

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 704 841**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02** (2006.01)

**H02P 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.05.2010 PCT/JP2010/059149**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.12.2010 WO10137710**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2010 E 10780664 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 2436920**

54 Título: **Dispositivo de control de generación de energía eólica y método de control de generación de energía eólica**

30 Prioridad:

**28.05.2009 JP 2009129111**

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

**20.03.2019**

73 Titular/es:

**ZEPHYR CORPORATION (100.0%)**

**4-15-7 Nishi-Shinjuku**

**Tokyo 160-0023, JP**

72 Inventor/es:

**ITO, RYOSUKE;**

**OKUBO, TAKANORI;**

**CHIKASHIGE, TADAAKI;**

**YAMAZAKI, TAKASHI y**

**MATSUMIYA, HIKARU**

74 Agente/Representante:

**ZUAZO ARALUZE, Alexander**

ES 2 704 841 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**

Dispositivo de control de generación de energía eólica y método de control de generación de energía eólica

5

**Campo técnico**

La presente invención se refiere a un dispositivo de control de generación de energía eólica que controla un generador de energía eólica que convierte energía eólica en energía eléctrica y un método de control de generación de energía eólica para controlar un generador de energía eólica.

10

**Antecedentes de la técnica**

Hasta ahora, han llamado la atención generadores de energía eólica que convierten energía eólica en energía eléctrica como dispositivos de generación de energía que no provocan contaminación ambiental y se han puesto en práctica. Particularmente, se han usado generadores de energía eólica de pequeño tamaño que tienen una potencia nominal de varios kilovatios (kW) como fuentes de energía para equipos de iluminación y similares en empresas, escuelas, hogares y similares, fuentes de energía para calentadores, dispositivos de medición de temperatura, humedad y similares en invernaderos, o fuentes de energía para alumbrado público y similares para núcleos comerciales, carreteras principales y similares.

15

20

En este tipo de generador de energía de pequeño tamaño, se ha presentado la preocupación de que, si se aumenta la velocidad de rotación de un molino de viento por un aumento de la velocidad del viento, podría producirse un ruido debido a la vibración de una pala. Además, si la energía generada aumenta rápidamente con el aumento de la velocidad de rotación del molino de viento, aumenta rápidamente el suministro de energía a sistemas comerciales de suministro de energía, lo que podría provocar que fluctuaran la tensión y la frecuencia en el aspecto del sistema comercial.

25

Por tanto, con el fin de impedir tales problemas, la energía generada se controla mediante una cualquiera de una tensión de generación, una corriente de generación y una velocidad de rotación o una combinación de las mismas con fuertes vientos.

30

Por ejemplo, se da a conocer una tecnología en la que se aumenta una corriente de carga incrementando una tensión de salida de un convertidor conectado a una fase de salida de un generador de energía con fuertes vientos y el generador de energía se frena electromagnéticamente para suprimir un incremento de una velocidad de rotación de un molino de viento (véase el documento de patente 1, por ejemplo).

35

Además, se da a conocer una tecnología para suprimir una velocidad de rotación sin detener la generación de energía en la que se detecta una velocidad de rotación de un molino de viento, y si la velocidad de rotación detectada supera una velocidad de rotación de referencia ajustada de antemano, se controla un circuito de conversión de energía de modo que una razón ( $V_{sal.}/V_{en.}$ ) entre una tensión de entrada ( $V_{en.}$ ) y una tensión de salida ( $V_{sal.}$ ) de un circuito de conversión de energía se hace mayor y se reduce la tensión de entrada ( $V_{en.}$ ) y se suprime una velocidad de rotación de un molino de viento (véase el documento de patente 2, por ejemplo)

40

Documento de patente 1: patente japonesa nº 3423663

45

Documento de patente 2: patente japonesa nº 3523587

50

El documento JP-A-63-39500 se considera la técnica anterior más cercana y muestra un dispositivo de control de generación de energía eólica y un método según el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 5.

50

**Divulgación de la invención**

Sin embargo, se ha producido el problema de que no puede obtenerse de manera eficiente una cantidad óptima de energía eléctrica correspondiente a una velocidad de viento en el control de energía en una región de velocidad de viento relativamente baja, aproximadamente a una velocidad de viento de 10 (m/s) o menos.

55

La presente invención se realizó en vista del estado actual descrito anteriormente y tiene como objeto proporcionar un dispositivo de control de generación de energía eólica que controla un generador de energía eólica que puede obtener de manera eficiente una cantidad óptima de energía correspondiente a una velocidad de viento en una región de velocidad de viento relativamente baja y un método de control de generación de energía eólica para controlar el generador de energía eólica.

60

La presente invención ha empleado la configuración siguiente con el fin de resolver los problemas anteriores.

65

Es decir, según la presente invención, se proporcionan un dispositivo de control de generación de energía eólica

según la reivindicación 1 y un método de control según la reivindicación 5.

5 Además, en el dispositivo de control de generación de energía eólica según la presente invención, los medios de control controlan preferiblemente el generador de energía eólica de tal manera que la energía de salida calculada por los medios de cálculo de energía eléctrica concuerda con las propiedades aerodinámicas de pala almacenadas en los medios de almacenamiento de propiedades aerodinámicas de pala.

10 Además, en el dispositivo de control de generación de energía eólica según la presente invención, los medios de control controlan preferiblemente el generador de energía eólica en un intervalo de velocidades de rotación en el que la velocidad de rotación detectada por los medios de detección de velocidad de rotación está en una región de velocidad de viento predeterminada.

15 Además, en el dispositivo de control de generación de energía eólica según la presente invención, la región de velocidad de viento predeterminada es preferiblemente una región de velocidad de viento a aproximadamente 10 (m/s) o menos.

20 Además, en el dispositivo de control de generación de energía eólica según la presente invención, si una velocidad de rotación en el momento actual detectada por los medios de detección de velocidad de rotación supera una velocidad de rotación máxima correspondiente a la velocidad del viento máxima en la región de velocidad de viento predeterminada, los medios de control controlan preferiblemente el generador de energía eólica de modo que no se supera la velocidad de rotación máxima.

25 Además, en el dispositivo de control de generación de energía eólica según la presente invención, los medios de almacenamiento de propiedades aerodinámicas de pala almacenan preferiblemente de antemano propiedades aerodinámicas de pala que indican una relación entre una velocidad de rotación de la pala de turbina eólica y un par generado por el generador de energía eólica.

30 Además, en el dispositivo de control de generación de energía eólica según la presente invención, los medios de control controlan preferiblemente el generador de energía eólica cortocircuitando directamente una bobina del inducido proporcionada en el generador de energía eólica con un ciclo de trabajo predeterminado.

35 Además, en el dispositivo de control de generación de energía eólica según la presente invención, los medios de control controlan preferiblemente el generador de energía eólica cortocircuitando intermitentemente la bobina del inducido.

