

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 657 395**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2012 E 12166864 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2018 EP 2522853**

54 Título: **Control de velocidad-par de aerogenerador**

30 Prioridad:

12.05.2011 US 201113106007

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

05.03.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LEE, DONGJAI;
HERR, STEFAN y
KOEGLER, KLAUS ULRICH**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 657 395 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 velocidad-par de aerogenerador

La presente materia objeto se dirige generalmente a aerogeneradores y, más particularmente, a un procedimiento para control de velocidad de par de un aerogenerador.

5 Los aerogeneradores han recibido mayor atención como fuentes de energía alternativa seguras con el medio ambiente y relativamente económicas. Con este interés creciente, se ha realizado considerables esfuerzos para desarrollar aerogeneradores que sean confiables y eficientes.

10 Generalmente, un aerogenerador incluye un rotor que tiene múltiples palas. El rotor se monta a un alojamiento o góndola, que se coloca encima de una cercha de una torre tubular. Los aerogeneradores de uso general que se diseñan para proporcionar energía eléctrica a una red pública puede tener rotores grandes (por ejemplo, 30 o más metros de longitud). Además, los aerogeneradores se montan típicamente en torres que tienen al menos 60 metros de altura. Las palas de estos rotores transforman la energía eólica en un par o fuerza rotativa que impulsa uno o más generadores que pueden acoplarse de manera rotativa al rotor a través de una caja de engranajes. La caja de engranajes aumenta la velocidad de rotación inherentemente baja del rotor de la turbina para que el generador convierta eficientemente la energía mecánica en energía eléctrica, que se alimenta a una red pública.

15 Las palas de los aerogeneradores han aumentado continuamente de tamaño con el fin de aumentar la captura de energía. No obstante, como las palas han aumentado de tamaño, ha devenido cada vez más difícil controlar la captura de energía óptima. La carga de la pala depende de la velocidad del viento, de la relación de velocidad de punta (TSR) y/o la configuración de la inclinación de la pala. TSR, como se entiende por los normalmente expertos en la materia, es la relación de la velocidad de rotación de la punta de la pala a la velocidad del viento real. Generalmente, es importante optimizar la operación del aerogenerador, incluyendo la captura de energía de la pala, para reducir los costes de la energía producida. La configuración de la inclinación de las palas (es decir, el ángulo de ataque de la pala conformada de manera aerodinámica), proporciona uno de los parámetros utilizados en el control de aerogeneradores. Normalmente, los controladores se configuran para ajustar la velocidad de rotación del buje alrededor del cual rotan las palas, es decir, la velocidad de rotación, por medio del ajuste de la inclinación de la pala de una manera que proporciona una transferencia energética aumentada o disminuida del viento, que, en consecuencia, se espera que ajuste la velocidad del rotor.

20 La cantidad de energía que se puede extraer del viento se basa en un número de factores que incluyen el área barrida cubierta por las palas de giratorias. Esto, por supuesto, depende directamente de la longitud de las palas por lo que los aumentos de energía extraída dependen, para turbinas individuales, al menos en parte, de proporcionar palas más largas.

25 Un problema que surge de aumentar el tamaño de la turbina continuamente, sin embargo, es la necesidad de aumentar el par de manejo de la capacidad de las cajas de engranajes. Sería ventajoso, sin embargo, mantener el par del generador bajo para que las clasificaciones del par de la caja de engranajes y, por consiguiente, el tamaño y el coste, puedan mantenerse bajos.

30 Por lo tanto, lo que se necesita es un procedimiento para operar un aerogenerador para permitir la operación en una región de operación de coeficiente de energía alto (C_p) durante periodos más largos para permitir el control del límite del par del generador.

35 Diversos aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción o, puede aclararse en la descripción o se puede aprender a través de la práctica de la invención.

Los documentos EP 0 223 729 A1, US 2007/085343 A1, US 2009/295159 A1 y EP 1 939 445 A2 desvelan procedimientos para controlar aerogeneradores basados en el coeficiente de potencia y en la relación de velocidad de punta.

La presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

45 Varias características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, formas de realización ilustradas de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

la figura 1 proporciona una ilustración de una curva de potencia de operación típica de un aerogenerador;

50 la figura 2 ilustra curvas de velocidad de par que ilustran curvas de operación diferentes entre baja demanda de par y alta demanda de par;

la figura 3 es un mapa de coeficiente de potencia (C_p) de una turbina que opera con recorte de velocidad;

la figura 4 es un mapa de coeficiente de potencia (C_p) de una turbina que opera con recorte de par;

55 la figura 5 es un mapa de coeficiente de potencia (C_p) que resulta de una operación de turbina de acuerdo con la tecnología presente en la que la inclinación se controla para mantener la operación en una región C_p alto

conforme la velocidad de la punta aumenta; y

la figura 6 es una vista en perspectiva de un aerogenerador ejemplar que puede incorporar aspectos de la invención.

5 El uso repetido de los caracteres de referencia a través de la presente memoria descriptiva y los dibujos adjuntos es intencionado para representar las mismas o análogas figuras o elementos de la invención.

Ahora se hará referencia en detalle a las formas de realización de la invención, uno o más ejemplos que se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no limitando la invención. De hecho, será evidente para los expertos en la materia que diversas modificaciones y variaciones se pueden realizar en la presente invención sin alejarse del ámbito de la invención. Por ejemplo, las características ilustradas o
10 descritas como parte de una forma de realización se pueden usar con otra forma de realización para dar lugar a otra forma de realización más. De este modo, se pretende que la presente invención cubra tales modificaciones y variaciones que entran dentro del ámbito de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

Ahora se hará referencia en detalle a las formas de realización actualmente preferentes del procedimiento y sistema de control de velocidad del par de aerogenerador. Haciendo referencia ahora a los dibujos, la figura 1 ilustra una
15 curva 100 de potencia de operación típica para un aerogenerador. Como se entiende y se ilustra generalmente en la figura 1, un aerogenerador puede operar a lo largo de una línea 102 de operación desde un punto "1" donde la velocidad del viento es cero hasta el punto "2" para alcanzar el nivel 104 de potencia nominal en el punto "5". Después de alcanzar el nivel 104 de potencia nominal, la velocidad del viento adicional no resulta en una salida de potencia de la turbina adicional. De forma similar, existe una relación entre la velocidad del rotor u el par como se
20 ilustra mediante la curva 200 de velocidad de par ilustrada en la figura 2. La curva 200 de velocidad de par ilustra las curvas de operación diferentes que resultan de los diseños de palas diferentes donde la curva 202 que se extiende a lo largo de los puntos 1-2-5-6 representa un diseño de demanda de par baja mientras que la curva 204 que se extiende a lo largo de los puntos 1-3-4-5-6 representa un diseño de demanda de par alta. Como se apreciará, la curva 202 de demanda de par baja alcanzará una velocidad 206 de rotor máxima en el punto "2" donde el corte de
25 velocidad se observará antes de que tal turbina alcance su potencia nominal en el punto "6". La curva 204 de demanda de par alta, por otro lado, alcanzará su par máximo en el punto "4" y, por lo tanto, experimenta el corte de par antes de alcanzar su potencia nominal en el punto "5". La presente materia objeto se refiere generalmente a la operación en estos últimos casos a lo largo de la curva 204 donde el aerogenerador alcanza un primer límite de par máximo por debajo de la potencia nominal y pretende lograr un rendimiento global mejorado incluso con un par de
30 generador bajo.

En referencia ahora a las figuras 3 y 4, se ilustra un par de mapas 300, 400 de coeficientes de potencia (C_p) que ilustran diversos coeficientes de potencia contra relación de velocidad (TSR) contra ángulo de inclinación donde el mapa de la figura 3 es el resultado de una turbina que opera con corte de velocidad mientras que la figura 4 es el resultado de una turbina que opera sin recorte de par.

