

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 862**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.01.2009 E 09000998 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2015 EP 2093418**

54 Título: **Planta de energía eólica con regulador de ángulo de paso de pala**

30 Prioridad:

21.02.2008 DE 102008010466

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

09.10.2015

73 Titular/es:

**NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**KABATZKE, WOLFGANG;
WIESE-MÜLLER, LARS-ULRICH y
SCHLÜTER, DETLEF**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 547 862 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

Planta de energía eólica con regulador de ángulo de paso de pala.

5 La presente invención se refiere a una planta de energía eólica con al menos una pala de rotor, cuyo ángulo de paso de pala se puede ajustar mediante un regulador de ángulo de paso de pala. La planta de energía eólica presenta también una unidad de generador y convertidor, en la que al menos una variable eléctrica se puede ajustar mediante un regulador de convertidor. La planta de energía eólica dispone de un grupo motor que comienza con un rotor que soporta la al menos una pala de rotor. El grupo motor continúa con un árbol de rotor unido al rotor. El árbol de rotor
10 está acoplado a un engranaje, cuyo árbol de salida como árbol de generador desemboca en el generador.

El ángulo de paso de pala de una pala de rotor se identifica también en el lenguaje técnico como “ángulo de pitch”, por lo que el regulador de ángulo de paso de pala se puede identificar asimismo como “regulador de pitch”.

15 Por el documento GB2023237A1 es conocida una planta de energía eólica, en la que se detectan la velocidad de giro del rotor y la velocidad de giro del generador. El generador es un generador síncrono, conectado directamente a la red.

Por el documento US4,193,005 es conocida una planta de energía eólica, en la que se detectan una velocidad de
20 giro del rotor y una velocidad de giro del generador. El generador es un generador síncrono, conectado directamente a la red.

Por el documento EP1832743A1 es conocida una planta de energía eólica, en la que tanto una velocidad de giro detectada del rotor como una velocidad de giro detectada del generador se aplican a un dispositivo de control. Para
25 controlar el generador se tiene en cuenta la velocidad de giro del rotor o la velocidad de giro del generador.

La potencia de la planta de energía eólica se regula en el intervalo de carga nominal principalmente por medio del valor nominal de la velocidad de giro. En este caso, la regulación se lleva a cabo mediante un regulador de convertidor que se puede identificar a veces también como regulador de convertidor principal. El principio de
30 regulación, utilizado actualmente en plantas de energía eólica, tiene en cuenta la velocidad de giro del generador como fuente de señal para el regulador de convertidor. La precisión de la velocidad de giro medida del generador depende en gran medida de diferentes factores de influencia, porque a la velocidad de giro medida del generador están superpuestas por lo general oscilaciones del grupo motor, elasticidades del engranaje, oscilaciones del soporte de máquina y las tolerancias en un acoplamiento previsto eventualmente. Hasta el momento se ha realizado
35 un filtrado y una atenuación fuertes de los valores medidos con el fin de suprimir estos valores de influencia en la velocidad de giro del generador. En particular se han atenuado los valores medidos de la velocidad de giro del generador y se han eliminado parcialmente en determinados intervalos de frecuencia. En el pasado, los valores de la velocidad de giro del generador, filtrados de esta manera, se aplicaban asimismo a un regulador de ángulo de paso de pala para ajustar el ángulo de paso de pala en dependencia de la velocidad de giro del generador. En el caso
40 particular de plantas de energía eólica con un diámetro de rotor grande, los valores filtrados de la velocidad de giro del generador provocan un comportamiento lento durante la regulación del ángulo de paso de pala.

La invención tiene el objetivo técnico de poner a disposición una planta de energía eólica con una regulación para el ángulo de paso de pala que permita una regulación dinámica del ángulo de paso de pala, sin interferir a menudo
45 innecesariamente en la regulación del convertidor.

El objetivo se consigue según la invención mediante una planta de energía eólica con las características de la reivindicación 1. Configuraciones ventajosas forman los objetos de las reivindicaciones secundarias.

