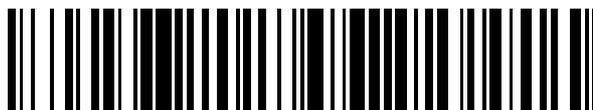


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 541 835**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.02.2010 E 10713407 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2015 EP 2535574**

54 Título: **Generador eléctrico de propulsión eólica y procedimiento de control del ángulo de paso de pala para el mismo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.07.2015

73 Titular/es:

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. (50.0%)
16-5, Konan 2-chome
Minato-Ku, Tokyo 108-8215, JP y
MHI VESTAS OFFSHORE WIND A/S (50.0%)

72 Inventor/es:

NAKASHIMA, TAKUMI;
BABA, MITSUYA;
HAYASHI, YOSHIYUKI y
IDE, KAZUNARI

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 541 835 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

Generador eléctrico de propulsión eólica y procedimiento de control del ángulo de paso de pala para el mismo

5 Sector de la técnica

La presente invención se refiere a un generador de turbina de viento del tipo de control del ángulo de paso individual y un procedimiento de control del ángulo de paso de pala de la misma, y más particularmente, a un generador de turbina de viento y un procedimiento de control del ángulo de paso de pala del mismo para reducir aún más un desequilibrio aerodinámico del rotor de una turbina de viento en el momento de la parada para reducir aún más la carga máxima que se convierte en una restricción del diseño de una turbina de viento, y reducir el peso y coste del generador de la turbina de viento.

15 Estado de la técnica

Como se muestra en la Fig. 2, una turbina de viento de tipo hélice utilizada en un generador de la turbina de viento incluye una pluralidad de palas de la turbina de viento (normalmente tres palas de la turbina de viento, y una estructura que tiene tres palas de la turbina de viento se describirá en el presente documento). Se controla un ángulo de paso de pala de modo que se obtienen una velocidad de rotación y salida predeterminadas de acuerdo con las condiciones del viento. Según las turbinas de viento de los últimos años, a medida que aumenta la longitud de la pala de la turbina de viento, se incluye el control del ángulo de paso individual en el control del ángulo de paso de pala (p. ej., Cita 1 de la patente). Según este control, una demanda de ángulo de paso individual que es independiente entre las palas de la turbina de viento calculada de acuerdo con un ángulo de azimut, o una carga de cada pala de la turbina de viento se añade a una demanda de ángulo de paso colectivo que es la misma para todas las palas de la turbina de viento, y el ángulo de paso de pala se controla basándose en el valor añadido. Con este control del ángulo de paso individual, es posible reducir una cantidad de variación en la carga fuera de plano del rotor (carga que es perpendicular a un plano de rotación del rotor de la turbina de viento), y que aumenta la resistencia a la fatiga de la turbina de viento.

30 Cuando se detecta una alarma, se realiza un control de parada cerrando inmediatamente el ángulo de paso de pala de las palas de la turbina de viento y deteniendo rápidamente la turbina de viento. Cuando se realiza el control de parada en una turbina de viento que tiene el control del ángulo de paso individual, los ángulos de paso de pala de las palas de la turbina de viento son diferentes entre sí también cuando comienza la parada, y el control para cerrar los ángulos de paso de pala de todas las palas de la turbina de viento se realiza desde este estado a la misma velocidad de paso (es decir, la orientación se realiza para llevar el ángulo de paso de pala en paralelo con la dirección del viento). En este caso, durante el control de parada, el rotor de la turbina de viento gira en un estado donde los ángulos de paso de pala de las palas de la turbina de viento son diferentes entre sí independientemente del ángulo de azimut o la carga, y se genera un desequilibrio aerodinámico en el rotor de la turbina de viento. Una de las restricciones de diseño de la turbina de viento es una carga excesiva generada en toda la turbina de viento por el desequilibrio aerodinámico, y es deseable reducir el desequilibrio aerodinámico.

Con el fin de resolver un problema de este tipo, la Cita 2 de la patente propone la siguiente técnica de control. Para una pala de la turbina de viento (primera pala) que tiene un ángulo de paso de pala más cercano a un lado fino, el ángulo de paso de pala se cierra a una velocidad de paso máxima prescrita. Para otra pala de la turbina de viento que tiene un ángulo de paso de pala más cercano a un borde orientable, el ángulo de paso de pala se cierra a una velocidad de paso menor que la velocidad de paso máxima hasta que el ángulo de paso de pala de la primera pala se equipara con la última pala de la turbina de viento. Después de que el ángulo de paso de pala llega ser el mismo que el ángulo de paso de pala de la primera pala, el ángulo de paso de pala se cierra a la misma velocidad de paso que la de la primera pala, y los ángulos de paso de pala de las tres palas de la turbina de viento se dejan coincidir rápidamente entre sí para orientarse (parada de la turbina de viento).

Documento 1 de patente: solicitud de patente japonesa no examinada, publicación nº 2003-201952

Documento 2 de patente: publicación de solicitud de patente de EE. UU. nº 2009/148286

Documento 3 de patente: publicación Internacional PCT nº WO2009/139066

55 También se conoce un procedimiento de control de una pala de una turbina de viento durante el proceso de parada del rotor en un sistema de una turbina de viento a partir de la solicitud de patente WO 2006/007838.

Objeto de la invención

60 Sin embargo, en la técnica divulgada en la Cita 2 de la patente, los ángulos de paso de pala son cerradas a una velocidad de paso predeterminado independientemente a partir del ángulo de azimut o la carga hasta que los ángulos de paso de pala de las palas de la turbina de viento coinciden unas con otras después de que ha comenzado la parada. Por lo tanto, puede generarse un desequilibrio aerodinámico en el rotor de la turbina de viento debido a una diferencia en los ángulos de paso de pala de las palas de la turbina de viento. Por lo tanto, una carga excesiva generada en toda la turbina de viento permanece como una restricción del diseño de la turbina de viento

debido al desequilibrio aerodinámico. Esta carga excesiva se refleja en el diseño de las piezas de la máquina frente a la resistencia, aumentando de ese modo el peso y el coste del generador de la turbina de viento.

5 La presente invención se ha realizado en vista de las anteriores circunstancias, y un objeto de la presente invención es proporcionar un generador de turbina de viento y un procedimiento de control del ángulo de paso de pala del mismo para reducir aún más un desequilibrio aerodinámico de un rotor de la turbina de viento en el momento de la parada para reducir aún más la carga máxima que se convierte en una restricción del diseño de la turbina de viento, y para reducir el peso y el coste del generador de la turbina de viento.

10 Solución técnica

Con el fin de resolver los problemas anteriormente descritos, la presente invención emplea las siguientes soluciones.

15 Un primer aspecto de la presente invención es un generador de la turbina de viento que incluye: unos medios de producción de un ángulo de paso colectivo que producen una demanda de ángulo de paso colectivo que es común para los ángulos de paso de pala de una pluralidad de palas de una turbina de viento; unos medios de producción de un ángulo de paso individual que producen una demanda de ángulo de paso individual inherente a cada una de las palas de la turbina de viento; unos medios de multiplicación que multiplican cada demanda de ángulo de paso individual de los medios de producción del ángulo de paso individual por una ganancia del ángulo de paso individual; 20 unos medios de producción de la ganancia del ángulo de paso individual que ajustan la ganancia del ángulo de paso individual de tal manera que cuando se realiza la parada, una ganancia del ángulo de paso individual se reduce de forma gradual y llega a cero después del primer tiempo de consigna; y unos medios de adición que se añaden a la demanda de ángulo de paso colectivo al resultado de la multiplicación llevada a cabo por los medios de multiplicación, y proporciona un valor resultante a un actuador de paso inherente a cada una de las palas de la 25 turbina de viento.

Según este aspecto, cuando se realiza la parada, es posible coincidir los ángulos de paso de las palas entre sí para realizar la orientación de forma gradual reduciendo la demanda de ángulo de paso individual (valor absoluto) ajustando una ganancia del ángulo de paso individual. Incluso después de que ha comenzado la parada, el control 30 del ángulo de paso individual continúa durante un tiempo dado hasta que la ganancia del ángulo de paso individual llega a cero. Por lo tanto, incluso después de que haya empezado la parada, una diferencia entre los ángulos de paso de las palas se puede corresponder con una diferencia en la carga fuera de plano del rotor que se aplica a cada pala. En consecuencia, es posible reducir el ángulo de paso individual sin aumentar el desequilibrio aerodinámico del rotor de la turbina de viento. Como resultado, es posible reducir aún más la carga máxima que se 35 convierte en la restricción de diseño de la turbina de viento, y realizar un generador de turbina de viento de poco peso y de bajo coste.

En el aspecto descrito anteriormente, los medios de producción de la ganancia del ángulo de paso individual pueden ajustar la ganancia del ángulo de paso individual sobre la base de una función decreciente de orden n o una 40 combinación de funciones decrecientes.

Según este aspecto, es posible ajustar de forma variable una velocidad de reducción de la ganancia del ángulo de paso individual con el tiempo, y realizar el control de parada al tiempo que se responde de forma flexible a varias 45 situaciones tales como condiciones del viento, situaciones de accionamiento, tamaño del generador de la turbina de viento y tipos de causas de alarma, y similares.

Aquí, n es un número entero no menor que uno.

En el aspecto descrito anteriormente, los medios de producción de la ganancia del ángulo de paso individual pueden 50 mantener una ganancia predeterminada del ángulo de paso individual antes de la parada hasta el segundo tiempo de consigna que es más corto que el primer tiempo de consigna después de que ha comenzado la parada.

