

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 625 496**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 80/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2010** E 10166739 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017** EP 2273109

54 Título: **Sistema y procedimiento de control de emisión acústica de turbina eólica**

30 Prioridad:

07.07.2009 US 498798

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

19.07.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KINZIE, KEVIN;
HERR, STEFAN y
PETITJEAN, BENIOT**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 625 496 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

Sistema y procedimiento de control de emisión acústica de turbina eólica

5 La presente divulgación se dirige generalmente a un sistema para controlar la operación de una turbina eólica y especialmente a un sistema que cumple unos niveles de ruido específicos con una pérdida mínima en la producción de energía.

10 Los sistemas de energía eólica han ganado más y más importancia como fuente de energía en los últimos años. Ya que las áreas adecuadas para su operación económica son relativamente escasas en un número de países, un número creciente de sistemas de energía eólica se ubican cerca de áreas pobladas. Ya que el funcionamiento de las turbinas eólicas en los sistemas de energía eólica provoca ruido, esto conduce a diversos problemas tal como la resistencia de los vecindarios y similares. Una variedad de factores contribuyen a la emisión de ruido general de tales sistemas tal como las emisiones de ruido de maquinaria (de naturaleza tonal) y emisiones de ruido aerodinámico (de naturaleza más amplia).

15 Los procedimientos para reducir las emisiones de ruido de los sistemas de energía eólica se han analizado durante mucho tiempo. Por ejemplo, se ha propuesto reducir el ruido aerodinámico provocado por las palas a través de un control de velocidad/par de torsión del sistema para mantener la velocidad de la turbina baja durante ciertos intervalos de tiempo, por ejemplo, durante la noche.

20 Está bien establecido que para limitar el ruido generado por una pala de turbina eólica, la velocidad máxima de la punta a la que las palas rotan puede reducirse. La limitación de la velocidad de la punta requiere una reducción en la potencia nominal para limitar el par de torsión generado en el tren de accionamiento de la turbina. Esto reduce la producción de energía anual de la turbina.

Lo que se necesita es un procedimiento y sistema de limitación del ruido generado por una turbina eólica con una velocidad de la punta reducida o una reducción eliminada.

25 En una realización ejemplar de acuerdo con la presente invención, un procedimiento para controlar el ruido generado a partir de una turbina eólica incluye ajustar selectivamente el ángulo de paso de la pala en respuesta a una cantidad de ruido generado que está por encima de una cantidad predeterminada, y mantener la cantidad de ruido generado en o por debajo de la cantidad predeterminada de ruido.

30 En otra realización ejemplar, una turbina eólica incluye al menos una pala montada de manera operable en la turbina eólica, la al menos una pala unida a un rotor que tiene un árbol del rotor, estando el árbol del rotor en comunicación con un generador, configurado el generador para convertir par de torsión en potencia eléctrica, y un controlador configurado para ajustar selectivamente un parámetro operativo en respuesta a un ruido generado que está por encima de un valor predeterminado. En la realización, el parámetro operativo puede ser un ángulo de paso de la al menos una pala.

35 En otra realización ejemplar, un parque de turbinas eólicas incluye una pluralidad de turbinas eólicas. En la realización, al menos una de la pluralidad de turbinas eólicas incluye al menos una pala montada de manera operable en la turbina eólica, la al menos una pala unida a un rotor que tiene un árbol del rotor, estando el árbol del rotor en comunicación con un generador, el generador configurado para convertir el par de torsión en potencia eléctrica, y un controlador capaz de ajustar selectivamente un parámetro operativo en respuesta a un ruido generado que está por encima de una cantidad predeterminada de ruido. En la realización, el parámetro operativo puede ser un ángulo de paso de la al menos una pala.

40 Una ventaja de ciertos aspectos de la presente divulgación es permitir controlar y/o reducir las emisiones acústicas con poca o sin pérdida de producción de energía.

Otra ventaja de la presente divulgación es que un sistema de control y una metodología pueden implementarse fácilmente en sistemas eólicos con poco o sin ningún equipo o hardware adicional.

45 Otra ventaja de la presente divulgación es la capacidad de mantener la velocidad de punta nominal de la turbina eólica incluso durante momentos cuando las emisiones acústicas son limitadas.

Diversas características y ventajas de la presente divulgación serán aparentes a partir de la siguiente descripción más detallada de la realización preferente, tomada junto con los dibujos adjuntos que ilustran a modo de ejemplo los principios de la divulgación, y en los que:

50 la Figura 1 es una vista en perspectiva de una realización ejemplar de una turbina eólica de acuerdo con la divulgación.

La Figura 2 es una vista en perspectiva parcial transversal de una porción de la turbina eólica mostrada en la Figura 1 de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

La Figura 3 es un diagrama esquemático de una turbina eólica mostrada en las Figuras 1 y 2.

La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra una realización ejemplar de un procedimiento para controlar la turbina eólica mostrada en las Figuras 1-3.

La Figura 5 es un gráfico que ilustra la variación en la potencia acústica general de la turbina eólica relativa a la relación entre velocidad de la punta y el ángulo de paso de las palas, para un valor determinado de velocidad del rotor.

Donde sea posible, los mismos números de referencia se usarán a través de los dibujos para representar las mismas partes.

Tal como se usa en el presente documento, el término "pala" va destinado a ser representativo de cualquier dispositivo que proporcione fuerza reactiva cuando está en movimiento en relación con un fluido circundante. Tal como se usa en el presente documento, el término "turbina eólica" va destinado a ser representativo de cualquier dispositivo que genere energía rotativa a partir de la energía eólica, y más específicamente, que convierta la energía cinética del viento en energía mecánica. Tal como se usa en el presente documento, el término "generador eólico" va destinado a ser representativo de cualquier turbina eólica que genera potencia eléctrica a partir de la energía rotativa generada de la energía eólica, y más específicamente, que convierta energía mecánica convertida desde energía cinética del viento en potencia eléctrica. Tal como se usa en el presente documento, el término "aerogenerador" va destinado a ser representativo de cualquier turbina eólica que usa energía rotativa generada a partir de energía eólica, y más específicamente, energía mecánica convertida a partir de energía cinética del viento, para un fin predeterminado distinto de generar potencia eléctrica, tal como, pero sin limitarse a, bombear un fluido y/o moler una sustancia. Tal como se usa en el presente documento, el término "relación entre velocidad de la punta" va destinado a ser representativo de cualquier relación de la velocidad de la punta de la pala mediante la velocidad del viento a la altura del cubo.

La Figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina 10 eólica ejemplar de acuerdo con una realización de la presente divulgación. La Figura 2 es una vista en perspectiva parcial transversal de una porción de la turbina 10 eólica de acuerdo con una realización de la presente divulgación. La Figura 3 es un diagrama esquemático de la turbina 10 eólica. La turbina 10 eólica descrita e ilustrada en el presente documento es un generador eólico para generar potencia eléctrica a partir de energía eólica. Sin embargo, en algunas realizaciones, la turbina 10 eólica puede, además o como alternativa a un generador eólico, ser cualquier tipo de turbina eólica, tal como pero sin limitarse a, un aerogenerador (no se muestra). Además, la turbina 10 eólica descrita e ilustrada en el presente documento incluye una configuración de eje horizontal. Sin embargo, en algunas realizaciones, la turbina 10 eólica puede incluir, además o como alternativa a la configuración de eje horizontal, una configuración de eje vertical (no se muestra). La turbina 10 eólica puede acoplarse a una carga eléctrica (no se muestra), tal como, pero sin limitarse a, una red de potencia (no se muestra) para recibir potencia eléctrica desde allí para accionar la operación de la turbina 10 eólica y/o sus componentes asociados y/o para suministrar potencia eléctrica generada por la turbina 10 eólica hasta allí. Aunque solo una turbina 10 eólica se muestra en las Figuras 1-3, en algunas realizaciones una pluralidad de turbinas 10 eólicas pueden agruparse, algunas veces denominadas "parque eólico".

La turbina 10 eólica incluye un cuerpo 16, algunas veces denominado "góndola", y un rotor (indicado generalmente mediante 18) acoplado al cuerpo 16 para la rotación con respecto al cuerpo 16 en torno a un eje 20 de rotación. En la realización ejemplar, la góndola 16 se monta en una torre 14. La altura de la torre 14 puede ser cualquier altura adecuada que permita que la turbina 10 eólica funcione como se ha descrito en el presente documento. El rotor 18 incluye un cubo 22 y una pluralidad de palas 24 (algunas veces denominadas "perfiles aerodinámicos") que se extienden radialmente hacia fuera desde el cubo 22 para convertir energía eólica en energía rotativa. Cada pala 24 tiene una punta 25 colocada en un extremo de la misma que es distante respecto al cubo 22. Aunque el rotor 18 se describe e ilustra en el presente documento como teniendo tres palas 24, el rotor 18 puede tener cualquier número de palas 24. Las palas 24 pueden tener cada una cualquier longitud (ya esté o no descrita en el presente documento).

A pesar de cómo las palas 24 del rotor se ilustran en la Figura 1, el rotor 18 puede tener palas 24 de cualquier forma, y puede tener palas 24 de cualquier tipo y/o cualquier configuración, ya esté tal forma, tipo y/o configuración descrita y/o ilustrada en el presente documento. Otro ejemplo de un tipo, forma y/o configuración de palas 24 del rotor es una turbina de tipo darrieus, algunas veces denominada turbina "batidora de huevos". Otro ejemplo adicional de un tipo, forma y/o configuración de palas 24 del rotor es una turbina eólica savonious. Incluso otro ejemplo de otro tipo, forma y/o configuración de palas 24 del rotor es un aerogenerador tradicional para bombear agua, tal como, pero sin limitarse a, rotores de cuatro palas que tienen obturadores de madera y/o velas de tela. Además, la turbina 10 eólica puede, en algunas realizaciones, ser una turbina eólica en la que el rotor 18 generalmente se orienta contra el viento para emplear la energía eólica y/o puede ser una turbina eólica en la que el rotor 18 se orienta generalmente a favor del viento para emplear energía. De hecho, en cualquier realización, el rotor 18 puede no orientarse exactamente contra el viento y/o a favor del viento, sino que puede generalmente orientarse en cualquier ángulo (que puede ser variable) con respecto a una dirección del viento para aprovechar la energía del mismo.

En referencia ahora a las Figuras 2 y 3, la turbina 10 eólica incluye un generador 26 eléctrico acoplado al rotor 18 para generar potencia eléctrica a partir de la energía rotativa generada por el rotor 18. El generador 26 puede ser cualquier tipo adecuado de generador eléctrico, tal como, pero sin limitarse a, un generador de inducción de rotor

enrollado. El generador 26 incluye un estator (no se muestra) y un rotor (no se muestra). El rotor 18 incluye un árbol 30 del rotor acoplado a un cubo 22 de rotor para la rotación con el mismo. El generador 26 se acopla al árbol 30 del rotor de manera que la rotación del árbol 30 del rotor acciona la rotación del rotor generador, y por tanto la operación del generador 26. En la realización ejemplar, el rotor generador tiene un árbol 28 rotor acoplado al mismo y acoplado al árbol 30 del rotor de manera que la rotación del árbol 30 del rotor accione la rotación del rotor generador. En otras realizaciones, el rotor generador se acopla directamente al árbol 30 del rotor, algunas veces denominado "turbina eólica de accionamiento directo". En la realización ejemplar, el árbol 28 de rotor generador se acopla al árbol 28 rotor a través de una caja 32 de engranajes, aunque en otras realizaciones, el árbol 28 de rotor generador se acopla directamente al árbol 30 del rotor. Más específicamente, en esta realización ejemplar, la caja 32 de engranajes tiene un lado 34 de velocidad baja acoplado al árbol 30 del rotor y un lado 36 de velocidad alta acoplado al árbol 28 de rotor generador. El par de torsión del rotor 18 acciona el rotor generador para generar por tanto potencia eléctrica CA de frecuencia variable desde la rotación del rotor 18. El generador 26 tiene un par de torsión de hueco de aire entre el rotor generador y el estator que se opone al par de torsión del rotor 18. Un convertidor 38 de frecuencia se acopla al generador 26 para convertir la CA de frecuencia variable en una CA de frecuencia fija para el suministro a una carga eléctrica (no se muestra), tal como, pero sin limitarse a, una red de potencia (no se muestra), acoplada al generador 26. El convertidor 38 de frecuencia puede ubicarse en cualquier lugar dentro o separado de la turbina 10 eólica. Por ejemplo, en la realización ejemplar, el convertidor 38 de frecuencia se ubica dentro de una base (no se muestra) de la torre 14.

