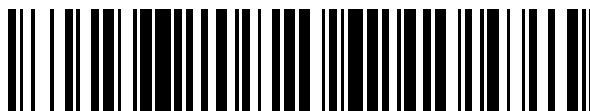


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 544 563**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

G01S 17/88 (2006.01)

G01S 17/95 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2006 E 06253948 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2015 EP 1770278**

54 Título: **Sistema y procedimiento de control de una turbina eólica en base a la velocidad del viento a barlovento**

30 Prioridad:

30.09.2005 US 239792

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

01.09.2015

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 RIVER ROAD
SCHENECTADY, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**AVAGLIANO, AARON JOHN;
BARBU, CORNELIU;
LYONS, JAMES PATRICK FRANCIS y
SURYANARAYANAN, SHASHIKANTH**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 544 563 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento de control de una turbina eólica en base a la velocidad del viento a barlovento

La invención se refiere, en general, a turbinas de viento y, en particular, a un sistema y procedimiento para controlar la producción de energía de un generador de turbina de viento durante una ráfaga de viento, en base a la información del viento a barlovento, mientras se reducen los momentos de proa a popa y de lado a lado en la torre.

Las turbinas de viento son consideradas fuentes alternativas de energía respetuosas con el medio ambiente y relativamente baratas. Un generador de turbina de viento incluye generalmente un rotor del viento que tiene una pluralidad de palas que transforman la energía del viento en movimiento de rotación de un eje de tracción, que a su vez se utiliza para accionar un rotor de un generador eléctrico para producir energía eléctrica. En los sistemas modernos de generación de energía eólica, la producción de energía de una pluralidad de generadores de turbinas de viento, que comprende una "granja eólica", se combina típicamente con la transmisión a la red.

El documento WO 98/42980, por ejemplo, divulga una turbina de viento con un sistema de medida de la velocidad del viento.

La producción de energía de un generador de una turbina de viento aumenta generalmente con la velocidad del viento hasta que se alcanza una producción de energía nominal. A partir de entonces, la producción de energía generalmente se mantiene constante en el valor nominal incluso con un aumento en la velocidad del viento. Esto se consigue generalmente mediante la regulación de la acción de inclinación de las palas en respuesta a un aumento de la velocidad del viento. Con el aumento en la velocidad del viento más allá de la producción de energía nominal, las palas están generalmente inclinadas hacia la pluma (es decir, se tuercen para estar más estrechamente alineadas con la dirección del viento), controlando así la velocidad angular del rotor. Como resultado, la velocidad del generador y, en consecuencia, la producción del generador se puede mantener relativamente constante con el aumento de las velocidades del viento.

En caso de ráfagas repentinas, la velocidad del viento puede aumentar drásticamente en un intervalo de tiempo relativamente pequeño. Mantener la producción de energía del generador de turbina de viento constante durante este tipo de ráfagas repentinas exige cambios relativamente rápidos del ángulo de paso de las palas. Sin embargo, hay típicamente un lapso de tiempo entre la aparición de una ráfaga y la inclinación real de las palas basado en la dinámica del actuador del control del paso y la inercia de los componentes mecánicos. Como resultado, la velocidad del generador y, por lo tanto la potencia, puede aumentar considerablemente durante tales ráfagas, y puede exceder el nivel de producción de energía máximo prescrito (también conocido como límite de sobrevelocidad) haciendo que el generador se desconecte y, en ciertos casos, se pare la turbina de viento. El límite de sobrevelocidad es generalmente una función protectora para el generador de turbina de viento particular y se basa en consideraciones de fatiga de los componentes mecánicos, tales como la torre, el tren de tracción, etc. Además, las ráfagas repentinas pueden también aumentar significativamente los momentos de flexión de proa a popa y de lado a lado en la torre debido al aumento en el efecto de cizalla del viento.

Por consiguiente, existe una necesidad de un mecanismo mejorado para controlar la inclinación de las palas de una turbina de viento manteniendo la producción de energía del generador durante ráfagas fuertes, a pesar de que se reducen los momentos de proa-popa y de lado a lado en la torre.

En resumen, de acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento como el definido en la reivindicación 1 adjunta.

En otro aspecto, la presente invención proporciona un generador de turbina de viento como el definido en la reivindicación 6.

Varias características, aspectos y ventajas de la presente invención llegarán a entenderse mejor cuando se lea la siguiente descripción detallada con referencia a los dibujos adjuntos en los que caracteres similares representan partes similares a través de los dibujos, en donde:

La Fig. 1 ilustra un generador de turbina de viento de acuerdo con aspectos de la presente técnica;

La Fig. 2 ilustra los elementos funcionales del generador de turbina de viento de acuerdo con aspectos de la presente técnica;

La Fig. 3 es un diagrama esquemático que ilustra una estrategia de control para llevar a cabo controlar paso de pala colectivo de acuerdo con aspectos de la presente técnica;

La Fig. 4 es una representación gráfica de la variación con el tiempo de la velocidad del viento a la altura del buje durante la aparición de una ráfaga;

La Fig. 5 es una representación gráfica de la variación con el tiempo de la velocidad del generador durante la aparición de una ráfaga, de acuerdo con aspectos de la presente técnica;

La Fig. 6 es una representación gráfica de la variación con el tiempo de la producción de energía eléctrica del generador durante la aparición de una ráfaga, de acuerdo con aspectos de la presente técnica;

La Fig. 7 es una representación gráfica de la variación con el tiempo del momento de lado a lado en la torre durante la aparición de una ráfaga, de acuerdo con aspectos de la presente técnica; y

- 5 La Fig. 8 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de procedimiento para controlar el paso de pala colectivo de acuerdo con aspectos de la presente técnica.