50 La planta de energía eólica, según la invención, presenta al menos una pala de rotor, cuyo ángulo de paso de pala se puede ajustar mediante un regulador de ángulo de paso de pala. La planta de energía eólica, según la invención, está equipada además con una unidad de generador y convertidor, en la que al menos una variable eléctrica se puede ajustar mediante un regulador de convertidor. La unidad de generador y convertidor no está configurada necesariamente como una unidad constructiva o estructural, sino que identifica sólo al generador y al convertidor
55 que interactúan entre sí para proporcionar la variable eléctrica deseada. La planta de energía eólica, según la invención, está equipada además con un grupo motor, en cuyo extremo delantero está dispuesto un rotor con la al menos una pala de rotor y que desemboca con su otro extremo en la unidad de generador y convertidor. Es decir, el grupo motor se extiende desde el rotor hasta el generador.

Según la invención, la planta de energía eólica está equipada con dos unidades de detección de velocidad de giro en el grupo motor. Una primera unidad de detección de velocidad de giro está prevista cerca del extremo delantero del grupo motor. La segunda unidad de detección de velocidad de giro está prevista en el grupo motor cerca de la unidad de generador y convertidor. En la planta de energía eólica, configurada según la invención, la velocidad de giro medida de la primera unidad de detección de velocidad de giro se aplica al regulador de ángulo de paso de pala y la velocidad de giro medida de la segunda unidad de detección de velocidad de giro se aplica al regulador de convertidor en ambos casos como variable de entrada para los reguladores. Los reguladores determinan el ángulo de paso o regulan el convertidor en dependencia de las variables de entrada medidas respectivamente de la velocidad de giro, así como de las demás variables de entrada necesarias para la regulación. En la configuración de la planta de energía eólica según la invención, la primera unidad de detección de velocidad de giro detecta la velocidad de giro en el grupo motor o en su árbol de rotor independientemente en gran parte de influencias y oscilaciones perturbadoras en el grupo motor, por lo que las señales detectadas de la velocidad de giro están presentes en gran medida sin perturbaciones. La segunda unidad de detección de velocidad de giro en el grupo motor cerca de la unidad de generador y convertidor detecta un valor para la velocidad de giro del generador, que indica la velocidad de giro en el generador y se puede utilizar para controlar el convertidor mediante el regulador de convertidor.

En una configuración preferida de la planta de energía eólica según la invención, la primera unidad de detección de velocidad de giro, preferentemente una unidad de detección de velocidad de giro de alta resolución, está dispuesta en el extremo delantero del grupo motor. Preferentemente, la primera unidad de detección de velocidad de giro detecta de manera óptica la velocidad de giro del árbol de rotor, utilizándose una resolución superior a 2000 impulsos por revolución. En esta configuración preferida, la primera unidad de detección de velocidad de giro es un dispositivo contador de impulsos óptico de alta resolución que se encuentra dispuesto en el extremo delantero del grupo motor. La utilización de tal dispositivo contador de impulsos óptico de alta resolución permite detectar de manera muy precisa la velocidad de giro del árbol de rotor en la zona del rotor.

La segunda unidad de detección de velocidad de giro está dispuesta preferentemente entre un árbol de salida de un engranaje y un árbol de entrada del generador o directamente en el generador. La velocidad de giro medida de la segunda unidad de detección de velocidad de giro para el regulador de convertidor se filtra convenientemente mediante un dispositivo de tratamiento de señal con el fin de eliminar, por ejemplo, señales perturbadoras de los valores medidos para la velocidad de giro del generador. Mediante el dispositivo de tratamiento de señal se atenúan preferentemente los valores de velocidad de giro medidos, pudiendo estar previsto también filtrar determinadas frecuencias de oscilaciones del grupo motor en los valores de velocidad de giro medidos.

En la planta de energía eólica está prevista preferentemente una unidad de supervisión de velocidad de giro adicional que compara los valores de velocidad de giro medidos entre sí y en caso de existir una diferencia en los valores de velocidad de giro medidos emite una señal de control que indica un error en el grupo motor. La unidad de supervisión de velocidad de giro ejecuta una prueba de plausibilidad de ambos valores de velocidad de giro medidos, teniendo en cuenta naturalmente la relación de transmisión del engranaje al compararse los valores de velocidad de giro. La unidad de supervisión de velocidad de giro permite detectar un error de engranaje o un defecto en el acoplamiento. En la unidad de supervisión de velocidad de giro se comparan entre sí los valores de velocidad de giro medidos teniendo en cuenta la relación de transmisión del engranaje.