Además, en el aspecto descrito anteriormente, el primer tiempo de consigna o el segundo tiempo de consigna se 55 puede establecer sobre la base de una producción de electricidad generada por el generador de la turbina de viento, la velocidad de rotación de un rotor de la turbina de viento o la demanda de ángulo de paso colectivo.

La fijación del primer tiempo de consigna es equivalente a la fijación de la velocidad de reducción de la ganancia del 60 ángulo de paso individual, y a la fijación del segundo tiempo de consigna es equivalente a la fijación de la sincronización comienzo-reducción de la ganancia del ángulo de paso individual. Fijando la sincronización comienzo-reducción de la ganancia del ángulo de paso individual y la velocidad de reducción sobre la base de la salida de la electricidad generada por el generador de la turbina de viento, la velocidad de rotación del rotor de la turbina de viento o la demanda de ángulo de paso colectivo descrito anteriormente, es posible realizar el control de parada al tiempo que se responde de forma flexible a varias situaciones tales como condiciones del viento, situaciones de 65 accionamiento, tamaño del generador de la turbina de viento y tipos de causas de alarmas, y similares.

Un segundo aspecto de la presente invención es un procedimiento de control del ángulo de paso de pala de un

5 generador de una turbina de viento que incluye: una etapa de producción del ángulo de paso colectivo que produce una demanda de ángulo de paso colectivo que es común a los ángulos de paso de pala de una pluralidad de palas de la turbina de viento; una etapa de producción de un ángulo de paso individual que produce una demanda de ángulo de paso individual inherente a cada una de las palas de la turbina de viento; una etapa de multiplicación que
 10 multiplica cada demanda de ángulo de paso individual de los medios de producción del ángulo de paso individual por una ganancia del ángulo de paso individual; una etapa de producción de la ganancia del ángulo de paso individual que ajusta la ganancia del ángulo de paso individual de tal manera que cuando se realiza la parada, se reduce de forma gradual la ganancia del ángulo de paso individual y se llega a cero después del primer tiempo de consigna; y una etapa de adición que añade la demanda de ángulo de paso colectivo a un resultado de la multiplicación llevada a cabo en la etapa de multiplicación, y que entrega un valor resultante a un actuador de paso inherente a cada una de las palas de la turbina de viento.

15 Según este aspecto, cuando se realiza la parada, es posible coincidir los ángulos de paso de las palas unos con otros para realizar la acción de orientación reduciendo de forma gradual la demanda de ángulo de paso individual (valor absoluto) mediante el ajuste de una ganancia del ángulo de paso individual. Incluso después de que ha comenzado la parada, el control del ángulo de paso individual continúa durante un tiempo dado hasta que la ganancia del ángulo de paso individual llega a ser cero. Por lo tanto, incluso después de que ha comenzado la parada, una diferencia entre los ángulos de paso de las palas se puede corresponder con una diferencia en la carga del rotor fuera de plano que se aplica a cada pala. En consecuencia, es posible reducir el ángulo de paso individual
 20 sin aumentar el desequilibrio aerodinámico del rotor de la turbina de viento. Como resultado, es posible reducir aún más la carga máxima que se convierte en la restricción de diseño de la turbina de viento, y realizar un procedimiento de control del ángulo de paso de pala para un generador de turbina de viento de poco peso y de bajo coste.

25 En el aspecto descrito anteriormente, en la etapa de producción de la ganancia del ángulo de paso individual, la ganancia del ángulo de paso individual puede ajustarse sobre la base de una función decreciente de orden n o una combinación de funciones decrecientes.

30 Según este aspecto, es posible ajustar de forma variable una velocidad de reducción de la ganancia del ángulo de paso individual con el tiempo, y realizar el control de parada al tiempo que se responde de forma flexible a varias situaciones tales como condiciones del viento, situaciones de accionamiento, tamaño del generador de la turbina de viento y tipos de causas de alarma, y similares.

Aquí, n es un número entero no menor que uno.

35 En el aspecto descrito anteriormente, en la etapa de producción de la ganancia del ángulo de paso individual, puede mantenerse una ganancia predeterminada del ángulo de paso individual antes de la parada hasta el segundo tiempo de consigna que es más corto que el primer tiempo de consigna después de que ha comenzado la parada.

40 Además, en el aspecto descrito anteriormente, el primer tiempo de consigna o el segundo tiempo de consigna se puede establecer sobre la base de una producción de electricidad generada por el generador de la turbina de viento, la velocidad de rotación de un rotor de la turbina de viento o la demanda de ángulo de paso colectivo.

45 Según este aspecto, ajustando la sincronización comienzo-reducción de la ganancia del ángulo de paso individual y la velocidad de reducción sobre la base de la producción de electricidad generada por el generador de la turbina de viento, la velocidad de rotación del rotor de la turbina de viento o la demanda de ángulo de paso colectivo, es posible realizar el control de parada al tiempo que se responde de forma flexible a varias situaciones tales como condiciones del viento, situaciones de accionamiento, tamaño del generador de la turbina de viento y tipos de causas de alarmas, y similares.

50 Efectos ventajosos

55 Según la presente invención, cuando se realiza la parada, es posible reducir un ángulo de paso individual sin aumentar un desequilibrio aerodinámico de un rotor de turbina de viento, incluso después de que ha comenzado la parada. Como resultado, es posible reducir aún más la carga máxima que se convierte en una restricción del diseño de una turbina de viento, y realizar un procedimiento de control del ángulo de paso de pala de un generador de una turbina de viento de poco peso y de bajo coste.

Descripción de las figuras

- 60 Fig. 1. Un diagrama de bloques que muestra una estructura esquemática de un controlador del ángulo de paso de pala en un generador de turbina de viento según una realización de la presente invención.
 Fig. 2. Una vista en perspectiva que muestra una estructura esquemática de la turbina de viento a la que se aplica la presente invención.
 Fig. 3. Una vista frontal parcial que muestra una parte de pala de la turbina de viento de la Fig. 2 para describir
 65 un ángulo de azimut.
 Fig. 4. Un gráfico que muestra la transición de tiempo de una demanda de ángulo de paso colectivo en el control

del ángulo de paso de pala en el generador de la turbina de viento de la presente realización.

Fig. 5. Un gráfico que muestra la transición de tiempo de una ganancia del ángulo de paso individual en el control del ángulo de paso de pala en el generador de la turbina de viento de la presente realización.

Fig. 6. Un gráfico que muestra la transición de tiempo de una demanda de ángulo de paso individual en el control del ángulo de paso de pala en el generador de la turbina de viento de la presente realización.

Fig. 7. Un gráfico que muestra la transición de tiempo de un ángulo de paso en el control del ángulo de paso de pala en el generador de la turbina de viento de la presente realización.

Fig. 8. Un gráfico que muestra la transición de tiempo de una demanda de ángulo de paso colectivo en el control del ángulo de paso de pala de un primer ejemplo convencional.

Fig. 9. Un gráfico que muestra la transición de tiempo de una ganancia del ángulo de paso individual en el control del ángulo de paso de pala del primer ejemplo convencional.

Fig. 10. Un gráfico que muestra la transición de tiempo de la demanda de ángulo de paso individual en el control del ángulo de paso de pala del primer ejemplo convencional.

Fig. 11. Un gráfico que muestra la transición de tiempo del ángulo de paso en el control del ángulo de paso de pala del primer ejemplo convencional.

Fig. 12. Un gráfico que muestra la transición de tiempo de la demanda de ángulo de paso colectivo en el control del ángulo de paso de pala de un segundo ejemplo convencional.

Fig. 13. Un gráfico que muestra la transición de tiempo de la ganancia del ángulo de paso individual en el control del ángulo de paso de pala del segundo ejemplo convencional.

Fig. 14. Un gráfico que muestra la transición de tiempo de la demanda de ángulo de paso individual en el control del ángulo de paso de pala del segundo ejemplo convencional.

Fig. 15. Un gráfico que muestra la transición de tiempo del ángulo de paso en el control del ángulo de paso de pala del segundo ejemplo convencional.

Fig. 16. Un diagrama explicativo que muestra la transición de tiempo de una ganancia del ángulo de paso individual de una primera modificación.

Fig. 17. Un diagrama explicativo que muestra la transición de tiempo de una ganancia del ángulo de paso individual de una segunda modificación.

Descripción detallada de la invención

A continuación, se describirá en detalle una realización de un generador de turbina de viento y un procedimiento de control del ángulo de paso de pala del mismo según la presente invención con referencia a los dibujos. En primer lugar, con referencia a la Fig. 2 se describirá un sumario de la turbina de viento a la que se aplica la presente invención.

Como se muestra en la Fig. 2, una turbina de viento de tipo hélice a la que se aplica el generador de la turbina de viento de la presente invención incluye tres palas en la turbina de viento, es decir, una pala 1 de la turbina de viento, una pala 2 de la turbina de viento y una pala 3 de la turbina de viento montadas sobre un rotor de la turbina de viento. El rotor de la turbina de viento está conectado a una caja de cambios en una góndola dispuesta en una parte superior de una torre 4 cilíndrica. Según la turbina de viento de tipo hélice, las tres palas 1, 2 y 3 de la turbina de viento reciben el viento y giran junto con el rotor de la turbina de viento, y la velocidad de rotación es incrementada mediante la caja de cambios. Después, las palas de la turbina de viento accionan un generador generando electricidad, transformando de ese modo la energía eólica en energía eléctrica.

Realización

La Fig. 1 es un diagrama de bloques que muestra una estructura esquemática de un controlador del ángulo de paso de pala en el generador de la turbina de viento según una realización de la presente invención.

En la Fig. 1, un controlador 10 del ángulo de paso de pala del generador de la turbina de viento de la presente realización incluye un controlador 11 del ángulo de paso colectivo, un controlador 12 del ángulo de paso individual, un restador 20, multiplicadores 21, 22 y 23, sumadores 24, 25 y 26, un primer actuador 31 de paso de la pala, un segundo actuador 32 de paso de pala y un tercer actuador 33 de paso de la pala.