La turbina 10 eólica incluye uno o más sistemas 40 de control acoplados a algunos o todos los componentes de la turbina 10 eólica para controlar generalmente la operación de la turbina 10 eólica y/o algunos o todos los componentes de la misma (ya estén o no tales componentes descritos y/o ilustrados en el presente documento) y en particular para controlar la velocidad de la punta de las palas 24 para controlar el ruido generado por las palas 24. Por ejemplo, en la realización ejemplar, los sistemas 40 de control se acoplan a un control 41 de rotor para controlar generalmente el rotor 18. En la realización ejemplar, los sistemas 40 de control se montan dentro de una góndola 16. Sin embargo, adicionalmente o como alternativa, uno o más sistemas 40 de control pueden estar separados de la góndola 16 y/u otros componentes de la turbina 10 eólica. Los sistemas 40 de control pueden usarse para, pero sin limitarse a, supervisión y control del nivel de ruido frente a generación de potencia incluyendo, por ejemplo, regulación de paso y velocidad, aplicación del árbol de velocidad alta y freno de guiñada, aplicación de guiñada y motor de bomba y/o supervisión de fallos. Las arquitecturas de control centralizadas o distribuidas alternativas pueden usarse en algunas realizaciones.

En algunas realizaciones, la turbina 10 eólica puede incluir un freno de disco (no se muestra) para frenar la rotación del rotor 18 para, por ejemplo, ralentizar la rotación del rotor 18, frenar el rotor 18 contra un par de torsión de viento completo y/o reducir la generación de potencia eléctrica a partir del generador 26 eléctrico. Además, en algunas realizaciones, la turbina 10 eólica puede incluir un sistema 42 de guiñada para rotar la góndola 16 alrededor de un eje 44 de rotación, para cambiar una guiñada del rotor 18 y más específicamente para cambiar una dirección opuesta al rotor 18 para, por ejemplo, ajustar un ángulo entre la dirección opuesta al rotor 18 y una dirección del viento. El sistema 42 de guiñada puede acoplarse a sistemas 40 de control para el control de esta manera. En algunas realizaciones, la turbina 10 eólica puede incluir anemometría 46 para medir la velocidad del viento y/o la dirección del viento. La anemometría 46, en algunas realizaciones, puede acoplarse a sistemas 40 de control para enviar mediciones a los sistemas 40 de control para procesar las mismas. Por ejemplo, aunque la anemometría 46 puede acoplarse a los sistemas 40 de control para enviar mediciones al mismo para controlar otras operaciones de la turbina 10 eólica, la anemometría 46 puede enviar mediciones a los sistemas 40 de control para controlar y/o cambiar una guiñada del rotor 18 usando el sistema 42 de guiñada. Alternativamente, la anemometría 46 puede acoplarse directamente al sistema 42 de guiñada para controlar y/o cambiar una guiñada del rotor 18.

La turbina 10 eólica puede también incluir una pluralidad de sensores 48 (Figura 3), acoplado cada uno a una pala 24 correspondiente para medir un paso de cada pala 24, o más específicamente un ángulo de cada pala 24 con respecto a una dirección del viento y/o con respecto a un cubo 22 del rotor. Los sensores 48 pueden ser cualquier sensor adecuado que tenga una ubicación adecuada dentro o lejos de la turbina 10 eólica, tal como, pero sin limitarse a, codificadores ópticos dentro del sistema 56 de paso (descritos a continuación). En algunas realizaciones, los sensores 48 se acoplan a sistemas 40 de control para enviar mediciones de paso a los sistemas 40 de control para el procesamiento de las mismas.

La turbina 10 eólica también puede incluir uno o más sensores 50 acoplados al árbol 28 de rotor generador para medir una velocidad de rotación del árbol 28 rotor y/o un par de torsión del árbol 28 de rotor generador. Los sensores 50 pueden ser cualquier sensor adecuado que tenga una ubicación adecuada dentro o lejos de la turbina 10 eólica, tal como, pero sin limitarse a, codificadores ópticos, sensores de proximidad digital, galgas extensiométricas y/o tacómetros. En algunas realizaciones, los sensores 50 se acoplan a sistemas 40 de control para enviar mediciones de velocidad a los sistemas 40 de control para el procesamiento de las mismas.

Las turbinas 10 eólicas también pueden incluir uno o más sensores 52 acoplados al árbol 30 del rotor para medir una velocidad de rotación del árbol 28 generador y/o un par de torsión del árbol 30 del rotor. Los sensores 52 pueden ser cualquier sensor adecuado que tenga una ubicación adecuada dentro o lejos de la turbina 10 eólica, tal como, pero sin limitarse a, codificadores ópticos, sensores de proximidad digital, transductores piezoeléctricos, galgas extensiométricas y/o tacómetros. En algunas realizaciones, los sensores 52 se acoplan a sistemas 40 de

control para enviar mediciones a los sistemas 40 de control para el procesamiento de las mismas.

Las turbinas 10 eólicas pueden también incluir uno o más sensores 54 (Figura 3) acoplados al generador 26 para medir una salida de potencia eléctrica del generador 26. En algunas realizaciones, los sensores 54 se acoplan a sistemas 40 de control para enviar mediciones a los sistemas 40 de control para el procesamiento de las mismas. Los sensores 54 pueden ser cualquier sensor adecuado que tenga una ubicación adecuada dentro o lejos de la turbina 10 eólica, tal como, pero sin limitarse a, transductores de corriente de efecto Hall (CT) y/o transductores de tensión capacitivos (CVT).

Las turbinas 10 eólicas también pueden incluir uno o más sensores 55 (Figura 3) acoplados a los sistemas 40 de control para enviar mediciones a los sistemas 40 de control para el procesamiento de las mismas. Los sensores 55 pueden ser cualquier sensor adecuado que tenga una ubicación adecuada dentro o lejos de la turbina 10 eólica, tal como, pero sin limitarse a, anemómetros.