En una configuración particularmente preferida, en el regulador de ángulo de paso de pala se aplica adicionalmente también la señal de salida de la segunda unidad de detección de velocidad de giro. Esta entrada de señal en el regulador de ángulo de paso de pala permite regular el ángulo de paso de pala de manera adicional o alternativa en dependencia de los valores de velocidad de giro medidos de la segunda unidad de detección de velocidad de giro.

En una variante de la invención, el regulador de ángulo de paso de pala recurre a valores medidos de la primera unidad de detección de velocidad de giro para regular el ángulo de paso de pala, si la velocidad de giro medida de la primera o la segunda unidad de detección de velocidad de giro ha superado un valor umbral predeterminado. En relación con los estados operativos de la planta de energía eólica, la conmutación dependiente de la velocidad de giro en el regulador de ángulo de paso de pala significa que a partir de una cierta velocidad de giro mínima del árbol de rotor, el ángulo de paso de pala se regula en dependencia de los valores de velocidad de giro medidos en la primera unidad de detección de velocidad de giro.

La planta de energía eólica, según la invención, se explica detalladamente a continuación por medio de dos figuras. Muestran:

Fig. 1 la construcción esquemática del grupo motor con dos unidades de detección de velocidad de giro; y

Fig. 2 un diagrama de flujo para conmutar entre los valores de velocidad de giro medidos.

5 La figura 1 muestra en una vista esquemática el grupo motor de una planta de energía eólica con un rotor 10 y dos palas de rotor 12. Un árbol de rotor 14 con un acoplamiento 16 y un engranaje 18 está unido al rotor 10. El engranaje presenta una relación de transmisión, con la que se incrementa la velocidad de giro del árbol de rotor. El árbol de salida 20 del engranaje 18 desemboca en un generador 22. El árbol 20 se identifica a continuación como árbol de generador 20 o como árbol rápido.

10 En el generador 22 está dispuesto un codificador incremental 24 que detecta la velocidad de giro del árbol de generador 20 o de un árbol en el generador 22. La salida del codificador incremental 24 se transmite mediante un dispositivo de tratamiento de señal 26 al regulador de convertidor principal 28 que regula el convertidor y, dado el caso, también el generador. Aquí se regula la potencia activa de la unidad de generador y convertidor que se va a
15 alimentar a la red.

En la figura 1 está representado asimismo el codificador incremental 30, dispuesto en el extremo delantero del árbol de rotor 14 en el rotor 10. En el caso del codificador incremental se trata de un codificador incremental de alta resolución que puede detectar ópticamente 14 bit por revolución, preferentemente incluso 16 bit por revolución. La
20 velocidad de giro medida del codificador incremental 30 se transmite a un regulador de pitch 36 mediante un convertidor de impulso 32 y un aparato de evaluación 34 como n_{rot} . El regulador de pitch 36 genera la señal correspondiente para ajustar el ángulo de paso de pala $\varphi(n_{rot}, \dots)$. Si no se debe utilizar un aparato de evaluación 34 para n_{rot} , la velocidad de giro de rotor n_{rot} se puede aplicar también directamente a la unidad de control 42 mediante el canal 35.

25 En la figura 1 está representado adicionalmente un sistema de supervisión de velocidad de giro 38, al que se aplican la velocidad de giro de rotor medida 30 y la velocidad de giro de generador medida 24. El sistema de supervisión de velocidad de giro 38 compara los dos valores de velocidad de giro teniendo en cuenta la relación de transmisión en el engranaje 18 y en caso de existir diferencias emite una señal de error a una unidad de control 42 a través de la
30 conexión 40. La unidad de control 42 puede activar una parada de la planta, por ejemplo, en respuesta a la señal de error que indica que no hay una relación correcta entre sí en los valores de velocidad de giro medidos.

