

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 742 223**

51 Int. Cl.:

G01L 5/26	(2006.01)	F03D 17/00	(2006.01)
F03D 7/00	(2006.01)		
F16H 59/14	(2006.01)		
G01B 21/32	(2006.01)		
G01P 3/36	(2006.01)		
G01M 13/02	(2009.01)		
G01B 5/30	(2006.01)		
G01B 7/16	(2006.01)		
G01L 1/04	(2006.01)		
G01L 3/10	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.06.2016 PCT/DK2016/050199**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.01.2017 WO17000949**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.06.2016 E 16731794 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 3317628**

54 Título: **Método y dispositivo para determinar deformación de torsión en un tren de accionamiento**

30 Prioridad:

30.06.2015 DK 201570419

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

13.02.2020

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N , DK**

72 Inventor/es:

**OLESEN, IB SVEND;
HILTON, DAN;
NIELSEN, JOHNNY y
GREGERSEN, KRISTIAN KIIB**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 742 223 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

Método y dispositivo para determinar deformación de torsión en un tren de accionamiento

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un método y un dispositivo para determinar la deformación de torsión en un tren de accionamiento de la clase que incluye un primer árbol y un segundo árbol. El primer árbol y el segundo árbol están conectados por una caja de engranajes que proporciona razón fija entre la velocidad de rotación del primer árbol, en el presente documento la primera velocidad de rotación, y la velocidad de rotación de segundo árbol, en el presente documento la segunda velocidad de rotación. Particularmente, la invención se refiere a la deformación en trenes de accionamiento de turbinas eólicas.

15 Antecedentes

Se conoce una transmisión con protección de sobrecarga, por ejemplo, en forma de sistemas de medición de par motor que tiene un transductor de par motor que incluye un vástago de medición con una galga extensiométrica.

En ocasiones, las mediciones de galga extensiométrica implican el uso de un conjunto de anillos colectores para fijar una parte de transmisión a un árbol de rotación. El uso de anillos colectores para la transmisión de valores medidos está asociado con unos costes altos. Además, los anillos colectores están sometidos a desgaste.

Se conocen otras clases de transductores mecánicos para medición de par motor en componentes de transmisión, por ejemplo, aparatos de medición que miden la torsión del árbol de accionamiento basándose en un ángulo de rotación o ángulo de torsión pequeño.

Generalmente, muchos sensores de montaje diferentes están disponibles para medir par motor en el árbol principal de un tren de accionamiento. Normalmente, los sensores conocidos son complejos, frágiles y caros. El documento de patente US 2014/375055 A1 da a conocer un método para amortiguar vibraciones de torsión en una planta de generación de energía que incluye un tren de accionamiento, un rotor acoplado a un extremo de lado de rotor del tren de accionamiento, y un generador accionado por medio del tren de accionamiento y acoplado a un extremo de lado de generador del tren de accionamiento incluye la determinación de una diferencia angular entre un primer punto y un segundo punto en el tren de accionamiento a lo largo del tiempo.

Otro ejemplo se da mediante el documento US2009/0193894.

Sumario

Es un objeto de la invención proporcionar una solución sencilla y rentable para determinar un par motor, y proporcionar una solución que utilice principalmente el equipo que a menudo se monta ya en conexión con un tren de accionamiento en una turbina eólica o en trenes de accionamiento para otros propósitos.

Según un primer aspecto, la invención proporciona un método para determinar la deformación de torsión en un tren de accionamiento de una turbina eólica según la reivindicación 1.

La razón entre el primer árbol y el segundo árbol se fija generalmente por los dientes de enganche en la caja de engranajes. Esto se denomina normalmente razón de caja de engranajes.

El primer árbol puede ser, por ejemplo, un árbol de alta velocidad, y el segundo árbol puede ser un árbol de baja velocidad en lados opuestos de la caja de engranajes.