40 Además, según un aspecto de la presente invención, un método de control de generación de energía eólica según la presente invención es un método de control de generación de energía eólica para controlar un generador de energía eólica usando una pala de turbina eólica que tiene un ángulo de paso fijo, caracterizado porque se detecta un valor de corriente de salida emitido por el generador de energía eólica, se detecta un valor de tensión de salida emitido por el generador de energía eólica, y se detecta una velocidad de rotación de la pala de turbina eólica, y basándose en el valor detectado de corriente de salida en el momento actual, el valor detectado de tensión de salida en el momento actual, y la velocidad de rotación detectada en el momento actual, se calcula la energía de salida a la velocidad de rotación en el momento actual, y basándose en la energía de salida calculada y las propiedades aerodinámicas de pala, que son propiedades inherentes a la pala de turbina eólica almacenadas en la memoria de antemano, se controla el generador de energía eólica de modo que la energía de salida calculada concuerda con las propiedades aerodinámicas de pala.

#### Breve descripción de los dibujos

50 La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un dispositivo de control de generación de energía eólica al que se aplica la presente invención;

55 la figura 2 es un diagrama que ilustra una relación entre una velocidad de rotación de una pala de turbina eólica, la energía eléctrica emitida por un generador de energía eólica, y un factor de trabajo añadido al generador de energía eólica;

la figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un flujo de procesamiento de control de generación de energía eólica ejecutado en el dispositivo de control de generación de energía eólica al que se aplica la presente invención; y

60 la figura 4 es un diagrama que ilustra una relación entre la velocidad del viento, la energía eléctrica emitida por el generador de energía eólica y una velocidad de rotación de la pala de turbina eólica.

#### Mejor modo de llevar a cabo la invención

65 A continuación se describirán en detalle realizaciones de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un dispositivo de control de generación de energía eólica al que se aplica la presente invención.

5 En la figura 1, un dispositivo 1 de control de generación de energía eólica al que se aplica la presente invención constituye un sistema de generación de energía eólica que genera energía de manera eficiente controlando un generador 2 de energía eólica.

10 El generador 2 de energía eólica está dotado de un imán 21 permanente y un devanado 22 trifásico y convierte una corriente alterna generada por la rotación de una pala 20 de turbina eólica cuyo ángulo de paso se fija a una corriente continua mediante un rectificador 23 y se la suministra a un acumulador 24 y una carga 25 conectada a este acumulador 24. Dado que la pala 20 de turbina eólica tiene el ángulo de paso fijo, su estructura es relativamente sencilla y tiene menos fallos que si se compara con el tipo en el que puede cambiarse el ángulo de paso o el tipo en el que puede plegarse la pala, y es fácil una reducción de tamaño y peso.

15 El dispositivo 1 de control de generación de energía eólica incluye una parte 11 de conversión A/D de corriente, una parte 12 de conversión A/D de tensión, una parte 13 de recuento de velocidad de rotación, una parte 14 de cálculo de rpm/energía, una parte 15 de control de recuento, y una parte 16 de modulación PWM.

20 La parte 11 de conversión A/D de corriente detecta un valor de corriente de salida emitido por el generador 2 de energía eólica a través de un circuito 26 de detección de corriente y convierte un valor analógico en un valor digital. La parte 12 de conversión A/D de tensión detecta un valor de tensión de salida emitido por el generador 2 de energía eólica a través de un circuito 27 de detección de tensión y convierte un valor analógico en un valor digital.

25 La parte 13 de recuento de velocidad de rotación detecta y obtiene una velocidad de rotación de la pala 20 de turbina eólica a través de un circuito 28 de detección de velocidad de rotación. La parte 14 de cálculo de rpm/energía calcula un valor de salida teórico del generador 2 de energía eólica basándose en la velocidad de rotación obtenida por la parte 13 de recuento de velocidad de rotación y las propiedades aerodinámicas de pala, que son propiedades determinadas de antemano e inherentes a la pala 20 de turbina eólica. En este caso, con respecto a las propiedades aerodinámicas de pala, que son inherentes a la pala 20 de turbina eólica, las propiedades aerodinámicas de pala que indican la relación entre una velocidad de rotación de la pala 20 de turbina eólica y un par generado por el generador 2 de energía eólica pueden almacenarse en una memoria como una tabla de propiedades teóricas o puede usarse una expresión simulada multidimensional tal como  $WP = a \times x^n + b \times x^{n-1} + \dots + c \times x + d$  (WP: valor de salida teórico, x: número de rotación, a, b, c, d: coeficiente) o una expresión simulada tridimensional tal como  $WP = a_1 \times x^3 + b_1 \times x^2 + c_1 \times x + d_1$  (WP: valor de salida teórico, x: número de rotación,  $a_1, b_1, c_1, d_1$ : coeficiente), por ejemplo.

35 La expresión simulada multidimensional anterior es una expresión simulada basada en una fórmula de cálculo de propiedades teóricas tal como se ilustra a continuación.

40 Es decir, con respecto a una velocidad de viento arbitraria U (m/s) y una velocidad de rotación N (rpm) de un rotor, puede adquirirse una producción de generación de energía P (W) del generador de energía eólica tal como en la siguiente expresión 1 según la teoría del momento del elemento de pala.

45 [Expresión 1]

$$P = \frac{1}{2} \rho U^3 \cdot A \cdot C_P \cdots \text{Expresión 1}$$

50 donde

P: producción de generación de energía (W)

$\rho$ : densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>)

55 U: velocidad del viento (m/s)

A: área proyectada de rotor =  $\pi R^2$  (m<sup>2</sup>)

R: radio de rotor (m)

60

$C_P$ : coeficiente de potencia

Además, el coeficiente de potencia  $C_P$  puede adquirirse mediante la siguiente expresión 2:

[Expresión 2]

$$C_p = \int_{\text{raíz}}^1 \frac{2\sigma \cos\phi C_L \sin\phi [1 - \varepsilon \cot\phi]}{(1-a)(1+a')} d\xi \dots \text{Expresión 2}$$

5

donde

[Expresión 3]

$$\sigma(\text{solidez local}) \equiv \frac{cB}{2\pi r}$$

10

c: distribución de códigos

B: número de palas

15

$C_L$ : coeficiente de sustentación

$\phi$ : ángulo de aflujó (rad)

20

[Expresión 4]

$$\varepsilon \equiv \frac{C_D}{C_L}$$

25

$C_D$ : coeficiente de resistencia aerodinámica

[Expresión 5]

$$\xi \equiv \frac{r}{R}$$

30

r: distancia de la pala desde el centro del rotor en la dirección del eje j (m)

a: coeficiente de guiado (componente en la dirección axial)

35

a': coeficiente de guiado (componente en la dirección tangencial)

Cada variable relacionada con la expresión anterior 2 es una función de la posición r de la pala, y el coeficiente de sustentación y el coeficiente de resistencia se obtienen a partir de datos de tipo de pala usados para la pala en la posición r.