El controlador 11 del ángulo de paso colectivo corresponde a unos medios de producción del ángulo de paso colectivo en las reivindicaciones, y produce una demanda de ángulo de paso colectivo que es común a los ángulos de paso de pala de las tres palas 1, 2 y 3 de la turbina de viento. Una desviación entre la velocidad de rotación, un valor de consigna de una producción de electricidad generada y una cantidad de control de corriente se obtiene mediante el restador 20, y sobre la base de esta desviación se produce una demanda 15 del ángulo de paso colectivo.

El controlador 12 del ángulo de paso individual incluye una unidad (medios de producción del ángulo de paso individual) 13 de producción del ángulo de paso individual y una unidad 14 de producción de ganancia del ángulo de paso individual. La unidad 13 de producción del ángulo de paso individual produce una demanda de ángulo de paso individual que es inherente a las palas 1, 2 y 3 de la turbina de viento sobre la base de un valor medido tal como un ángulo de azimut y una carga. Como se muestra en la Fig. 3, el ángulo de azimut es un ángulo formado entre la pala

de la turbina de viento y una dirección vertical (dirección z). El ángulo de azimut es 0°, cuando una pala de la turbina de viento de referencia se encuentra en la parte más alta de la turbina de viento, y el ángulo de azimut es 180°, cuando la pala de la turbina de viento de referencia se encuentra en la posición más baja.

5 Una técnica para producir la demanda de ángulo de paso individual en la unidad 13 de producción del ángulo de paso individual no está particularmente limitada, y se puede utilizar una técnica conocida. Por ejemplo, la solicitud de patente japonesa no examinada, publicación nº 2005-83308 divulga una técnica para producir la demanda de ángulo de paso individual de acuerdo con la velocidad del viento, la densidad del aire y la producción de electricidad generada sobre la base de un ángulo de azimut medido. La solicitud de patente japonesa no examinada, publicación
10 nº 2003-113769 y nº 2005-325742 divulga una técnica para producir una demanda de ángulo de paso individual sobre la base de una carga medida.

Cuando se realiza la parada, la unidad 14 de producción de ganancia del ángulo de paso individual ajusta una ganancia 16 del ángulo de paso individual de tal manera que una ganancia (= 1) del ángulo de paso individual se reduce de forma gradual y alcanza el cero después del primer tiempo de consigna. Una estructura característica de la presente invención es que los multiplicadores 21, 22 y 23 multiplican los ángulos de paso individuales de las palas producidos por la unidad 13 de producción del ángulo de paso individual por una ganancia 16 del ángulo de paso individual producida por la unidad 14 de producción de ganancia del ángulo de paso individual, produciendo de ese modo una primera demanda 17 del ángulo de paso de la pala, una segunda demanda 18 del ángulo de paso de pala y una tercera demanda 19 del ángulo de paso de la pala.
15
20

En el momento de un funcionamiento normal, la ganancia 16 del ángulo de paso individual es uno. En este caso, las demandas del ángulo de paso individual de las palas producidas por la unidad 13 de producción del ángulo de paso individual se convierten en la primera demanda 17 del ángulo de paso de pala, en la segunda demanda 18 del ángulo de paso de pala y en la tercera demanda 19 del ángulo de paso de pala ya que lo son. Cuando se realiza la parada, la ganancia 16 del ángulo de paso individual se reduce de forma gradual sobre la base de una función primaria decreciente, y cuando ha transcurrido el primer tiempo de consigna después de que ha comenzado la parada, la ganancia 16 del ángulo de paso individual llega a ser cero. Es decir, la primera demanda 17 del ángulo de paso de pala se reducen de forma gradual hacia cero a partir de las demandas del ángulo de paso individual de las palas producidas por la unidad 13 de producción del ángulo de paso individual hasta que ha transcurrido el primer tiempo de consigna después de que ha comenzado la parada.
25
30

Una demanda 15 del ángulo de paso colectivo producida por el controlador 11 del ángulo de paso colectivo, se añade, respectivamente, a la primera demanda 17 del ángulo de paso de la pala, a la segunda demanda 18 del ángulo de paso de pala y a la tercera demanda 19 del ángulo de paso de la pala, que son los valores de salida, respectivamente, de los multiplicadores 21, 22 y 23 por medio, respectivamente, de los sumadores 24, 25 y 26, y los valores resultantes se proporcionan, respectivamente, al primer actuador 31 del paso de la pala, al segundo actuador 32 del paso de pala y al tercer actuador 33 del paso de la pala.
35
40

En el presente documento, el primer actuador 31 del paso de la pala, el segundo actuador 32 del paso de pala y el tercer actuador 33 del paso de pala son actuadores de paso que son inherentes a las palas 1, 2 y 3 de la turbina de viento, y son accionados, por ejemplo, mediante un cilindro hidráulico o un motor eléctrico.

45 A continuación, con referencia a las Fig. 4 a 15 se describirá un procedimiento de control del ángulo de paso de pala del generador de la turbina de viento que tiene los elementos constitutivos descritos anteriormente. Las Fig. 4 a 7 son diagramas explicativos del control del ángulo de paso de pala en el generador de la turbina de viento de la presente realización. Las Fig. 8 a 11 son diagramas explicativos del control del ángulo de paso de pala en un primer ejemplo convencional. Las Fig. 12 a 15 son diagramas explicativos del control del ángulo de paso de pala en un segundo ejemplo convencional. Las Fig. 4, 8 y 12 son gráficos que muestran la transición de tiempo de la demanda 15 del ángulo de paso colectivo antes y después de la parada. Las Fig. 5, 9 y 13 son gráficos que muestran la transición de tiempo de la ganancia 16 del ángulo de paso individual antes y después de que ha comenzado la parada. Las Fig. 6, 10 y 14 son gráficos que muestran la transición de tiempo de la demanda 17 del ángulo de paso de la primera pala, la demanda 18 del ángulo de paso de la segunda pala y la demanda 19 del ángulo de paso de la
50
55 tercera pala antes y después de la parada. Las Fig. 7, 11 y 15 son gráficos que muestran la transición de tiempo de los ángulos de paso de las palas antes y después de que ha comenzado la parada. En las figuras, excepto en las Fig. 5, 9 y 13, un eje vertical muestra el ángulo de paso de pala, un lado superior en los gráficos corresponde con un lado de orientación, y un lado inferior en las gráficas se corresponde con un lado fino.

60 En el segundo ejemplo convencional, la técnica en la Cita 2 de la patente se aplica al generador de la turbina de viento de la presente realización. En el primer ejemplo convencional, una técnica conocida (p. ej., la Cita 1 por ejemplo de la patente) a la que no se aplica la técnica de la Cita 2 de la patente se aplica al generador de la turbina de viento de la presente realización. Aunque la propia ganancia del ángulo de paso individual no existe en el primer ejemplo convencional y en el segundo ejemplo convencional, se muestran para comparación con la presente
65 realización.

En primer lugar, con referencia a las figuras. 4 a 7 (como dibujos representativos) se describirá el control del ángulo de paso individual en el momento del funcionamiento normal antes del inicio de la parada. En el momento del funcionamiento normal, se supone que se realiza el mismo control en la presente realización, en el primer ejemplo convencional y en el segundo ejemplo convencional.

5 En el momento del funcionamiento normal, el controlador 11 del ángulo de paso colectivo produce la demanda 15 del ángulo de paso colectivo que es común para los ángulos de paso de pala de las tres palas 1, 2 y 3 de la turbina de viento. En la Fig. 4, la demanda 15 del ángulo de paso colectivo se indica como un valor constante ya que el tiempo antes de la parada es tan corto como 20 segundos. Como se muestra en la Fig. 5, la ganancia 16 del ángulo de paso individual que es emitida desde la unidad 14 de producción de la ganancia del ángulo de paso individual en este momento es 1.

15 La unidad 13 de producción del ángulo de paso individual produce demandas del ángulo de paso individual (demanda 17 del ángulo de paso de la primera pala, demanda 18 del ángulo de paso de la segunda pala y demanda 19 del ángulo de paso de la tercera pala), que son inherentes a las palas 1, 2 y 3 de la turbina de viento basadas en un valor medido tal como un ángulo de azimut y una carga (véase la Fig. 6). Aunque la Fig. 6 muestra una variación en el tiempo de la demanda de ángulo de paso individual de cada pala en forma de coseno, se supone que el viento es estable (velocidad uniforme del viento en términos de tiempo y plano) para una más fácil comprensión, y estrictamente hablando, esta variación en el tiempo es diferente de la variación real.

20 La demanda 15 del ángulo de paso colectivo en la Fig. 4 y la demanda de ángulo de paso individual de cada pala en la Fig. 6 se añaden a cada una de las otras, un valor resultante se suministra al actuador 31 del paso de la primera pala, al actuador 32 del paso de la segunda pala y al actuador 33 del paso de la tercera pala de las palas, y se obtienen los ángulos de paso de las palas como se muestra en la Fig. 7. Con tal control del ángulo de paso individual, es posible reducir una cantidad de variación en una carga del rotor fuera de plano (carga que es perpendicular al plano de rotación del rotor de la turbina de viento; carga aplicada en una dirección x en la Fig. 2).

25 A continuación, el control del ángulo de paso individual cuando la parada se controla después de que ha comenzado la parada se describirá en el orden de primer ejemplo convencional, segundo ejemplo convencional y la presente realización.