Por tanto, cualquier variación en la razón solo puede ser el resultado de la deformación dentro del tren de accionamiento, por ejemplo, dentro de la caja de engranajes. Tal deformación del tren de accionamiento es proporcional con respecto al par motor.

La solución según la invención solo requiere señales de sensor para la detección de velocidad. A menudo, tales señales ya existen y la invención, por tanto, proporciona una solución sencilla y fiable que puede implementarse, normalmente, de manera rentable.

El método comprende la etapa de generar una tercera señal basándose en las señales primera y segunda, y comparar la tercera señal con una señal de referencia.

Particularmente, la tercera señal puede constituir una mezcla de las señales primera y segunda.

Generalmente, cada una de las señales primera, segunda y tercera pueden representar una frecuencia, es decir una frecuencia relacionada con el primer árbol, una frecuencia relacionada con el segundo árbol y una frecuencia

relacionada con la tercera señal combinada.

Los términos árboles primero y segundo pueden entenderse ampliamente para distinguir simplemente un punto en el tren de accionamiento desde otro punto en el tren de accionamiento.

5 La tercera señal puede obtenerse mediante ex-or en las señales primera y segunda o mediante métodos similares de combinación de señal.

10 La tercera señal representará una frecuencia que es esencialmente constante con respecto la frecuencia de primer árbol y segundo árbol siempre y cuando sea fija la relación entre la velocidad de rotación del primer árbol y el segundo árbol.

15 Si la segunda velocidad de rotación de árbol parece estar aumentando (o disminuyendo) con respecto a la primera velocidad de rotación de árbol, esto solo puede ser el resultado de la deformación del tren de accionamiento, que debe ser el resultado de un cambio del par motor.

20 Si la relación entre velocidad de rotación de primer árbol y segundo árbol cambia, la frecuencia mixta cambiará, aunque solo durante un momento corto. Por tanto, los cambios en la frecuencia mixta indicarán cambios en el par motor en el tren de accionamiento.

Por consiguiente, el método puede comprender la etapa de detectar un cambio en una frecuencia que se representa por la tercera señal.

25 El cambio en la frecuencia solo existe al tiempo que está cambiando el par motor. Una vez que el par motor es constante la frecuencia es fija de nuevo, pero no la fase de la señal mixta (la fase se ha movido). Este cambio de fase indica la cantidad de par motor, al tiempo que la frecuencia de cambio indica el cambio del par motor.

Por consiguiente, el método puede comprender la etapa de detectar un desplazamiento de fase en la tercera señal.

30 El método comprende además la etapa de comparar la tercera señal con una señal de referencia, y la señal de referencia se basa en al menos una de las señales primera y segunda. Cuando la frecuencia representada en la tercera señal se evalúa con respecto a o bien el primer árbol frecuencia o bien el segundo árbol frecuencia, cualquier cambio general en la velocidad de la velocidad de tren de accionamiento no afectará a la evaluación, y la evaluación puede pasar a ser más exacta.

35 Una ventaja adicional de comparar la tercera señal con una de las señales primera y segunda es que en lugar de medir directamente en muchos pulsos cortos que pueden variar en anchura y duración, la medición se basa en una curva sinusoidal filtrada, que sigue dando información precisa y fiable de las fuerzas en el tren de accionamiento, por ejemplo, en el interior de la caja de engranajes.

40 La relación puede ser, por ejemplo, 123,4567 pulsos de primera señal por cada periodo completo (ciclo) de la tercera señal. De ese modo, puede medirse si el tercer periodo de señal se prolongó un número diferente de ciclos.

45 La comparación de la tercera señal con un valor de referencia puede llevarse a cabo de manera continuada, y al menos una de las señales primera y segunda puede determinarse como un promedio de una pluralidad de mediciones.

50 Al menos una de las señales primera, segunda y tercera puede filtrarse, además, por ejemplo, mediante el uso de un filtro de paso bajo o un filtro de paso de banda.