La siguiente descripción presenta una novedosa técnica para controlar la producción de energía de un generador de turbina de viento durante los cambios repentinos en la velocidad del viento, tal como durante una ráfaga manteniendo la velocidad del generador dentro del límite de sobrevelocidad (o umbral de protección) durante tales ráfagas, evitando así la desconexión o parada del generador de turbina de viento durante las ráfagas de viento. Las realizaciones de la presente técnica proporcionan una metodología de detección orientada al control para obtener información de la velocidad del viento utilizando sensores de medición del viento a barlovento y un conjunto de algoritmos de control que procesan la información de la velocidad del viento a barlovento para generar una orden de mando de paso de palas colectivo para inclinar hacia delante las palas de la turbina de viento en el momento en que tiene lugar una ráfaga de viento, dando como resultado de ese modo un aumento en la captura de energía eólica y cargas dinámicas reducidas sobre la estructura de turbina de viento. Las realizaciones de la presente técnica se describen en detalle a continuación haciendo referencia en general a las Fig. 1-7.

Volviendo ahora a los dibujos, la Fig. 1 ilustra un generador 10 de turbina de viento de acuerdo con aspectos de la presente técnica. El generador 10 de turbina de viento comprende un rotor 12 que tiene una pluralidad de palas 14, 16 y 18 de la turbina de viento montada en un buje 20. El generador 10 de turbina de viento comprende también una góndola 22 que está montada en la parte superior de una torre 24. El rotor 12 está acoplado con accionamiento a un generador eléctrico a través del tren de tracción (no mostrado) alojado dentro de la góndola 22. La torre 24 expone las palas 14, 16, 18 al viento (representado direccionalmente por la flecha 26), que hace que las palas 14, 16, 18 giren alrededor de un eje 28. Las palas 14, 16 y 18 transforman la energía cinética del viento en un par de giro, que se transforma adicionalmente en energía eléctrica a través de un generador eléctrico.

La Fig. 2 es un diagrama de bloques de los elementos funcionales del generador 10 de la turbina de viento de acuerdo con aspectos de la presente técnica. Como se ilustra, las palas del generador 10 de la turbina de viento accionan un generador 32 eléctrico. El generador 10 de la turbina de viento comprende además un controlador 30 configurado para controlar la producción de energía eléctrica del generador 32 en base a la velocidad del viento detectada. La producción de energía del generador 32 eléctrico se puede controlar mediante el control del paso de las palas mediante los motores 34 del paso de las palas. Controlando el par del entrehierro del generador 32 a través de uno o más transformadores 36 de energía también se puede controlar simultáneamente la producción de energía del generador.

Para bajas velocidades del viento, un aumento en la velocidad del viento provoca un aumento en la velocidad de rotación de las palas 14, 16, 18 y, como consecuencia, en la producción de energía eléctrica del generador 32. En ciertas realizaciones, se permite que la producción de energía eléctrica aumente con la velocidad del viento hasta que se alcanza un nivel nominal de producción de energía. Con un aumento adicional en la velocidad del viento, la producción de energía del generador 32 se mantiene sustancialmente constante. Esto se logra inclinando una o más de las palas 14, 16, 18 hacia la pluma. En este debate, la inclinación se refiere a la torsión de la pala de la turbina de viento para cambiar el ángulo de ataque del viento sobre la pala. La inclinación hacia la pluma implica la torsión de la pala de manera que la superficie de la pala se alinee en dirección a la velocidad 26 del viento (es decir, reduciendo el ángulo de ataque). La inclinación de una pala hacia la pluma conduce a una disminución de la captura de energía del viento por la pala. En consecuencia, con el aumento de la velocidad del viento, las palas se inclinan progresivamente hacia la pluma, manteniendo una velocidad del generador sustancialmente constante y, como consecuencia, una producción estable de energía del generador.