40

Además, el coeficiente de guiado a y el coeficiente de guiado a' vienen dados por una ecuación algebraica que describe un sistema dinámico de un campo de flujo usando  $\phi$  como una variable en la teoría del momento del elemento de pala de la siguiente manera:

45

[Expresión 6]

$$a = \frac{1}{\frac{4\sin^2\phi}{\sigma C_N} + 1} \dots \text{Expresión 3}$$

[Expresión 7]

$$a' = \frac{1}{\frac{4\sigma C_F \sin\phi \cos\phi}{\sigma C_F} - 1} \dots \text{Expresión 4}$$

donde

5 [Expresión 8]

$$C_N \equiv C_L \cos\phi + C_D \sin\phi \dots \text{Expresión 5}$$

[Expresión 9]

10

$$C_F \equiv C_L \sin\phi - C_D \cos\phi \dots \text{Expresión 6}$$

15 Con el fin de adquirir el coeficiente de guiado  $a$  indicado en la expresión 3 descrita anteriormente y el coeficiente de guiado  $a'$  indicado en la expresión 4, se usa una aproximación repetida mediante las etapas 1 a 9 de la siguiente manera. Se asume que se facilitan de antemano una distribución de torsión de pala  $\theta(r)$  de la pala y una distribución de cuerda  $c(r)$ . Además, se asume que se conocen datos de rendimiento de tipo de pala sobre el tipo de pala seleccionado.

20 Etapa 1: se determinan los parámetros básicos (velocidad de viento  $U$ ,

[Expresión 10]

$$\text{Velocidad angular de rotor } \omega = \frac{\pi}{30} N$$

25 ,distribución de torsión de pala  $\theta(r)$ , y distribución de cuerda  $c(r)$ ).

Etapa 2: se facilitan los valores iniciales del coeficiente de guiado  $a$  y del coeficiente de guiado  $a'$  ( $a = a' = 0$ , por ejemplo).

30 Etapa 3: en una posición radial  $r$ , a partir de un triángulo de velocidad,

[Expresión 11]

$$\tan\phi = \frac{(1 - a)U}{(1 + a')r\omega}$$

35

$\phi$  se adquiere mediante la expresión anterior.

Etapa 4: un ángulo de ataque  $\alpha$  se obtiene mediante  $\alpha = \phi - \delta$ .

40 Etapa 5: a partir de los datos de tipo de pala, se determinan  $C_L(\alpha)$  y  $C_D(\alpha)$ .

Etapa 6: usando la expresión anterior 5 y la expresión 6, se calculan  $C_N$  y  $C_F$ .

45 Etapa 7: a partir de la expresión anterior 3 y la expresión 4, se calculan un nuevo coeficiente de guiado  $a$  y coeficiente de guiado  $a'$ .

Etapa 8: se repiten las etapas anteriores hasta que el coeficiente de guiado  $a$  y el coeficiente de guiado  $a'$  convergen dentro de un intervalo de error predeterminado.

50 Etapa 9: si el coeficiente de guiado  $a$  y el coeficiente de guiado  $a'$  convergen, se adquieren rendimientos de salida usando la expresión anterior 1. La integración anterior se obtiene mediante integración numérica en general.

Suponiendo un modelo dinámico,

55 [Expresión 12]

no hay solución de

$$\alpha > \frac{1}{3}$$

5 Además, en realidad, puede encontrarse un estado de flujo de este tipo en una parte local de la pala. Con el fin de gestionar un caso de este tipo, se dan a conocer expresiones experimentales para corregir  $C_N$  y  $C_F$  en los documentos siguientes, por ejemplo.

10 Documento: "Aerodynamics of Wind Turbines" de M.O.L. Hansen (publicado por EARTHSCAN)

Además, el método de corrección de los  $C_n$  y  $C_p$  anteriores no está limitado a las expresiones descritas anteriormente sino que pueden usarse expresiones numéricas deformadas dentro de un intervalo que no se aparte de la esencia de la presente invención y no está limitado a la teoría del momento del elemento de pala descrita anteriormente, pueden utilizarse otras teorías dentro de un intervalo que no se aparte de la esencia de la presente invención.

La parte 15 de control de recuento calcula un valor de energía de salida del generador 2 de energía eólica en el momento actual basándose en un valor de corriente de salida convertido por la parte 11 de conversión A/D de corriente y un valor de tensión de salida convertido por la parte 12 de conversión A/D de tensión y basándose en el valor de energía de salida en el momento actual de este cálculo y un valor de salida teórico calculado por la parte 14 de cálculo de rpm/energía, calcula el trabajo (factor de trabajo) de un circuito de conmutación proporcionado en el rectificador 23 de modo que se emite la energía eléctrica correspondiente al valor de salida teórico.

Entonces, la parte 16 de modulación PWM controla el rectificador 23 a través de un controlador 29 controlando la rotación de la pala 20 de turbina eólica a través de modulación por ancho de pulsos (PWM) de modo que el generador 2 de energía eólica emite la energía correspondiente al valor de salida teórico basándose en el trabajo calculado por la parte 15 de control de recuento.

La parte 16 de modulación PWM puede controlar el generador 2 de energía eólica cortocircuitando directamente una bobina del inducido proporcionada en el generador 2 de energía eólica con un ciclo de trabajo predeterminado. En ese momento, la parte 16 de modulación PWM puede controlar también el generador 2 de energía eólica cortocircuitando intermitentemente la bobina del inducido.

Tal como se describió anteriormente, dado que el dispositivo 1 de control de generación de energía eólica controla el generador 2 de energía eólica basándose en la energía de salida emitida por el generador 2 de energía eólica, es decir, basándose en la tensión de salida y la corriente de salida, el dispositivo 1 de control de generación de energía eólica puede controlar el generador 2 de energía eólica sin que se vea afectado por la tensión aplicada a la carga 25.

La figura 2 es un diagrama que ilustra una relación entre la velocidad de rotación de la pala de turbina eólica, la energía emitida por el generador de energía eólica, y el factor de trabajo aplicado al generador de energía eólica.

Cada función del dispositivo 1 de control de generación de energía eólica al que se aplica la presente invención se ha descrito usando la figura 1, y el generador 2 de energía eólica controlado por el dispositivo 1 de control de generación de energía eólica indica la relación como en la figura 2. Es decir, si aumenta la velocidad de rotación de la pala 20 de turbina eólica, aumenta sustancialmente la energía emitida por el generador 2 de energía eólica como una función multidimensional tal como se indica mediante puntos circulares en el gráfico en la figura 2, pero no coincide necesariamente con la curva funcional.

