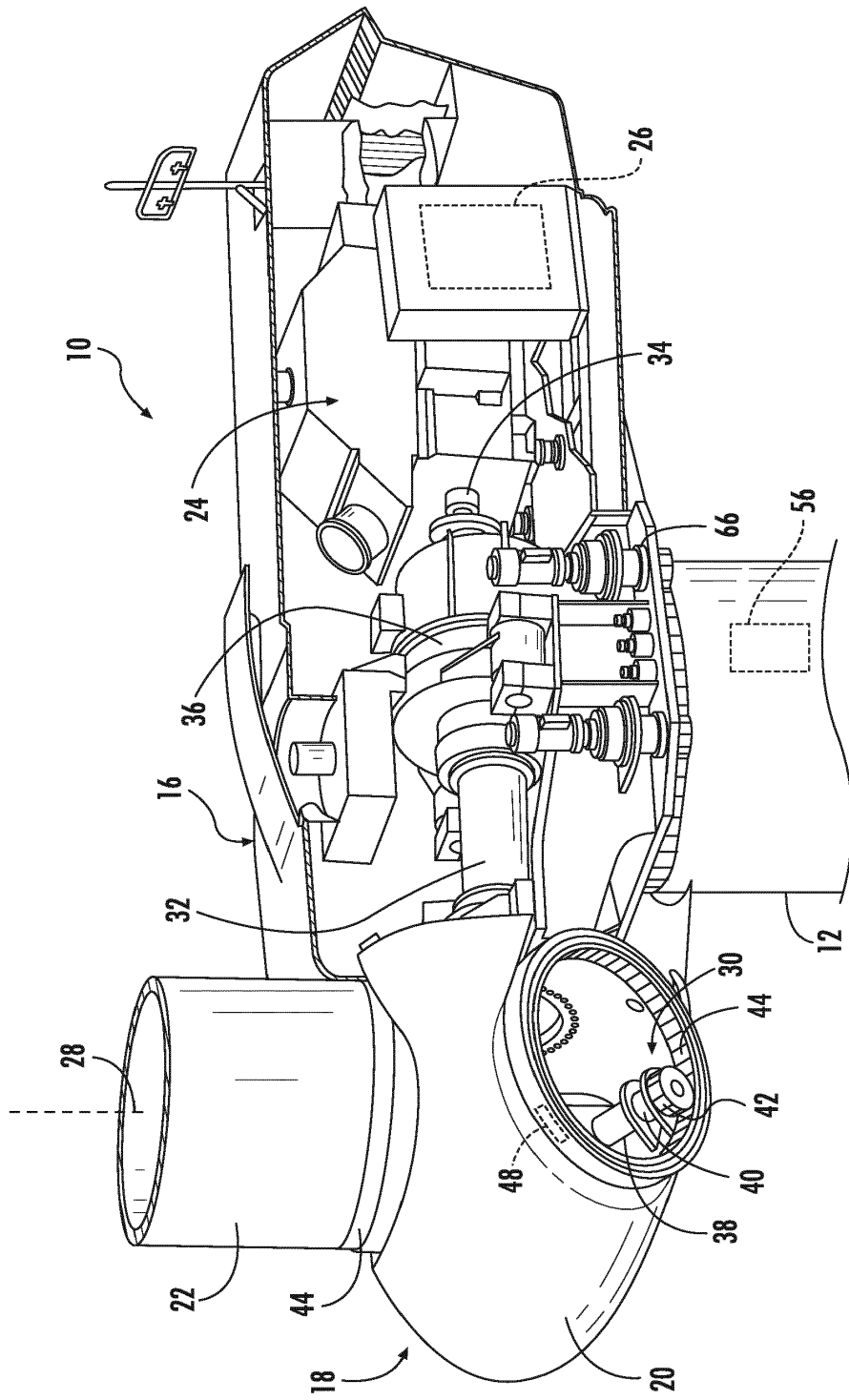


FIG. 2