30 En primer lugar, en el primer ejemplo convencional, cuando se controla la parada, la demanda de ángulo de paso colectivo se controla hasta un ángulo de orientación completo a una velocidad de paso constante para todas las palas como se muestra en la Fig. 8 para parar el rotor de la turbina de viento. La producción de la demanda de ángulo de paso individual de cada pala mediante la unidad 13 de producción del ángulo de paso individual se detiene simultáneamente cuando se inicia la parada (véase la Fig. 10), y la ganancia del ángulo de paso individual se desconecta inmediatamente desde 1 hasta 0 (véase la Fig. 9).

35 Cuando se inicia la parada, los ángulos de paso de pala de las palas de la turbina de viento están relativamente desviados unos de otros, pero según el control de parada en el primer ejemplo convencional, la orientación se realiza sobre la base de la demanda de ángulo de paso colectivo al tiempo que mantiene esta relación relativamente desviada de los ángulos de paso de pala (véase la Fig. 11). Por lo tanto, el rotor de la turbina de viento gira en un estado donde los ángulos de paso de pala de las palas de las turbinas de viento son diferentes unos de otros (independientemente de la carga) durante el control de parada, y se genera un desequilibrio aerodinámico en el rotor de la turbina de viento.

40 A continuación, en el segundo ejemplo convencional, como en el primer ejemplo convencional, la demanda de ángulo de paso colectivo se controla hasta un ángulo de orientación completo a una velocidad constante de paso para todas las palas como se muestra en la Fig. 12. La producción de la demanda de ángulo de paso individual de cada pala mediante la unidad 13 de producción del ángulo de paso individual se detiene simultáneamente cuando comienza la parada (véase la Fig. 14), y la ganancia del ángulo de paso individual se desconecta inmediatamente de 1 a 0 (véase la Fig. 13).

45 Cuando se inicia la parada, los ángulos de paso de pala de las palas de la turbina de viento están relativamente desviados uno del otro, pero en el control de parada del segundo ejemplo convencional, una pala de la turbina de viento (segunda pala en la Fig. 14) en la que el ángulo de paso de pala está más cerca del lado fino se deja que realice la orientación a una velocidad de paso máxima prescrita, y otras palas de la turbina de viento (primera y tercera palas en la Fig. 14) situadas en el lado orientable se deja que realicen la orientación a una velocidad de paso más pequeña que la velocidad de paso máxima hasta que se equipara con el ángulo de paso de pala de la segunda pala. Después de que los ángulos de paso de pala de la primera y tercera palas llegan a ser iguales al ángulo de paso de pala de la segunda pala, se deja que las palas realicen la orientación a la máxima velocidad de paso. De esta manera, se deja que los ángulos de paso de pala de las tres palas de la turbina de viento coincidan rápidamente entre sí y realicen la orientación.

60 Como se muestra en la Fig. 15, en el control de parada del segundo ejemplo convencional, los ángulos de paso de pala son cerrados con una velocidad de paso predeterminada, sin tener en cuenta la carga en un período que ha

transcurrido después de que ha comenzado la parada hasta que los ángulos de paso de pala de las palas de la turbina de viento coinciden entre sí (durante aproximadamente 12 segundos en la Fig. 15), y puede generarse un desequilibrio aerodinámico causado por una diferencia entre los ángulos de paso de pala de la pala de la turbina de viento en el rotor de la turbina de viento.

5 En contraste con el primer ejemplo convencional y con el segundo ejemplo convencional, en la presente realización, la demanda de ángulo de paso colectivo se controla para que el ángulo de orientación completo a una velocidad constante del paso de cada pala como se muestra en la Fig. 4 detenga el rotor de la turbina de viento en el momento de control de parada.

10 Incluso después de que ha comenzado la parada, la producción de la demanda de ángulo de paso individual de cada pala mediante la unidad 13 de producción del ángulo de paso individual continúa de la misma manera que antes de que comenzara la parada. La demanda de ángulo de paso individual se multiplica por la ganancia 16 del ángulo de paso individual (véase la Fig. 5) que se reduce de forma gradual sobre la base de la función primaria decreciente, y la demanda de ángulo de paso individual se reduce de forma gradual a cero (véase la Fig. 6). En la Fig. 5, el primer tiempo de consigna en la unidad 14 de producción de la ganancia del ángulo de paso individual es de 10 segundos.

20 Cuando ha comenzado la parada, los ángulos de paso de pala de las palas de la turbina de viento están relativamente desviados unos de otros, pero en el control de parada según la presente realización, como se muestra en la Fig. 7, el control del ángulo de paso individual continúa al tiempo que se reduce de forma gradual el ángulo de paso individual durante un período (10 segundos en la Fig. 7) que ha transcurrido después de que ha comenzado la parada hasta que el ángulo de paso de pala de cada pala de la turbina de viento coincide con la demanda 15 del ángulo de paso colectivo. De esta manera, una diferencia entre los ángulos de paso de las palas se corresponde con una diferencia entre las cargas fuera de plano del rotor que se aplican a las palas incluso después de que ha comenzado la parada, y el ángulo de paso individual puede reducirse en comparación con los ejemplos convencionales sin aumentar el desequilibrio aerodinámico del rotor de la turbina de viento.

30 Como se describió anteriormente, el generador de la turbina de viento y el procedimiento de control del ángulo de paso de pala del mismo de la presente realización incluye el controlador 11 del ángulo de paso colectivo que produce la demanda 15 del ángulo de paso colectivo que es común a los ángulos de paso de pala de las palas de la turbina de viento, la unidad 13 de producción del ángulo de paso individual que produce la demanda de ángulo de paso individual inherente a cada pala de la turbina de viento, los multiplicadores 21 a 23 que multiplican la demanda de ángulo de paso individual por la ganancia 16 del ángulo de paso individual para producir la demanda 17 del ángulo de paso de la primera pala, la demanda 18 del ángulo de paso de la segunda pala y la demanda 19 del ángulo de paso de la tercera pala, una unidad 14 de producción de ganancia del ángulo de paso individual, y los sumadores 24 a 26 que se añaden a la demanda 15 del ángulo de paso colectivo a la salida de los multiplicadores 21 a 23 y proporcionan el mismo a los actuadores de paso 31 a 33 inherentes a las palas de la turbina de viento. Cuando se realiza la parada, la ganancia del ángulo de paso individual se ajusta de modo que una ganancia del ángulo de paso individual se reduce de forma gradual y llega a cero mediante la unidad 14 de producción de una ganancia del ángulo de paso individual después del primer tiempo de consigna.

45 Como se describió anteriormente, cuando se realiza la parada, mediante la producción de la demanda 17 del ángulo de paso de la primera pala, la demanda 18 del ángulo de paso de la segunda pala y la demanda 19 del ángulo de paso de la tercera pala que reducen de forma gradual la demanda de ángulo de paso individual (valor absoluto) ajustando la ganancia 16 del ángulo de paso individual, los ángulos de paso de las palas coinciden unos con otros y se realiza la orientación. Sin embargo, el control del ángulo de paso individual continúa durante un tiempo dado, incluso después de que ha comenzado la parada. Por lo tanto, la diferencia entre los ángulos de paso de las palas después de que ha comenzado la parada se corresponde con la diferencia entre las cargas fuera de plano del rotor que se aplican a las palas, y puede reducirse el ángulo de paso individual en comparación con los ejemplos convencionales sin aumentar el desequilibrio aerodinámico del rotor de la turbina de viento. Como resultado, es posible reducir aún más la carga máxima que se convierte en una restricción del diseño de la turbina de viento, y realizar un procedimiento de control del ángulo de paso de pala de un generador de turbina de viento de poco peso y de bajo coste.

55 Dado que la variación de la carga se reduce durante un periodo en el que la ganancia 16 del ángulo de paso individual se convierte en cero, existe el efecto de que se obtenga continuamente un efecto de reducción de la carga a fatiga de la turbina de viento incluso después de que ha comenzado la parada, y pueda aumentarse aún más la resistencia a la fatiga de la turbina de viento.

60 Primera modificación

65 En la realización descrita anteriormente, cuando se realiza la parada, la ganancia 16 del ángulo de paso individual se ajusta de modo que la ganancia del ángulo de paso individual se reduce de forma gradual y llega a cero después del primer tiempo de consigna mediante la unidad 14 de producción de la ganancia del ángulo de paso individual, y la reducción de la ganancia 16 del ángulo de paso individual comienza de forma simultánea a cuando ha comenzado

la parada. Como alternativa, puede mantenerse una ganancia predeterminada del ángulo de paso individual antes de la parada durante el segundo tiempo de consigna (el segundo tiempo de consigna es más corto que el primer tiempo de consigna) después de que ha comenzado la parada, y el ajuste se puede realizar de manera que la ganancia del ángulo de paso individual se reduce de forma gradual durante un período comprendido entre el
5 segundo tiempo de consigna y el primer tiempo de consigna.

La Fig. 16 muestra la transición de tiempo G1 de la ganancia 16 del ángulo de paso individual de la presente modificación. Según G1 en la Fig. 16, el segundo tiempo de consigna T1 es de 4 segundos y el primer tiempo de consigna es de 12 segundos. La ganancia 16 del ángulo de paso individual se reduce de forma gradual durante un
10 período desde el segundo tiempo de consigna hasta el primer tiempo de consigna sobre la base de una función primaria decreciente.

Aunque el primer tiempo de consigna y el segundo tiempo T1 de consigna se establecen simplemente como tiempo, el primer tiempo de consigna y el segundo tiempo T1 de consigna pueden establecerse basándose en la salida de la electricidad generada por el generador de la turbina de viento, la velocidad de rotación del rotor de la turbina de
15 viento o la demanda de ángulo de paso colectivo.