35 En general, se representan diversos niveles C_p en las figuras 3 y 4 por líneas 302, 304, 306, 402, 404, 406 de contorno donde las líneas 302, 402 de contorno representan los niveles de C_p superiores y las líneas 304, 404 y después las líneas 306, 406 representan progresivamente los niveles de C_p inferiores. Como se apreciará por los normalmente expertos en la materia, las diversas líneas 302, 304, 306, 402, 404, 406 de contorno dependen del diseño específico de las palas de la turbina. Además, generalmente es preferente operar la turbina en su punto de
40 C_p superior representado en los puntos 1-2-5 en la figura 3 y 3-4 en la figura 4 si es posible.

Se recordará que la figura 3 representa un sistema de turbina que opera con corte de velocidad. En referencia de nuevo, de manera breve a la figura 2, el corte de velocidad tiene lugar cuando la velocidad 206 del rotor máxima se alcanza antes de alcanzar la potencia nominal. En este caso, como se ilustra más generalmente en la figura 3, para alcanzar la potencia nominal, se puede aumentar el ángulo de inclinación, pero generalmente esto da como
45 resultado en una TSR inferior.

En el caso de operación donde el recorte de par tiene lugar como se ilustra en la figura 4, el C_p máximo en los puntos 3-4 también necesita un aumento de la velocidad del rotor para alcanzar la potencia nominal pero el aumento, además, del ángulo de inclinación hacia el punto "6" puede producir relativamente rápido la operación fuera de la región 402 de C_p superior.

50 En referencia ahora a la figura 5, se ilustra un mapa 500 de coeficiente de potencia (C_p) que resulta de la operación de una turbina de acuerdo con la tecnología presente. Las líneas 506, 504, 502 de contorno representan coeficientes de potencia cada vez más altos y, de acuerdo con la tecnología actual, el ángulo de inclinación se controla para mantener la operación en la región 502 de C_p relativamente superior, aunque no necesariamente en los puntos 3-4 de C_p pico, a medida que cambia la relación de velocidad de la punta. Controlando el ángulo de inclinación mientras
55 la relación de velocidad de la punta aumenta entre los puntos 3-4 al punto 5, el par se limita y la turbina es capaz de operarse durante un periodo de tiempo superior dentro de la región 502 de C_p superior antes de aumentar, además el ángulo de inclinación hacia el punto "6" provoca que la operación se mueva hacia regiones de C_p inferior ilustradas por las líneas 504 y 506 de contorno.

De acuerdo con la presente materia objeto, la TSR puede supervisarse de manera activa de varias maneras y usarse como un parámetro para ajustar el ángulo de inclinación. Como se mencionó previamente, la TSR corresponde a la relación de la velocidad de la punta de la pala y la velocidad del eólica real. También, por supuesto, la velocidad de la punta de la pala es una función de la longitud de la pala y de la velocidad giratoria. La TSR entonces puede supervisarse midiendo directamente cualquiera de la velocidad de la punta real, la velocidad giratoria de la pala o la velocidad del viento para cualquiera de las palas de longitud dadas. La TSR también se puede supervisar indirectamente cuando una caja de engranajes se acopla a la turbina supervisando la velocidad giratoria de la caja de engranajes o cualquier engranaje dentro de la caja de engranajes.

Aumentando el ángulo de inclinación simultáneamente con el aumento de la TSR, se realizan un número de ventajas. Principalmente debido a que esta operación limita el par, pueden usarse cajas de engranaje de menor calificación disminuyendo así los costes y el tamaño del equipo. De esta manera, el tamaño de la caja de engranajes deviene inferior al que podría haber sido apropiado de otro modo en ausencia de la metodología de operación actualmente desvelada. Adicionalmente, la producción energética anual (AEP) se mejora y se reduce el ajuste axial del viento producido que tiende a derrumbar la turbina. A través del uso de la presente materia objeto, conforme las palas del aerogenerador devienen más grandes para las mismas potencias nominales, existe menor necesidad de actualizar la caja de engranajes para aumentar el límite de par.