Como se mencionó anteriormente, en el caso de ráfagas repentinas, la velocidad del viento puede aumentar en un intervalo de tiempo relativamente pequeño. De acuerdo con aspectos de la presente técnica, con el fin de compensar el desfase de los motores 34 del paso de pala y mantener una producción de energía constante del generador 10 de turbina de viento durante tales ráfagas repentinas, o al menos un cambio relativamente uniforme o controlado de la producción, las palas son inclinadas preventivamente antes de que la ráfaga golpee la turbina, evitando de ese modo que el generador 32 alcance su límite de sobrevelocidad después de aparecer una ráfaga. Para llevar a cabo esta inclinación preventiva, la velocidad del viento se detecta a barlovento de las palas 14, 16 y 18 a través de sensores 38 de medida de la velocidad del viento a barlovento. En la realización ilustrada, los sensores 38 incluyen un dispositivo de detección y variación de la luz, también denominado LIDAR. Volviendo a la Fig. 1, el LIDAR 38 es un radar de medida que está configurado para escanear una zona anular alrededor del generador 10 de turbina de viento y medir la velocidad del viento basado en la reflexión y/o dispersión de la luz transmitida mediante el LIDAR del aerosol. El ángulo (θ) del cono y el intervalo (R) del LIDAR 38 se pueden seleccionar adecuadamente para proporcionar una exactitud de medida deseada así como una sensibilidad aceptable. En la realización ilustrada, el LIDAR 38 se sitúa en el buje 20 después de lo cual se montan las palas 14, 16 y 18. En ciertas realizaciones alternativas, el LIDAR 38 también puede ser situado alrededor de la base de la

torre 24 de la turbina de viento.

De acuerdo con aspectos de la presente técnica, el LIDAR 38 está configurado para medir la velocidad del viento por delante de al menos una parte específica, típicamente las secciones más significativas de las palas 14, 16 y 18, en términos de contribuciones de las secciones al par aerodinámico en las palas. Estas secciones pueden incluir, por ejemplo, secciones cerca de la punta de la pala. Los puntos por delante de las palas 14, 16 y 18 en los que se mide la velocidad del viento mediante el LIDAR 38 están representados por un plano 40.

Como se ilustra en la Fig. 2, la velocidad del viento a barlovento detectada por el LIDAR 38 es utilizada por el controlador 30 para determinar una orden de mando de paso colectivo (C_P), que se aplica en un cambio real en el paso de las palas por los motores 34 de paso de pala. El mecanismo de control aplicado por el controlador 30 se describe con mayor detalle a continuación.

La Fig. 3 es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de un mecanismo 42 de control para aplicar el control de paso de pala colectivo de acuerdo con aspectos de la presente técnica. El mecanismo 42 de control incorpora un sistema 44 de control de retroalimentación y un sistema 46 de control anticipado. El sistema 44 de control de retroalimentación está configurado para determinar un error (e) entre una velocidad (ω_{REF}) de referencia (deseada) del generador y la velocidad (ω) real del generador en el punto 47 sumatorio. El error (e) se somete entonces a una ganancia C en el bloque 50 para generar una salida 48 indicativa de un cambio requerido en el ángulo de paso de pala para reducir el error (e) entre ω y ω_{REF} . En el bloque 52, los efectos de cambiar el paso de pala en la dinámica de la torre 24 y del generador 32 son separados para determinar la velocidad (ω) real 60 del generador y la carga (T_L) 62 de la torre a través de las ganancias G_ω y G_t , respectivamente. La ganancia G_ω se basa en la dinámica del generador 32, mientras que la ganancia G_t es indicativa de una función de transferencia de la torre 24. Como se comprenderá, la salida 48 del sistema 44 de control de la retroalimentación está configurada para causar una disminución en el ángulo de paso de pala cuando la velocidad (ω) del generador es superior a la velocidad (ω_{REF}) de referencia, y un aumento en el ángulo de paso de las palas cuando la velocidad (ω) del generador es menor que la velocidad (ω_{REF}) de referencia. Por ello, bajo un funcionamiento normal del generador 10 de la turbina de viento, la salida 48 actúa sobre los motores 34 de paso de pala de tal manera que la velocidad del generador se mantiene a un nivel de referencia constante, y el error (e) se aproxima a cero.

El sistema 46 anticipado utiliza la información de la velocidad del viento a barlovento (V_W) del LIDAR 38 y genera una salida 54 que está configurada para hacer que las palas se inclinen en previsión a un cambio repentino en la velocidad del viento. El sistema 46 anticipado incorpora una ganancia F en los datos de velocidad del viento (V_W) en el bloque 56 para producir la salida 54. La salida 54 del sistema de control anticipado se suma en la unión 58 con la salida 48 del sistema 44 de control de la retroalimentación para producir una orden de mando (C_P) de paso de pala colectivo. En una realización, esta ganancia F es directamente proporcional a la expresión $G_d G_t^{-1}$, en la que G_d se basa en la influencia de la velocidad del viento en la dinámica de la torre. Así, durante una ráfaga, se detecta el cambio repentino en la velocidad del viento a barlovento de las palas, provocando un aumento en la salida 54 del sistema 46 anticipado y, como consecuencia, un aumento en la orden de mando (C_P) de paso colectivo. Esto hace que, a su vez, los motores 34 de paso de pala inclinen las palas antes de que la ráfaga alcance realmente el generador 10 de turbina de viento. Así, la técnica se asegura de que la producción de energía del generador se reduzca gradualmente y que la velocidad del generador no supere el límite de sobrevelocidad que podría dar lugar a su desconexión. En ciertas realizaciones, la ganancia F puede ser además proporcional a la velocidad del viento detectada, de manera que cuanto más fuerte es la ráfaga, más rápida es la respuesta del sistema 46 anticipado para aumentar la orden de mando (C_P) de paso de pala colectivo.