En cuanto al segundo tiempo T1 de consigna, un valor umbral de la producción de electricidad generada, la velocidad de rotación del rotor de la turbina de viento o la demanda de ángulo de paso colectivo se pueden fijar con
20 antelación, y cuando la producción de la electricidad generada, la velocidad de rotación del rotor de la turbina de viento o la demanda 15 del ángulo de paso colectivo alcanza el valor umbral, puede comenzarse la reducción de la ganancia del ángulo de paso individual.

La fijación del primer tiempo de consigna es equivalente a la fijación de la velocidad de reducción de la ganancia 16 del ángulo de paso individual. Una tabla de correspondencia del primer tiempo de consigna que se corresponde con la producción de electricidad generada, la velocidad de rotación del rotor de la turbina de viento o la demanda de
25 ángulo de paso colectivo se puede preparar con antelación, y el primer tiempo de consigna puede fijarse de acuerdo con la producción de electricidad generada en el momento de la parada, la velocidad de rotación del rotor de la turbina de viento o la demanda 15 del ángulo de paso colectivo.

Fijando la sincronización reducción-comienzo o una velocidad de reducción de la ganancia 16 del ángulo de paso individual sobre la base de la producción de electricidad generada por el generador de la turbina de viento, la velocidad de rotación del rotor de la turbina de viento o la demanda de ángulo de paso colectivo, puede controlarse
30 la parada al tiempo que se responde de forma flexible a varias situaciones tales como condiciones del viento, situaciones de accionamiento, tamaño del generador de la turbina de viento, y tipos de causas de alarmas, y similares.

Segunda modificación

En la realización descrita anteriormente y en la primera modificación, cuando se realiza la parada, la ganancia 16 del ángulo de paso individual se reduce de forma gradual mediante la unidad 14 de producción de la ganancia del
40 ángulo de paso individual sobre la base de la función primaria decreciente. Como alternativa, la ganancia del ángulo de paso individual puede ser ajustada sobre la base de una función decreciente de n-orden (por ejemplo, una función decreciente secundaria) o una combinación de las funciones decrecientes.

La Fig. 17 muestra la transición de tiempo G2 de la ganancia 16 del ángulo de paso individual de la presente modificación. Según G2 en la Fig. 17, la ganancia 16 del ángulo de paso individual se reduce de forma gradual desde 1 a 0,5 sobre la base de una función elíptica, y desde 0,5 hasta 0 sobre la base de una función inversa.
45

Haciendo posible fijar de forma variable con el tiempo la velocidad de reducción de la ganancia 16 del ángulo de paso individual, puede controlarse la parada al tiempo que se responde a varias situaciones tales como condiciones del viento, situaciones de accionamiento, tamaño del generador de la turbina de viento, y tipos de causas de alarma,
50 y similares.

Aunque la realización y sus modificaciones de la presente invención se han descrito en detalle con referencia a los dibujos, la presente invención no se limita a la realización descrita anteriormente y las modificaciones, y los cambios en el diseño dentro de un intervalo no se apartan de la materia objeto de la invención que es definida por las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, el número de palas de la turbina de viento no se limita a tres, y el número de
55 las palas puede ser de dos o cuatro o más.

Explicación de referencia

1, 2, 3: pala de la turbina de viento

4: Torre

11: Controlador del ángulo de paso colectivo (medios de producción del ángulo de paso colectivo)

12: Controlador del ángulo de paso individual

ES 2 541 835 T3

13: unidad de producción del ángulo de paso individual (medios de producción del ángulo de paso individual)

14: unidad de producción de la ganancia del ángulo de paso individual (medios de producción de la ganancia de del ángulo de paso individual)

20: restador

5 21, 22, 23: multiplicadores (medios de multiplicación)

24, 25, 26: sumadores (medios de adición)

31: actuador del paso de la primera pala

32: actuador del paso de la segunda pala

33: actuador del paso de la tercera pala

10

REIVINDICACIONES

1. Un generador de turbina de viento que comprende:

5 unos medios (11) de producción de ángulo de paso colectivo que producen una demanda de ángulo de paso colectivo que es común a los ángulos de paso de pala de una pluralidad de palas (1, 2, 3) de la turbina de viento; unos medios (13) de producción de ángulo de paso individual que producen una demanda de ángulo de paso individual inherente a cada una de las palas (1, 2, 3) de la turbina de viento; estando caracterizado el generador de la turbina de viento porque comprende además:

10 unos medios de multiplicación (21, 22, 23) que multiplican cada demanda de ángulo de paso individual de los medios de producción del ángulo de paso individual por una ganancia de ángulo de paso individual; unos medios (14) de producción de ganancia de ángulo de paso individual que ajustan la ganancia de ángulo de paso individual de tal manera que cuando se realiza la parada, se reduce de forma gradual la ganancia de ángulo de paso individual y llega a cero después del primer tiempo de consigna; y
 15 unos medios (24, 25, 26) de adición que añaden la demanda de ángulo de paso colectivo a un resultado de la multiplicación llevada a cabo por los medios (21, 22, 23) de multiplicación, y entrega un valor resultante a un actuador de paso (31, 32, 33) inherente a cada una de las palas (1, 2, 3) de la turbina de viento, en donde los medios (14) de producción de la ganancia de ángulo de paso individual mantienen una ganancia predeterminada de ángulo de paso individual antes de la parada hasta un segundo tiempo de consigna que es más corto que el primer tiempo de consigna después de que la parada ha comenzado.

2. El generador de la turbina de viento según la reivindicación 1, en donde los medios (14) de producción de la ganancia de ángulo de paso individual ajustan la ganancia del ángulo de paso individual sobre la base de una
 25 función decreciente de orden n o una combinación de funciones decrecientes.

3. El generador de la turbina de viento según la reivindicación 1, en donde el primer tiempo de consigna o el segundo tiempo de consigna se establecen sobre la base de una producción de la electricidad generada por el generador de la turbina de viento, la velocidad de rotación de un rotor de la turbina de viento o la demanda de
 30 ángulo de paso colectivo.

4. Un procedimiento de control del ángulo de paso de pala de un generador de una turbina de viento, comprendiendo dicho procedimiento de control:

35 una etapa de producción de ángulo de paso colectivo que produce una demanda de ángulo de paso colectivo que es común a los ángulos de paso de pala de una pluralidad de palas (1, 2, 3) de la turbina de viento; una etapa de producción de ángulo de paso individual que produce una demanda de ángulo de paso individual inherente a cada una de las palas (1, 2, 3) de la turbina de viento; estando caracterizado dicho procedimiento de control porque comprende además:

40 una etapa de multiplicación que multiplica cada demanda de ángulo de paso individual de los medios (13) de producción de ángulo de paso individual por una ganancia del ángulo de paso individual; una etapa de producción de ganancia de ángulo de paso individual que ajusta la ganancia del ángulo de paso individual de tal manera que cuando se realiza la parada, se reduce de forma gradual la ganancia del ángulo de paso individual y llega a cero después del primer tiempo de consigna; y
 45 una etapa de adición que añade la demanda de ángulo de paso colectivo a un resultado de la multiplicación llevada a cabo en la etapa de multiplicación, y que entrega un valor resultante a un actuador de paso (31, 32, 33) inherente a cada una de las palas (1, 2, 3) de la turbina de viento, en donde, en la etapa de producción de ganancia de ángulo de paso individual, se mantiene una ganancia predeterminada de ángulo de paso individual antes de la parada hasta un segundo tiempo de consigna que es más corto que el primer tiempo de consigna después de que la parada ha comenzado.

5. El procedimiento de control del ángulo de paso de pala del generador de la turbina de viento según la reivindicación 4, en donde en la etapa que produce la ganancia del ángulo de paso individual, la ganancia del ángulo de paso individual se ajusta sobre la base de una función decreciente de orden n o en una combinación de funciones
 55 decrecientes.

6. El procedimiento de control del ángulo de paso de pala del generador de la turbina de viento según la reivindicación 4, en donde el primer tiempo de consigna o el segundo tiempo de consigna se establecen sobre la base de una producción de electricidad generada por el generador de la turbina de viento, la velocidad de rotación del rotor de una turbina de viento o la demanda de ángulo de paso colectivo.
 60