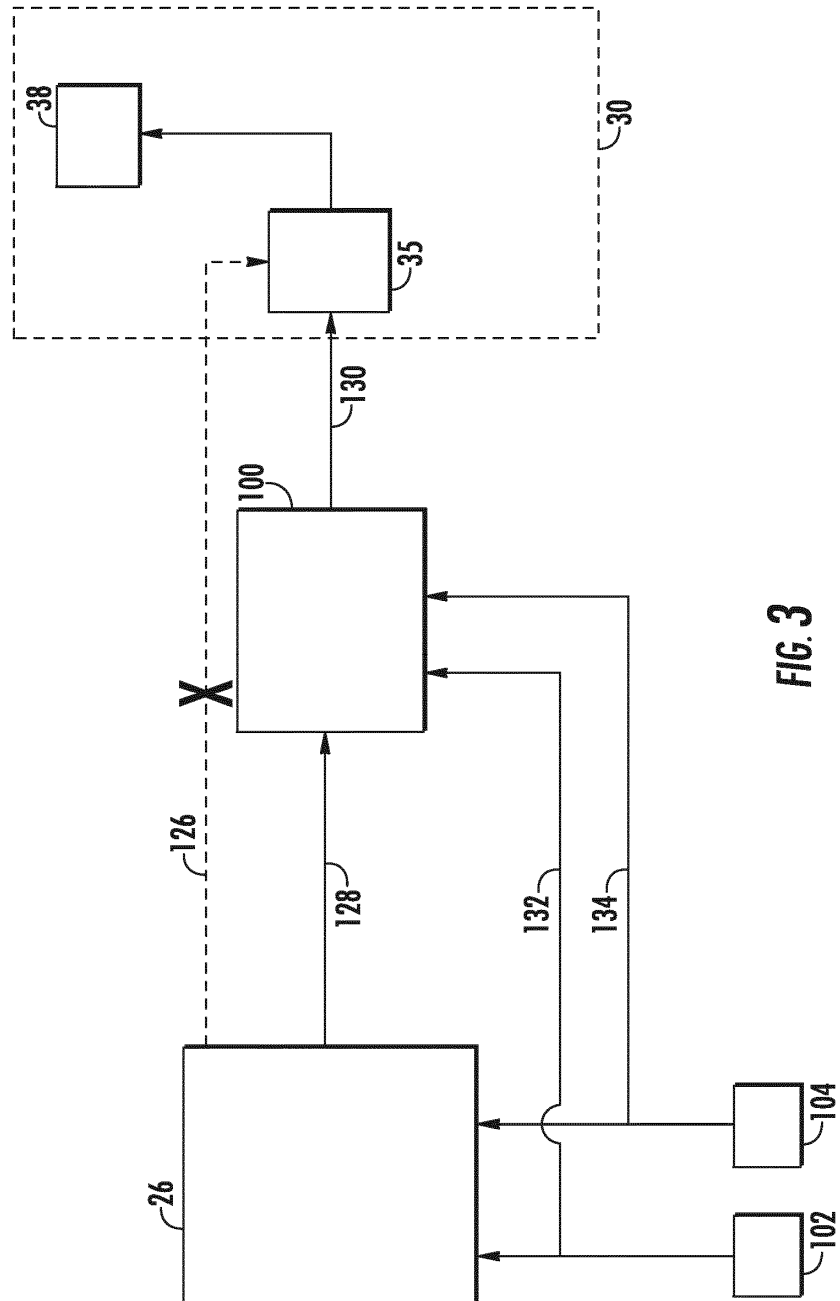


FIG. 3