Durante el funcionamiento de la planta de energía eólica, la unidad de control 42 cumple además otra función. La
35 unidad de control 42 comprueba si la velocidad de giro de rotor medida del codificador incremental 30 ya se debe aplicar al regulador 36. A tal efecto, la unidad de control 42 comprueba si la velocidad de giro de generador, detectada en el codificador incremental 24, está por debajo de un valor umbral predeterminado, como aparece representado en la figura 2. En la figura 2 está representado a modo de ejemplo un valor umbral de 700 U/min. En dependencia de la construcción y del tipo de planta de energía eólica se pueden utilizar también otros valores como
40 valor umbral para la velocidad de giro del generador. En una primera medición ha resultado ventajoso seleccionar el valor umbral para la velocidad de giro del generador de modo que la planta de energía eólica produzca aproximadamente dos tercios de su potencia nominal al alcanzar el valor umbral.

Si la velocidad de giro de generador n_{gen} es menor que el valor umbral predeterminado de 700 U/min, la velocidad de
45 giro de generador se aplica como variable de entrada $\varphi(n_{gen}, \dots)$ al regulador de pitch. Si la velocidad de giro de generador n_{gen} es mayor o igual que el valor predeterminado de 700 U/min, la regulación de pitch funciona en dependencia de la velocidad de giro de rotor medida $\varphi(n_{rot}, \dots)$. En la figura 2 está representada la dependencia respectiva de la regulación de pitch mediante el ángulo de pitch φ en dependencia de n_{gen} o n_{rot} . A este respecto se ha de tener en cuenta naturalmente la relación de transmisión actual del engranaje. La consulta correspondiente 44
50 se realiza en la unidad de control 42.

Durante el funcionamiento de la planta de energía eólica se lleva a cabo primeramente de manera conocida una
regulación de pitch, realizándose la regulación de pitch en dependencia de la velocidad de giro de generador que se
ha medido y filtrado correspondientemente. Si se supera una cierta velocidad de giro mínima en el árbol de
generador 20, el árbol de rotor 14 gira con la suficiente rapidez para determinar de manera fiable los valores de
55 velocidad de giro en el árbol de rotor con el codificador incremental 30. En este caso, la unidad de control 42 conmuta y se lleva a cabo una regulación de pitch en dependencia de la velocidad de giro, medida con el codificador incremental 30, del árbol de rotor que está libre en gran medida de oscilaciones en el grupo motor. Los codificadores incrementales 24 y 30 están configurados respectivamente como codificadores incrementales de alta resolución que permiten una detección precisa de la velocidad de giro.

60

REIVINDICACIONES

1. Planta de energía eólica con al menos una pala de rotor, cuyo ángulo de paso de pala se puede ajustar mediante un regulador de ángulo de paso de pala, y con una unidad de generador y convertidor, en la que al menos una variable eléctrica se puede ajustar mediante un regulador de convertidor, presentando la planta de energía eólica un grupo motor, en cuyo extremo delantero está dispuesto un rotor con la al menos una pala de rotor y que desemboca en la unidad de generador y convertidor,
- estando dispuesta una primera unidad de detección de velocidad de giro (30) cerca del extremo delantero del grupo motor y estando dispuesta una segunda unidad de detección de velocidad de giro (24) en el grupo motor cerca de la unidad de generador y convertidor (22), **caracterizada porque**
 - la velocidad de giro medida (n_{rot}) de la primera unidad de detección de velocidad de giro (30) se aplica al regulador de ángulo de paso de pala (36) y la velocidad de giro medida de la segunda unidad de detección de velocidad de giro (24) se aplica al regulador de convertidor (28) en ambos casos como variables de entrada para los reguladores.
2. Planta de energía eólica según la reivindicación 1, **caracterizada porque** la primera unidad de detección de velocidad de giro (30) está dispuesta en el extremo delantero del grupo motor.
3. Planta de energía eólica según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada porque** la primera unidad de detección de velocidad de giro (30) detecta ópticamente la velocidad de giro n_{rot} del árbol de rotor (14).
4. Planta de energía eólica según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** la primera unidad de detección de velocidad de giro presenta una resolución superior a 2000 impulsos por revolución.
5. Planta de energía eólica según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** la segunda unidad de detección de velocidad de giro (24) está dispuesta entre un árbol de salida de un engranaje (18) y un árbol de entrada del generador (22) o en el generador (22).
6. Planta de energía eólica según la reivindicación 5, **caracterizada porque** la velocidad de giro medida de la segunda unidad de detección de velocidad de giro (24) para el regulador de convertidor (28) está filtrada mediante un dispositivo de tratamiento de señal (26).
7. Planta de energía eólica según la reivindicación 6, **caracterizada porque** el dispositivo de tratamiento de señal (26) atenúa los valores de velocidad de giro medidos.
8. Planta de energía eólica según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada porque** está prevista adicionalmente una unidad de supervisión de velocidad de giro (38) que compara los valores de velocidad de giro medidos (n_{rot} , n_{gen}) entre sí y en caso de existir una diferencia en los valores de velocidad de giro medidos emite una señal de error (40) que indica un error en el grupo motor.
9. Planta de energía eólica según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada porque** en el regulador de ángulo de paso de pala se aplican adicionalmente las señales de salida de la segunda unidad de detección de velocidad de giro.
10. Planta de energía eólica según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada porque** el regulador de ángulo de paso de pala recurre a valores medidos de la primera unidad de detección de velocidad de giro para regular el ángulo de paso de pala, si la velocidad de giro medida de la primera o la segunda unidad de detección de velocidad de giro supera un valor umbral predeterminado.