Por tanto, sumando el trabajo calculado tal como se ha indicado anteriormente al generador 2 de energía eólica, como las propiedades de energía eléctrica teóricas ilustradas en la figura 2, es decir, como propiedades aerodinámicas de pala que indican la relación entre la velocidad de rotación de la pala 20 de turbina eólica y el par generado por el generador 2 de energía eólica, el generador 2 de energía eólica se controla de modo que la relación entre la velocidad de rotación de la pala 20 de turbina eólica y la energía emitida por el generador 2 de energía eólica concuerda con una expresión simulada multidimensional tal como  $WP = a \times x^n + b \times x^{n-1} + \dots + c \times x + d$  (WP: valor de salida teórico, x: número de rotación, a, b, c, d: coeficiente) o una función cúbica tal como  $WP = a_1 \times x^3 + b_1 \times x^2 + c_1 \times x + d_1$  (WP: valor de salida teórico, x: número de rotación,  $a_1, b_1, c_1, d_1$ : coeficiente), por ejemplo.

Las propiedades aerodinámicas teóricas ilustradas en la figura 2 corresponden a la parte por debajo del punto máximo local de la función cúbica (en la dirección del eje X).

A continuación, se describirá el flujo de procesamiento del control de generación de energía eólica en un sistema de generación de energía eólica de este tipo usando un diagrama de flujo.

La figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra el flujo del procesamiento del control de generación de energía eólica ejecutado en el dispositivo de control de generación de energía eólica al que se aplica la presente invención.

- 5 En la etapa S301, se detectan y se obtienen un valor de corriente de salida y un valor de tensión de salida emitidos por el generador 2 de energía eólica, y en la etapa S302, se calcula a partir de ellos un valor de energía de salida (energía de salida = corriente × tensión).
- 10 En paralelo a eso, en la etapa S303, se detecta y se obtiene la velocidad de rotación de la pala 20 de turbina eólica.
- Entonces, en la etapa S304, se determina si la velocidad de rotación obtenida en la etapa S303 supera un valor predeterminado o no. Como el valor predeterminado, puede usarse una velocidad de rotación de 1000 (rpm) correspondiente a la velocidad del viento de 10 (m/s), por ejemplo.
- 15 Si se determina que la velocidad de rotación no supera el valor predeterminado, dicho de otro modo, si la velocidad de rotación detectada está dentro de un intervalo de velocidades de rotación en una región de velocidad de viento predeterminada (etapa S304: No), en la etapa S305, se adquiere un valor de energía teórico a partir de la velocidad de rotación obtenida en la etapa S303. Como valor de energía teórico, por ejemplo, pueden usarse las propiedades aerodinámicas de pala que indican la relación entre la velocidad de rotación de la pala 20 de turbina eólica y el par generado por el generador 2 de energía eólica o puede usarse una expresión simulada multidimensional tal como
- 20  $WP = a \times x^n + b \times x^{n-1} + \dots + c \times x + d$  (WP: valor de salida teórico, x: número de rotación, a, b, c, d: coeficiente) o una expresión simulada tridimensional tal como  $WP = a_1 \times x^3 + b_1 \times x^2 + c_1 \times x + d_1$  (WP: valor de salida teórico, x: número de rotación,  $a_1, b_1, c_1, d_1$ : coeficiente).
- 25 A continuación, en la etapa S306, se determina si el valor de energía de salida calculado en la etapa S302 supera el valor de energía teórico calculado en la etapa S305.
- Si se determina que el valor de energía de salida supera el valor de energía teórico (etapa S306: Sí), en la etapa S307, se disminuye la carga del generador 2 de energía eólica controlando el rectificador 23 basándose en un
- 30 trabajo calculado para disminuir la energía emitida por el generador 2 de energía eólica. Por otro lado, si se determina que el valor de energía de salida no supera el valor de energía teórico (etapa S306: No), en la etapa S308, se aumenta la carga del generador 2 de energía eólica controlando el rectificador 23 basándose en el trabajo calculado para aumentar la energía emitida por el generador 2 de energía eólica.
- 35 Además, si se determina en la etapa S304 que la velocidad de rotación obtenida supera el valor predeterminado, dicho de otro modo, si la velocidad de rotación detectada supera el intervalo de velocidades de rotación en la región de velocidad de viento predeterminada (etapa S304: Sí), en la etapa S309, se ajusta una velocidad de rotación de referencia de 1000 (rpm), por ejemplo.
- 40 A continuación, en la etapa S310, se determina si la velocidad de rotación de referencia ajustada en la etapa S309 supera la velocidad de rotación detectada en la etapa S303 o no.
- Si se determina que la velocidad de rotación de referencia supera la velocidad de rotación detectada (etapa S310: Sí), en la etapa S311, se disminuye la carga del generador 2 de energía eólica controlando el rectificador 23 basándose en el trabajo calculado para disminuir la energía emitida por el generador 2 de energía eólica. Por otro
- 45 lado, si se determina que la velocidad de rotación de referencia no supera la velocidad de rotación detectada (etapa S310: No), en la etapa S312, se aumenta la carga del generador 2 de energía eólica controlando el rectificador 23 basándose en el trabajo calculado para aumentar la energía emitida por el generador 2 de energía eólica.
- 50 La figura 4 es un diagrama que ilustra una relación entre la velocidad del viento, la energía emitida por el generador de energía eólica, y la velocidad de rotación de la pala de turbina eólica.
- Tal como se ilustra en la figura 4, ejecutando el procesamiento de control de generación de energía eólica ejecutado en el dispositivo 1 de control de generación de energía eólica, el generador 2 de energía eólica puede realizar de
- 55 manera continua una generación de energía ininterrumpida en una región a la velocidad del viento de 2 (m/s) o más. Entonces, la producción de la energía eléctrica máxima de 2300 (W) se realiza a la velocidad del viento de 20 (m/s) y entonces, mientras se aumenta la producción según un aumento en la intensidad del viento, se efectúa una transición a una curva lenta y suave. Esta curva es la curva representada por la ecuación simulada multidimensional descrita anteriormente.
- 60 En general, en el generador de energía eólica, la salida se aumenta en proporción al cubo de la velocidad del viento, pero en la práctica, con el fin de impedir la destrucción de la pala de turbina eólica, ruido o similares, se limita la salida mediante algunos medios en general. El dispositivo 1 de control de generación de energía eólica al que se aplica la presente invención presenta la ventaja de incrementar la eficiencia de generación de energía en la región
- 65 de velocidad de viento baja desde la velocidad del viento de 2 hasta 10 (m/s).

Además, dado que el dispositivo 1 de control de generación de energía eólica al que se aplica la invención controla el generador 2 de energía eólica basándose en la energía de salida emitida por el generador 2 de energía eólica, es decir, la tensión de salida y la corriente de salida, puede controlarse el generador 2 de energía eólica sin que se vea afectado por la tensión aplicada a la carga 25.

5 La realización de la presente invención se ha descrito haciendo referencia a los dibujos adjuntos, pero la realización descrita anteriormente de la presente invención puede realizarse mediante hardware como una función de un dispositivo de control de generación de energía eólica o mediante firmware o software por medio de una placa DSP (procesador de señales digitales) o una placa CPU.