La turbina 10 eólica también puede incluir uno o más de otros sensores (no se muestran) acoplados a uno o más componentes de la turbina 10 eólica y/o la carga eléctrica, ya estén o no tales componentes descritos o ilustrados en el presente documento, para medir parámetros de tales componentes. Tales otros sensores pueden incluir, pero no se limitan a, sensores configurados para medir desplazamientos, guiñada, paso, movimientos, tensión, deformación, torsión, daños, fallos, par de torsión del rotor, velocidad del rotor, una anomalía en la carga eléctrica y/o una anomalía de potencia suministrada a cualquier componente de la turbina 10 eólica. Tales otros sensores pueden acoplarse a cualquier componente de la turbina 10 eólica y/o la carga eléctrica en cualquier ubicación de la misma para medir cualquier parámetro de la misma, ya esté o no tal componente, ubicación y/o parámetro descrito y/o ilustrado en el presente documento.

La turbina 10 eólica incluye un sistema 56 de paso de pala variable para controlar, que incluye, pero no se limita a cambiar, un ángulo de paso de las palas 24 del rotor (mostrado en las Figuras 1-3) en respuesta a una condición tal como la velocidad del viento.

En referencia de nuevo a la Figura 3, en algunas realizaciones, los sistemas 40 de control incluyen un bus 62 u otro dispositivo de comunicaciones para comunicar información. Uno o más procesadores 64 se acoplan a un bus 62 para procesar información, incluyendo información de anemometría 46, sensores 48, 50, 52, 54 y/o 55, y/u otros sensores. Los sistemas 40 de control también pueden incluir una o más memorias 66 de acceso aleatorio (RAM) y/u otros dispositivos 68 de almacenamiento. Las RAM 66 y los dispositivos 68 de almacenamiento se acoplan a un bus 62 para almacenar y transferir información e instrucciones a ser ejecutadas por el procesador 64. Las RAM 66 (y/o también otros dispositivos 68 de almacenamiento si están incluidos) también pueden usarse para almacenar variables temporales u otra información intermedia durante la ejecución de las instrucciones por los procesadores 64. Los sistemas 40 de control pueden también incluir una o más memorias 70 de solo lectura (ROM) y/u otros dispositivos de almacenamiento estáticos acoplados al bus 62 para almacenar y proporcionar información estática (que no cambia) e instrucciones a los procesadores 64. Unos dispositivos 72 de entrada/salida pueden incluir cualquier dispositivo conocido en la técnica para proporcionar datos de entrada a los sistemas 40 de control y/o proporcionar salidas, tal como, pero sin limitarse a, salidas de control de guiñada y/o control de paso. Las instrucciones pueden proporcionarse a la memoria desde un dispositivo de almacenamiento, tal como, pero sin limitarse a, un disco magnético, un circuito integrado de memoria de solo lectura (ROM), CD-ROM y/o DVD, por medio de una conexión remota que es inalámbrica o con cables, que proporciona acceso a uno o más medios accesibles electrónicamente, etc. En algunas realizaciones, la circuitería alámbrica puede usarse en lugar de o en combinación con instrucciones de software. De esta manera, la ejecución de secuencias de instrucciones no se limita a cualquier combinación específica de circuitería de hardware e instrucciones de software, ya estén descritas y/o ilustradas en el presente documento. Los sistemas 40 de control también pueden incluir una interfaz 74 de sensor que permite que los sistemas 40 de control se comuniquen con la anemometría 46, los sensores 48, 50, 52, 54 y/o 55 y/u otros sensores. La interfaz 74 de sensor puede ser o puede incluir, por ejemplo, uno o más conversores de analógico a digital que convierten señales analógicas en señales digitales que pueden usarse por los procesadores 64.

La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra una realización ejemplar de un procedimiento 500 para controlar el ruido generado a partir de la turbina 10 eólica. El procedimiento 500 incluye determinar la cantidad de ruido generado (etapa 501). La determinación de la cantidad de ruido generado (etapa 501), dados los parámetros de operación actuales de la turbina eólica, puede lograrse por medición, predicción o cálculo. El cálculo del ruido puede realizarse midiendo o prediciendo diversos parámetros operativos incluyendo, pero sin limitarse a, la velocidad de la punta o la velocidad rotativa, el ángulo de paso, la salida de potencia y la velocidad del viento. Después, se determina si la cantidad de ruido generado es mayor que la emisión acústica permisible máxima (etapa 503). El procedimiento 500 incluye además controlar un ángulo de paso de una o más palas 24 del rotor (mostrado en las Figuras 1 y 2) en respuesta al ruido generado que está por encima del valor permisible máximo (etapa 502) (p. ej., "Sí" en la Figura 4). El procedimiento 500 incluye además ajustar selectivamente el ángulo de paso de la pala en respuesta a una cantidad de ruido generado que está por encima de una cantidad predeterminada (etapa 502), y mantener la cantidad de ruido generado en o por debajo de la cantidad predeterminada de ruido (etapa 505). En una realización, el ajuste selectivo del ángulo de paso puede ser el procedimiento exclusivo de control, mientras se mantiene la velocidad del rotor nominal y los otros parámetros operativos. En otra realización, el ajuste selectivo del

ángulo de paso puede ser el procedimiento de control primario. En esta otra realización, otros procedimientos de control pueden atribuirse secundariamente a la operación también. Si el ruido generado está por debajo del nivel predeterminado (por ejemplo, "No" en la Figura 4), entonces la turbina 10 eólica opera con los programas de control y/o algoritmos definidos para la operación normal (etapa 504).

5 La operación con los otros programas de control y/o algoritmos puede incluir ajustar el ángulo de paso de una o más palas 24 del rotor, ajustar la velocidad rotativa de una o más palas 24 y/u otros parámetros de control antes de que la generación de ruido alcance la cantidad predeterminada de ruido. El ajuste selectivo del paso de una o más palas 24 puede corresponderse a las relaciones predeterminadas (p. ej., tal como se muestra en la Figura 5). Estos ajustes pueden limitarse en número a un número de ajustes durante un periodo específico de tiempo. El periodo de tiempo puede basarse en mediciones de tiempo (p. ej., segundos, minutos, días u horas) o puede basarse en condiciones operativas (p. ej., un número de rotaciones completas). En una realización, la salida de potencia eléctrica del generador 26 puede adicionalmente o como alternativa supervisarse y/o controlarse. En otra realización, la velocidad del viento puede supervisarse adicionalmente o como alternativa.