La Fig. 4 es una representación gráfica que ilustra un ejemplo de la variación de la velocidad del viento (representado a lo largo de un eje Y) con respecto al tiempo (representado a lo largo de un eje X) durante una ráfaga. Como se ilustra, en el tiempo T_1 la velocidad del viento aumenta fuertemente hasta que alcanza un valor máximo en el tiempo T_2 , después de lo cual la velocidad del viento cae rápidamente. La Fig. 5 representa un ejemplo de la variación de la velocidad del generador durante una ráfaga de este tipo. El trazo 64 representa la variación de la velocidad del generador sin inclinación preventiva de las palas mientras el trazo 66 representa la variación correspondiente con inclinación preventiva de las palas utilizando la presente técnica de medida de la velocidad del viento a barlovento. Como puede verse, sin inclinación preventiva, la velocidad del generador comienza a aumentar después de producirse la ráfaga, y supera su límite de sobrevelocidad ($S_{m\acute{a}x}$) en aproximadamente el tiempo T_2 , cuando la velocidad del viento alcanza un valor máximo, haciendo que se desconecte. Después, el eje del generador continúa girando debido a la inercia y la velocidad del generador cae rápidamente a cero. Sin embargo, con la inclinación preventiva, se evita una situación así. Como se ilustra, las palas se inclinan antes de que la ráfaga alcance realmente el generador de turbina de viento, de manera que la velocidad aumenta gradualmente durante la ráfaga y se mantiene constante en el valor nominal después de que haya pasado la ráfaga.

La Fig. 6 ilustra una variación ejemplar de producción de energía eléctrica durante una ráfaga. Aquí, el trazo 70 representa la variación en caso de un mecanismo de inclinación convencional mientras el trazo 72 representa la variación causada por la utilización de los aspectos de la presente técnica. Como se ilustra, en el caso de una inclinación convencional, la salida del generador cae a cero tan pronto como la velocidad del generador supera el límite de sobrevelocidad. Sin embargo, usando la presente técnica, la producción de energía del generador aguanta a través de la ráfaga y se restablece a un valor nominal constante a partir de entonces.

El cambio en la velocidad del viento causa además un aumento de las oscilaciones de proa a popa y de lado a lado en la torre a causa del aumento del efecto de cizalla del viento. Esto es porque, en cualquier instante dado, palas diferentes están a alturas diferentes y, por lo tanto, están sometidas a velocidades del viento variables (ya que la velocidad del viento varía con la altura), dando lugar a oscilaciones periódicas de la torre en una dirección proa-popa (indicada por la flecha 1 en la Fig. 1) así como en una dirección lado a lado (indicada por la flecha 2 en la Fig. 1). La presente técnica conduce a la reducción de las oscilaciones de proa a popa y de lado a lado en la torre por la inclinación de las palas hacia la pluma antes de una ráfaga inminente, llevando a momentos de flexión reducidos sobre las palas 14, 16 y 18 y, por lo tanto, en la torre 24. La carga en la torre debido a un aumento en la velocidad del viento se puede determinar en el bloque 68 a través de nuevo de G_d basada en la influencia de la velocidad del viento en las dinámicas de la torre, que es sumada para obtener la carga (T_L) total de la torre. Un ejemplo de la variación de las cargas en la torre durante la aparición de una ráfaga se ilustra en la Fig. 7, en donde el trazo 74 representa la variación de la carga en la torre sin inclinación preventiva y el trazo 76 representa la variación con la presente técnica de inclinación utilizando la información de la velocidad del viento a barlovento.

La Fig. 8 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento 78 ejemplar para controlar la producción de energía de un generador de turbina de viento de acuerdo con aspectos de la presente técnica. El procedimiento 78 comienza detectando la velocidad del viento a barlovento (bloque 80). Como se mencionó anteriormente, el bloque 80 puede incorporar el uso de un LIDAR para detectar la velocidad del viento por delante de las secciones más significativas de las palas en términos de par aerodinámico para determinar los cambios repentinos en la velocidad del viento. En el bloque 82, una orden de mando de paso de pala se genera basada en una diferencia entre la velocidad real del generador y una velocidad de referencia del generador. El bloque 82 puede incorporar un sistema de control de retroalimentación como se ilustra en la Fig. 3 anteriormente. En el bloque 84 se genera una señal anticipada basada en la dinámica de la torre y el cambio en la velocidad del viento a barlovento. La señal del paso de pala y la señal anticipada se suman para determinar una orden de mando de paso de pala colectivo (bloque 86). A continuación, en el bloque 88, los motores de paso de pala son accionados en respuesta a la orden de mando de paso de pala colectivo, para efectuar la inclinación de las palas en previsión de un cambio repentino en la velocidad del viento.