La figura 6 es una vista en perspectiva de un aerogenerador 600 ejemplar con el que la presente materia objeto se puede emplear. En esta forma de realización ejemplar, el aerogenerador 600 es un aerogenerador de eje horizontal. Como alternativa, el aerogenerador 600 puede ser un aerogenerador de eje vertical. En la forma de realización ejemplar, el aerogenerador 600 incluye una torre 612 que se extiende desde un sistema 614 de soporte, una góndola 616 montada en la torre 612 y un rotor 618 que se acopla a la góndola 616. El rotor 618 incluye un buje 620 y, al menos, una pala 622 de rotor acoplada a y que se extiende hacia fuera del buje 620. En la forma de realización ejemplar, el rotor 618 tiene tres palas 622 de rotor. En una forma de realización alternativa, el rotor 618 incluye más de o menos de tres palas 622 de rotor. En la forma de realización ejemplar, la torre 612 se fabrica de acero tubular para definir una cavidad (no mostrada en la figura 6) entre el sistema 614 de soporte y la góndola 616. En una forma de realización alternativa, la torre 612 es cualquier tipo de torre adecuada que tenga una altura adecuada.

Las palas 622 de rotor se separa alrededor del buje 620 para facilitar que el rotor 618 gire para permitir que la energía cinética se transfiera desde el viento a una energía mecánica adecuada y, posteriormente, energía eléctrica. Las palas 622 de rotor se aparean al buje 620 acoplando una parte 624 de raíz de pala al buje 620 en una pluralidad de regiones 626 de transferencia de carga. Las regiones 626 de transferencia de carga tienen una región de transferencia de carga de buje y una región de transferencia de carga de pala (ninguna mostrada en la figura 6). Las cargas inducidas a las palas 622 de rotor se transfieren al buje 620 a través de las regiones 626 de transferencia de carga.

Conforme el viento golpea las palas 622 de rotor desde una dirección 628, el rotor 618 rota alrededor de un eje de rotación 630. Conforme las palas 622 del rotor rotan y se someten a fuerzas centrífugas, las palas 622 de rotor también se someten a diversas fuerzas y momentos. Como tal, las palas 622 de rotor pueden desviarse y/o rotar desde una posición neutra o no desviada a una posición desviada. Por otra parte, un ángulo de inclinación o inclinación de pala de las palas 622 de rotor, es decir, un ángulo que determina una perspectiva de las palas 622 de rotor con respecto a la dirección 628 del viento, puede cambiarse por un sistema 632 de ajuste de inclinación para controlar la carga y la energía generada por el aerogenerador 600 ajustando una posición angular de al menos una pala 622 de rotor en relación con los vectores eólicos como se describió previamente en el presente documento. Se muestran los ejes 634 de inclinación para palas 622 de rotor. Durante la operación del aerogenerador 600, el sistema 632 de ajuste de la inclinación puede cambiar una inclinación de pala de las palas 622 de rotor.

Esta descripción escrita usa ejemplos para desvelar la invención, incluyendo el modo preferente y, también, para permitir a cualquier experto en la materia practicar la invención, incluyendo realizar y usar cualquier dispositivo y sistema y llevar a cabo cualquier procedimiento incorporado. El ámbito patentable de la invención se define por las reivindicaciones y pueden incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de operación de un aerogenerador (600), que comprende:

proporcionar un aerogenerador (600) que tiene al menos una pala (622) que tiene un ángulo de inclinación ajustable;

5 supervisar la relación de velocidad de la punta (TSR) de la al menos una pala (622);

identificar una región (502) operativa de coeficiente de energía (Cp) alto para la al menos una pala;

caracterizado porque el procedimiento comprende, además; aumentar el ángulo (3-4-5) de inclinación de al menos una pala simultáneamente con un aumento en la TSR supervisada que tiene lugar en respuesta al aumento de la velocidad del viento tras alcanzar un límite de par máximo del aerogenerador, para mantener la operación de la turbina dentro de la región de Cp identificada (502).

10

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que supervisar la TSR comprende supervisar la velocidad de la punta en al menos una pala (622).