55 En una realización, el método comprende una primera etapa de determinar, en un primer momento en el tiempo, una primera razón de la primera velocidad de rotación de árbol con la segunda velocidad de rotación de árbol. El método puede comprender además una segunda etapa de determinar, en un segundo punto en el tiempo, una segunda razón de la primera velocidad de rotación con la segunda velocidad de rotación. En una tercera etapa, se proporciona un valor que representa una diferencia entre la primera razón y la segunda razón, y en una cuarta etapa, el valor se compara con un valor de referencia.

Las etapas primera a cuarta pueden repetirse de manera continuada.

60 Las señales primera y segunda pueden generarse particularmente mediante el uso de cualquier dispositivo que produzca pulsos, por ejemplo, una banda de polo en los árboles primero y segundo. La banda de polo puede estar en comunicación con un procesador o controlador que proporciona el procesamiento de señal y la evaluación del par motor mencionados anteriormente. La banda de polo puede generar una señal en un sensor, por ejemplo, una señal que es alrededor de 100-300 veces más alta que la velocidad de rotación de segundo árbol.

65 Una banda de polo o taco en el primer árbol puede generar, asimismo, una señal que puede ser alrededor de 10-100

veces más alta que la primera velocidad de rotación de árbol.

Puede ser necesario modificar esta señal, por ejemplo, mediante división, de modo que tenga casi la misma frecuencia que la señal desde el segundo árbol. Las dos señales resultantes tienen, de ese modo, casi (pero no exactamente) la misma frecuencia.

Como alternativa a un sensor de banda de polo, el método puede usar cualquier otro dispositivo que pueda producir pulsos, por ejemplo, un taco.

Al menos una de las señales primera, segunda y tercera puede determinarse durante la producción de energía por la turbina eólica, y las señales pueden usarse para controlar el par motor de entrada o salida, por ejemplo, inclinando las palas o cambiando el par motor de contador desde el generador, por ejemplo, para cambiar la producción de energía, por ejemplo, para reducir la velocidad de o detener la turbina eólica. Alternativa o adicionalmente, las señales pueden combinarse con señales de otra parte en la turbina eólica o con señales de otras turbinas eólicas, por ejemplo, para monitorizar el rendimiento o para estimar una ubicación de turbina eólica con respecto a otras ubicaciones. Las señales también pueden usarse para un mantenimiento predictivo, es decir, para predecir el desgaste y proporcionar intervalos de inspección adecuados para una turbina eólica.

En un segundo aspecto, la invención proporciona una turbina eólica que comprende un tren de accionamiento con un árbol de alta velocidad (HS) y un árbol de baja velocidad (LS), estando conectados el primer árbol (por ejemplo, HS) y el segundo árbol (por ejemplo, LS) mediante una transmisión que proporciona una razón nominal entre una primera velocidad de rotación de árbol de primer árbol y una segunda velocidad de rotación de árbol del segundo árbol. La turbina eólica según el segundo aspecto comprende además un controlador configurado para funcionar según el método del primer aspecto de la invención.

En aspectos adicionales, la invención se refiere a un controlador para una turbina eólica configurado para funcionar según el método del primer aspecto de la invención, y a un controlador para una turbina eólica configurado para controlar el par motor de entrada o salida, por ejemplo, inclinando las palas o cambiando el par motor de contador desde el generador de la turbina eólica, por ejemplo, para parar la turbina eólica, basándose en la deformación de torsión determinada o basándose en variaciones en la deformación de torsión.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra una turbina eólica con un contador encastrado en la góndola;

la figura 2 ilustra un tren de accionamiento en la turbina eólica;

la figura 3 ilustra las señales primera y segunda obtenidas a partir de bandas de polo;

la figura 4 ilustra la tercera señal que constituye una mezcla de las señales primera y segunda;

la figura 5 ilustra la tercera señal tras el suavizado; y

la figura 6 ilustra el procedimiento de mezcla de las señales primera y segunda.