Así, las técnicas descritas anteriormente facilitan el uso óptimo de información de velocidad del viento a barlovento para controlar las fluctuaciones de la producción de energía del generador de turbina de viento durante los cambios repentinos de la velocidad del viento, al tiempo que reduce las cargas dinámicas sobre la estructura de la torre. Como se comprenderá también, las técnicas anteriormente descritas pueden tomar la forma de procesos llevados a cabo mediante ordenador o controlador y los aparatos para poner en práctica estos procesos. Los aspectos de la presente técnica también pueden realizarse en forma de código de programa informático que contiene instrucciones realizadas en medios tangibles, tales como discos flexibles, CD-ROM, discos duros, o cualquier otro medio de almacenamiento legible por ordenador, en el que, cuando el código del programa informático es cargado en y ejecutado por un ordenador o controlador, el ordenador se convierte en un aparato para la práctica de la invención. Las técnicas descritas pueden ser realizadas además en la forma de código o señal para un programa informático, por ejemplo, si se almacena en un medio de almacenamiento, cargado en y/o ejecutado por un ordenador o controlador, o transmitido a través de algún medio de transmisión, tal como a través de un alambre o cable eléctrico, a través de fibra óptica, o por medio de radiación electromagnética, en donde, cuando el código del programa informático es cargado en y ejecutado por un ordenador, el ordenador se convierte en un aparato para la práctica de la invención. Cuando se lleva a cabo en un microprocesador de uso general, los segmentos de código de programa informático configuran el microprocesador para producir circuitos lógicos específicos.

Aunque en el presente documento sólo se han ilustrado y descrito ciertas características de la invención, a los expertos en la técnica se les ocurrirán muchas modificaciones y cambios. Debe entenderse, por lo tanto, que las reivindicaciones adjuntas están destinadas a cubrir todas esas modificaciones y cambios que caigan dentro del alcance de la misma.

LISTADO DE COMPONENTES

	10	Generador de turbina de viento
	12	Rotor
	14, 16, 18	Palas
5	20	Buje
	22	Góndola
	24	Torre
	26	Dirección del viento
	28	Eje de rotación
10	30	Controlador
	32	Generador
	34	Motores de inclinación de la pala
	36	Transformador de energía
	38	LIDAR
15	40	Plano de medida de la velocidad del viento
	42	Mecanismo de control
	44	Sistema de control de retroalimentación
	46	Sistema de control anticipado
	47	Nudo sumatorio
20	48	Salida del sistema de retroalimentación
	50	Bloque de ganancia del sistema de retroalimentación
	52	Bloque de ganancia
	54	Salida del sistema anticipado
	56	Bloque de ganancia del sistema anticipado
25	58	Nudo sumatorio
	60	W
	62	T_L
	64	Variación convencional de la velocidad del generador con el tiempo durante una ráfaga
	66	Variación de la velocidad del generador con el tiempo durante una ráfaga en el presente sistema
30	68	Bloque de ganancia
	70	Variación convencional de la energía del generador con el tiempo durante una ráfaga
	72	Variación de la velocidad del generador con el tiempo durante una ráfaga en el presente sistema
	74	Variación convencional de la carga de la torre con el tiempo durante una ráfaga
	76	Variación de la carga de la torre con el tiempo durante una ráfaga en el presente sistema
35	78	Procedimiento de control de la producción de energía de un generador de turbina de viento
	80-88	Etapas del procedimiento 78

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de control de la producción de energía de un generador (10) de turbina eólica en respuesta a un cambio anticipado en la velocidad del viento, que comprende:
 - 5 detectar la velocidad del viento a una distancia deseada del generador (10) de turbina eólica en una dirección del viento;
 - determinar una señal de mando del paso de pala en base a una diferencia entre una velocidad de referencia del generador y la velocidad real del generador;
 - determinar una señal anticipada en base a la dinámica de la torre de la turbina eólica, en respuesta al cambio en la velocidad detectada del viento a barlovento, y acoplar la señal anticipada a la señal de mando del paso de pala para
10 obtener una señal de mando del paso de pala colectiva; y
 - controlar el paso de una pala (14, 16 y 18) del generador (10) de turbina eólica en base a la velocidad transitoria del viento detectada antes de un cambio en la velocidad del viento en el generador (10) de turbina eólica.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que detectar la velocidad del viento comprende detectar la velocidad del viento a barlovento a través de un dispositivo (38) de detección y variación de la luz (LIDAR).
- 15 3. El procedimiento de la reivindicación 1 o de la reivindicación 2, en el que detectar la velocidad del viento comprende detectar la velocidad del viento a barlovento por delante de al menos una parte específica de la pala (14, 16 y 18) en base a la contribución de esa sección al par aerodinámico en la pala.
4. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la señal anticipada se determina a través de una ganancia en base a la dinámica de la torre y a la dinámica del generador.
- 20 5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que la señal anticipada se basa además en la velocidad del viento detectada.
6. Un generador (10) de turbina eólica, que comprende:
 - una pluralidad de palas (14, 16, 18) montadas en un rotor (12) acoplado con tracción a un generador eléctrico;
 - un sensor (38) de velocidad del viento a barlovento configurado para detectar la velocidad del viento a una distancia
25 deseada del generador (10) de turbina eólica en una dirección del viento;
 - un sistema (46) de control anticipado configurado para determinar una señal anticipada en base a la dinámica de la torre de la turbina eólica, en respuesta al cambio en la velocidad del viento a barlovento detectada, y acoplar la señal anticipada a una señal de mando de paso de pala para obtener una señal de mando de paso de pala colectiva; y
 - un sistema (42) de control de paso configurado para controlar el paso de una pala del generador (10) de turbina
30 eólica en base a la velocidad transitoria del viento detectada antes de un cambio en la velocidad del viento en el generador (10) de turbina eólica, en el que el sistema (42) de control de paso está configurado para controlar el paso de la pala (14, 16, 18) en base a una diferencia entre la velocidad de referencia del generador y la velocidad real del generador.