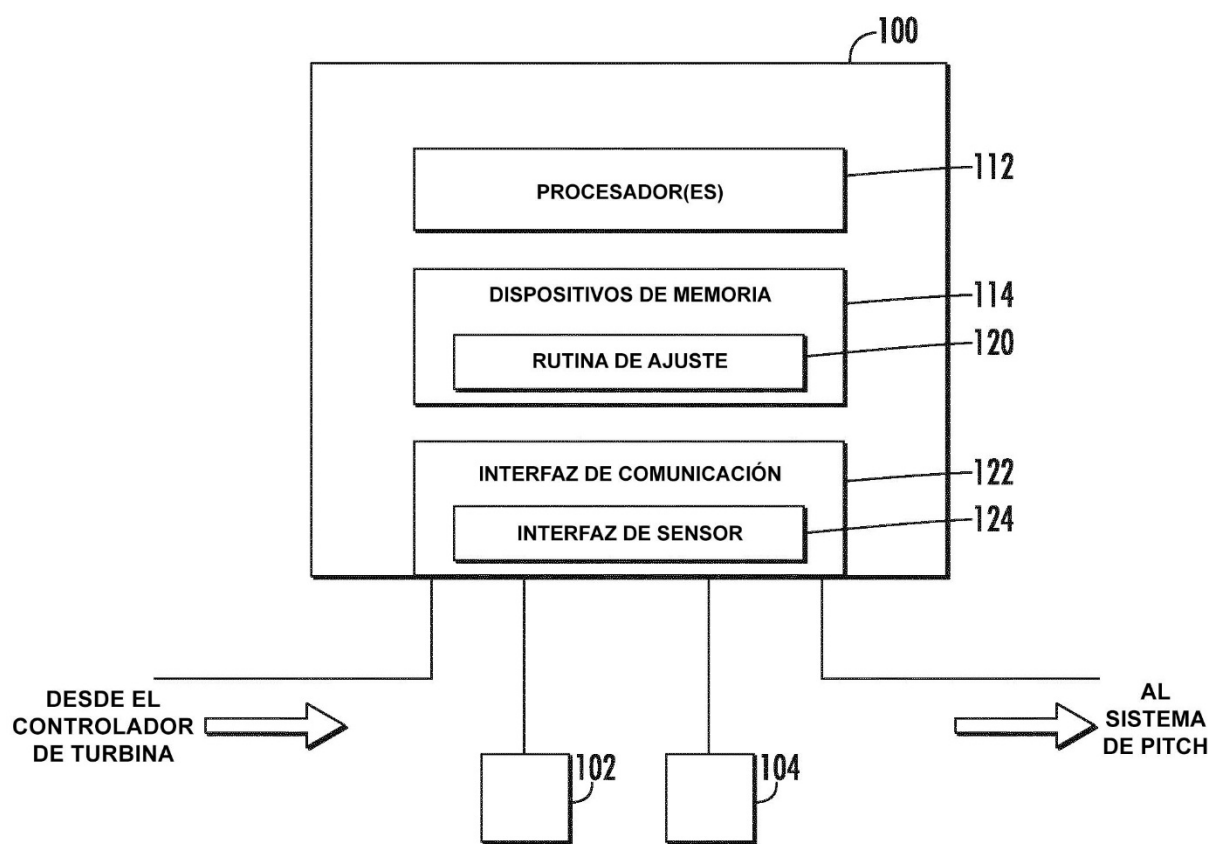


FIG. 4

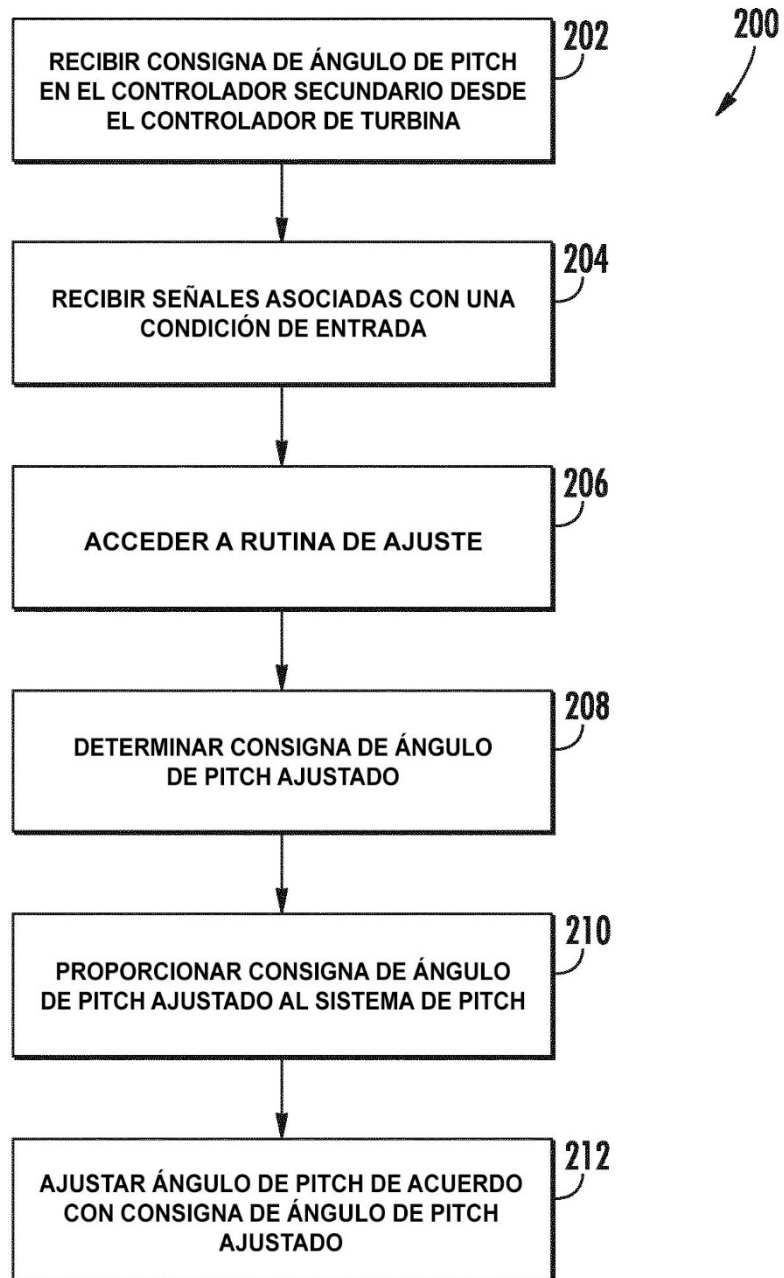