FIG. 1

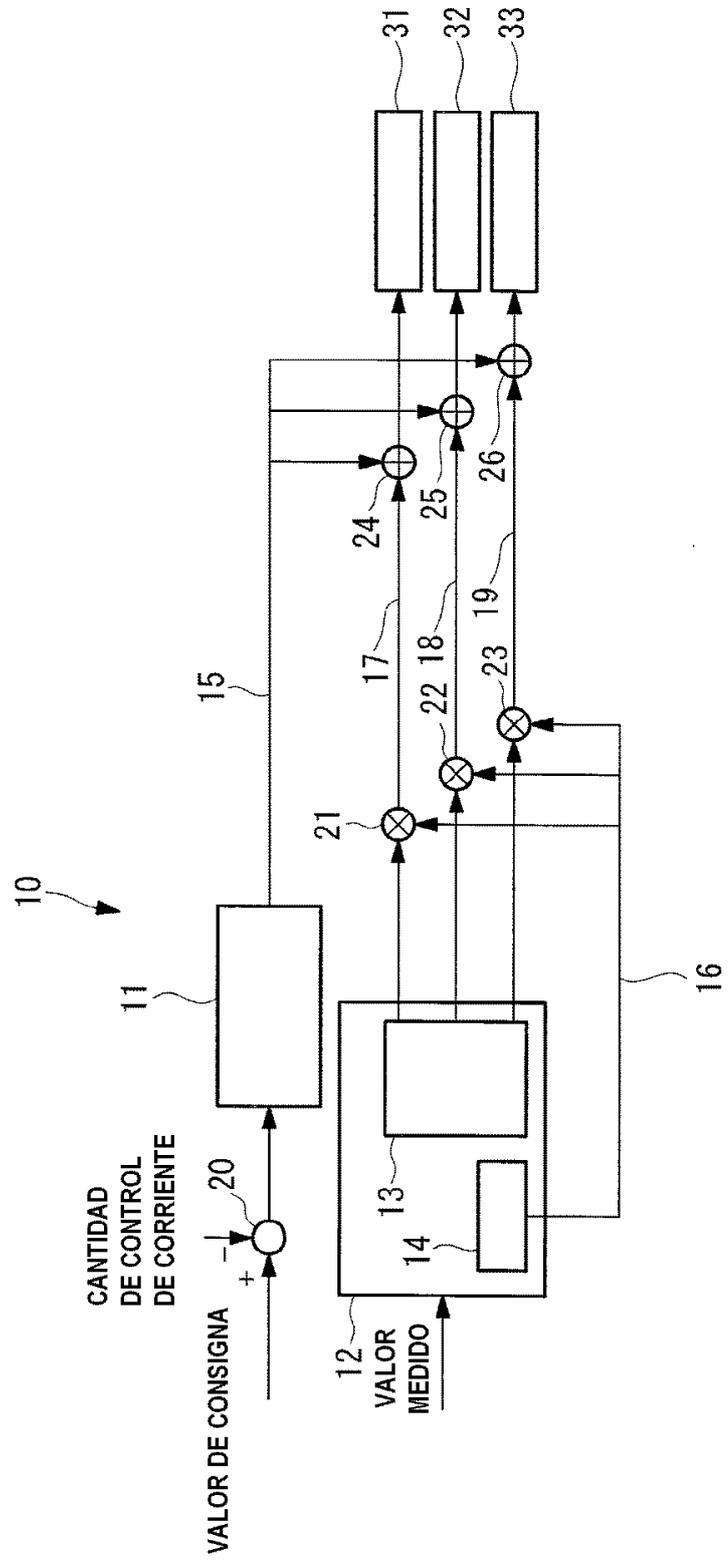


FIG. 2

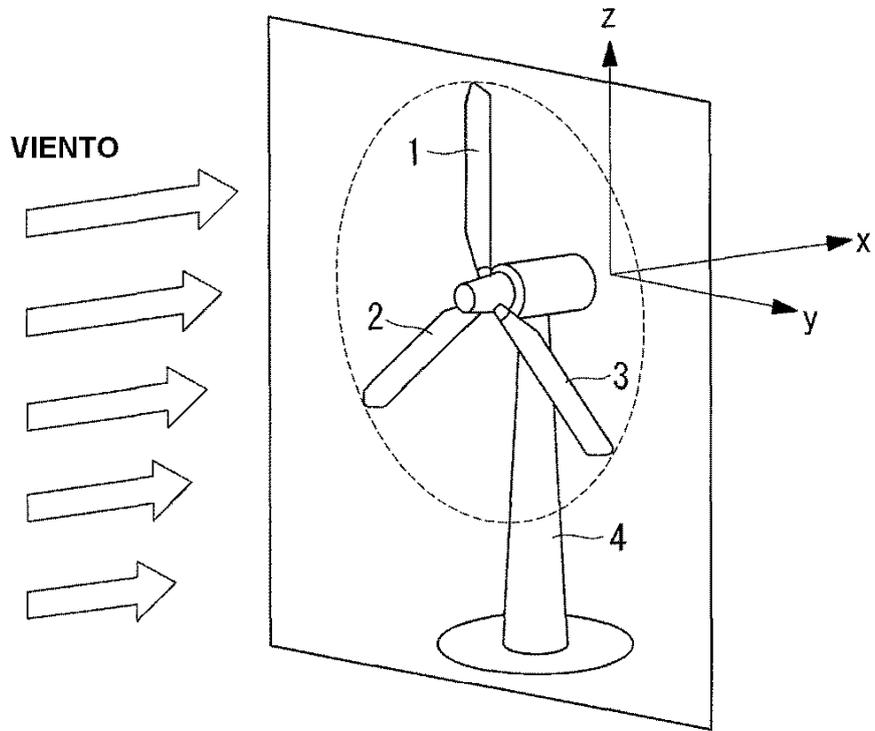


FIG. 3

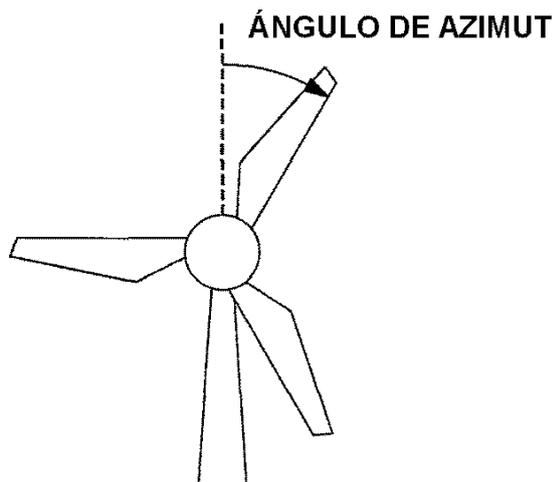


FIG. 4

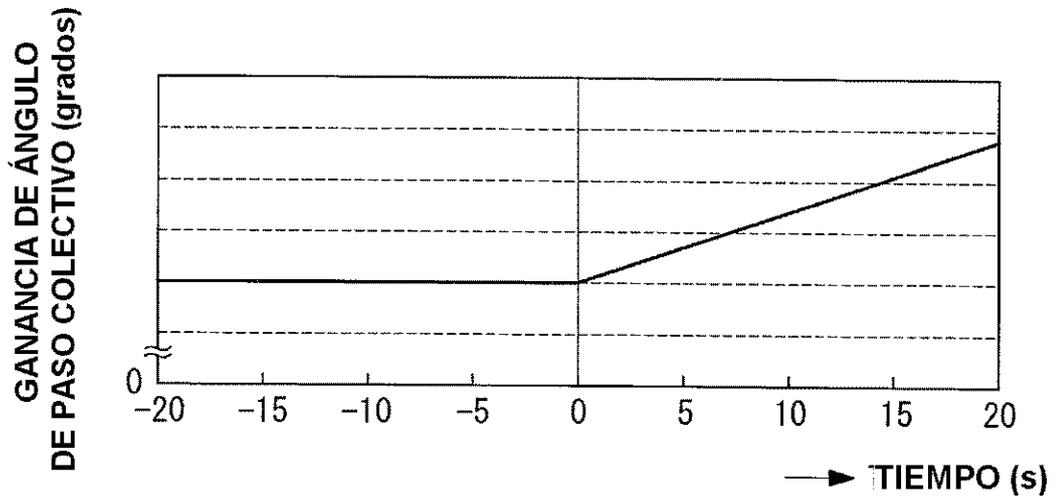


FIG. 5

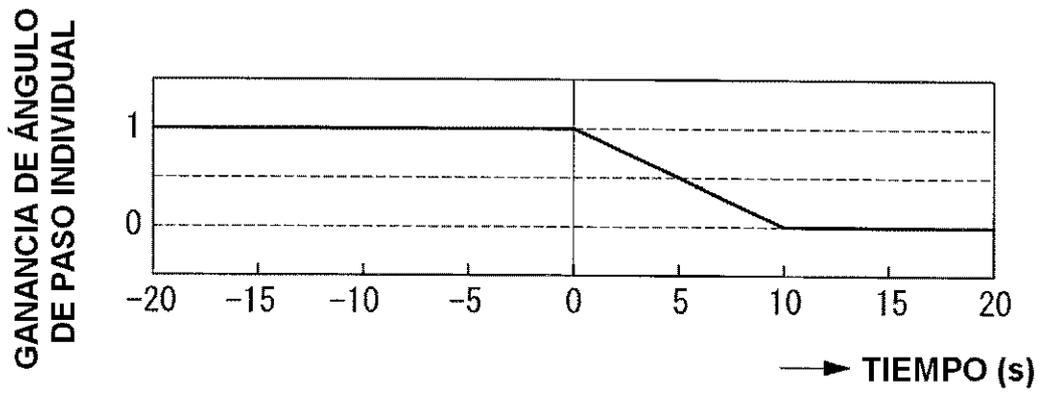


FIG. 6

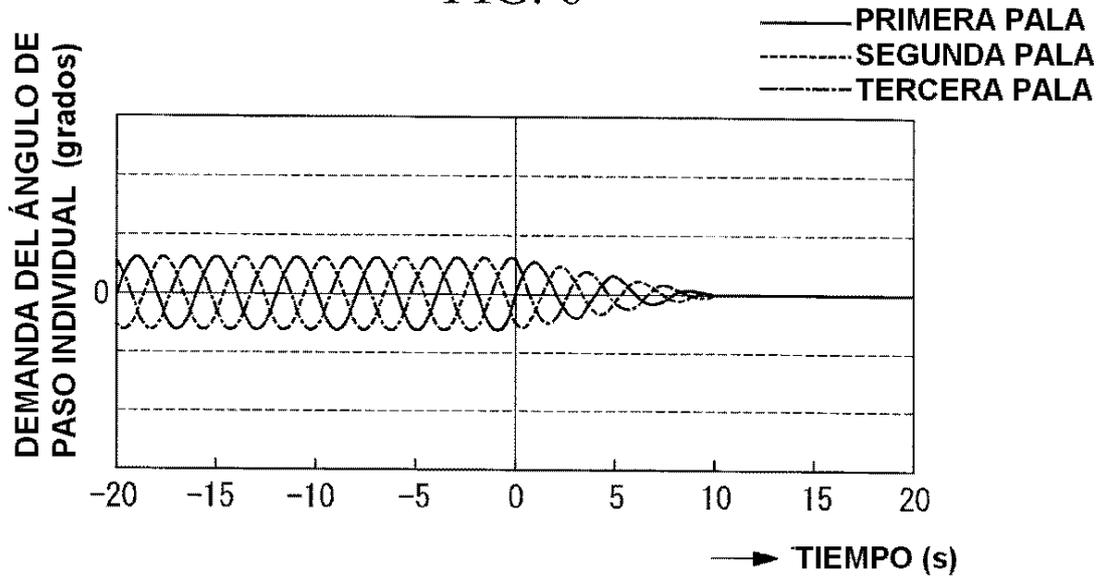