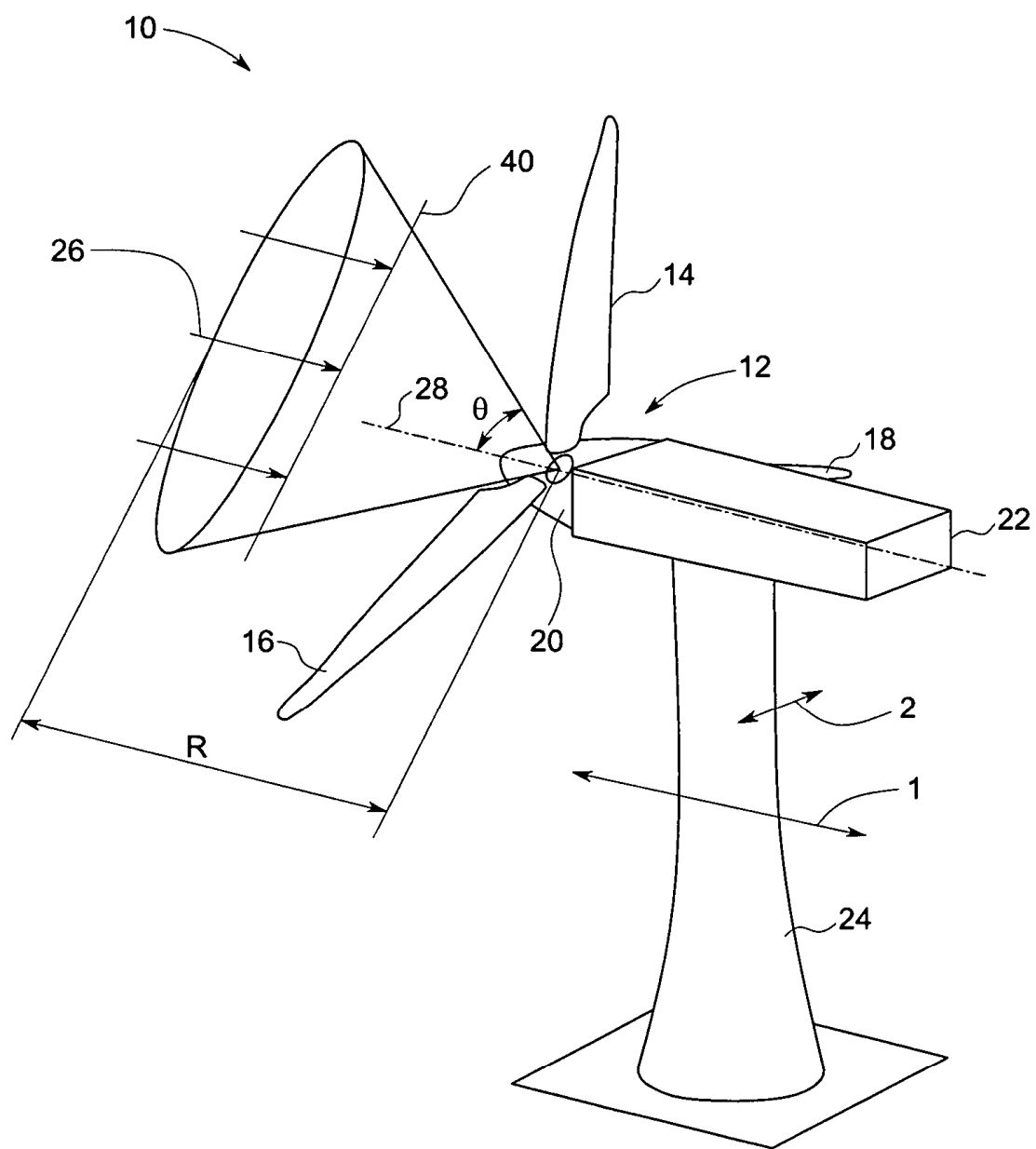


FIG. 1

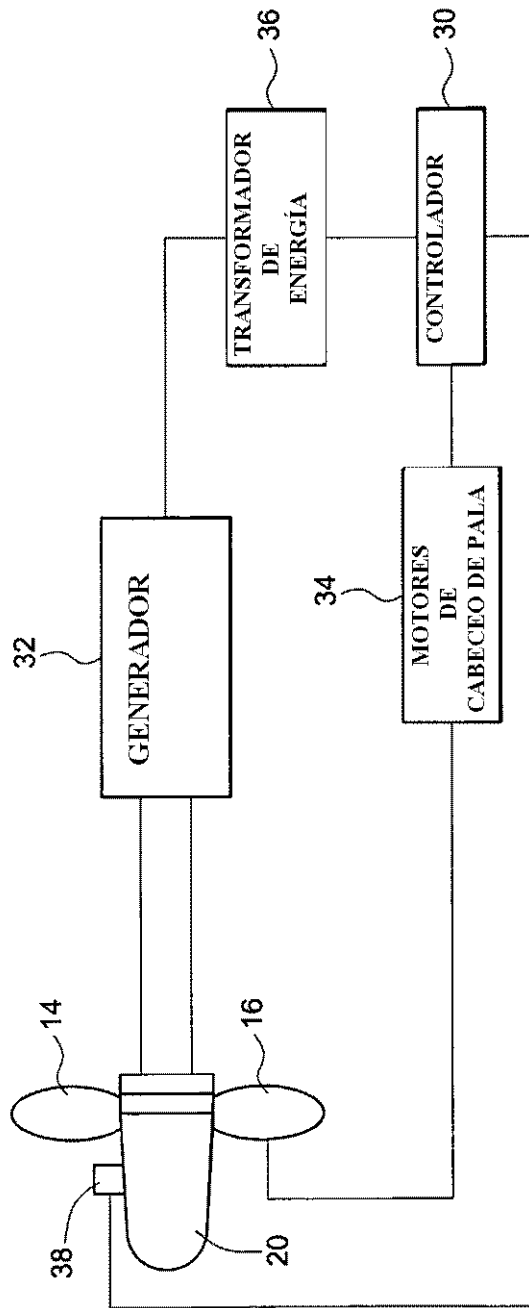
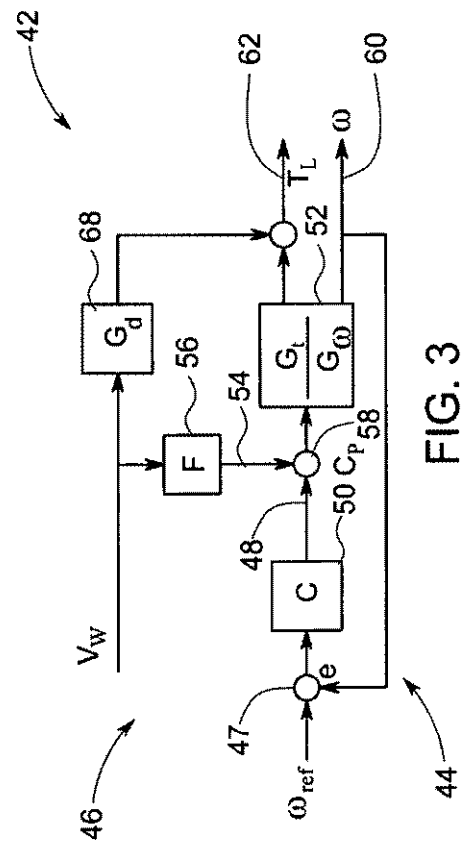