10 Además, el dispositivo de control de generación de energía eólica al que se aplica la presente invención no está limitado a la realización descrita anteriormente siempre y cuando se ejecuten las funciones, y no hace falta indicar que el dispositivo puede ser un dispositivo de una sola pieza, un sistema o un dispositivo integrado constituido por una pluralidad de dispositivos o un sistema en el que se ejecuta el proceso a través de una red tal como una LAN, WAN o similares.

15 Además, la presente invención puede realizarse mediante un sistema que consiste en una memoria tal como una CPU, ROM y RAM conectada a un bus, un dispositivo de entrada, un dispositivo de salida, un dispositivo de almacenamiento externo, un dispositivo de control de medio, y un dispositivo de conexión a red. Es decir, no hace falta indicar que la presente invención también se realiza suministrando una memoria tal como una ROM y una RAM, un dispositivo de registro externo o un medio de registro portátil que registra un programa de software que realiza el sistema descrito anteriormente de la realización en el dispositivo de control de generación de energía eólica y leyendo y ejecutando el programa mediante un ordenador del dispositivo de control de generación de energía eólica.

20 En este caso, la lectura del propio programa del medio de registro portátil o similar realiza la nueva función de la presente invención, y el medio de registro portátil o similar que registra el programa constituye la presente invención.

25 Como medio de registro portátil que suministra el programa, puede usarse un disco flexible, un disco duro, un disco óptico, un disco magnetoóptico, un CD-ROM, un CD-R, un DVD-ROM, un DVD-RAM, una cinta magnética, una tarjeta de memoria no volátil, una tarjeta ROM, varios medios de registro que registran el programa a través de un correo electrónico o un dispositivo de conexión a red (dicho de otro modo, una línea de comunicación) tal como una comunicación a través de ordenador personal o similar, por ejemplo.

30 Además, ejecutando la lectura del programa en la memoria mediante un ordenador (dispositivo de procesamiento de información), se realiza la función descrita anteriormente de la realización y además, cuando un SO operativo en el ordenador ejecuta una parte o la totalidad del proceso propiamente dicho basándose en una instrucción del programa, la función descrita anteriormente de la realización también se realiza mediante el proceso.

35 Además, después de que la lectura del programa del medio de registro portátil o el programa (datos) proporcionado por un proveedor de programa (datos) se escribe en la memoria proporcionada en una placa de expansión de funciones insertada en el ordenador o una unidad de expansión de funciones conectada al ordenador, cuando una CPU o similar proporcionada en la placa de expansión de funciones o la unidad de expansión de funciones ejecuta una parte o la totalidad del proceso propiamente dicho basándose en la instrucción del programa, la función descrita anteriormente de la realización también puede realizarse mediante el proceso.

40 Es decir, la presente invención no está limitada a la realización descrita anteriormente sino que puede adoptar diversas configuraciones o formas dentro del intervalo que no se aparta del alcance de la presente invención tal como se reivindica.

45 La presente invención ejerce la ventaja de que puede obtenerse una eficiencia de generación de energía más alta incluso con una pala fija encontrando un valor de salida teórico a la velocidad de rotación a partir de las propiedades teóricas de una turbina eólica preparadas de antemano de modo que la salida en una región de velocidad de viento relativamente baja pasa a ser la más alta y ajustando el trabajo (factor de trabajo) de un circuito de conmutación de modo que se obtiene la cantidad de generación de energía máxima según el valor de salida teórico.

50

55

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo de control de generación de energía eólica que controla un generador (2) de energía eólica usando una pala (20) de turbina eólica que tiene un ángulo de paso fijo, que comprende:
- 5 medios (26) de detección de corriente que detectan un valor de corriente de salida emitido por dicho generador (2) de energía eólica;
- 10 medios (27) de detección de tensión que detectan un valor de tensión de salida emitido por dicho generador (2) de energía eólica;
- 15 medios (28) de detección de velocidad de rotación que detectan una velocidad de rotación de dicha pala (20) de turbina eólica;
- 20 medios de almacenamiento de propiedades aerodinámicas de pala que almacenan propiedades aerodinámicas de pala de antemano, que son propiedades inherentes a dicha pala (20) de turbina eólica, que indican una relación entre una expresión teórica basándose en la velocidad de rotación de dicha pala (20) de turbina eólica y un par generado por dicho generador (2) de energía eólica;
- 25 medios de cálculo de energía eléctrica que calculan un valor de energía de salida en el momento actual basándose en el valor de corriente de salida en el momento actual detectado por dichos medios (26) de detección de corriente y el valor de tensión de salida en el momento actual detectado por dichos medios (27) de detección de tensión;
- 30 una parte (14) de cálculo de rpm/energía que calcula un valor teórico de energía de salida,  $WP = a \times x^n + b \times x^{n-1} + \dots + c \times x + d$  (WP: valor teórico de energía de salida, x: número de rotación, a, b, c, d: coeficiente), basándose en la velocidad de rotación en el momento actual detectada por dichos medios (28) de detección de velocidad de rotación y las propiedades aerodinámicas de pala almacenadas en medios de almacenamiento de propiedades aerodinámicas de pala; y
- 35 medios (1) de control que controlan dicho generador (2) de energía eólica, caracterizado porque:
- cuando la velocidad de rotación en el momento actual no supera un valor predeterminado, dichos medios de control adquieren un valor teórico de energía de salida de la parte (14) de cálculo de rpm/energía, y
- 40 controlan dicho generador (2) de energía eólica, de tal manera que dichos medios de cálculo de energía eléctrica calculan el trabajo de un circuito de conmutación proporcionado en un rectificador (23), basándose en el valor de energía de salida en el momento actual calculado por dichos medios de cálculo de energía eléctrica y el valor teórico de energía de salida calculado por dicha parte (14) de cálculo de rpm/energía, de modo que se emite la energía eléctrica correspondiente al valor teórico de energía de salida, y se disminuye la carga en el generador (2) de energía eólica controlando el rectificador (23) basándose en el trabajo calculado para disminuir la energía emitida por el generador (2) de energía eólica en el caso de que el valor de energía de salida calculado por dichos medios de cálculo de energía eléctrica supere el valor teórico de energía de salida calculado por dicha parte (14) de cálculo de rpm/energía, y se aumenta la carga en el
- 45 generador (2) de energía eólica controlando el rectificador (23) basándose en el trabajo calculado para aumentar la energía emitida por el generador (2) de energía eólica en el caso de que el valor de energía de salida calculado por dichos medios de cálculo de energía eléctrica no supere el valor teórico de energía de salida calculado por dicha parte (14) de cálculo de rpm/energía; y
- 50 cuando la velocidad de rotación en el momento actual supera el valor predeterminado, se ajusta una velocidad de rotación de referencia, y
- 55 cuando se determina que la velocidad de rotación de referencia supera la velocidad de rotación detectada por dichos medios (28) de detección de velocidad de rotación, se disminuye la carga del generador (2) de energía eólica controlando el rectificador (23) basándose en el trabajo calculado para disminuir la energía emitida por el generador (2) de energía eólica, y
- 60 cuando se determina que la velocidad de rotación de referencia no supera la velocidad de rotación detectada por dichos medios (28) de detección de velocidad de rotación, se aumenta la carga del generador (2) de energía eólica controlando el rectificador (23) basándose en el trabajo calculado para aumentar la energía emitida por el generador (2) de energía eólica.
2. Dispositivo de control de generación de energía eólica según la reivindicación 1, en el que
- 65 dichos medios (1) de control controlan dicho generador (2) de energía eólica en un intervalo de velocidades de rotación en el que la velocidad de rotación detectada por dichos medios (28) de detección de velocidad

de rotación corresponde a una región de velocidad de viento predeterminada.