Descripción detallada

Un alcance adicional de la aplicabilidad de la presente invención se volverá más aparente a partir de la siguiente descripción detallada y ejemplos específicos. Sin embargo, debe entenderse que la descripción detallada y los ejemplos específicos, al tiempo que indican realizaciones preferidas de la invención, se dan a modo de ilustración solamente, dado que diversos cambios y modificaciones dentro del alcance de la invención se volverán aparentes para los expertos en la técnica a partir de esta descripción detallada.

La figura 1 ilustra una turbina eólica 1 con una torre 2, una góndola 3 y palas 4. Las palas están unidas al cubo 5 que forma parte del tren de accionamiento 6 ubicado en el interior de la góndola.

La figura 2 ilustra el tren de accionamiento 6 sin el cubo 5. El tren de accionamiento comprende un reborde 7 para unir el cubo, un árbol 8 que conecta la caja de engranajes 9 al reborde 7 y una salida 10 para accionar, por ejemplo, un generador eléctrico.

La caja de engranajes 9 convierte una velocidad baja en alta velocidad de manera que el generador se acciona mediante la salida 10 a una velocidad que es alta con respecto a la velocidad de rotación del árbol 8 y el cubo.

La conversión de la velocidad baja a la alta velocidad es en una razón fija que significa que, en una situación ideal sin ninguna deformación en el tren de accionamiento, la razón entre la velocidad de rotación del árbol 8 y la velocidad de rotación del árbol 10 sería constante. En el presente documento, el árbol 8 se denomina segundo árbol

y el árbol 10 se denomina HS.

Dos bandas de polo 11, 12 están unidas al tren de accionamiento en lados opuestos de la caja de engranajes. Esto permite la determinación de deformación de torsión en la caja de engranajes.

5 Las bandas de polo se comunican con el controlador 13, por ejemplo, de manera inalámbrica. El controlador puede alojarse localmente en la góndola o puede constituirse por un sistema informático central que se comunica con una pluralidad de turbinas eólicas.

10 El controlador está configurado para detectar un par motor y para detectar un cambio en el par motor aplicado por el cubo al tren de accionamiento. Para este propósito, el controlador está configurado para combinar señales de las dos bandas de polo 11, 12 y para comparar la tercera señal resultante con la señal de una de las bandas de polo. La señal resultante se evalúa y se determina un desplazamiento de fase y/o un cambio en la frecuencia.

15 El controlador puede configurarse además para un propósito de control adicional. El controlador puede configurarse, por ejemplo, para cambiar la producción de energía, por ejemplo, reduciendo la velocidad de la producción de energía o para detener la turbina eólica basándose en el par motor determinado o basándose en variaciones en el par motor. El controlador puede, por ejemplo, configurarse para controlar la inclinación de pala.

20 Ejemplo

El siguiente ejemplo ilustra una situación en la que el segundo árbol tiene 200 pulsos por revolución y un desplazamiento de fase de 0,1 grados se produce en el segundo árbol en comparación con el primer árbol debido a una deformación angular.

25 Los pulsos del segundo árbol se desplazarán entonces $200 \cdot 0,1^\circ = 20^\circ$ con respecto a los pulsos del primer árbol que también llevarán a un desplazamiento de fase de la tercera señal mixta de 20° . Esto puede detectarse o bien como un desplazamiento de fase o como un desplazamiento temporal en la frecuencia. Por tanto, un pequeño cambio en las relaciones de árboles da como resultado un cambio mayor en la tercera señal.

30 La figura 3 ilustra dos señales. La señal marcada con 14 es los pulsos de la banda de polo 11 en el lado de cubo de la caja de engranajes, y la señal marcada con 15 es los pulsos de la banda de polo 12 en el otro lado de la caja de engranajes.

35 La figura 4 ilustra la tercera señal mixta. En la realización dada a conocer, la señal se mezcla mediante XNOR. Esta es un modo sencillo de mezclar dos señales digitales, pero pueden aplicarse muchos otros modos.