3. El procedimiento según la reivindicación 1 o reivindicación 2, en el que supervisar la TSR comprende supervisar la velocidad del viento.

15 4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que supervisar la TSR comprende supervisar la velocidad de la punta de al menos una pala (622).

5. Un sistema de control de la operación de un aerogenerador (600), que comprende:

un aerogenerador (600) que tiene al menos una pala (622) que tiene un ángulo de inclinación ajustable;

20 un sensor configurado para supervisar la relación de velocidad de la punta (TSR) de dicha al menos una pala (622); y

un controlador configurado para provocar que el ángulo de inclinación de al menos una pala (622) aumente simultáneamente con un aumento en la TSR (3-4-5) supervisada que tiene lugar en respuesta al aumento de la velocidad del viento tras alcanzar el límite de par máximo del aerogenerador, para mantener la operación de la turbina dentro de una región (502) operativa de coeficiente de energía (Cp) alto para el al menos una pala.

25 6. El sistema según la reivindicación 5, en el que dicho sensor supervisa la TSR supervisando la velocidad de la punta de al menos una pala (622).

7. El sistema según la reivindicación 5 o reivindicación 6, en el que dicho sensor supervisa la TSR supervisando la velocidad del viento.

30 8. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que dicho sensor supervisa la TSR supervisando la velocidad giratoria de al menos una pala (622).

9. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, que comprende adicionalmente:

una caja de engranajes acoplada a dicho aerogenerador (600), en el que dicho sensor supervisa la TSR supervisando la velocidad giratoria de un componente de caja de engranajes.