15 Haciendo referencia a la Figura 5, se muestra el efecto de ajustar selectivamente el ángulo de paso. Tal como se muestra, el nivel de ruido proyectado se representa a lo largo de la relación entre velocidad de la punta para un valor determinado de velocidad rotativa. Un primer conjunto de puntos 601 incluye puntos para un ángulo de paso de -2° . Un segundo conjunto de puntos 603 incluye puntos para un ángulo de paso de 0° . Un tercer conjunto de puntos 605 incluye puntos para un ángulo de paso de $+2^\circ$. Un cuarto conjunto de puntos 607 incluye puntos para un ángulo de paso de $+4^\circ$. Los ángulos de paso específicos son ilustraciones y no están destinadas a limitar los ángulos de paso que pueden ajustarse selectivamente. Unos diagramas similares pueden obtenerse para todos los valores de velocidades rotativas a las que la turbina eólica puede operar potencialmente. A medida que disminuye la relación entre velocidad de la punta, el ruido generado se incrementa. Con la relación entre velocidad de la punta que es la relación de la velocidad de la punta de la pala mediante la velocidad del viento a la altura del cubo, un diagrama tal como el que se muestra en la Figura 5 permite que el nivel de ruido se controle en diversas velocidades del viento basándose principalmente en ajustar selectivamente el ángulo de paso. Por ejemplo, dado un nivel de ruido permisible máximo (p. ej., un límite de ruido regulador), una curva que se corresponde con un paso operativo puede seleccionarse basándose en la relación entre velocidad de la punta a la que la turbina eólica está funcionando. En respuesta, el contador puede provocar que el ángulo de la pala se ajuste al paso correspondiente a la curva seleccionada, por lo que las emisiones acústicas no superan el nivel de umbral.

30 Aunque las realizaciones descritas y/o ilustradas en el presente documento se describen y/o ilustran con respecto a una turbina eólica y más específicamente a controlar la velocidad del rotor de una turbina eólica, la práctica de las realizaciones descritas y/o ilustradas en el presente documento no se limita a turbinas eólicas. En su lugar, las realizaciones descritas y/o ilustradas en el presente documento son aplicables a controlar una velocidad de cualquier rotor que tenga una o más palas.

35 Aunque la divulgación se ha descrito con referencia a una realización preferente, se entenderá por parte de los expertos en la materia que diversos ajustes pueden realizarse y los equivalentes pueden sustituirse por elementos de los mismos sin apartarse del alcance de la divulgación. Además, muchas modificaciones pueden realizarse para adaptar una situación particular o material a las enseñanzas de la divulgación sin apartarse del alcance esencial de la misma. Por tanto, se pretende que la divulgación no se limite a las realizaciones particulares desveladas como el modo preferente contemplado para llevar a cabo esta divulgación, sino que la divulgación incluirá todas las realizaciones que entren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

40

REIVINDICACIONES

1. Una turbina (10) eólica que comprende:
 - 5 al menos una pala (24) montada de manera operativa en la turbina (10) eólica, estando la al menos una pala (24) unida a un cubo (22) de un rotor (18), teniendo el rotor un árbol (30) del rotor en comunicación con un generador (26);
 - estando el generador (26) configurado para convertir par de torsión en potencia eléctrica; y
 - un controlador (40) configurado para ajustar selectivamente un parámetro operativo en respuesta al ruido generado que está por encima de un valor predeterminado;
 - 10 comprendiendo el parámetro operativo un ángulo de paso de la al menos una pala (24); **caracterizada porque** el ajuste selectivo del paso de la pala (24) corresponde a una relación entre la potencia acústica radiada por la turbina (10) eólica, el paso de la pala (24), una relación operativa entre velocidad de la punta y una velocidad del rotor, en la que la relación entre velocidad de la punta es la relación de la velocidad de la punta de la pala respecto a la velocidad del viento a la altura del cubo (22).
- 15 2. La turbina (10) eólica de la reivindicación 1, en la que el controlador (40) se configura para calcular el ruido generado basándose en un valor de una velocidad rotativa, un segundo valor de velocidad del viento y un tercer valor del ángulo de paso de la pala (24).
3. La turbina (10) eólica de cualquier reivindicación anterior, en la que el controlador (40) se configura para ajustar selectivamente el ángulo de paso de la pala (24) en respuesta al ruido calculado en las condiciones operativas actuales que están por encima del valor predeterminado.
- 20 4. La turbina (10) eólica de cualquier reivindicación anterior, en la que el controlador (40) se configura para ser limitado a un número de ajustes durante un periodo de tiempo predeterminado.
5. La turbina (10) eólica de la reivindicación 4, en la que el periodo de tiempo supera una rotación completa de la pala (24).
- 25 6. La turbina (10) eólica de cualquier reivindicación anterior, en la que el controlador (40) se configura para recibir una señal, indicando la señal si una velocidad del viento determinada está por encima de un valor de velocidad del viento predeterminado.
7. La turbina (10) eólica de cualquier reivindicación anterior, en la que el controlador (40) se configura para recibir una señal, estando relacionada la señal con la salida de potencia eléctrica del generador (26) que está por encima de una cantidad predeterminada de salida de potencia eléctrica y estando configurado el controlador (40) además para ajustar el ángulo de paso de la pala (24) en respuesta a la salida eléctrica determinada que está por encima de la cantidad predeterminada de potencia eléctrica.
- 30 8. La turbina (10) eólica de cualquier reivindicación anterior, en la que la turbina (10) eólica opera con al menos una turbina (10) eólica adicional formando por tanto un parque de turbinas eólicas.