La figura 5 ilustra la tercera señal mixta tras suavizarse.

40 La figura 6 ilustra el procedimiento de mezclar las señales primera y segunda. En el ejemplo ilustrado, HS indica una señal de árbol de alta velocidad, por ejemplo, la primera señal, y LS indica una señal de árbol de baja velocidad, por ejemplo, la segunda señal. En el procedimiento denominado comparación de fase y frecuencia, se detectan desplazamientos en la fase o frecuencia para evaluar un cambio en par motor.

45 Puede usarse un método tanto digital como analógico para el procesamiento de datos y señales.

Un cambio en la curva sinusoidal indica un cambio en el par motor, y un desplazamiento de fase de una curva sinusoidal estática indica un nivel de un par motor constante.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para determinar una deformación de torsión en un tren de accionamiento (6) en una turbina eólica (1) que incluye un primer árbol (10) y un segundo árbol (8) conectados por una caja de engranajes (9) que proporciona una diferencia entre una primera velocidad de rotación del primer árbol y una segunda velocidad de rotación del segundo árbol, comprendiendo el método generar una primera señal (14) que representa la primera velocidad de rotación, generar una segunda señal (15) que representa la segunda velocidad de rotación, generar una tercera señal que incluye las señales primera y segunda y determinar la deformación de torsión basándose en las señales primera y segunda, caracterizado porque el método comprende la etapa de comparar la tercera señal con una señal de referencia, donde la señal de referencia se basa en al menos una de las señales primera y segunda.
- 15 2. Método según la reivindicación 1, en el que la deformación de torsión se basa en una razón entre las señales primera y segunda.
3. Método según la reivindicación 1 o 2, que comprende la etapa de detectar un cambio en una frecuencia que se representa por la tercera señal.
- 20 4. Método según la reivindicación 1 o 2, que comprende la etapa de detectar un desplazamiento de fase en la tercera señal.
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la comparación de la tercera señal con un valor de referencia se lleva a cabo de manera continuada.
- 25 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una de las señales primera y segunda se determina como un promedio de una pluralidad de mediciones.
- 30 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos se filtra una de las señales primera, segunda y tercera.
- 35 8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una primera etapa de determinar, en un primer momento en el tiempo, una primera razón de la primera velocidad de rotación de árbol con la segunda velocidad de rotación de árbol, una segunda etapa de determinar, en un segundo punto en el tiempo, una segunda razón de la primera velocidad de rotación con la segunda velocidad de rotación, una tercera etapa de proporcionar un valor que representa una diferencia entre la primera razón y la segunda razón, y una cuarta etapa de comparar el valor con un valor de referencia.
- 40 9. Método según la reivindicación 8, en el que las etapas primera a cuarta se repiten de manera continuada.
- 45 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una de la primera velocidad de rotación de árbol y la segunda velocidad de rotación de árbol se determina por un instrumento (11, 12) que genera pulsos relacionados con rotaciones de árbol.
- 50 11. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una de las señales primera, segunda y tercera se determina durante la producción de energía por la turbina eólica (1).
- 55 12. Turbina eólica que comprende un tren de accionamiento con un primer árbol y un segundo árbol, estando conectados el primer árbol (10) y el segundo árbol (8) por una transmisión que proporciona una razón nominal entre una primera velocidad de rotación de árbol del primer árbol (10) y una segunda velocidad de rotación de árbol del segundo árbol (8), comprendiendo además la turbina eólica un controlador configurado para funcionar según el método según cualquiera de las reivindicaciones 1-11.
13. Turbina eólica según la reivindicación 12, que comprende un controlador configurado para cambiar el par motor de entrada o de salida basándose en el par motor o variaciones en el par motor determinadas según el método de cualquiera de las reivindicaciones 1-11.