3. Dispositivo de control de generación de energía eólica según la reivindicación 1, en el que

5 dichos medios (1) de control controlan dicho generador (2) de energía eólica cortocircuitando directamente una bobina del inducido proporcionada en dicho generador (2) de energía eólica con un ciclo de trabajo predeterminado.

4. Dispositivo de control de generación de energía eólica según la reivindicación 3, en el que

10 dichos medios (1) de control controlan dicho generador (2) de energía eólica cortocircuitando intermitentemente dicha bobina del inducido.

5. Método de control de generación de energía eólica para controlar un generador (2) de energía eólica usando una pala (20) de turbina eólica que tiene un ángulo de paso fijo, en el que

15 se detecta un valor de corriente de salida emitido por dicho generador (2) de energía eólica;  
 20 se detecta un valor de tensión de salida emitido por dicho generador (2) de energía eólica;  
 se detecta una velocidad de rotación de dicha pala (20) de turbina eólica; basándose en dicho valor detectado de corriente de salida en el momento actual y dicho valor detectado de tensión de salida en el momento actual, se calcula un valor de energía de salida en el momento actual;

25 se calcula una energía de salida teórica basándose en dicha velocidad de rotación detectada en el momento actual y las propiedades aerodinámicas de pala almacenadas en memoria de antemano, que son propiedades inherentes a dicha pala (20) de turbina eólica que indican una relación entre una expresión teórica basándose en la velocidad de rotación de dicha pala (20) de turbina eólica y un par generado por dicho generador (2) de energía eólica;

30 dicho valor teórico de energía de salida WP se calcula según la fórmula,  $WP = a \times x^n + b \times x^{n-1} + \dots + c \times x + d$  (WP: valor teórico de energía de salida, x: número de rotación, a, b, c, d: coeficiente), basándose en la velocidad de rotación en el momento actual detectada por dichos medios (28) de detección de velocidad de rotación y las propiedades aerodinámicas de pala almacenadas en medios de almacenamiento de propiedades aerodinámicas de pala;

35 unos medios (1) de control controlan dicho generador (2) de energía eólica, caracterizado porque:  
 40 cuando la velocidad de rotación en el momento actual no supera un valor predeterminado,  
 los medios (1) de control adquieren un valor teórico de energía de salida de una parte (14) de cálculo de rpm/energía, y

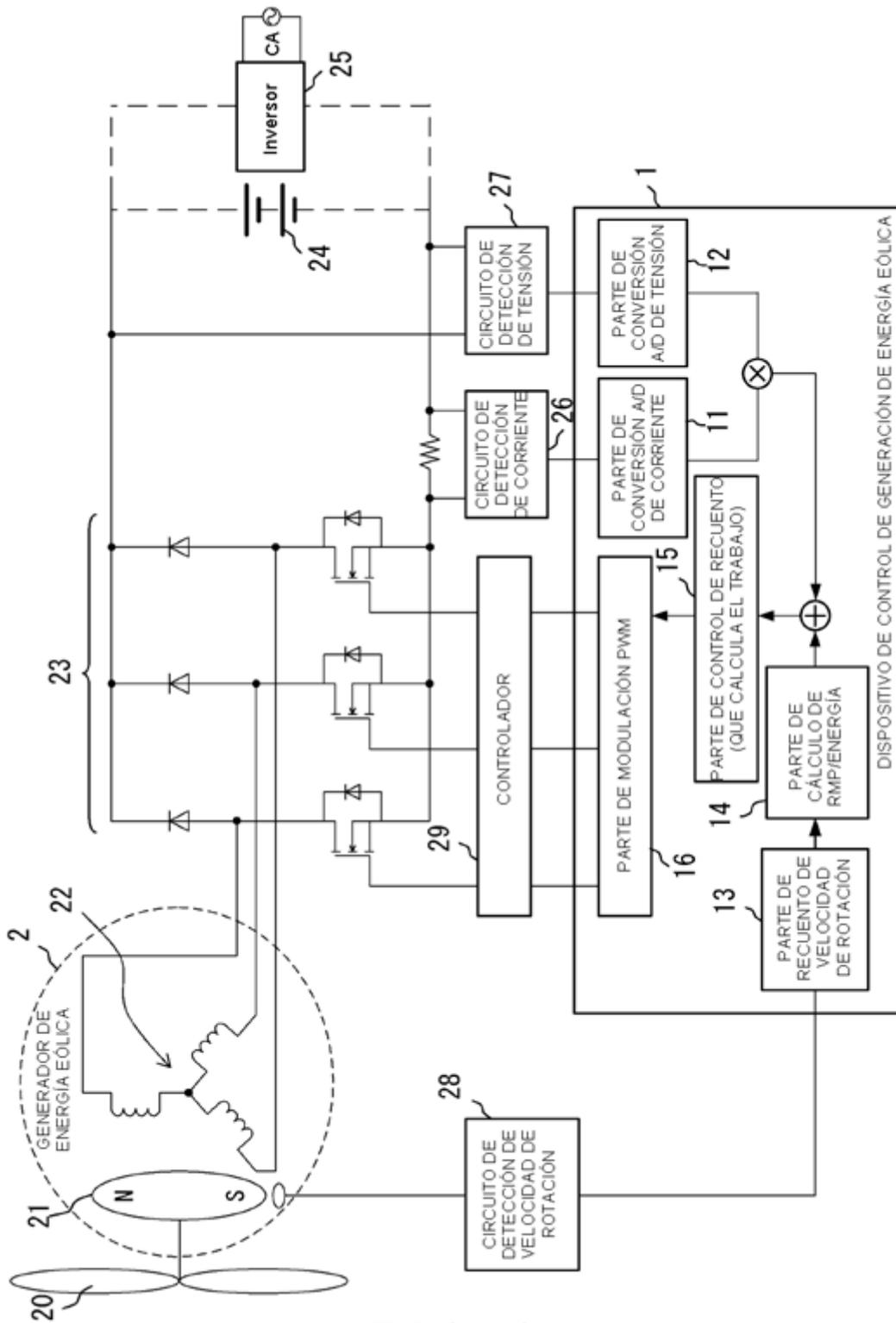
45 calculan el trabajo de un circuito de conmutación proporcionado en un rectificador (23), basándose en el valor de energía de salida en el momento actual calculado por unos medios de cálculo de energía eléctrica y el valor teórico de energía de salida calculado por dicha parte (14) de cálculo de rpm/energía, de modo que se emite la energía eléctrica correspondiente al valor teórico de energía de salida, y se disminuye la carga en el generador (2) de energía eólica controlando el rectificador (23) basándose en el trabajo calculado para disminuir la energía emitida por el generador (2) de energía eólica en el caso de que el valor de energía de salida calculado por dichos medios de cálculo de energía eléctrica supere el valor teórico de energía de salida calculado por dicha parte (14) de cálculo de rpm/energía, y se aumenta la carga en el generador (2) de energía eólica controlando el rectificador (23) basándose en el trabajo calculado para aumentar la energía emitida por el generador (2) de energía eólica en el caso de que el valor de energía de salida calculado por dichos medios de cálculo de energía eléctrica no supere el valor teórico de energía de salida calculado por dicha parte (14) de cálculo de rpm/energía, y