FIG. 7

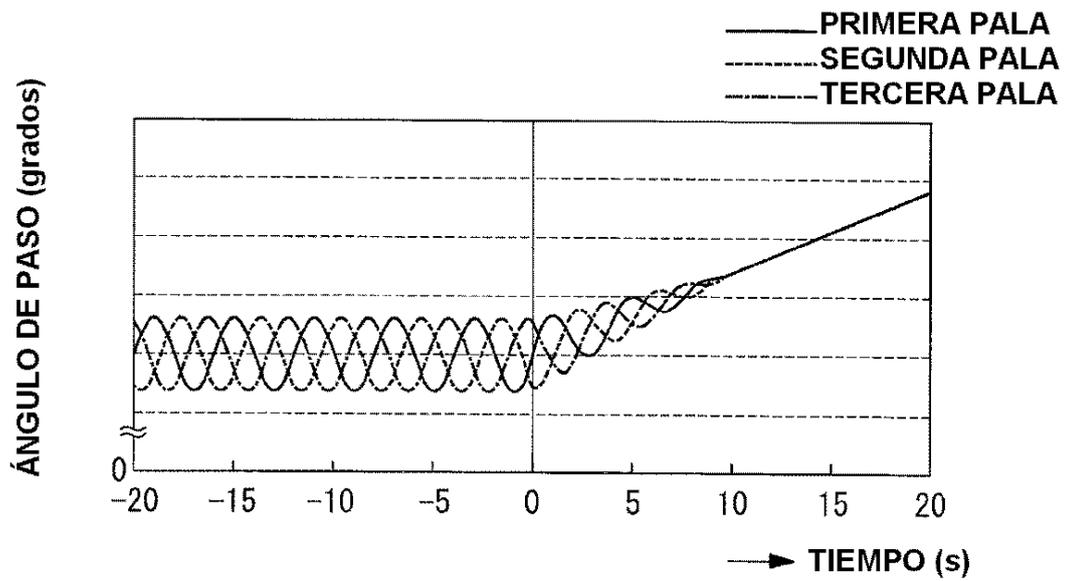


FIG. 8

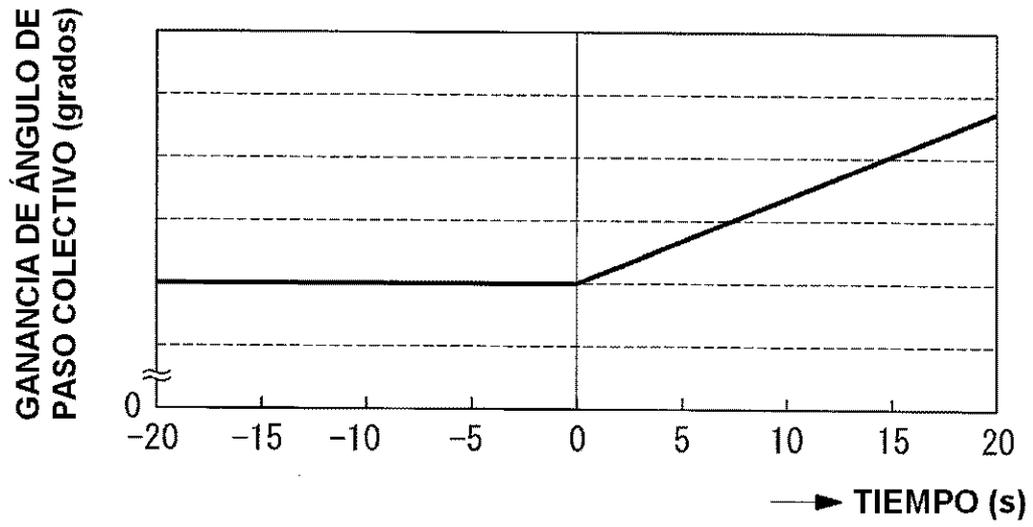
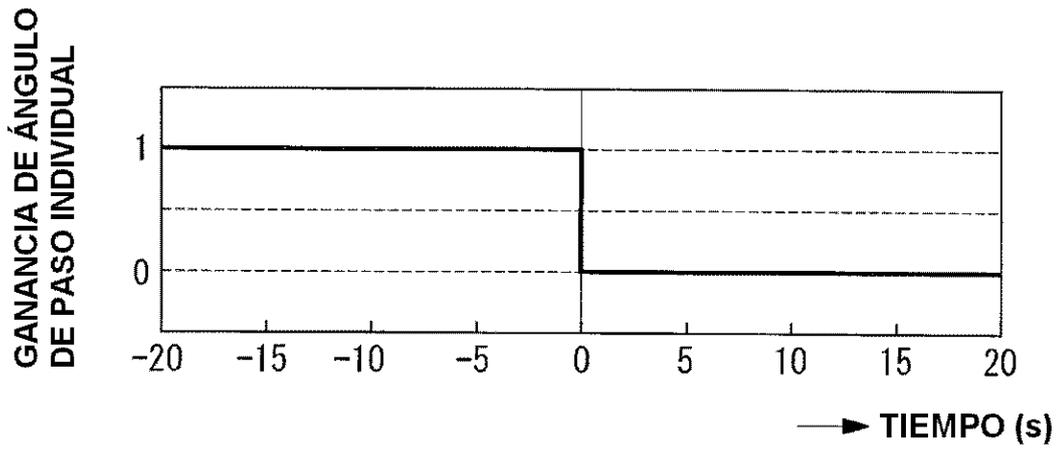
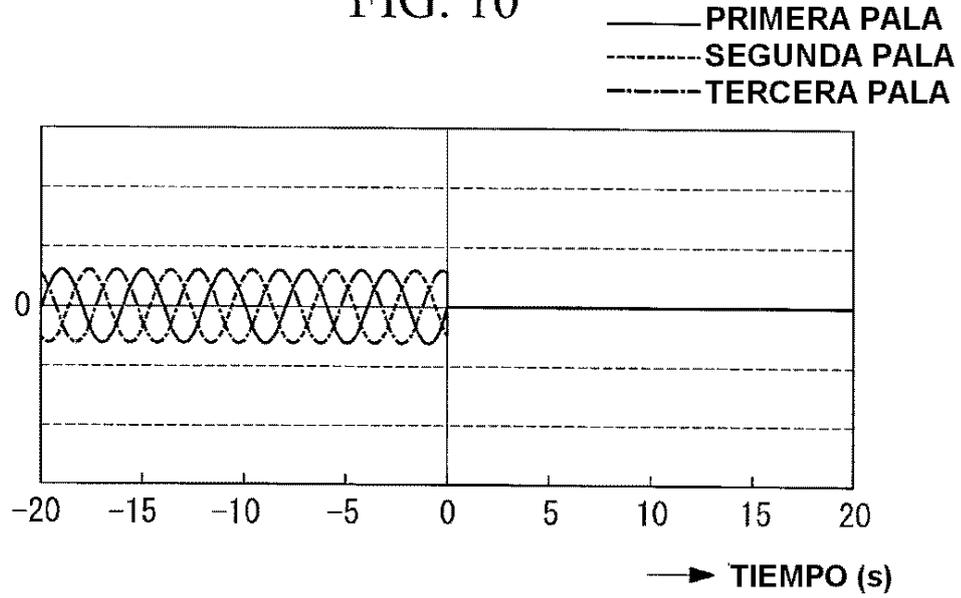


FIG. 9



DEMANDA DE ÁNGULO DE PASO
INDIVIDUAL (grados)

FIG. 10



ÁNGULO DE PASO
(grados)