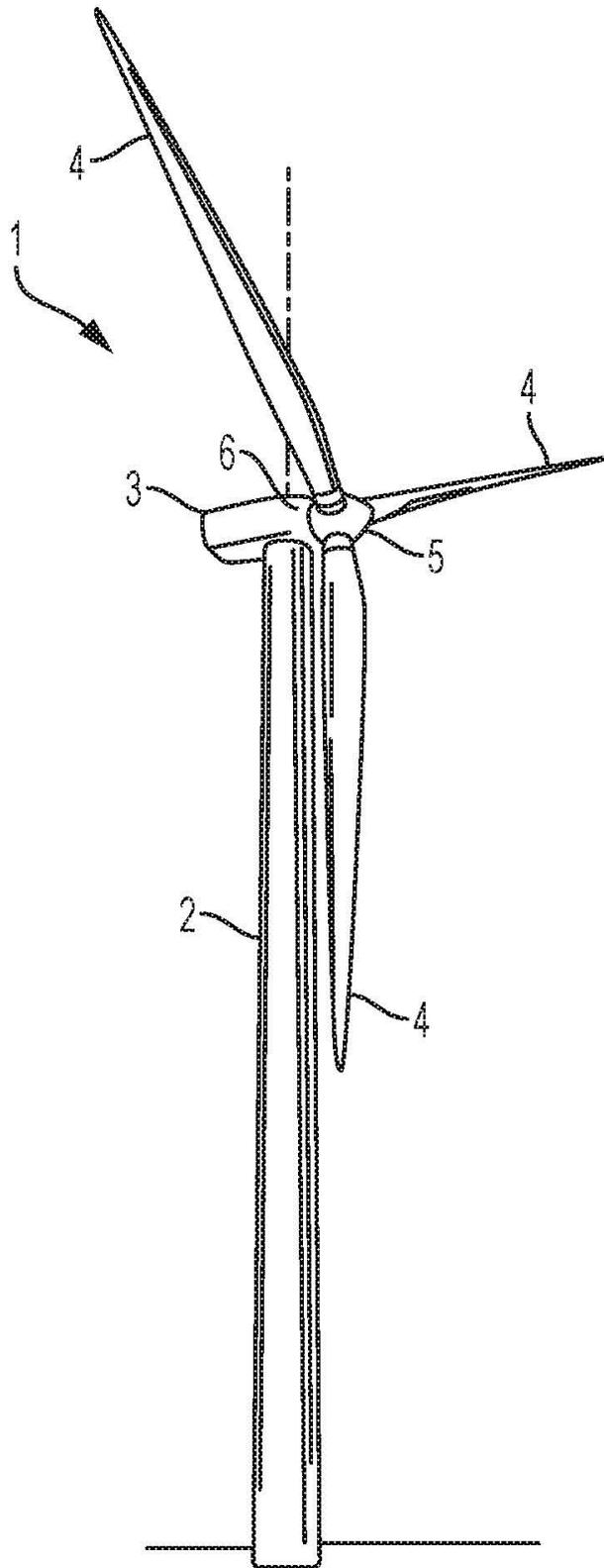


FIG. 1

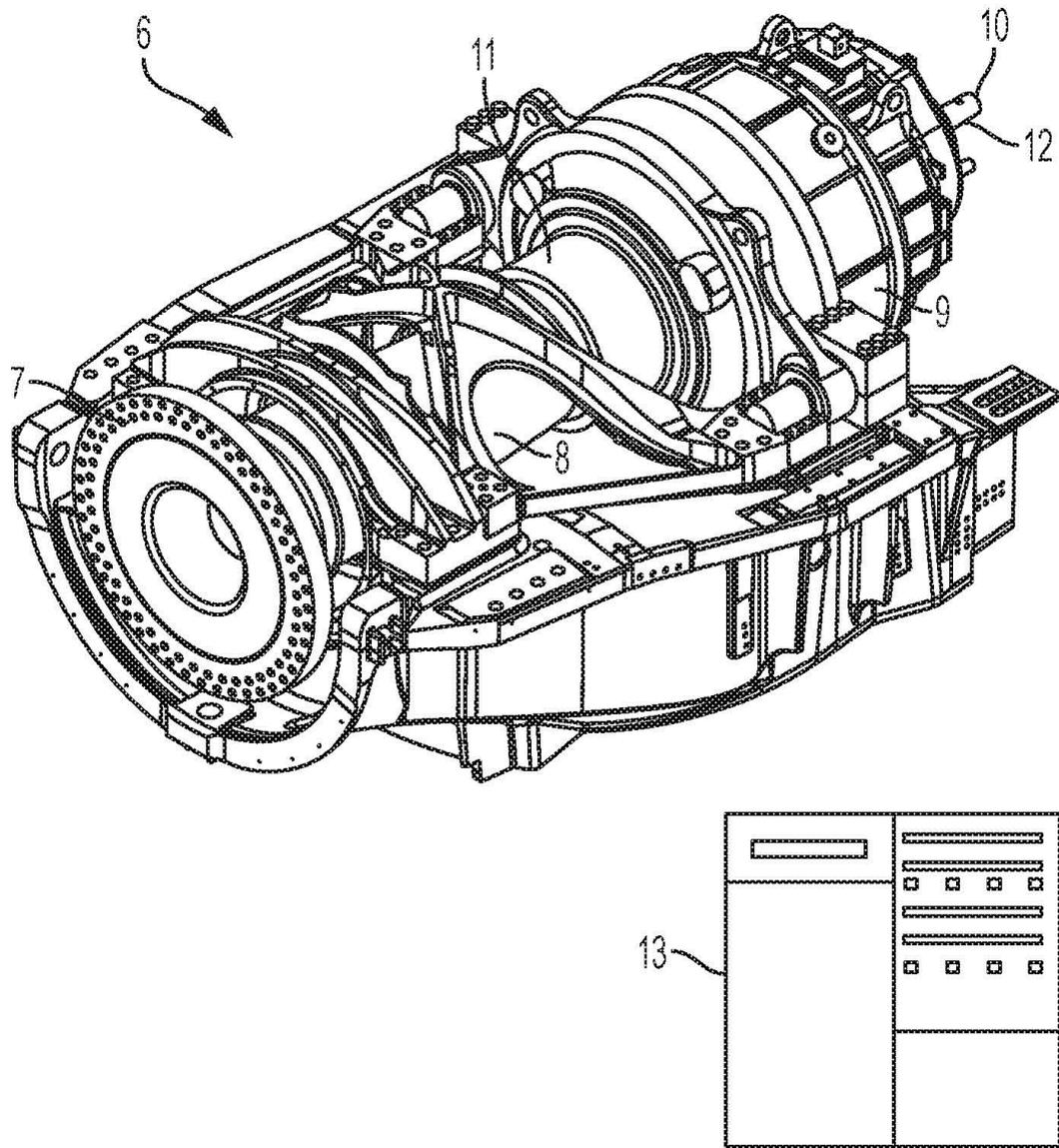