55 cuando la velocidad de rotación en el momento actual supera el valor predeterminado, se ajusta una velocidad de rotación de referencia, y

60 cuando se determina que la velocidad de rotación de referencia supera la velocidad de rotación detectada por dichos medios (28) de detección de velocidad de rotación, se disminuye la carga del generador (2) de energía eólica controlando el rectificador (23) basándose en el trabajo calculado para disminuir la energía emitida por el generador (2) de energía eólica, y

65 cuando se determina que la velocidad de rotación de referencia no supera la velocidad de rotación detectada por dichos medios (28) de detección de velocidad de rotación, se aumenta la carga del generador

(2) de energía eólica controlando el rectificador (23) basándose en el trabajo calculado para aumentar la energía emitida por el generador (2) de energía eólica.



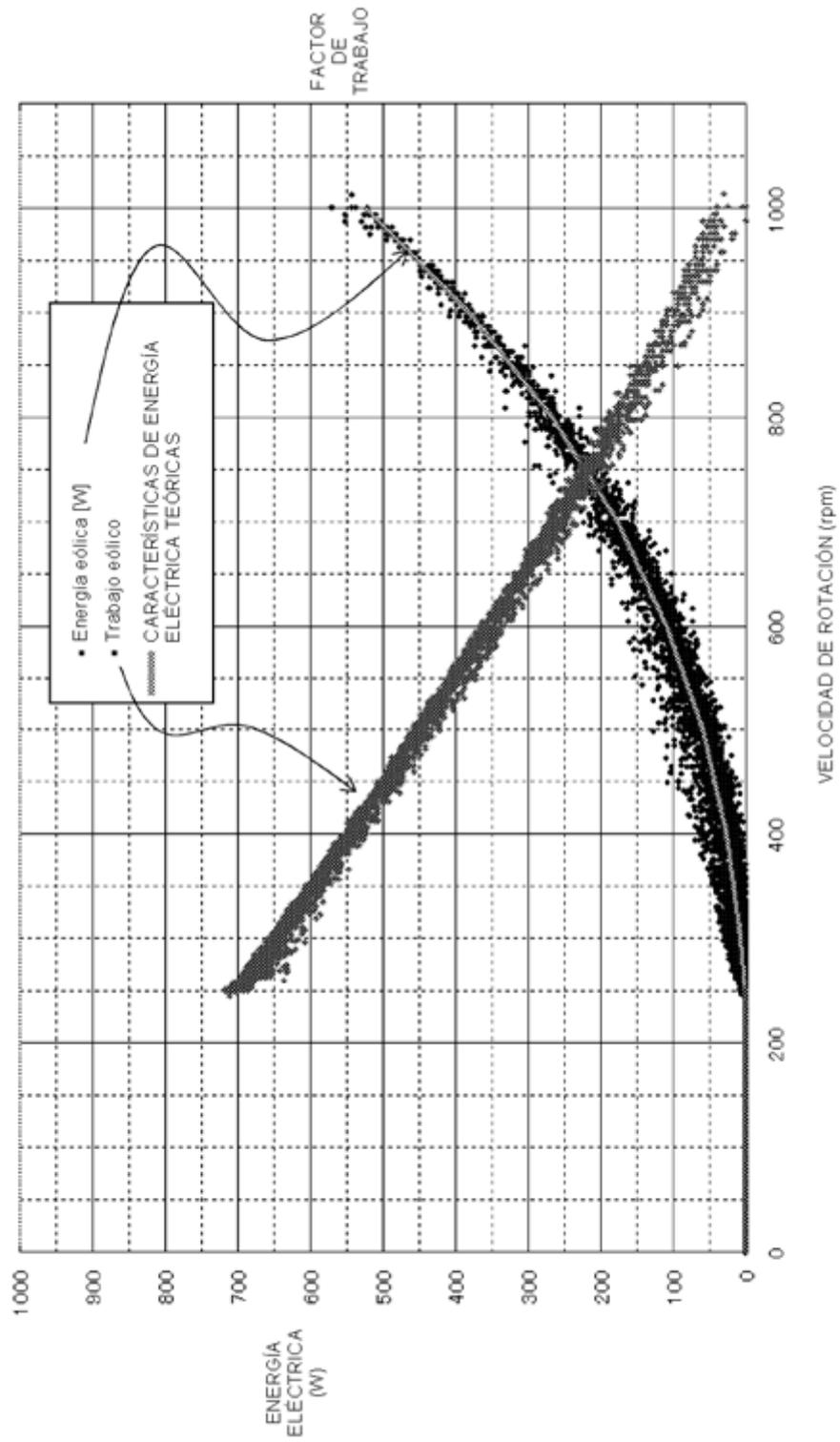


FIG. 2

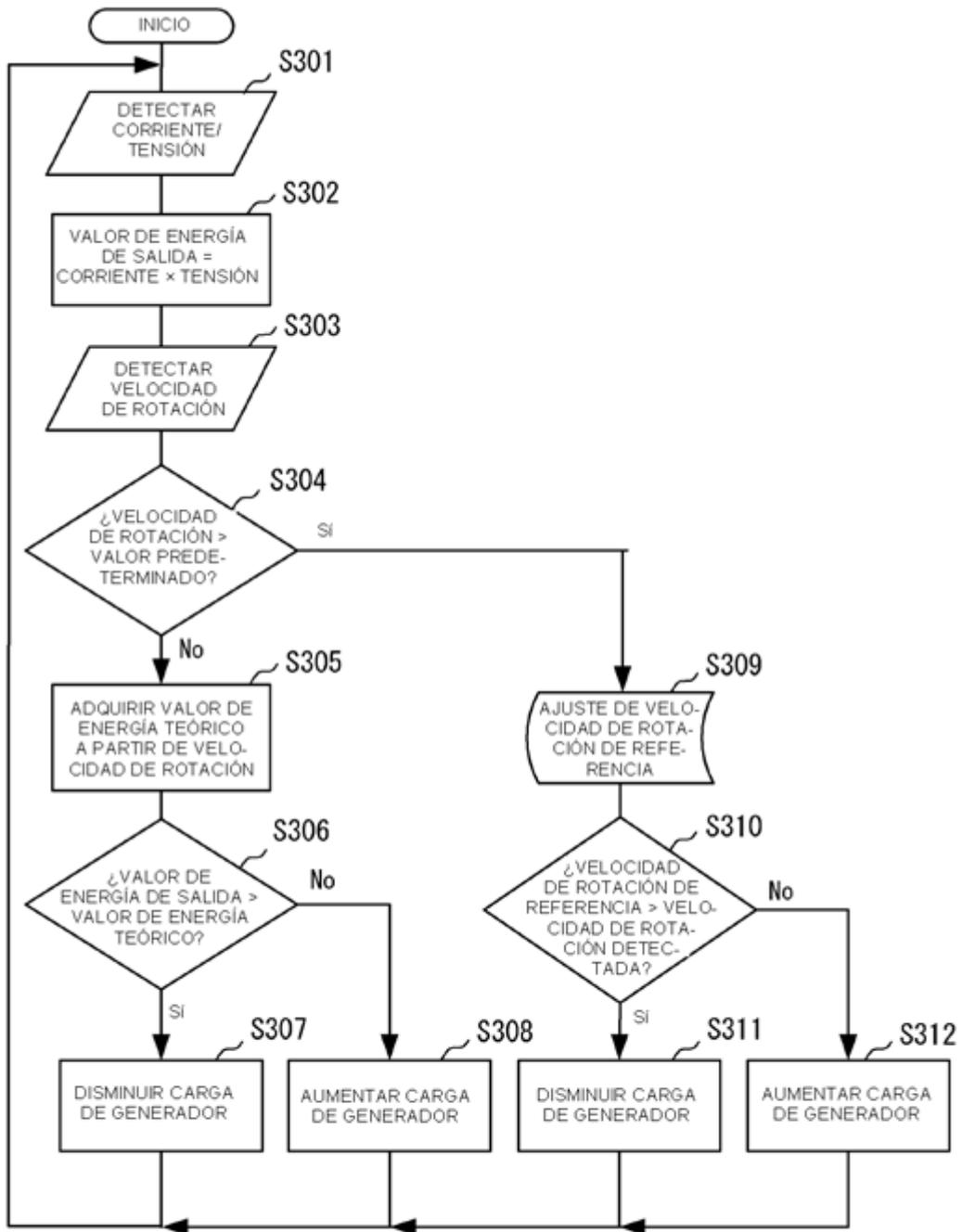


FIG. 3

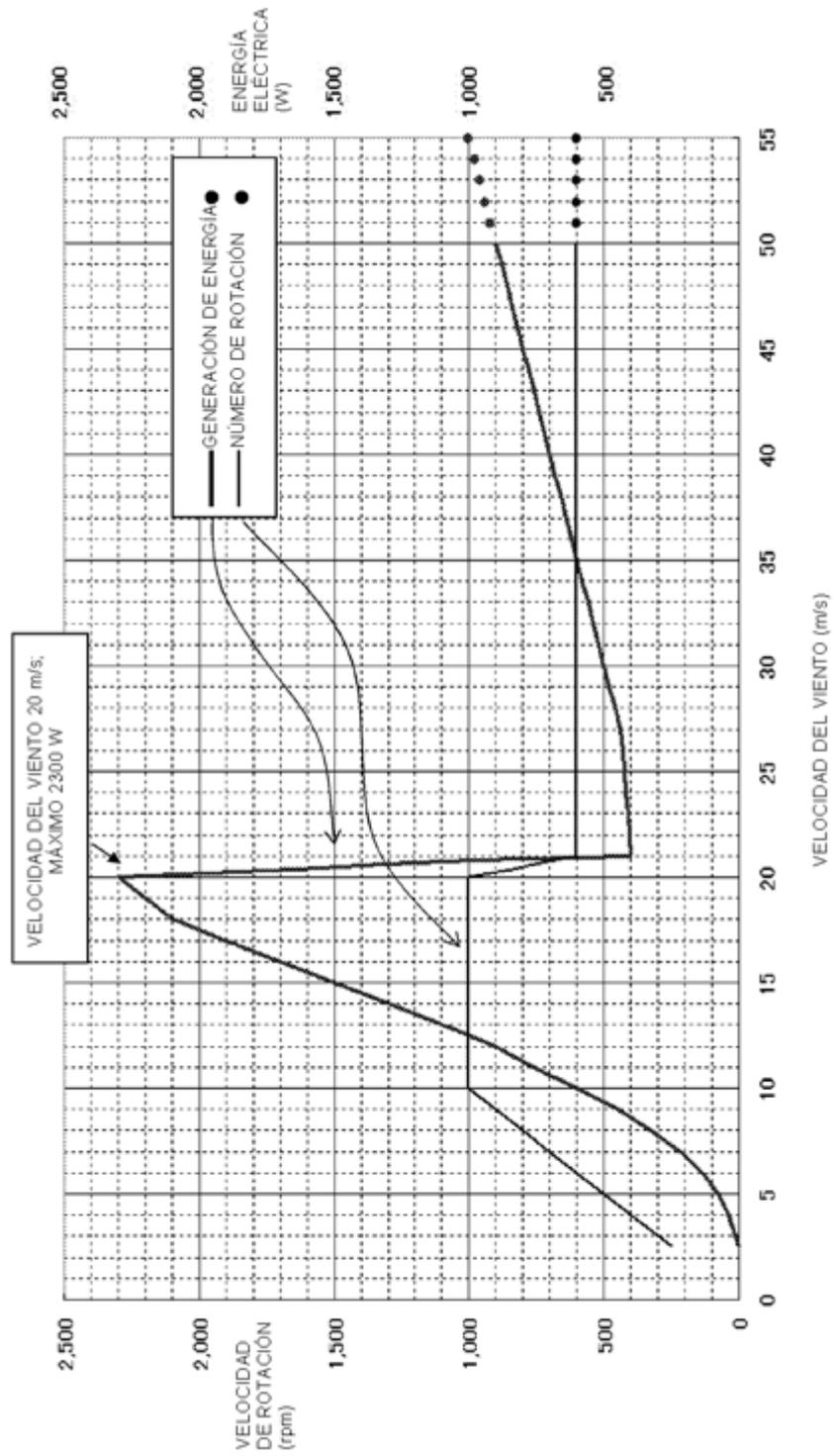


FIG. 4