FIG. 2



3
G
F

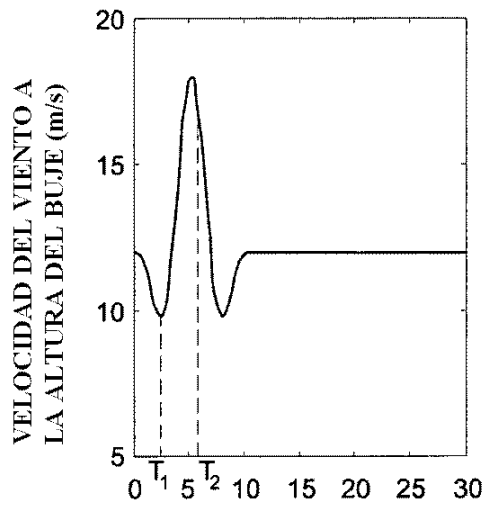


FIG. 4

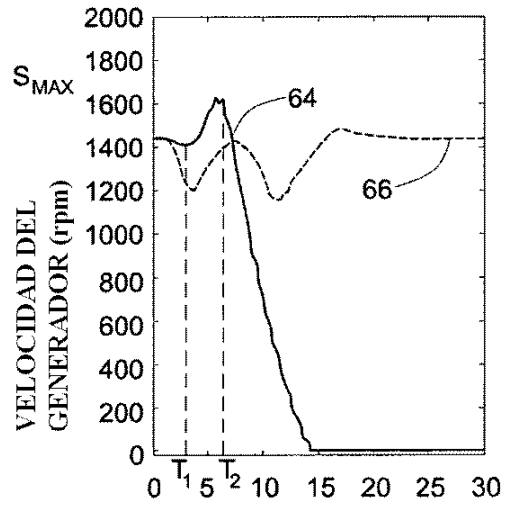


FIG. 5