FIG. 5

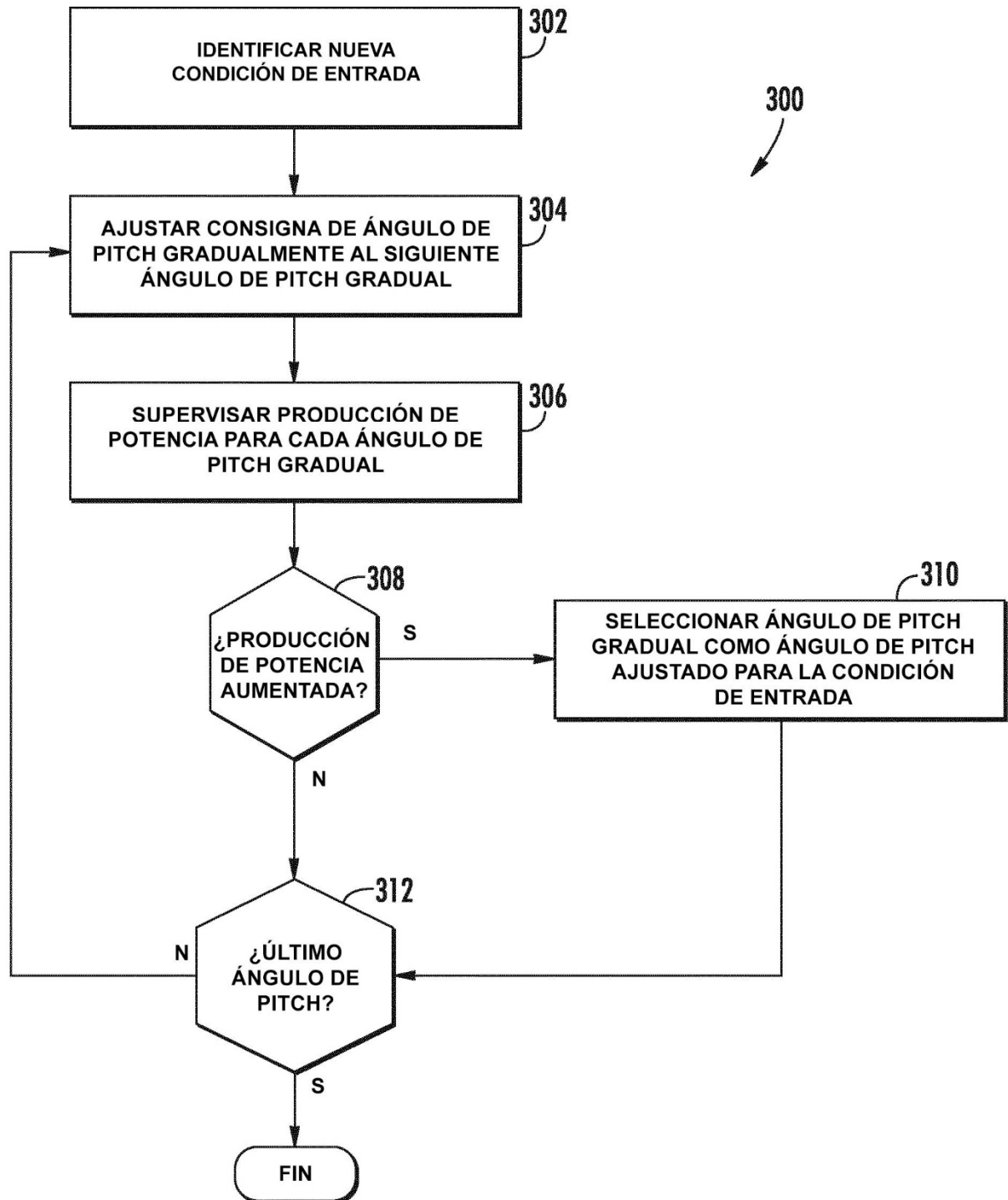