FIG. 11

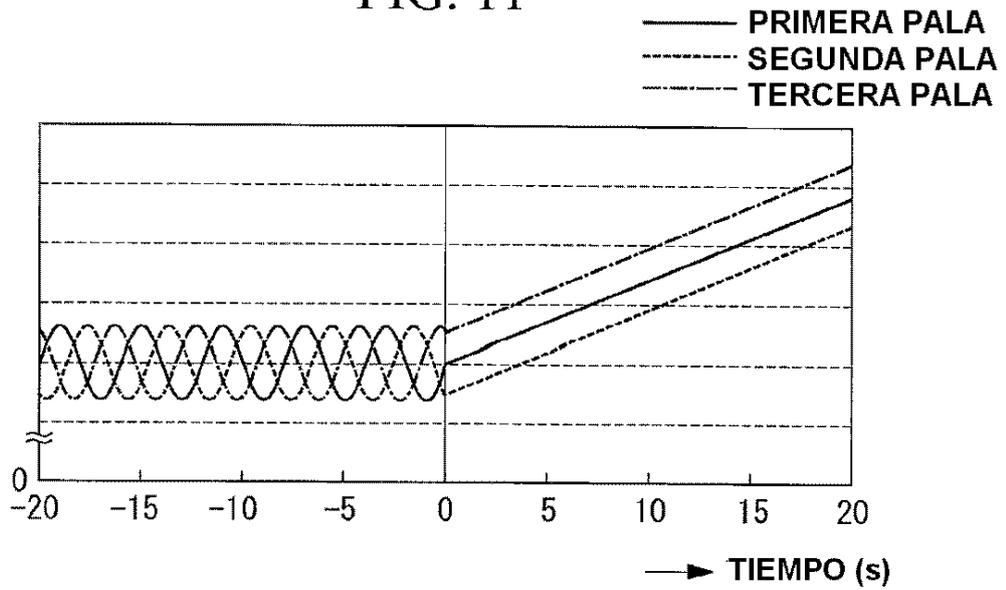


FIG. 12

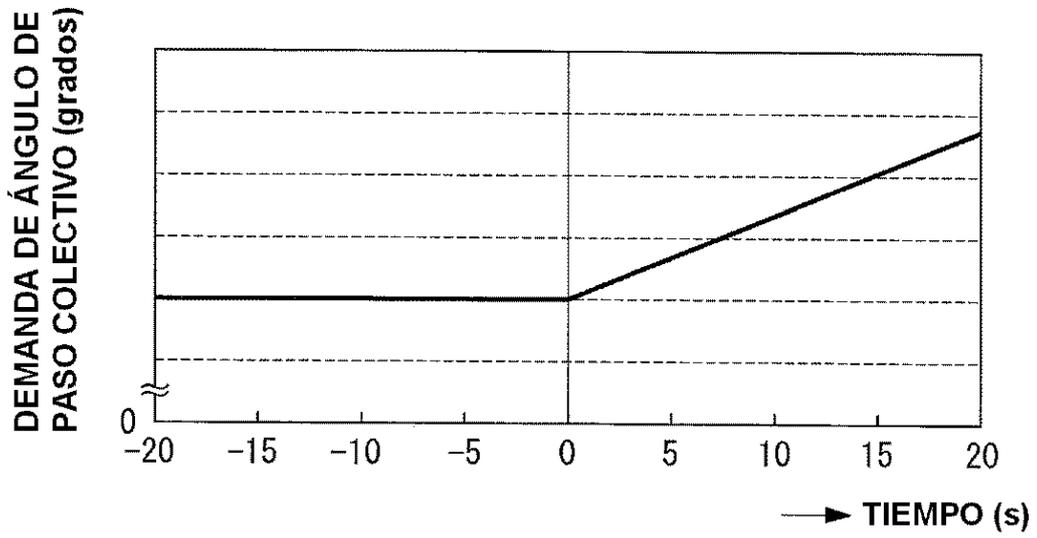


FIG. 13

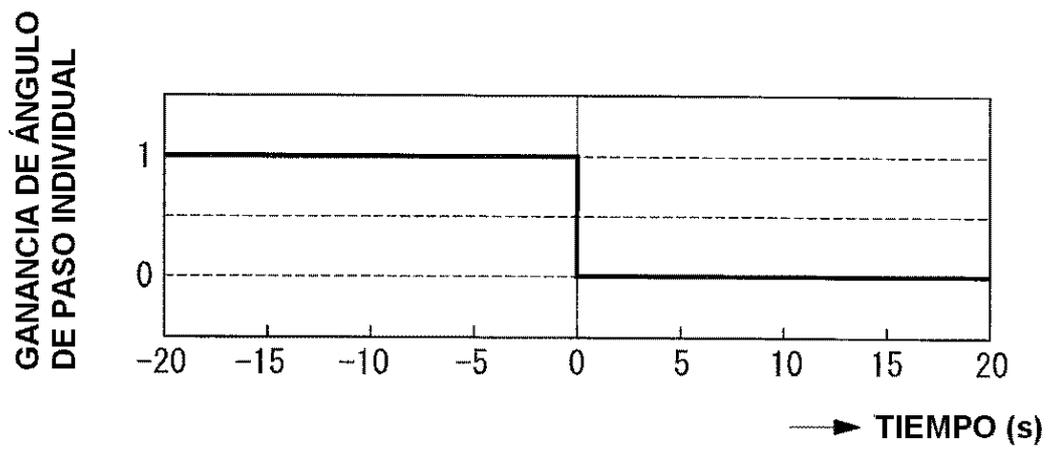


FIG. 14

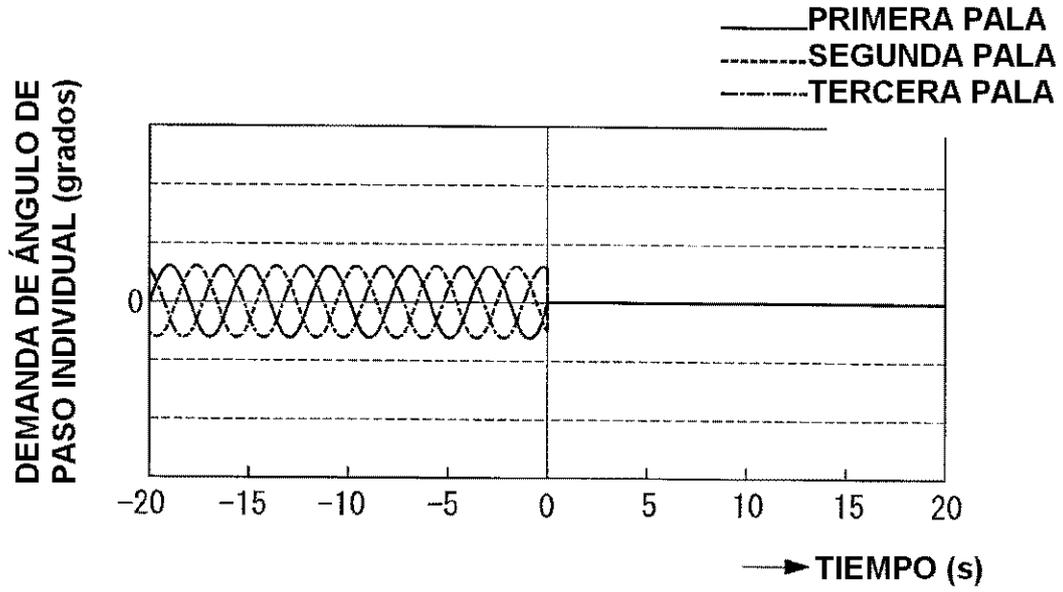


FIG. 15

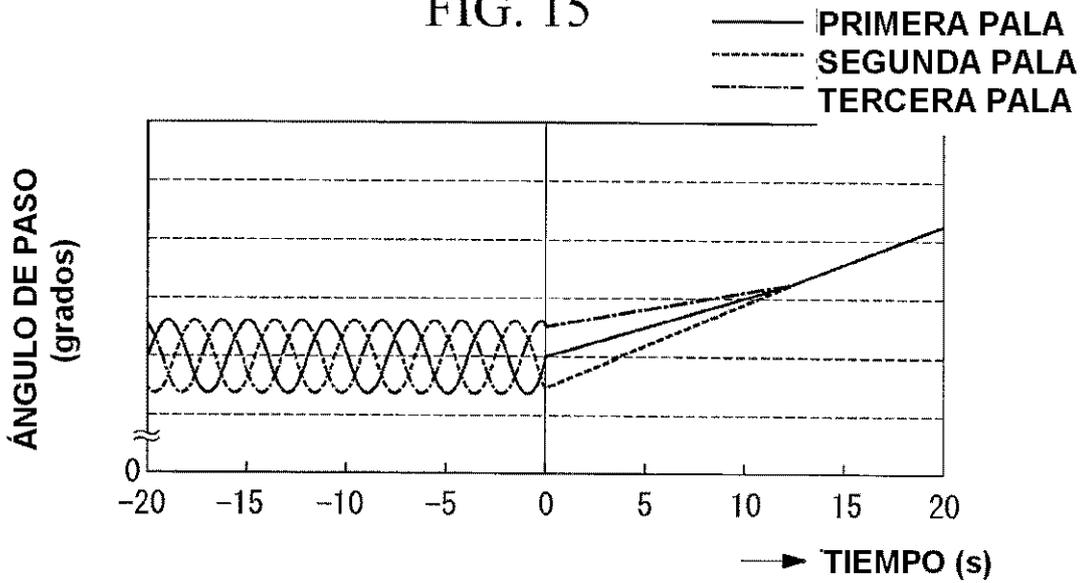


FIG. 16

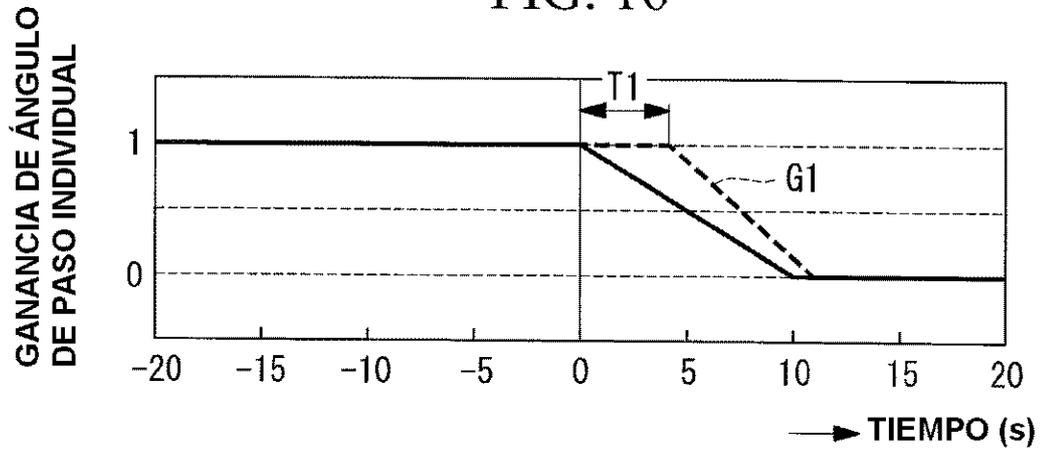


FIG. 17