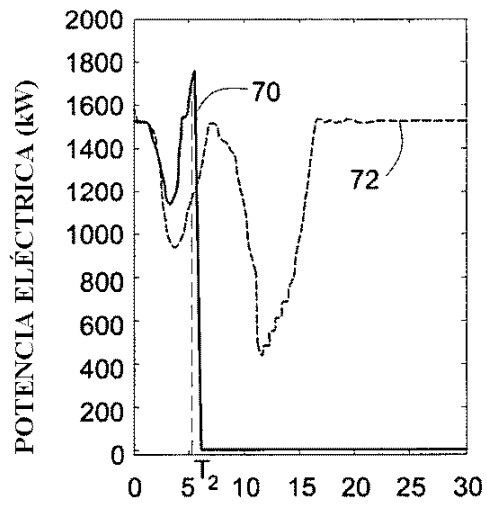


FIG. 6

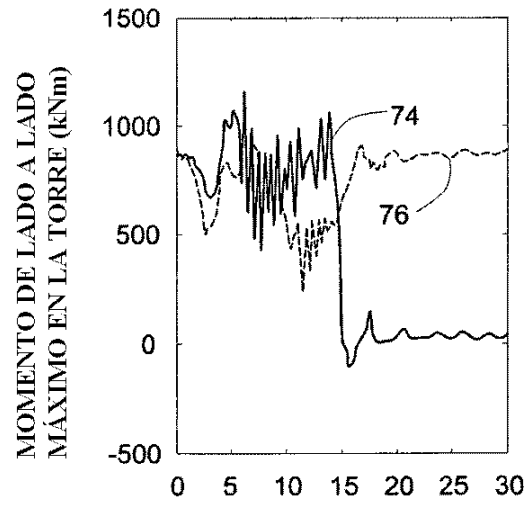


FIG. 7

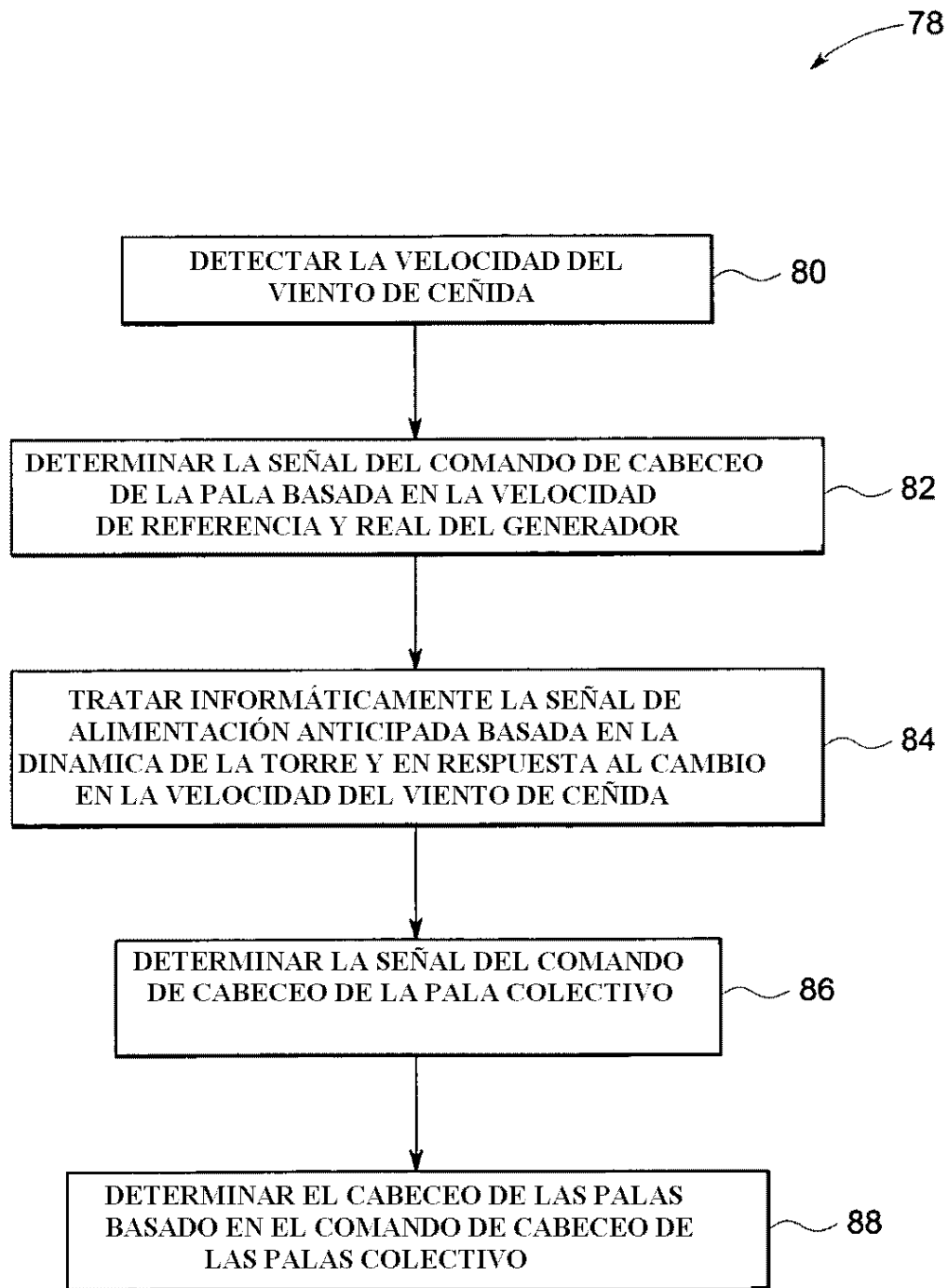


FIG. 8