

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 820 024**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02** (2006.01)

**F03D 7/04** (2006.01)

**F03D 17/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2016 E 16159306 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020 EP 3067554**

54 Título: **Control de turbina eólica utilizando un controlador de señales**

30 Prioridad:

**13.03.2015 US 201514656763**

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

**19.04.2021**

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:

**CONTRERAS PÉREZ, Yahel**

ES 2 820 024 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 turbina eólica utilizando un controlador de señales

5 La presente materia se refiere en general a turbinas eólicas y más particularmente a sistemas y procedimientos para ajustar lecturas de señales para un controlador de turbina eólica para mejorar la producción de energía.

10 La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y respetuosas con el medio ambiente que existen en la actualidad, y las turbinas eólicas han recibido una mayor atención a este respecto. Una turbina eólica moderna normalmente incluye una torre, un generador, una multiplicadora, una góndola y una o más palas de rotor. Las palas del rotor captan la energía cinética del viento utilizando principios aerodinámicos conocidos y transmiten la energía cinética a través de energía de rotación para hacer rotar un eje que acopla las palas del rotor a una multiplicadora, o si no se utiliza una multiplicadora, directamente al generador. El generador convierte entonces la energía mecánica en energía eléctrica que se puede distribuir en una red de suministro eléctrico.

20 Durante la operación de una turbina eólica, diversos componentes de la turbina eólica son sometidos a diversas cargas debido a las cargas aerodinámicas del viento que actúan sobre la pala. La carga en la pala depende de la velocidad del viento, del ratio de velocidad de punta de pala y/o del ajuste de paso de pala. El ratio de velocidad de punta de pala es la relación de la velocidad de rotación de la punta de pala con respecto a la velocidad del viento. Puede ser deseable ajustar la operación de la turbina eólica en base a señales indicativas del ratio de velocidad de punta de pala (por ejemplo, diversas lecturas de velocidad) para ajustar la carga de las palas del rotor de la turbina eólica y/o aumentar la producción de energía de la turbina eólica.

30 Para reducir la carga de las palas del rotor, se han desarrollado diversos procedimientos y aparatos que permiten a las palas del rotor liberarse de una parte de las cargas que experimentan. Entre estos procedimientos y aparatos se incluyen, por ejemplo, ajustar el paso de las palas del rotor y/o la reducción del par del generador durante la operación. En consecuencia, muchas turbinas eólicas incluyen un controlador de turbina eólica que puede operar la turbina eólica de diversas maneras en base a la carga de la turbina eólica del ratio de velocidad de punta de pala. Por ejemplo, en diversas condiciones de operación, la turbina eólica puede ajustar el par de un generador y/o el ángulo de paso de las palas del rotor para ajustar el ratio de velocidad de punta de pala para cumplir con una consigna deseada del ratio de velocidad de punta de pala para aumentar la captura de energía por parte de la turbina eólica.

40 En ciertos casos, puede ser conveniente ajustar el rendimiento (por ejemplo, las consignas de ratio de velocidad de punta de pala) del controlador de la turbina eólica para aumentar o mejorar la producción de energía. Sin embargo, en algunos casos, puede ser difícil ajustar la operación del propio controlador de la turbina. Por ejemplo, es posible que las instrucciones legibles por dispositivo informático (por ejemplo, código fuente) implementadas por el controlador de la turbina en la ejecución de diversas rutinas de control no sean accesibles o, de otra manera, puedan ser modificadas.

45 El documento EP 2 458 204 A1 divulga un dispositivo detector de vibraciones de un sistema generador de turbina eólica. El dispositivo comprende unos sensores de vibración adaptados para adquirir estados de vibración de los componentes del sistema y para generar señales de vibración de componentes, un módulo de pre-procesamiento adaptado para amplificar y filtrar las señales de vibración de los componentes con el fin de obtener señales de vibración pre-procesadas, un módulo de procesamiento de señales adaptado para procesar las señales de vibración pre-procesadas por medio de un procedimiento de procesamiento de señales para obtener datos sobre el estado de vibración del generador de la turbina eólica, un módulo de estimación de vibraciones adaptado para enviar una señal de fallo a un módulo de control si los datos sobre el estado de vibración son mayores que un valor de fallo, y el módulo de control que está adaptado para parar el sistema generador de la turbina eólica de acuerdo con la señal de fallo.

55 Por consiguiente, sistemas y procedimientos para ajustar la operación de un sistema de control de turbina en base al ratio de velocidad de punta de pala serían bien recibidos en la tecnología. Por ejemplo, serían particularmente deseables sistemas y procedimientos que permitan ajustar la operación de un controlador de turbina en base al ratio de velocidad de punta de pala sin necesidad de acceder o modificar las instrucciones legibles por dispositivo informático implementadas por el controlador de la turbina.

60 Diversos aspectos y ventajas de formas de realización de la presente divulgación se divulgarán en parte en la siguiente descripción, o se pueden aprender a partir de la descripción, o se pueden aprender por medio de la práctica de las formas de realización.

65 Un aspecto de ejemplo de la presente divulgación se refiere a un sistema para controlar una turbina eólica. El sistema incluye un sensor configurado para proporcionar una señal indicativa de uno o más parámetros de una turbina eólica y un controlador de la turbina configurado para controlar operaciones de la turbina

5 eólica. El sistema incluye además un controlador secundario insertado entre el sensor y el controlador de la turbina. El controlador secundario está separado con respecto al controlador de la turbina en una distancia. El controlador secundario está configurado para recibir la señal procedente del sensor a través de una interfaz de comunicación. El controlador secundario está configurado para ajustar la señal en base, al menos en parte, a un sesgo de la señal para producir una señal ajustada y para proporcionar la señal ajustada al controlador de la turbina. El sesgo de la señal es programado en el controlador secundario utilizando un proceso de auto ajuste, comprendiendo el proceso de auto ajuste: para cada una de una pluralidad de condiciones de entrada, ajustar incrementalmente el sesgo de la señal entre una pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales; monitorizar la producción de energía de la turbina eólica en cada uno de la pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales; y seleccionar el sesgo de la señal para la condición de entrada de entre la pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales en base, al menos en parte, a la producción de energía asociada con cada uno de la pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales.

15 Otro aspecto de ejemplo de la presente divulgación se refiere a un procedimiento para controlar una turbina eólica. El procedimiento incluye modificar una ruta de señal entre un sensor y un controlador de la turbina eólica e insertar un controlador secundario entre el sensor y el controlador de la turbina eólica. El procedimiento incluye además generar una señal indicativa de un parámetro de la turbina eólica con el sensor; recibir la señal en el controlador secundario; determinar, en el controlador secundario, una señal ajustada que es diferente de la señal en base, al menos en parte, a un sesgo de la señal; y proporcionar la señal ajustada al controlador de la turbina eólica. El procedimiento incluye además programar el sesgo de la señal en el controlador secundario utilizando un proceso de auto ajuste, comprendiendo el proceso de auto ajuste: para cada una de una pluralidad de condiciones de entrada, ajustar incrementalmente el sesgo de la señal entre una pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales; monitorizar la producción de energía de la turbina eólica en cada uno de la pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales; y seleccionar el sesgo de la señal para la condición de entrada de entre la pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales en base, al menos en parte, a la producción de energía asociada con cada uno de la pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales.

30 Otro ejemplo de la presente divulgación se refiere a un controlador secundario para ajustar una señal de velocidad proporcionada por un sensor de velocidad para su comunicación a un controlador de turbina eólica. El controlador secundario incluye una primera interfaz configurada para recibir una señal de velocidad indicativa de una velocidad de uno o más componentes de una turbina eólica y una segunda interfaz configurada para recibir una o más señales asociadas con una condición de entrada. El procedimiento incluye además uno o más procesadores y uno o más dispositivos de memoria. El uno o más dispositivos de memoria almacenan instrucciones legibles por dispositivo informático que, cuando son ejecutadas por el uno o más procesadores, hacen que el uno o más procesadores realicen operaciones. Las operaciones incluyen recibir la señal de velocidad a través de la primera interfaz y recibir una o más señales asociadas con la condición de entrada a través de una segunda interfaz. Las operaciones incluyen además determinar una señal de velocidad ajustada que es diferente de la señal de velocidad en base, al menos en parte, a la condición de entrada.

Se pueden hacer variaciones y modificaciones en estos ejemplos de la presente divulgación.

45 Diversas características, aspectos y ventajas de diversas formas de realización se comprenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y a las reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan a esta especificación y forman parte de la misma, ilustran formas de realización de la presente divulgación y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios relacionados.