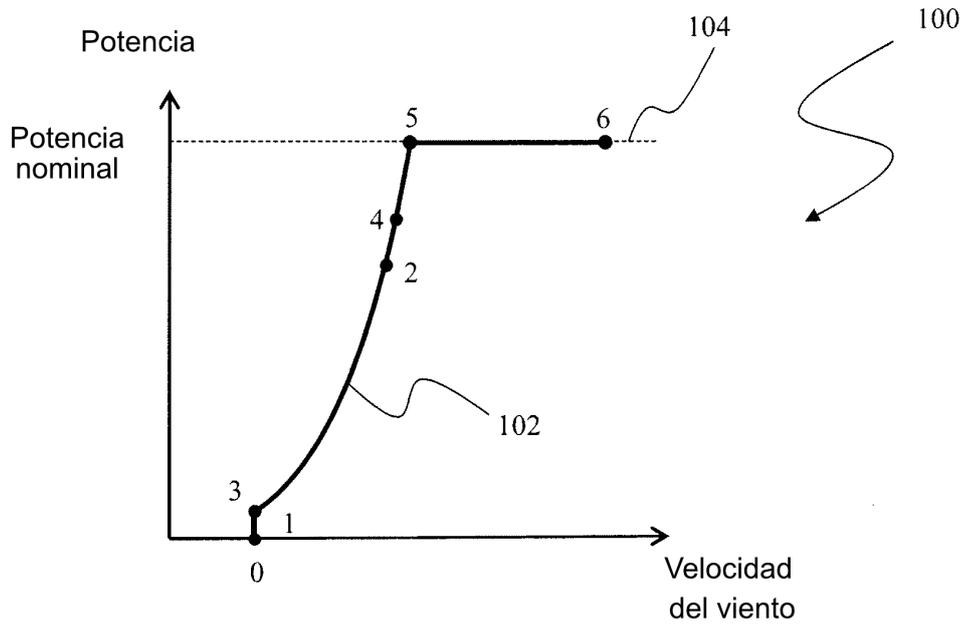


Fig. 1

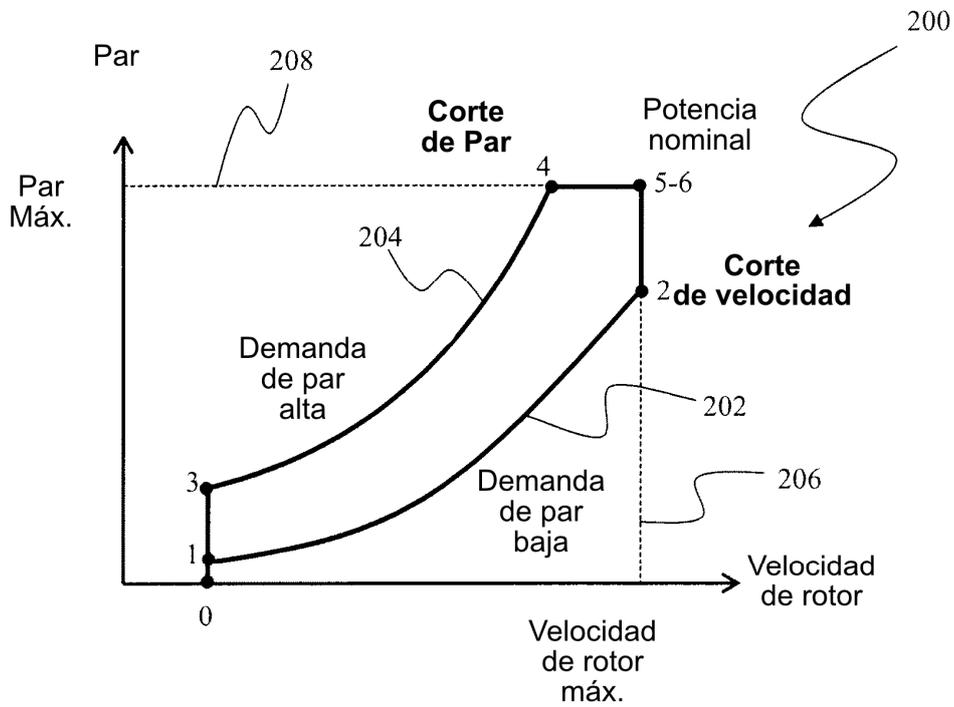


Fig. 2

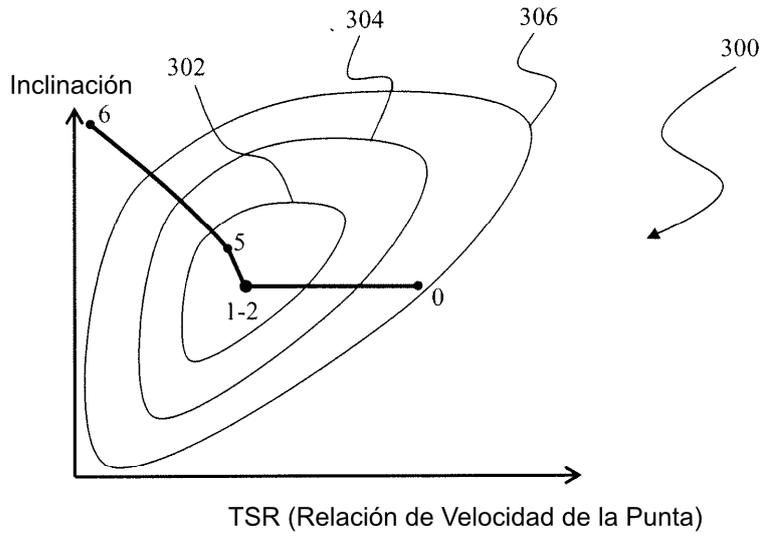


Fig 3.