FIG. 2

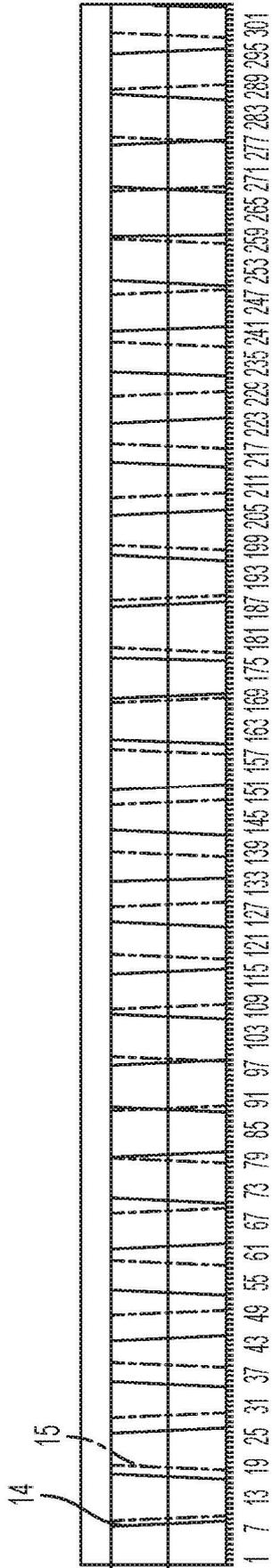


FIG. 3