50 En esta especificación se establece una descripción detallada de formas de realización que se refieren a habilidades ordinarias en la técnica, que hace referencia a las Figuras adjuntas, en las cuales:

La Figura 1 muestra una vista en perspectiva de una forma de realización de una turbina eólica;

55 La Figura 2 muestra una vista interna en perspectiva de una forma de realización de una góndola de una turbina eólica;

La Figura 3 muestra un ejemplo de sistema de control según ejemplos de formas de realización de la presente divulgación;

60 La Figura 4 ilustra un diagrama esquemático de una forma de realización de un controlador secundario para una turbina eólica según ejemplos de formas de realización de la presente divulgación;

65 La Figura 5 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de ejemplo para controlar una turbina eólica, según ejemplos de formas de realización de la presente divulgación; y

La Figura 6 muestra un diagrama de flujo de un proceso de auto ajuste de ejemplo para determinar un sesgo de señal para un controlador secundario según ejemplos de formas de realización de la presente divulgación.

5 Ahora se hará referencia en detalle a formas de realización de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención. Por ejemplo, características ilustradas o descritas como parte de una forma de realización se pueden utilizar con otra forma de realización para producir una forma de realización más adicional.

10 Aspectos de ejemplo de la presente divulgación se refieren a sistemas y procedimientos para ajustar la operación de un sistema de control de una turbina eólica en base a diversas señales recibidas procedentes de un sensor (por ejemplo, sensores de velocidad) configurado para monitorizar diversos parámetros. Sistemas de control de turbina eólica pueden incluir un controlador de turbina configurado para recibir  
 15 diversas señales indicativas de parámetros de operaciones (por ejemplo, señales de velocidad). Estas señales pueden ser utilizadas por el controlador de la turbina eólica para controlar diversas operaciones de la turbina eólica. Por ejemplo, las señales de velocidad se pueden utilizar para determinar un ratio de velocidad de punta de pala para la turbina eólica y para ajustar unas condiciones de operación de la turbina eólica, por ejemplo, ajustando un ángulo de paso de una o más palas de rotor y/o ajustando un par de generador.

20 En algunos casos, puede ser conveniente modificar la operación del controlador de la turbina en respuesta a estas señales de velocidad para aumentar o mejorar aún más 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 dispositivo informático, tales como código fuente y parámetros fuente) asociada  
 25 al controlador de la turbina para realizar dichos ajustes.

Según aspectos de ejemplo de la presente divulgación, se puede proporcionar un controlador secundario en una turbina eólica. El controlador secundario puede ser externo con respecto al controlador de la turbina eólica y/o puede estar separado con respecto al controlador de la turbina en una distancia. En formas de  
 30 realización de ejemplo, el controlador secundario puede estar insertado entre uno o más sensores configurados para generar las señales y el controlador de la turbina. El controlador secundario también puede recibir entradas tales como señales indicativas de la velocidad del viento y/o la potencia (por ejemplo, kilovatios) procedentes del sistema de control de la turbina eólica y puede determinar un ajuste de la señal o señales en base, al menos en parte, a las diversas entradas. La señal o señales de velocidad ajustadas se pueden proporcionar al controlador de la turbina, que las puede utilizar para controlar la operación de la  
 35 turbina eólica.

En formas de realización de ejemplo, el sensor puede ser un controlador secundario que puede estar configurado para ajustar señales de velocidad recibidas procedentes de diversos sensores de velocidad. El  
 40 controlador secundario puede ajustar una señal de velocidad para producir una señal de velocidad ajustada en base, al menos en parte, a un sesgo de la señal de velocidad y proporcionar la señal de velocidad ajustada a un controlador de la turbina eólica.

El controlador de la turbina eólica puede utilizar la señal de velocidad ajustada para controlar la operación de la turbina eólica. Por ejemplo, la señal de velocidad ajustada puede ser utilizada por el controlador de la  
 45 turbina eólica para determinar un ratio de velocidad de punta de pala de la turbina eólica. El controlador de la turbina eólica puede entonces ajustar la carga de una o más palas del rotor en base, al menos en parte, al ratio de velocidad de punta de pala para conseguir un ratio de velocidad de punta de pala deseado para una mayor producción de energía. Por ejemplo, el controlador de la turbina eólica puede ajustar el ángulo  
 50 de paso de una o más palas del rotor y/o ajustar el par del generador en base, al menos en parte, al ratio de velocidad de punta de pala. De este modo, una consigna de ratio de velocidad de punta de pala implementada por el controlador puede ser ajustada eficazmente por el controlador secundario sin necesidad de acceder o modificar las instrucciones legibles por dispositivo informático asociadas con el controlador de la turbina como resultado de diferentes lecturas de velocidad (por ejemplo, las señales de  
 55 velocidad ajustadas) que hacen que se inicien diferentes condiciones de operación de la turbina eólica.

En implementaciones de ejemplo, se puede determinar una señal ajustada para conseguir una mejora de la producción de energía utilizando un sesgo de la señal. El sesgo de la señal puede ser diferente para  
 60 diversas condiciones de entrada. Las condiciones de entrada se pueden basar, por ejemplo, en diversas velocidades del viento y/o en la producción de energía de la turbina eólica. Por ejemplo, se puede utilizar un primer sesgo de la señal para velocidades del viento inferiores a un determinado umbral de velocidad del viento. Se puede utilizar un segundo sesgo de la señal para velocidades del viento superiores a un determinado umbral de velocidad de viento. Los diferentes sesgos de señal para cada condición de entrada se pueden almacenar en una tabla de consulta, una matriz u otra correlación almacenada en una memoria  
 65 en el controlador secundario.

El sesgo de la señal para cada una de las condiciones de entrada puede ser programado en el controlador secundario de diversas maneras. Por ejemplo, el sesgo de la señal de velocidad se puede determinar automáticamente cuando el controlador secundario está integrado en el sistema de control de la turbina eólica utilizando un proceso de auto ajuste. Por ejemplo, para cada una de una pluralidad de condiciones de entrada, un controlador secundario puede ajustar incrementalmente el sesgo de la señal entre una pluralidad de valores incrementales. El controlador secundario puede monitorizar diversas entradas para determinar qué sesgo de señal incremental proporciona la mayor mejora o una mejora suficientemente mayor en la producción de energía para la condición de entrada particular. Este sesgo de señal incremental puede ser seleccionado como el sesgo de señal para la condición de entrada particular.

Aspectos de ejemplo de la presente divulgación se comentarán con referencia a un controlador secundario configurado para ajustar una señal de velocidad indicativa de una velocidad de un componente de una turbina eólica para producir una señal de velocidad ajustada a efectos de ilustración y descripción. Los expertos en la técnica, utilizando las divulgaciones que se proporcionan en el presente documento, comprenderán que el controlador secundario puede ajustar otros tipos de señales asociadas con condiciones operacionales de turbina eólica recibidas procedentes de diferentes tipos de sensores sin desviarse del alcance de la presente divulgación.

En referencia ahora a la Figura 1, se ilustra una vista en perspectiva de una forma de realización de una turbina eólica 10. Según se muestra, la turbina eólica 10 generalmente incluye una torre 12 que se extiende desde una superficie de soporte 14, una góndola 16 montada sobre la torre 12 y un rotor 18 acoplado a la góndola 16. El rotor 18 incluye un buje rotatorio 20 y al menos una pala de rotor 22 acoplada al buje 20 y que se extiende hacia afuera. Por ejemplo, en la figura ilustrada, el rotor 18 incluye tres palas de rotor 22. Sin embargo, en una forma de realización alternativa, 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 y permitir que la energía cinética del viento se transfiera en forma de energía mecánica utilizable y, posteriormente, en forma de energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 20 puede estar acoplado de forma rotatoria a un generador eléctrico situado dentro de la góndola 16 para permitir la producción de energía eléctrica.

La turbina eólica 10 también puede incluir un sistema de control de la turbina que incluye el controlador de la turbina 26 dentro de la góndola 16 o en alguna otra ubicación asociada con la turbina eólica 10. En general, el controlador de la turbina 26 puede comprender uno o más dispositivos de procesamiento. De este modo, en diversas formas de realización, el controlador de la turbina 26 puede incluir instrucciones adecuadas y legibles por dispositivo informático que, cuando son ejecutadas 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 la turbina eólica. De este modo, el controlador de la turbina 26 puede estar configurado generalmente para controlar los diversos modos de operación (por ejemplo, secuencias de puesta en marcha o de parada) y/o componentes de la turbina eólica 10.

Por ejemplo, el controlador 26 puede estar configurado para controlar el paso de pala o ángulo de paso de cada una de las palas del rotor 22 (es decir, un ángulo que determina una perspectiva de las palas del rotor 22 con respecto a la dirección del viento 28) para controlar la carga en las palas del rotor 22 ajustando una posición angular de al menos una pala del rotor 22 con respecto al viento. Por ejemplo, el controlador de la turbina 26 puede controlar el ángulo de paso de las palas del rotor 22, ya sea de forma individual o simultáneamente, transmitiendo señales/comandos de control adecuados a diversos actuadores de paso de pala o mecanismos de ajuste de paso de pala 32 (Figura 2) de la turbina eólica 10. En concreto, las palas del rotor 22 pueden estar montadas de forma rotatoria en el buje 20 por medio de uno o más rodamientos de paso de pala (no ilustrados), de modo que se puede ajustar el ángulo de paso haciendo rotar las palas del rotor 22 alrededor de sus ejes de paso de pala 34 por medio de los mecanismos de ajuste de paso de pala 32.