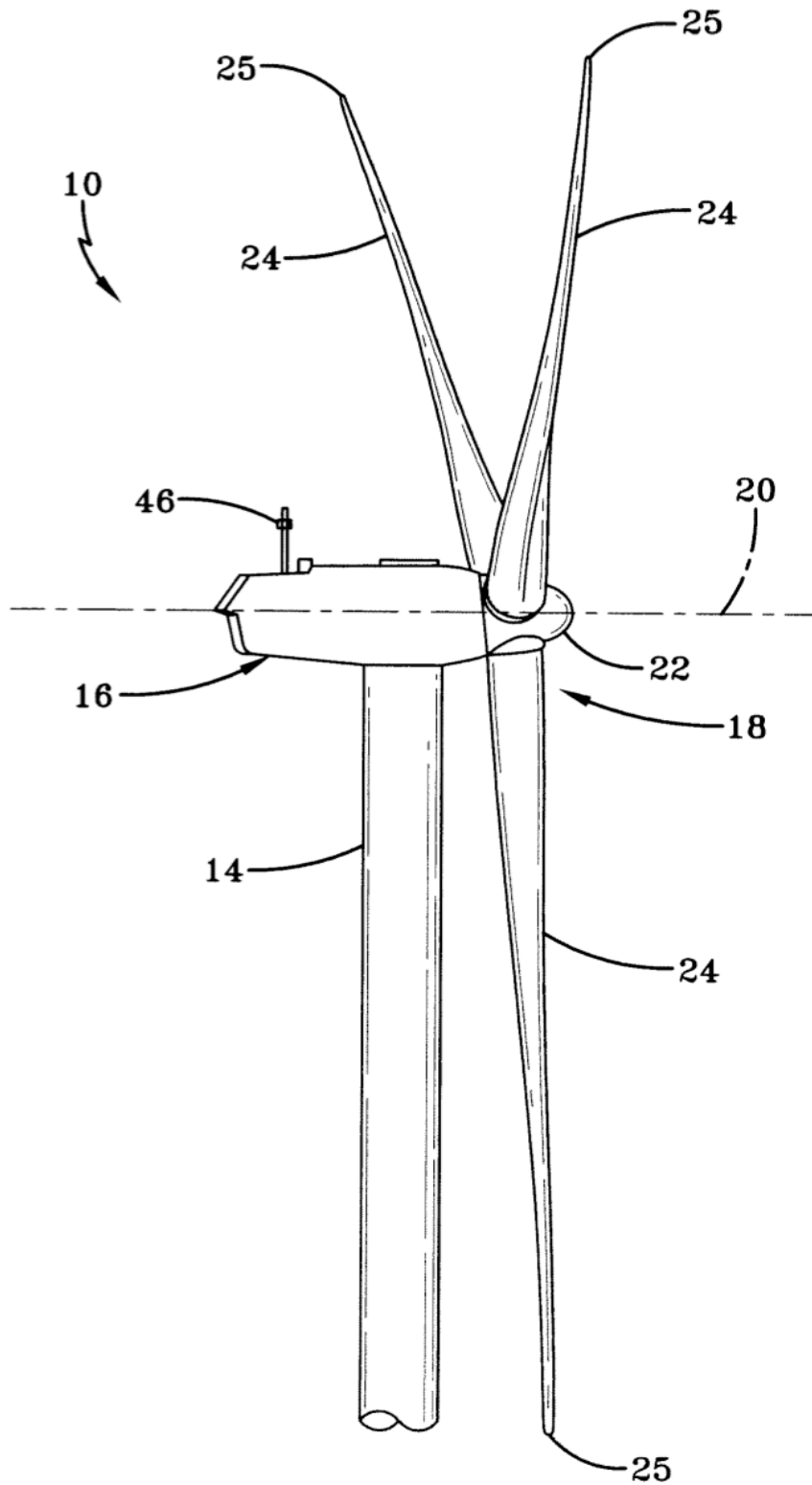


FIG-1

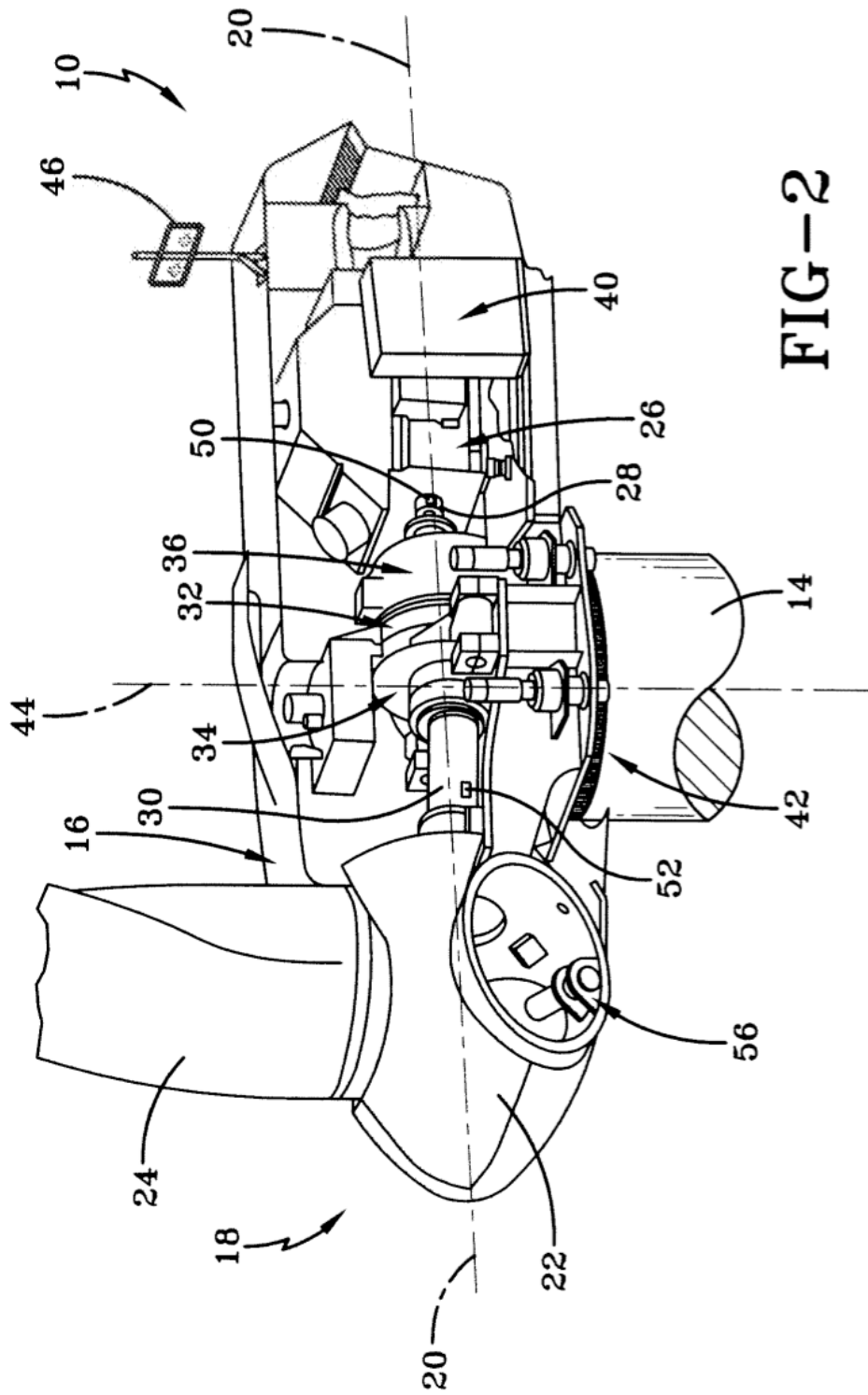


FIG-2