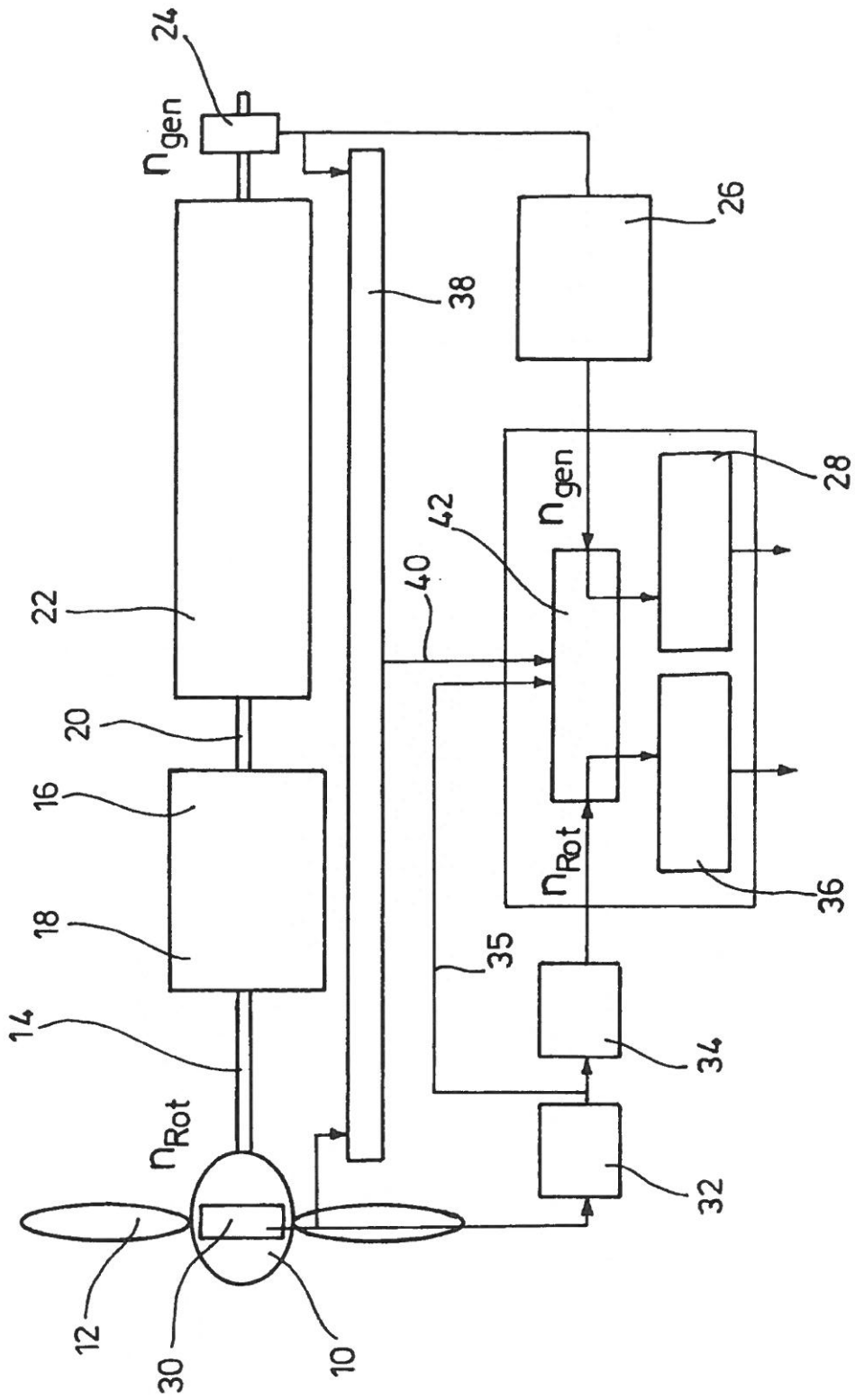


FIG.1