Además, a medida que cambia la dirección del viento 28, el controlador de la turbina 26 puede estar configurado para controlar una dirección de orientación del rotor de la góndola 16 en torno a un eje de orientación del rotor 36 para posicionar las palas del rotor 22 con respecto a la dirección del viento 28, controlando de este modo las cargas que actúan sobre la turbina eólica 10. Por ejemplo, el controlador de la turbina 26 puede estar configurado para transmitir señales/comandos de control a un mecanismo actuador de orientación del rotor 38 (Figura 2) de la turbina eólica 10, de modo que la góndola 16 puede ser rotada alrededor del eje de orientación del rotor 30.

Además, el controlador de la turbina 26 puede estar configurado para controlar un par de generador 24 (Figura 2). Por ejemplo, el controlador de la turbina 26 puede estar configurado para transmitir señales/comandos de control al generador 24 con el fin de modular el flujo magnético producido dentro del generador 24, ajustando de este modo la demanda de par en el generador 24. Esa reducción temporal del rendimiento del generador 24 por debajo de su capacidad puede reducir la velocidad de rotación de las palas del rotor 22, reduciendo con ello las cargas aerodinámicas que actúan sobre las palas 22 y las cargas de reacción sobre otros componentes diversos de la turbina eólica 10.

En referencia ahora a la Figura 2, se ilustra una vista interna simplificada de una forma de realización de la góndola 16 de la turbina eólica 10. Según se muestra, un generador 24 puede estar dispuesto dentro de la góndola 16. En general, el generador 24 puede estar acoplado con el rotor 18 de la turbina eólica 10 para generar energía eléctrica a partir de la energía de rotación generada por el rotor 18. Por ejemplo, el rotor 18 puede incluir un eje de rotor principal 40 acoplado con el buje 20 para que rote con el mismo. El generador 24 puede entonces estar acoplado con el eje del rotor 40 de modo que la rotación del eje del rotor 40 acciona el generador 24. Por ejemplo, en la figura ilustrada, el generador 24 incluye un eje de generador 42 acoplado de forma rotatoria al eje del rotor 40 a través de una multiplicadora 44. Sin embargo, en otras formas de realización, se debe apreciar que el eje del generador 42 puede estar acoplado de forma rotatoria directamente con el eje del rotor 40. Alternativamente, el generador 24 puede estar acoplado de forma rotatoria directamente con el eje del rotor 40 (a menudo denominada "turbina eólica de transmisión directa").

Se debe apreciar que el eje del rotor 40 puede estar generalmente soportado dentro de la góndola por un bastidor de soporte o placa de soporte 46 colocada sobre la torre 12 de la turbina eólica. Por ejemplo, el eje del rotor 40 puede ser soportado por la placa de soporte 46 a través de un par de bloques de apoyo montados sobre la placa de soporte 46.

Además, según se indica en este documento, el controlador de la turbina 26 también puede estar ubicado dentro de la góndola 16 de la turbina eólica 10. Por ejemplo, según se muestra en la forma de realización ilustrada, el controlador de la turbina 26 se encuentra dentro de un armario de control 52 montado en una parte de la góndola 16. Sin embargo, en otras formas de realización, el controlador de la turbina 26 puede estar situado en cualquier otra ubicación adecuada de la turbina eólica 10 o dentro de la misma, o en cualquier ubicación adecuada alejada de la turbina eólica 10. Además, según se describe en el presente documento, el controlador de la turbina 26 también puede estar acoplado comunicativamente con diversos componentes de la turbina eólica 10 para un control general de la turbina eólica y/o de dichos componentes. Por ejemplo, el controlador de la turbina 26 puede estar acoplado comunicativamente con el mecanismo o mecanismos actuadores de orientación del rotor 38 de la turbina eólica 10 para controlar y/o alterar la dirección de orientación del rotor de la góndola 16 con respecto a la dirección del viento 28 (Figura 1). De manera similar, el controlador de la turbina 26 también puede estar acoplado comunicativamente a cada mecanismo de ajuste de paso de pala 32 de la turbina eólica 10 (se muestra uno de ellos) para controlar y/o alterar el ángulo de paso de las palas del rotor 22 con respecto a la dirección del viento 28. Por ejemplo, el controlador 26 de la turbina puede estar configurado para transmitir una señal o comando de control a cada mecanismo de ajuste de ángulo de paso 32, de modo que se puedan utilizar uno o más actuadores (no mostrados) del mecanismo de ajuste del ángulo de paso 32 para hacer rotar las palas 22 con respecto al buje 20.

Aspectos de ejemplo de la presente divulgación se refieren además a procedimientos de control de turbina eólica 10 en base a señales de velocidad, por ejemplo, determinando un ratio de velocidad de punta de pala de la turbina eólica 10. El ratio de velocidad de punta de pala es la relación entre la velocidad de rotación de la punta de la pala y la velocidad del viento. El ratio de velocidad de punta de pala de la turbina eólica se puede determinar, por ejemplo, en base, al menos en parte, a diversas señales de velocidad proporcionadas por sensores de velocidad indicativas de la velocidad de diversos componentes (por ejemplo, ejes, palas de rotor, etc.) de la turbina eólica 10, así como señales indicativas de la velocidad del viento (por ejemplo, procedentes del sensor 80). Por ejemplo, el ratio de velocidad de punta de pala se puede calcular generalmente multiplicando la velocidad de rotación actual de la turbina eólica 10 según mide un sensor de velocidad (tal como el rotor 18 de la misma) por el radio máximo del rotor 18, y dividiendo este resultado por la velocidad del viento. En particular, se puede utilizar el controlador 26 para realizar dichos procedimientos, y puede controlar el ajuste del par del generador 24 y/o el ajuste de paso de las palas del rotor 22 en base a dichos procedimientos, con el fin de controlar la carga en las palas del rotor 22 y en la turbina eólica 10 en general para aumentar la producción de energía.

La Figura 3 muestra un sistema de control para una turbina eólica, tal como la turbina eólica 10 de la Figura 1, según ejemplos de formas de realización de la divulgación. Según se muestra, el sistema de control 10 incluye un controlador de turbina eólica 26. El controlador de turbina 26 puede incluir instrucciones legibles por dispositivo informático que, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores, hacen que uno o más procesos implementen diversas rutinas de control, tal como determinar un ratio de velocidad de punta de pala y controlar la carga de la turbina eólica 10 en base al ratio de velocidad de punta de pala. En algunas formas de realización, las instrucciones legibles por dispositivo informático asociadas con el controlador de la turbina 26 pueden ser inaccesibles o, de otro modo, no estar disponibles. Por ejemplo, el controlador de la turbina 26 puede haber sido instalado y/o configurado por un proveedor de servicios diferente.

El sistema de control puede incluir además diversos sensores de velocidad 110 y 120 configurados para medir una velocidad asociada con diversos componentes de la turbina eólica. Por ejemplo, un sensor de velocidad 110 puede estar configurado para medir una velocidad de rotación del eje del rotor de la turbina eólica 10. Un sensor de velocidad 120 puede estar configurado para medir una velocidad de rotación del eje del generador de la turbina eólica 10. Los sensores de velocidad 110 y 120 pueden incluir cualquier

sensor o componente adecuado para medir velocidad, tal como uno o más codificadores, sensores de proximidad, transductores, resolutores o similares. En la Figura 3 se ilustran dos sensores de velocidad 110 y 120 con fines ilustrativos y de descripción. Los expertos en la técnica, utilizando las divulgaciones que se proporcionan en el presente documento, comprenderán que se pueden utilizar más o menos sensores de velocidad sin desviarse del alcance de la presente divulgación.

Para ajustar la operación del controlador de la turbina 26 sin necesidad de acceder a las instrucciones legibles por dispositivo informático asociadas con el controlador de la turbina, se pueden interrumpir las rutas de señal 122 y 124 para comunicar señales de velocidad procedentes de los sensores de velocidad 110 y 120. Se puede insertar un controlador secundario 100 en una nueva ruta de señal entre el controlador de la turbina eólica 26 y los sensores de velocidad 110 y 120.