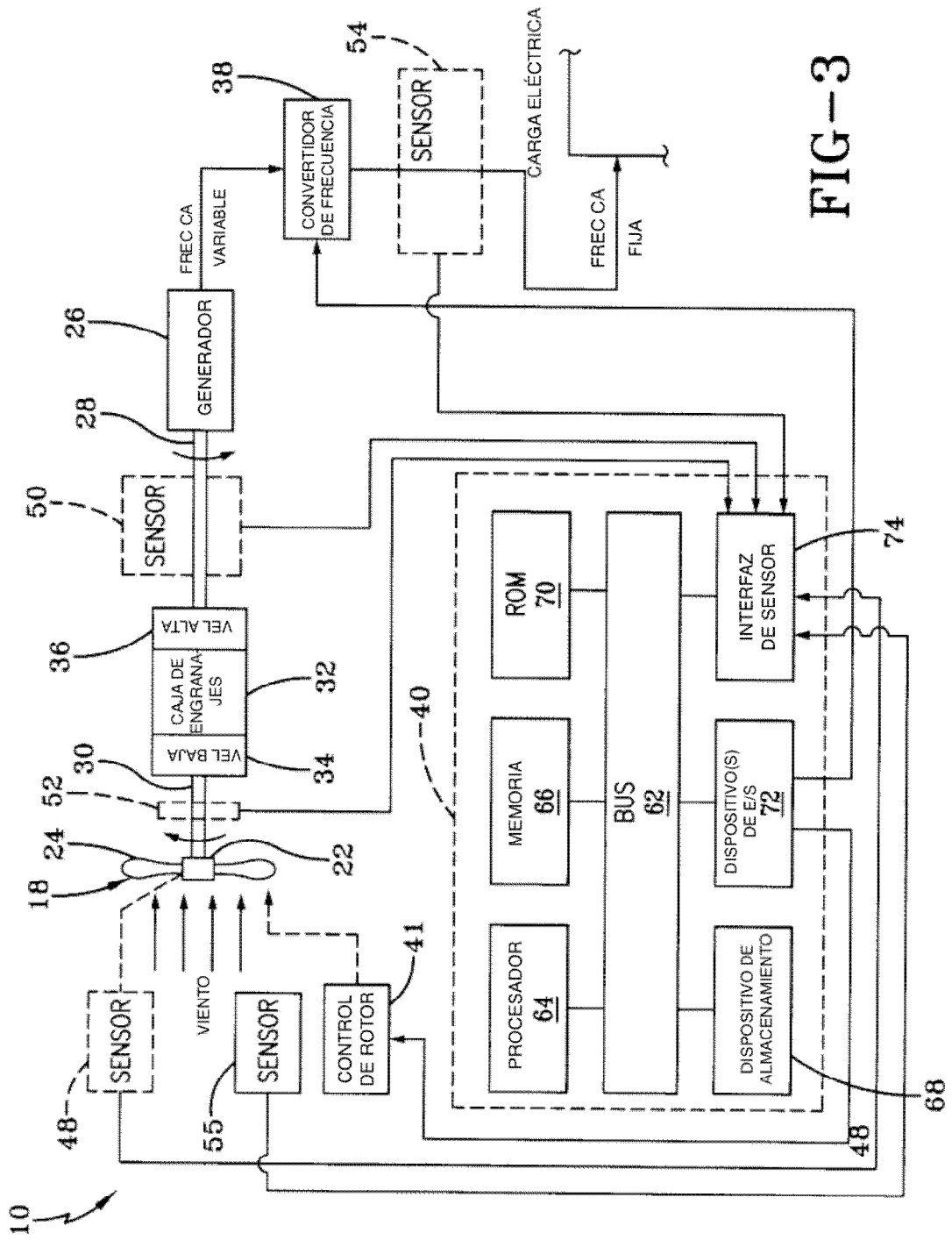


FIG-3

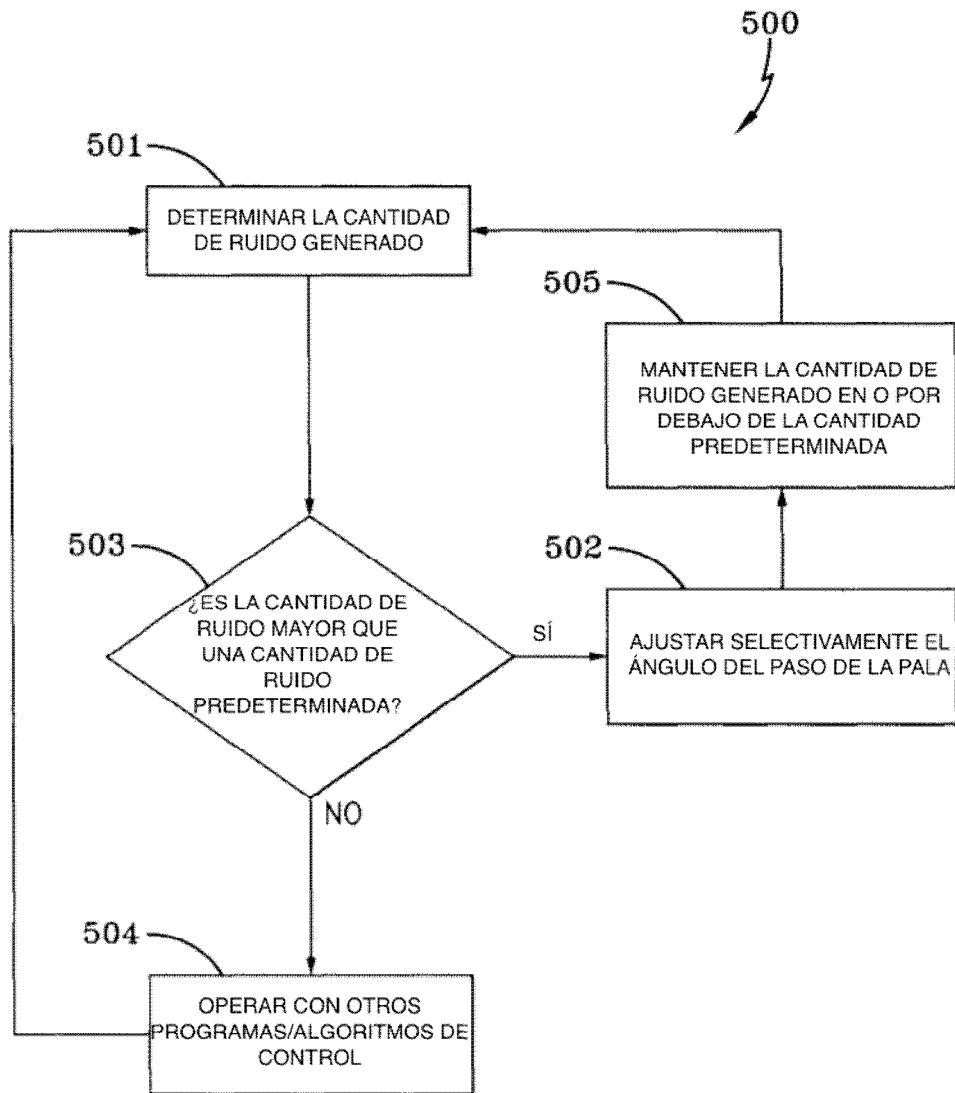