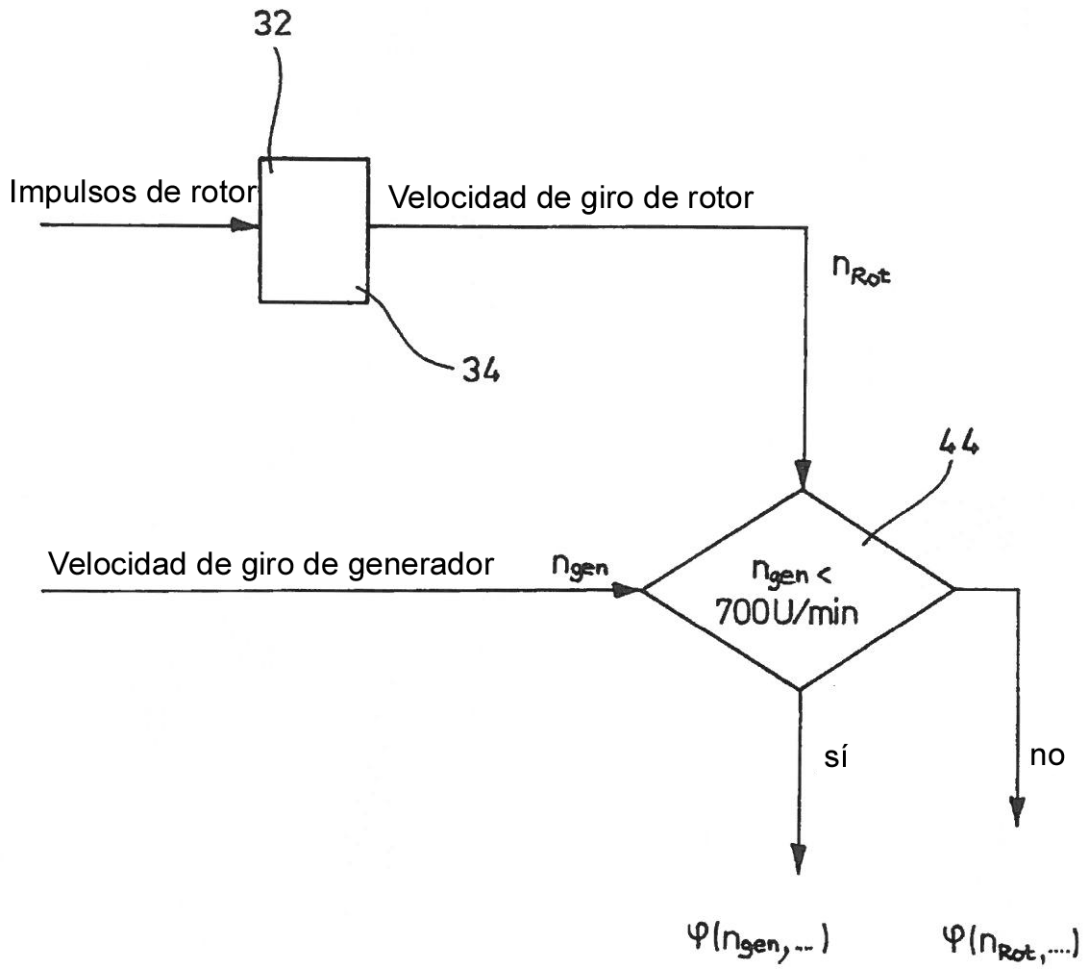


FIG.2