El controlador secundario 100 puede estar separado con respecto al controlador de la turbina eólica 26 en 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 ubicado 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 la turbina eólica 26. En formas de realización, el controlador secundario 100 puede utilizar diferentes instrucciones legibles por dispositivo informático almacenadas en un lenguaje o protocolo diferente con respecto al controlador de la turbina 26. De esta manera, el controlador secundario 100 puede ser un dispositivo autónomo y separado con respecto al controlador de la turbina 26.

El controlador secundario 100 puede estar configurado para recibir una señal de velocidad procedente del sensor de velocidad 110 a través de una ruta de señal 126. El controlador secundario 100 puede estar configurado para recibir una señal de velocidad procedente del sensor de velocidad 120 a través de una ruta de señal 128. Según se utiliza en este documento, una ruta de señal puede incluir cualquier medio de comunicaciones adecuado para transmitir las señales. Por ejemplo, una ruta de señal puede incluir cualquier número de enlaces alámbricos o inalámbricos, que incluyen una comunicación a través de una o más conexiones Ethernet, conexiones de fibra óptica, buses de red, líneas de energía, conductores o circuitos para transmitir información de forma inalámbrica. Las señales se pueden comunicar a través de una ruta de señal utilizando cualquier protocolo de comunicaciones adecuado, tal como un protocolo de comunicaciones en serie, un protocolo de banda ancha a través de una línea de energía, un protocolo de comunicaciones inalámbricas u otro protocolo adecuado.

El controlador secundario 120 también puede recibir una o más señales asociadas con diversas condiciones de entrada. Las condiciones de entrada pueden ser representativas de la producción de energía de la turbina eólica, condiciones de velocidad del viento para la turbina eólica, y/u otros parámetros adecuados. Por ejemplo, el controlador secundario 100 puede recibir una señal procedente del sensor 102 a través de la ruta 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 energía de la turbina eólica. El controlador secundario 100 también puede recibir una señal procedente del sensor 80 a través de la ruta de señal 134. El sensor 80 puede ser un sensor configurado para proporcionar señales indicativas de la velocidad del viento, tal como un anemómetro u otro procedimiento o aparato adecuado.

Por ejemplo, la velocidad del viento de la turbina eólica 10 se puede medir, por ejemplo, utilizando un sensor meteorológico adecuado. Sensores meteorológicos adecuados incluyen, por ejemplo, dispositivos de detección y alcance de luz ("LIDAR"), dispositivos de detección y alcance sónicos ("SODAR"), anemómetros, veletas, barómetros y dispositivos de radar (tales como dispositivos de radar Doppler). En otras formas de realización alternativas, se pueden utilizar sensores para medir la deflexión de las palas del rotor 22. Esta deflexión puede estar correlacionada con la velocidad del viento a la que se someten las palas del rotor 22. Además, se puede utilizar cualquier procedimiento y aparato de medición adecuado para medir directa o indirectamente la velocidad del viento actual.

El controlador secundario 100 puede estar configurado para ajustar las señales de velocidad recibidas procedentes de los sensores de velocidad 110 y 120 para producir una señal de velocidad ajustada en base a un sesgo de señal de velocidad. El sesgo de la señal de velocidad puede ser, por ejemplo, 1 o 2 rpm. Una señal de velocidad ajustada se puede determinar, por ejemplo, sumando o sustrayendo el sesgo de señal de velocidad a una señal de velocidad.

En determinadas implementaciones, el controlador secundario 100 puede estar configurado para determinar una señal de velocidad ajustada en base, al menos en parte, a la condición de entrada (por ejemplo, la velocidad del viento) según se ha determinado a partir, por ejemplo, de las señales recibidas procedentes de los sensores 102 y 80. Por ejemplo, se pueden asociar diferentes valores de sesgo de señal con diferentes condiciones de entrada. Los valores de sesgo de señal para cada condición de entrada se pueden determinar, por ejemplo, utilizando un proceso de auto ajuste. A continuación se analizan con más detalle procedimientos de ejemplo para programar diferentes valores de sesgo de señal para diferentes condiciones de entrada en el controlador secundario 100.

Una vez determinadas, las señales de velocidad ajustadas pueden ser comunicadas por el controlador secundario 100 al controlador de la turbina 26 a través de la ruta de señal 130. El controlador de la turbina 26 puede utilizar las señales de velocidad ajustadas para controlar diversas operaciones de la turbina eólica. Por ejemplo, en algunas formas de realización, el controlador de la turbina 26 puede calcular un ratio de velocidad de punta de pala en base a la señal de velocidad ajustada (por ejemplo, en base a la señal de velocidad procedente del sensor 110), un radio de la pala del rotor y una señal indicativa de una velocidad del viento según se ha determinado a partir, por ejemplo, del sensor 80. El controlador de la turbina 26 puede estar configurado para ajustar la operación de la turbina eólica 10 en base, al menos en parte, al ratio de velocidad de punta de pala, por ejemplo, ajustando el paso de las palas del rotor y/o ajustando el par del generador 24.

La presente divulgación se ha comentado con referencia a ajustar la operación de una turbina eólica en base al ratio de velocidad de punta de pala a efectos de ilustración y descripción. Los expertos en la técnica, utilizando las divulgaciones que se proporcionan en el presente documento, comprenderán que aspectos de ejemplo de la presente divulgación son aplicables a otras rutinas de control que pueden ser implementadas por el controlador de la turbina 26 en base a diversas señales de velocidad recibidas procedentes de, por ejemplo, los sensores 110, 120, u otros sensores de velocidad.

En implementaciones particulares, los sensores de velocidad 110, 120 y otros sensores de velocidad pueden estar en comunicación con una cadena de seguridad que monitoriza diversas condiciones de la turbina en base a las señales de velocidad proporcionadas por los sensores de velocidad 110, 120. La cadena de seguridad puede adoptar medidas para evitar daños en la turbina eólica (por ejemplo, enviar alertas, ajustar la operación para evitar condiciones de velocidad excesiva o insuficiente, etc.) en base, al menos en parte, a las lecturas de velocidad procedentes de los sensores de velocidad 110, 120. En formas de realización de ejemplo, se puede preservar una ruta de señal que acopla los sensores de velocidad 110, 120 con la cadena de seguridad, de modo que el controlador secundario 100 no ajuste las señales de velocidad proporcionadas a la cadena de seguridad.

En referencia ahora a la Figura 4, se ilustra un diagrama de bloques de una forma de realización de componentes adecuados que pueden estar incluidos en el controlador secundario 100 (o en el controlador de turbina 26) de acuerdo con aspectos de ejemplo de la presente divulgación. Según se muestra, el controlador secundario 100 puede incluir uno o más procesadores 112 y uno o más dispositivos de memoria asociados 114 configurados para realizar una diversidad de funciones implementadas por dispositivo informático (por ejemplo, realizar los procedimientos, etapas, cálculos y similares divulgados en este documento).

Según se utiliza en este documento, el término "procesador" se refiere no sólo a circuitos integrados que en la técnica se incluyen en un dispositivo informático, sino que también se refiere a un controlador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador lógico programable (PLC), un circuito integrado específico de aplicación y otros circuitos programables. Además, el dispositivo o dispositivos de memoria 114 pueden comprender en general un elemento o elementos de memoria que incluyen, pero no se limitan a, medios legibles por dispositivo informático (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM)), medio no volátil legible por dispositivo informático (por ejemplo, una memoria flash), un disquete, una memoria de sólo lectura de disco compacto (CD-ROM), un disco magneto-óptico (MOD), un disco versátil digital (DVD) y/u otros elementos de memoria adecuados.

Ese dispositivo o dispositivos de memoria 114 pueden estar configurados en general para almacenar instrucciones adecuadas y legibles por dispositivo informático que, cuando son implementadas por el procesador o procesadores 112, configuran el controlador secundario 100 para que realice diversas funciones que incluyen, pero no se limitan a, recepción directa o indirecta de señales procedentes de uno o más sensores (por ejemplo, sensores de velocidad del viento, sensores de velocidad) indicativas de diversas condiciones de entrada, determinación de señales de velocidad ajustadas, y/o transmisión de señales de velocidad ajustadas a un controlador de turbina 26, y otras funciones diversas adecuadas implementadas en dispositivo informático.

Según se ilustra, el dispositivo o dispositivos de memoria 114 también pueden almacenar un sesgo de señal de velocidad 116. El sesgo de la señal de velocidad 116 se puede utilizar para compensar la señal de velocidad recibida procedente de uno o más sensores para determinar una señal de velocidad ajustada. En implementaciones particulares, un sesgo de señal de velocidad 116 diferente puede estar asociado con cada una de una pluralidad de condiciones de entrada. El sesgo de la señal de velocidad 116 puede ser programado en el dispositivo o dispositivos de memoria 114 de cualquier manera adecuada. En una forma de realización de ejemplo, el sesgo de señal de velocidad 116 se puede programar automáticamente en el dispositivo o dispositivos de memoria 114 utilizando un proceso de auto ajuste, según se comentará más adelante con mayor detalle.