FIG. 6

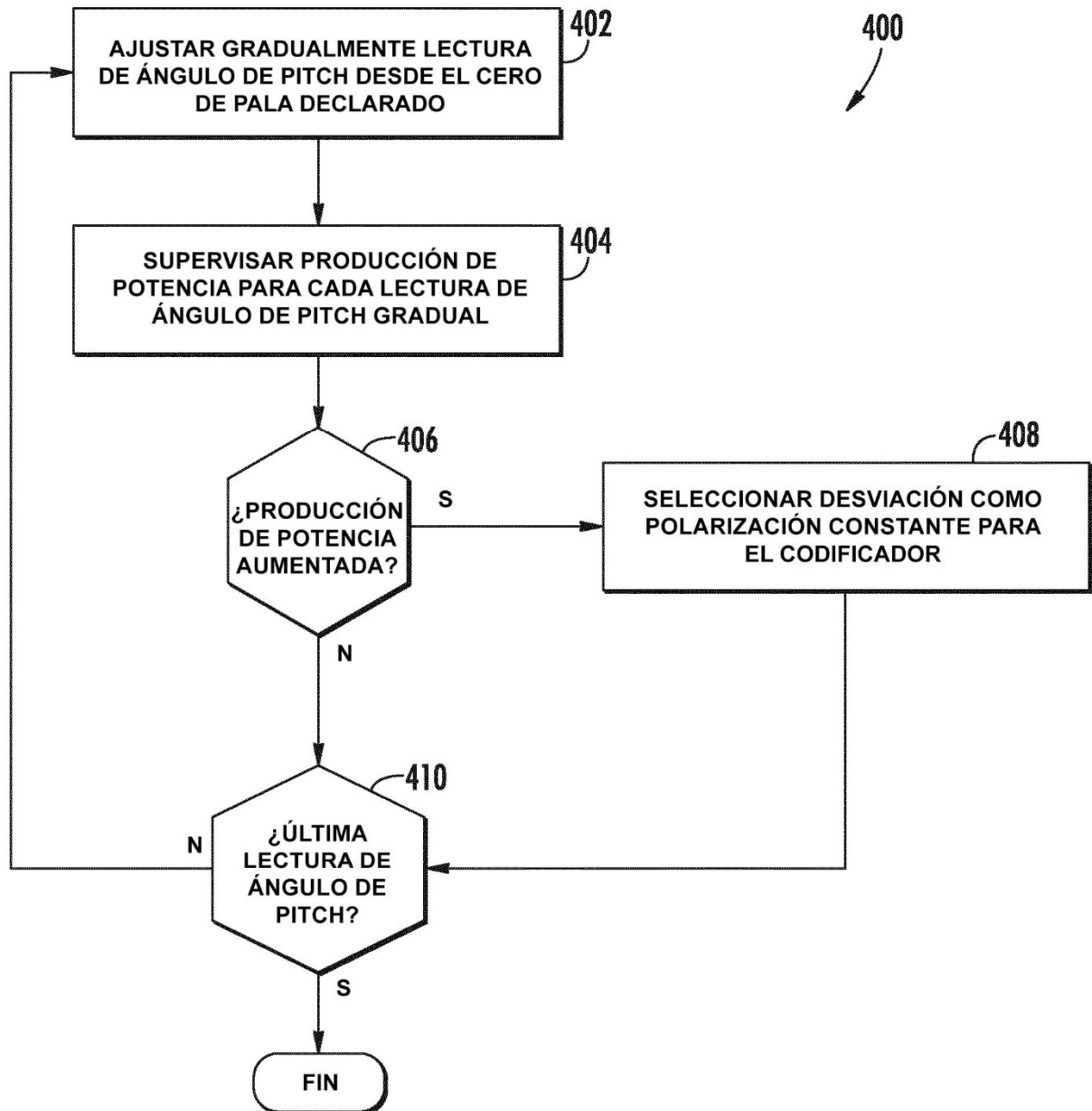


FIG. 7