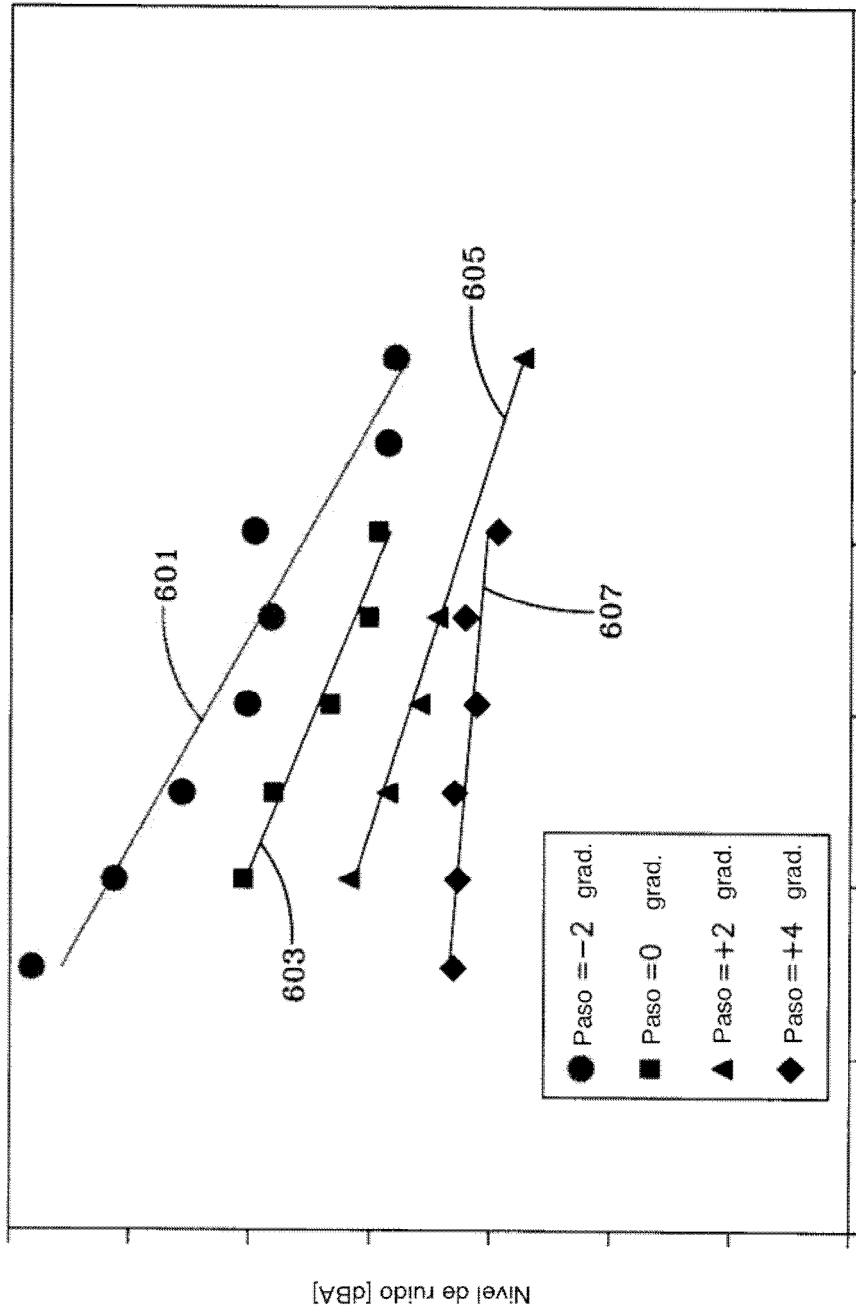


FIG-4



Relación de velocidad con pala (RPM constantes)

FIG-5