Además, el controlador secundario 100 puede incluir también una interfaz de comunicaciones 142 para facilitar las comunicaciones entre el controlador secundario 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. Además, el controlador secundario puede incluir una interfaz de sensor 144 (por ejemplo, uno o más convertidores analógico-digital) para permitir que las señales transmitidas por los sensores (por ejemplo, los sensores 80, 102, 110 y 120) sean convertidas en señales que puedan ser entendidas y procesadas por los procesadores 112.

La Figura 5 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de ejemplo (200) para controlar una turbina eólica según formas de realización de ejemplo de la presente divulgación. El procedimiento (200) se puede implementar utilizando uno o más dispositivos de control, tal como uno o más de los controladores descritos en la Figura 3. Además, en la Figura 5 se muestran etapas realizadas en un orden determinado a efectos de ilustración y descripción. Los expertos en la técnica, utilizando las divulgaciones que se proporcionan en el presente documento, entenderán que las etapas de cualquiera de los procedimientos divulgados en este documento pueden ser modificadas, ampliadas, omitidas, reordenadas, y/o adaptadas de diversas maneras sin desviarse del alcance de la presente divulgación.

En (202), el procedimiento incluye recibir una señal de velocidad en un controlador secundario procedente de un sensor de velocidad. Por ejemplo, el controlador secundario 100 de la Figura 3 puede recibir una señal de velocidad indicativa de una velocidad de uno o más componentes de la turbina eólica procedente del sensor de velocidad 110 y/o del sensor de velocidad 120. En (204) de la Figura 5 se pueden recibir una o más señales asociadas con una condición de entrada. Por ejemplo, el controlador secundario 100 puede recibir señales procedentes de diversos sensores, tal como el sensor 102 y el sensor 80. La condición de entrada puede ser un nivel particular de producción de energía, 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.

En (206), se puede acceder a un sesgo de señal. Por ejemplo, se puede acceder a un sesgo de señal de velocidad programado en un dispositivo de memoria 114 asociado o en comunicación con el controlador secundario 100. En formas de realización de ejemplo, se pueden asociar diferentes valores de sesgo de señal de velocidad con diferentes condiciones de entrada. Por ejemplo, un primer sesgo de señal de velocidad se puede asociar con velocidades del viento inferiores a un umbral. Un segundo sesgo de señal de velocidad se puede asociar con velocidades superiores a un umbral.

De acuerdo con aspectos de ejemplo de la presente divulgación, el sesgo de la señal de velocidad puede ser programado en el controlador secundario utilizando un proceso de auto ajuste. La Figura 6 muestra un diagrama de flujo de un ejemplo de proceso de auto ajuste. El proceso de auto 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 proceso de auto ajuste incluye ajustar incrementalmente el sesgo de la señal entre una pluralidad de valores de sesgo de señal de velocidad incrementales (por ejemplo,  $\pm 0,5$  rpm,  $\pm 1,0$  rpm,  $\pm 1,5$  rpm,  $\pm 2,0$  rpm,  $\pm 2,5$  rpm, etc.). Se puede utilizar cualquier número adecuado de valores de sesgo de señal de velocidad incrementales sin desviarse del alcance de la presente divulgación. La producción de energía de la turbina eólica se puede monitorizar en cada uno de la pluralidad de diferentes valores de sesgo de señal de velocidad incrementales. El valor de sesgo de la señal para la condición de entrada se puede seleccionar en base, al menos en parte, a la producción de energía asociada con cada valor de sesgo de señal de velocidad incremental, de modo que el valor de sesgo de señal de velocidad incremental asociado con la producción de energía más mejorada o aumentada es seleccionado como el valor de sesgo de la señal de velocidad para la condición de entrada.

Más particularmente en (302), se puede identificar una nueva condición de entrada. Por ejemplo, en base a señales recibidas procedentes de sensores 102 y 80, el controlador secundario 100 puede identificar una nueva condición de entrada (por ejemplo, una nueva velocidad del viento). En (304), el procedimiento puede incluir ajustar incrementalmente el valor de sesgo de señal de velocidad a un siguiente valor de sesgo de señal de velocidad incremental. En (306) se determina si el valor de sesgo de señal de velocidad incremental provoca una violación de una restricción de velocidad (por ejemplo, un límite de velocidad excesiva o de velocidad insuficiente) asociada con la turbina eólica. Si es así, el proceso de auto ajuste incluye limitar el sesgo de la señal de velocidad incremental a un valor que no viole la restricción de velocidad (308).

El proceso de auto ajuste procede a (310) en que se puede monitorizar (306) la producción de energía con el sesgo de la señal de velocidad incremental. Entonces se puede determinar en (312) si la producción de energía con el sesgo de la señal de velocidad incremental es mejorada o aumentada. Si no es así, se determina entonces si el sesgo de la señal de velocidad incremental es el último sesgo de señal de velocidad en la pluralidad de valores de sesgo de señal de velocidad incrementales (316). Si es así, el procedimiento termina. En caso contrario, el proceso de auto ajuste vuelve a (304) en que el sesgo de la señal de velocidad es ajustado incrementalmente al siguiente valor de sesgo de señal de velocidad incremental.

Si la producción de energía es mejorada o aumentada en (312), el sesgo de la señal de velocidad incremental es seleccionado como el sesgo de la señal de velocidad para la condición de entrada (310). Se determina entonces si el sesgo de la señal de velocidad incremental es el último sesgo de la señal de

5 velocidad incremental en la pluralidad de valores de sesgo de señal de velocidad incrementales (312). Si es así, el procedimiento termina. En caso contrario, el procedimiento vuelve a (304) en que el sesgo de la señal de velocidad es ajustado incrementalmente al siguiente valor de sesgo de señal de velocidad incremental. Este proceso se repite hasta que se hayan probado todos los valores de sesgo de señal de velocidad incrementales en la pluralidad de valores de sesgo de señal de velocidad incrementales.

10 La Figura 6 muestra un procedimiento de ejemplo para programar un sesgo de señal de velocidad en un controlador secundario según aspectos de ejemplo de la presente divulgación. Se pueden utilizar otros procedimientos adecuados sin desviarse del alcance de la presente divulgación. Por ejemplo, en otras implementaciones, el sesgo de la señal de velocidad puede ser programado manualmente en el controlador secundario.

15 Volviendo a la Figura 5, en (208), el procedimiento puede incluir determinar una señal de velocidad ajustada en base, al menos en parte, a la señal de velocidad. Por ejemplo, el sesgo de señal de velocidad correspondiente a la condición de entrada puede ser sumado o sustraído por el controlador secundario 100 para determinar la señal de velocidad ajustada.

20 En (210), se comunica la señal de velocidad ajustada al controlador de la turbina. Por ejemplo, la señal de velocidad ajustada puede ser comunicada por el controlador secundario 100 a través de la ruta de señal 130 al controlador de la turbina 26. En (212) el controlador de la turbina puede controlar la operación de la turbina eólica en base, al menos en parte, a la señal de velocidad ajustada.

25 Por ejemplo, en una implementación de ejemplo, el controlador de la turbina eólica puede determinar un ratio de velocidad de punta de pala en base, al menos en parte, a la señal de velocidad ajustada. El controlador de la turbina eólica puede ajustar la carga de las palas del rotor de la turbina eólica en base, al menos en parte, al ratio de velocidad de punta de pala. Por ejemplo, el controlador de la turbina eólica puede ajustar el ángulo de paso de una o más palas del rotor en base, al menos en parte, al ratio de velocidad de punta de pala para aumentar o reducir la carga de las palas de la turbina. Además y/o como alternativa, el controlador de la turbina eólica puede ajustar el par del generador para ajustar la velocidad de las palas del rotor.