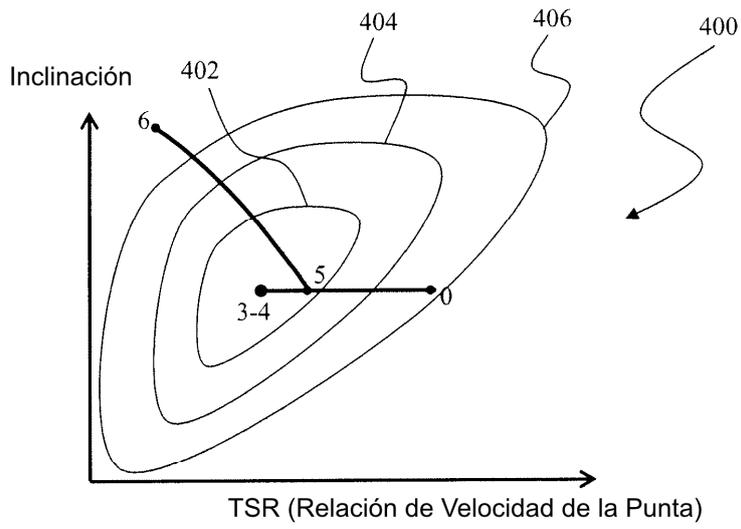


Fig 4.

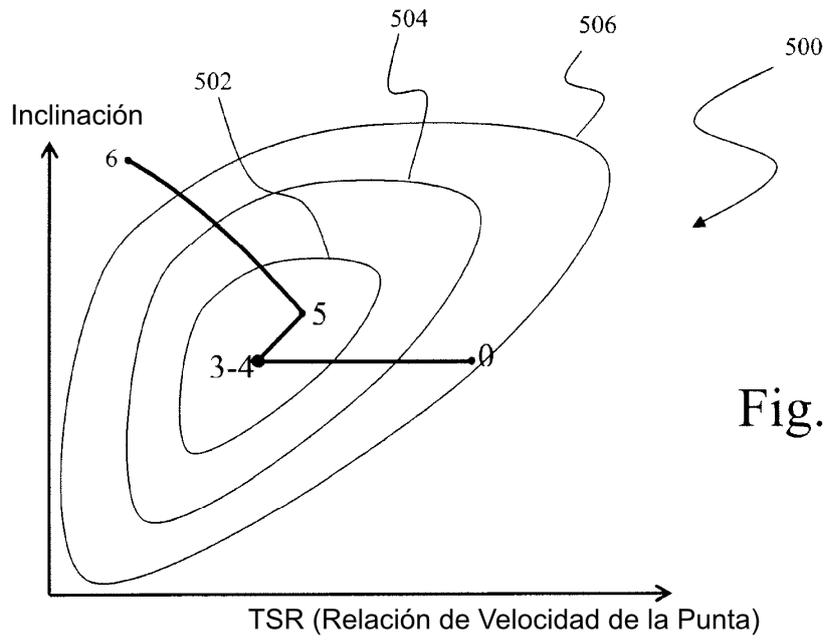


Fig. 5

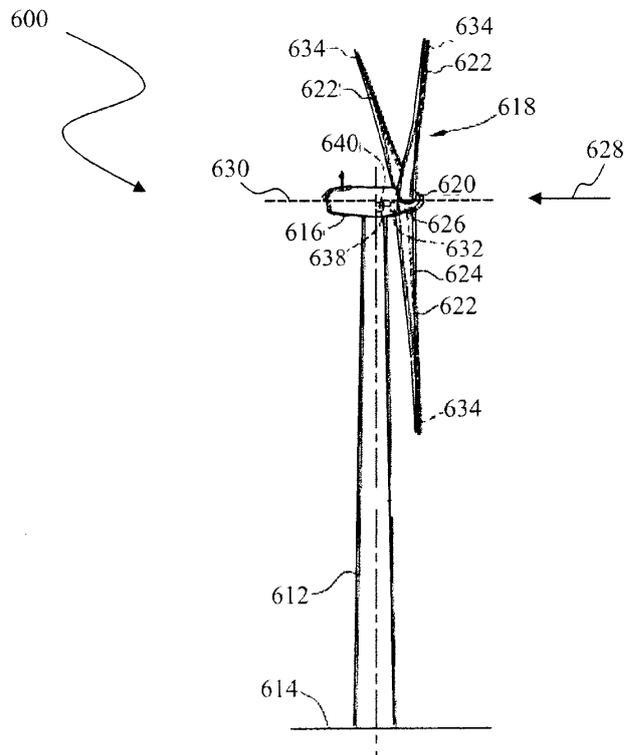


Fig. 6