30 Esta descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo la modalidad preferida, y también para permitir a cualquier persona experta en la materia poner en práctica la invención, incluyendo la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control de una turbina eólica (1), que comprende:  
 5 un sensor (80) configurado para proporcionar una señal indicativa de uno o más parámetros de la turbina eólica (10);  
 un controlador de turbina (26) configurado para controlar operaciones de la turbina eólica (10);  
 un controlador secundario (100) insertado entre el sensor (80) y el controlador de turbina (26), estando el controlador secundario (100) separado con respecto al controlador de turbina (26) en una distancia,  
 10 estando el controlador secundario (100) configurado para recibir la señal procedente del sensor (80) a través de una interfaz de comunicaciones (142);  
 en el que el controlador secundario (100) está configurado para ajustar la señal en base, al menos en parte, a un sesgo de señal para producir una señal ajustada y para proporcionar la señal ajustada al controlador de turbina (26),  
 15 **caracterizado por el hecho de que** el sesgo de señal es programado en el controlador secundario (100) utilizando un proceso de auto ajuste que comprende  
 para cada una de una pluralidad de condiciones de entrada, ajustar incrementalmente el sesgo de señal de entre una pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales;  
 monitorizar una producción de energía de la turbina eólica (10) en cada uno de la pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales; y  
 20 seleccionar el sesgo de señal para la condición de entrada de entre la pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales en base, al menos en parte, a la producción de energía asociada con cada uno de la pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales.
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el controlador secundario (100) está configurado para ajustar la señal sin acceder a instrucciones legibles por dispositivo informático implementadas por el controlador de turbina (26).  
 25
3. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que el controlador secundario (100) se encuentra en una carcasa que es externa con respecto al controlador de turbina (26).  
 30
4. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que la señal es una señal de velocidad recibida procedente de un sensor de velocidad (80).
5. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que el controlador de turbina (26) está configurado para ajustar un ángulo de paso de una o más palas de rotor (22) o para ajustar un par de generador (24) en base, al menos en parte, a la señal ajustada.  
 35
6. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que el controlador secundario (100) comprende una interfaz (144) configurada para recibir una o más señales de entrada, estando el controlador secundario (100) configurado para determinar el sesgo de señal en base, al menos en parte, a la una o más señales de entrada.  
 40
7. El sistema de la reivindicación 6, en el que la una o más señales de entrada comprenden una señal indicativa de una potencia o velocidad del viento.  
 45
8. El sistema de la reivindicación 6 o la reivindicación 7, en el que el sesgo de señal se determina a través de una tabla de consulta que asocia un valor de sesgo de señal con cada una de una pluralidad de condiciones de entrada.
9. El sistema de la reivindicación 1, en el que el proceso de auto ajuste comprende además limitar el sesgo de señal en base, al menos en parte, a uno o más límites operacionales de la turbina eólica (10).  
 50
10. Un procedimiento (200) para controlar una turbina eólica (10), comprendiendo la turbina eólica (10) un sensor (80) en comunicación con un controlador de turbina eólica (26) a través de una ruta de señal, comprendiendo el procedimiento (200):  
 55 modificar la ruta de señal (122) entre el sensor (80) y el controlador de turbina eólica (26);  
 insertar un controlador secundario (100) entre el sensor (80) y el controlador de turbina eólica (26);  
 generar una señal indicativa de un parámetro de la turbina eólica (10) con el sensor (80);  
 recibir la señal en el controlador secundario (100);  
 60 determinar, en el controlador secundario (100), una señal ajustada que es diferente de la señal en base, al menos en parte, a un sesgo de señal; y  
 proporcionar la señal ajustada al controlador de turbina eólica (26),  
**caracterizado por el hecho de que** el sesgo de señal es programado en el controlador secundario (100) utilizando un proceso de auto ajuste que comprende  
 65 para cada una de una pluralidad de condiciones de entrada, ajustar incrementalmente el sesgo de señal de entre una pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales;

monitorizar una producción de energía de la turbina eólica (10) en cada uno de la pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales; y

5 seleccionar el sesgo de señal para la condición de entrada de entre la pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales en base, al menos en parte, a la producción de energía asociada con cada uno de la pluralidad de valores de sesgo de señal incrementales.

10 11. El procedimiento (200) de la reivindicación 10, en el que el procedimiento comprende determinar, por parte del controlador de turbina eólica (100), un ratio de velocidad de punta de pala o una velocidad de rotación en base, al menos en parte, a la señal ajustada.

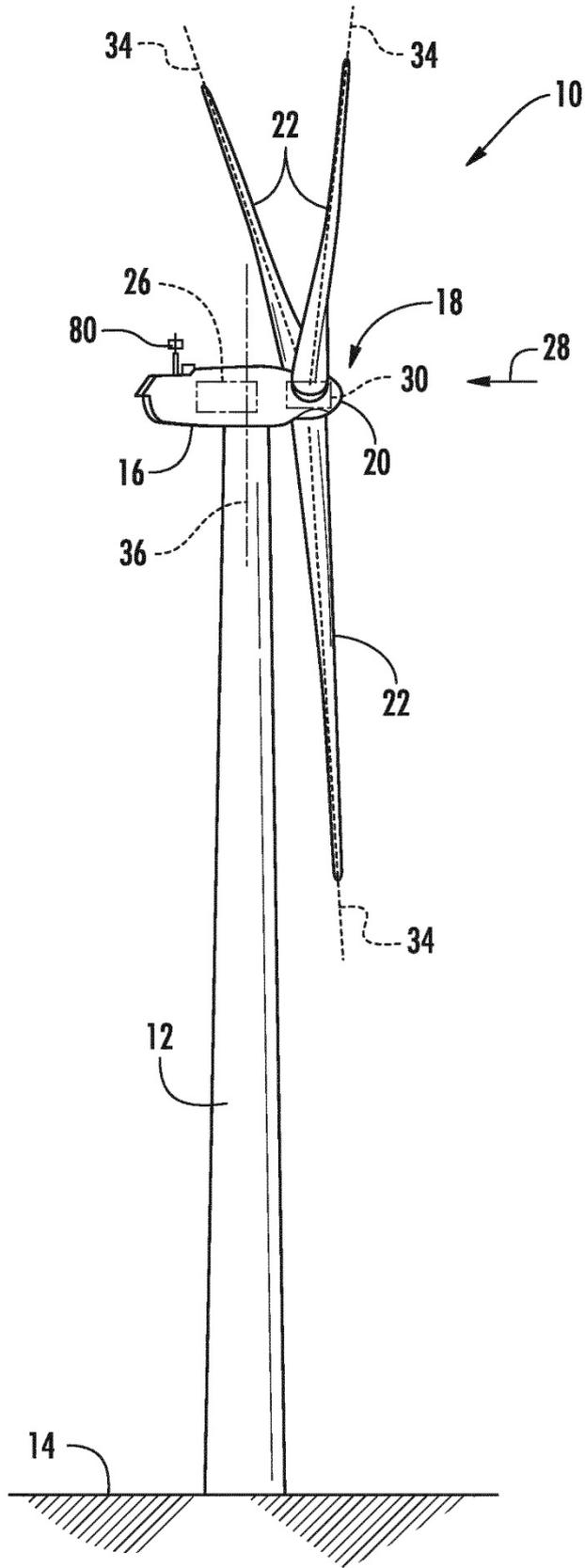
12. El procedimiento (200) de la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que el procedimiento comprende ajustar un ángulo de paso asociado con una o más palas de rotor (22).

15 13. El procedimiento (200) de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que el procedimiento comprende además ajustar un par de generador asociado con la turbina eólica (10).

14. El procedimiento (200) de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que el procedimiento comprende además:

20 recibir una o más señales asociadas con una condición de entrada en el controlador secundario (100); y determinar, por parte del controlador secundario (100), el sesgo de señal en base, al menos en parte, a la condición de entrada.

25 15. El procedimiento (200) de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, en el que el proceso de auto ajuste comprende además limitar el sesgo de señal en base, al menos en parte, a una o más restricciones operacionales asociadas con la turbina eólica.



**FIG. 1**

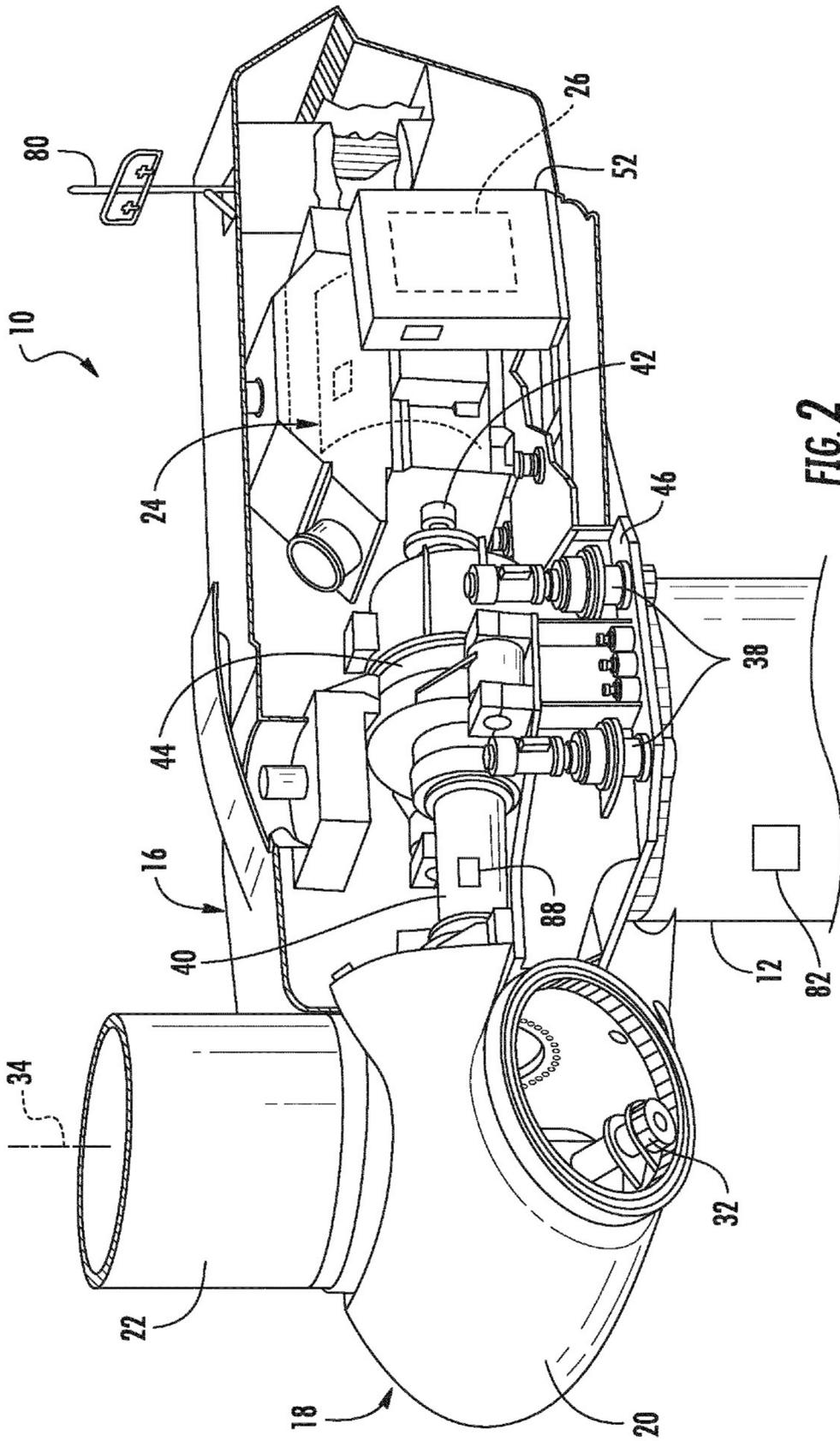


FIG. 2

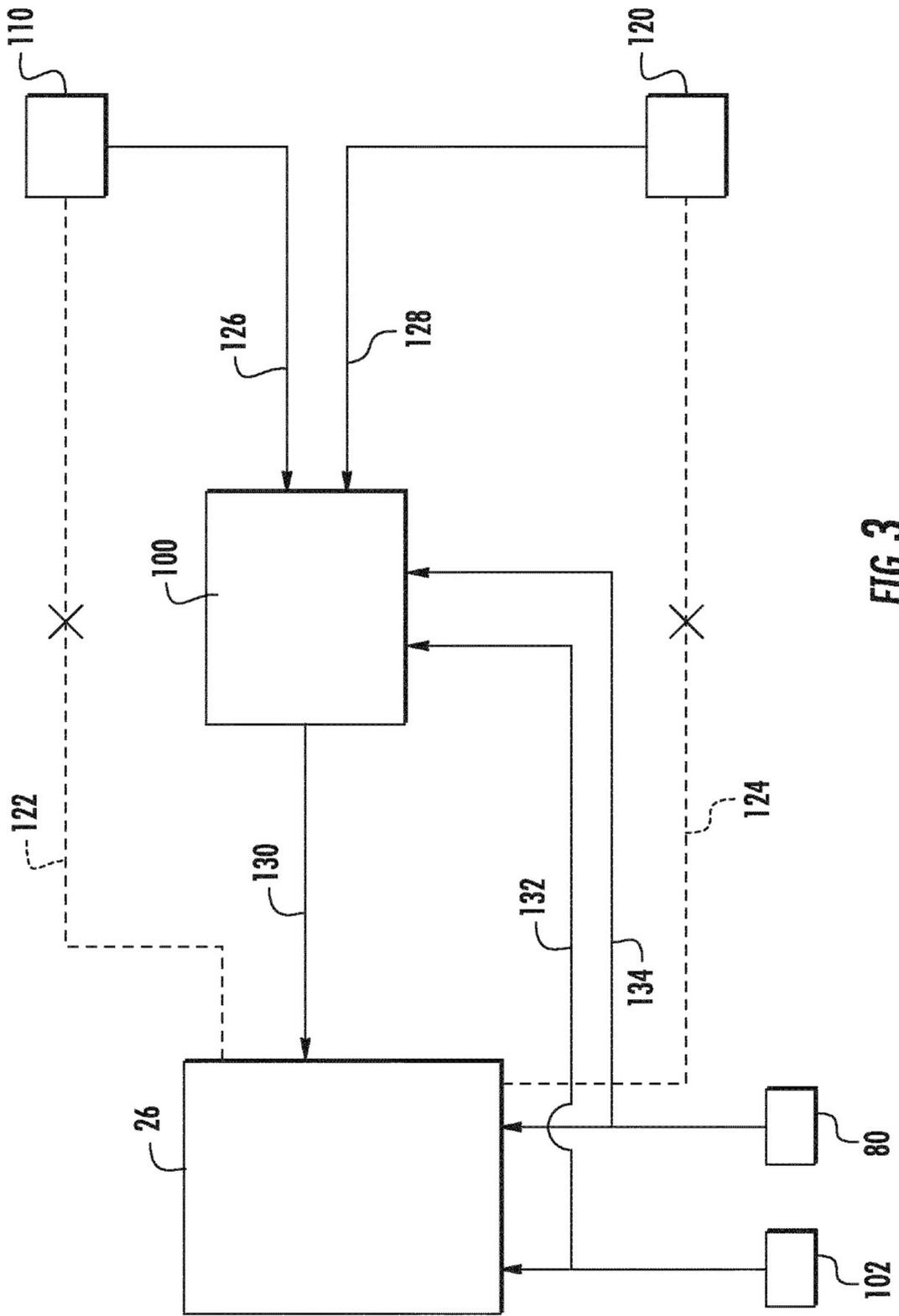
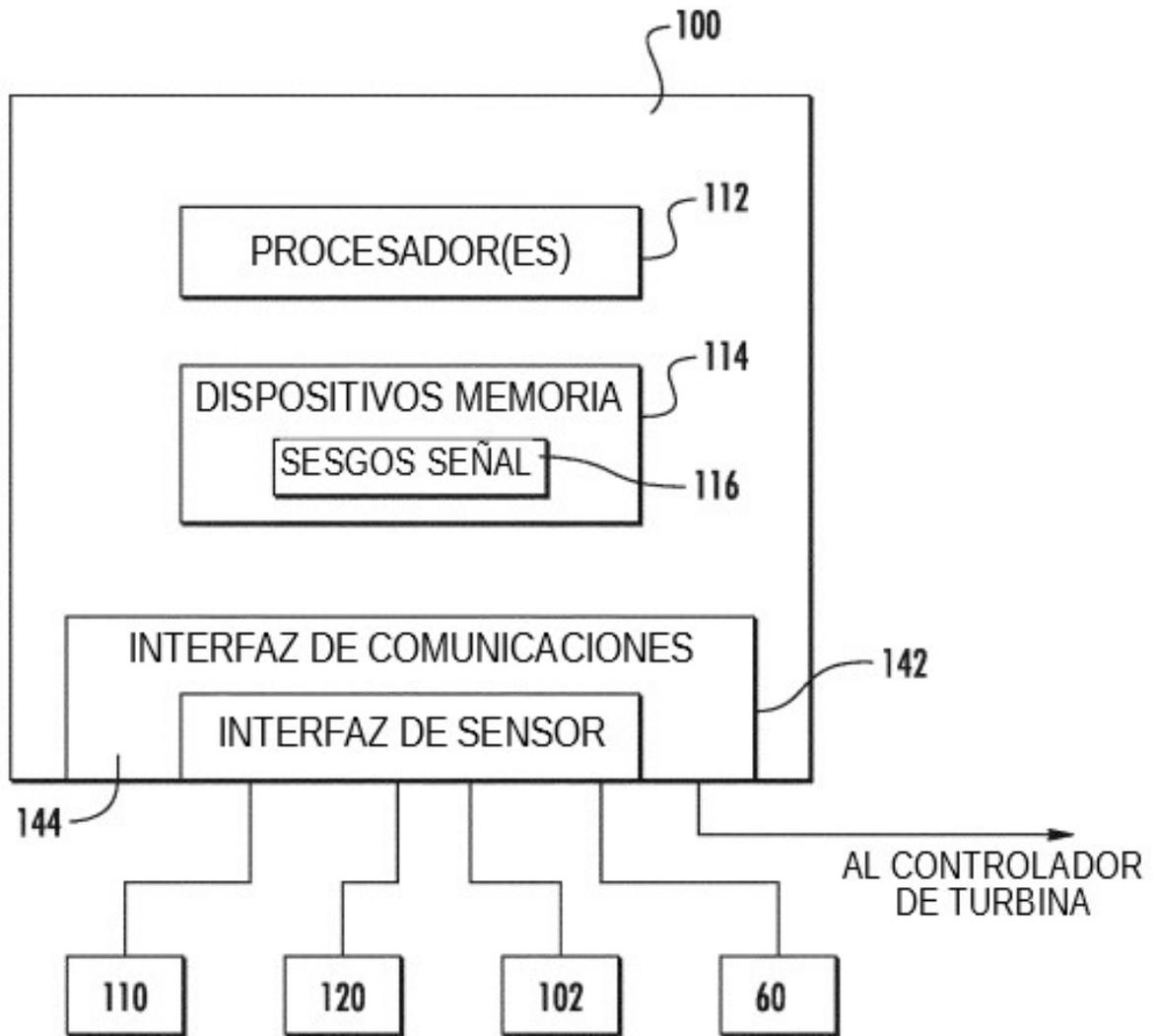
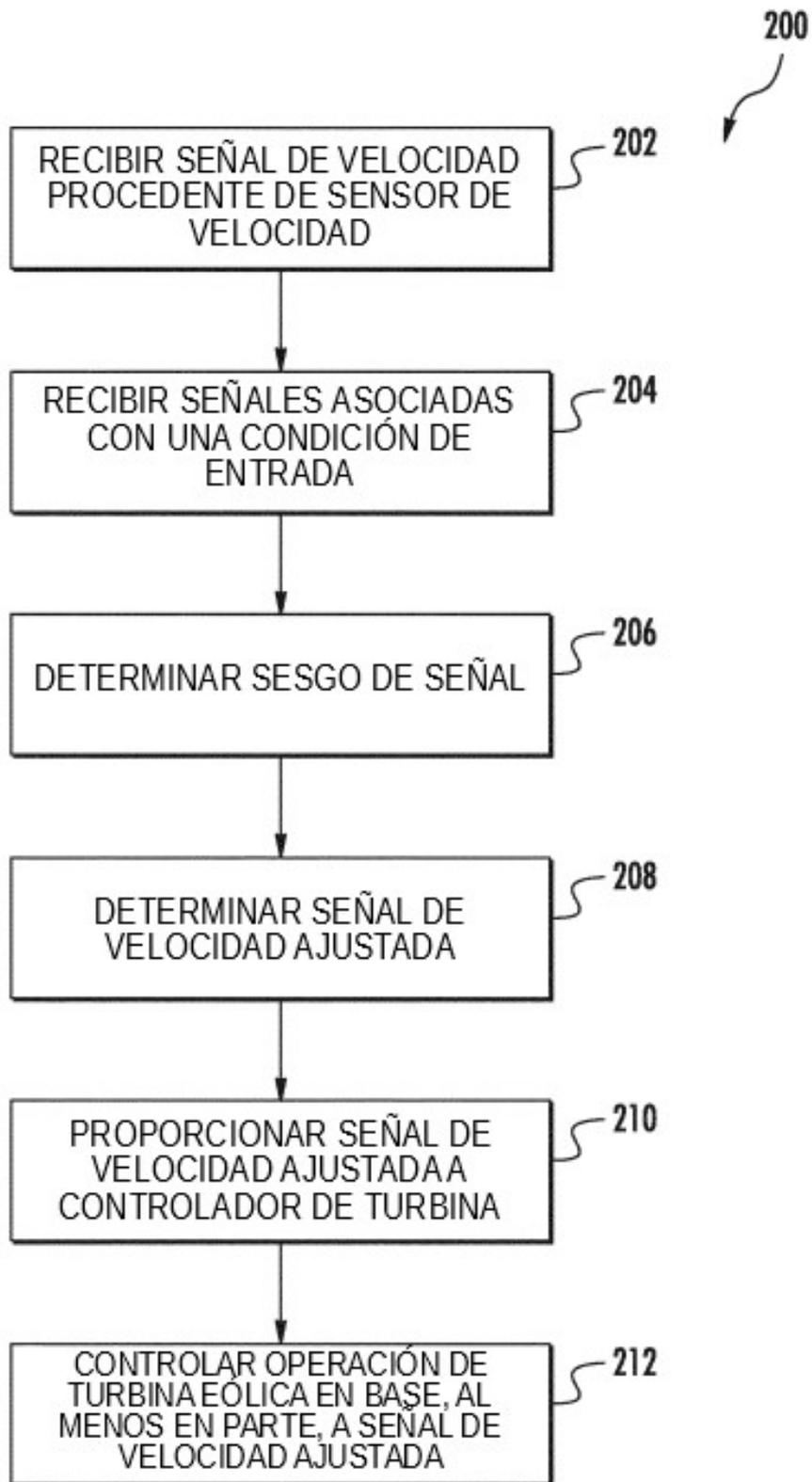


FIG. 3



**FIG. 4**



**FIG. 5**

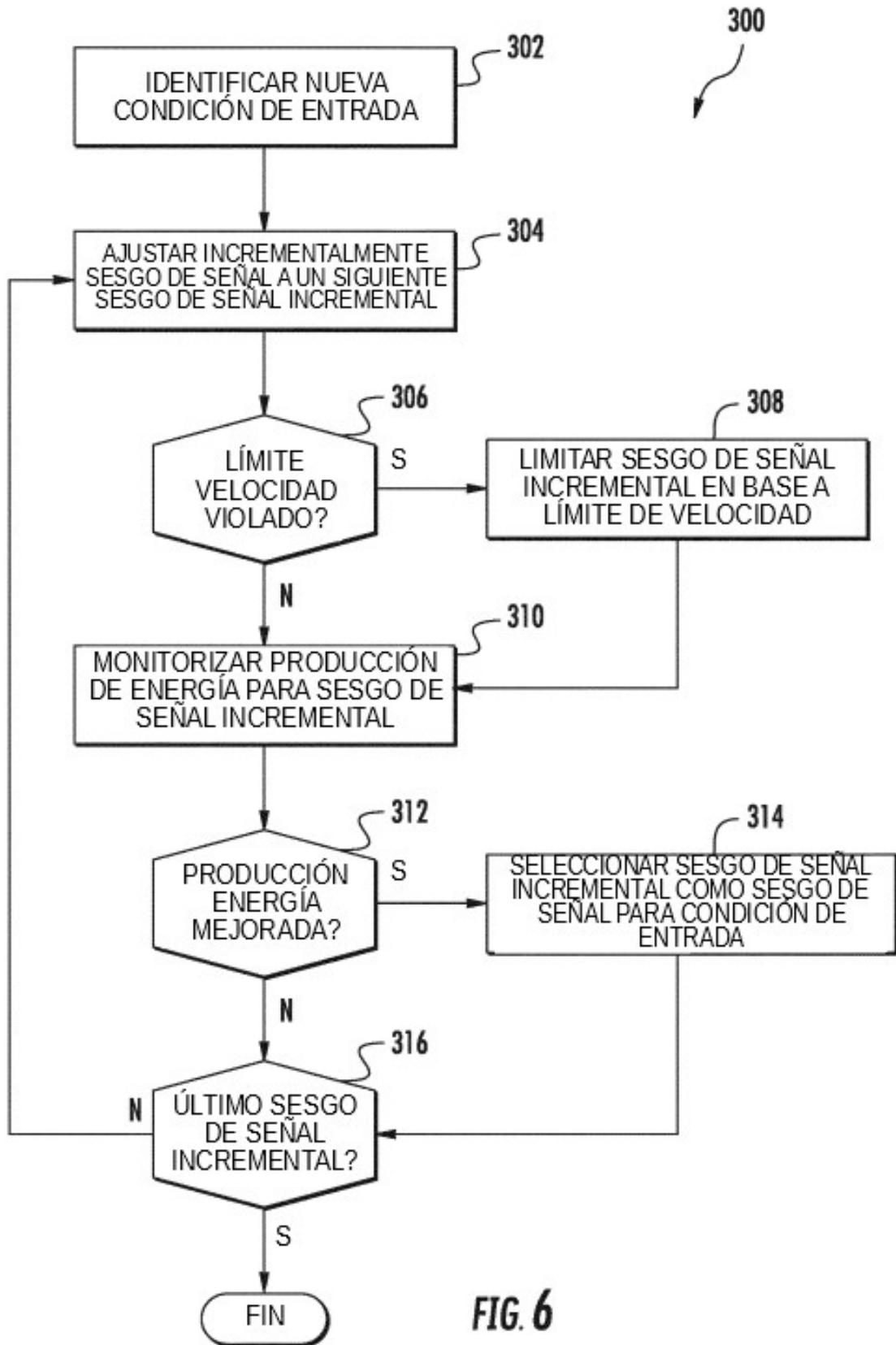


FIG. 6