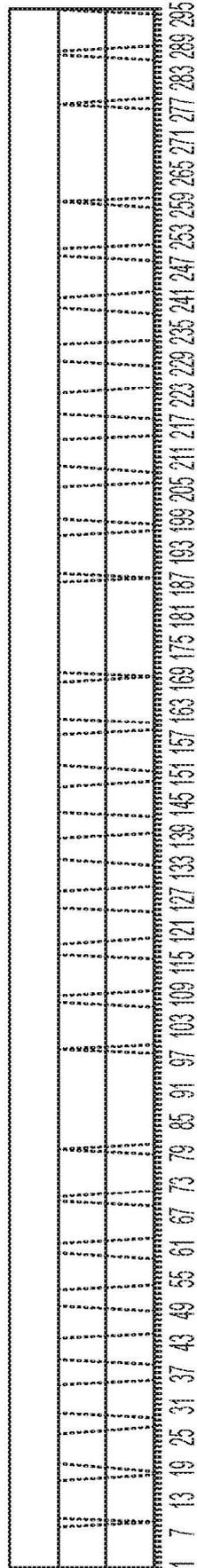


FIG. 4

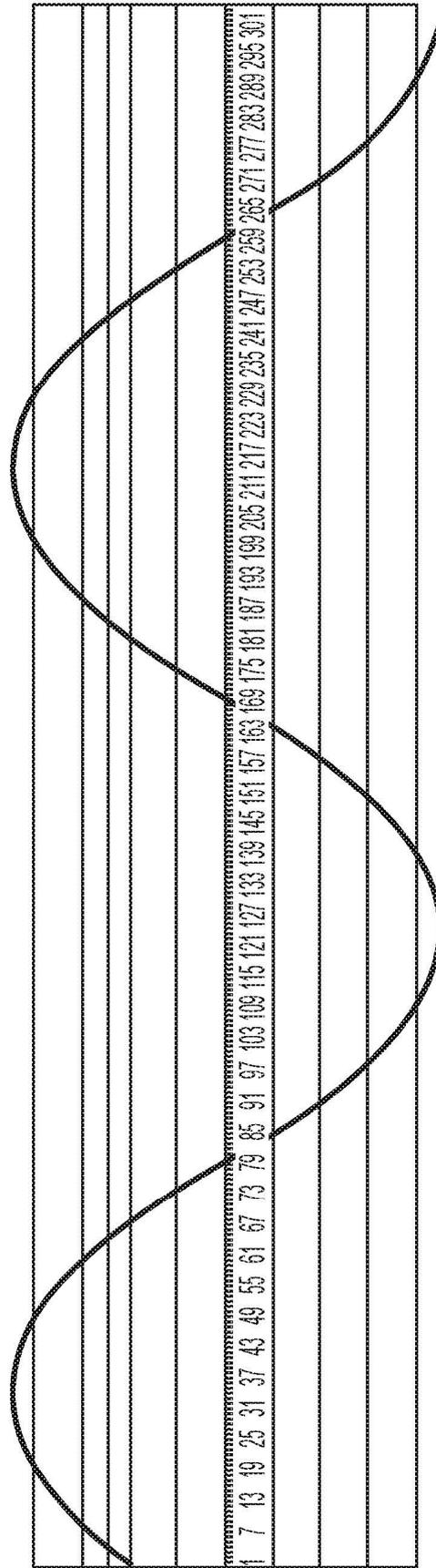


FIG. 5

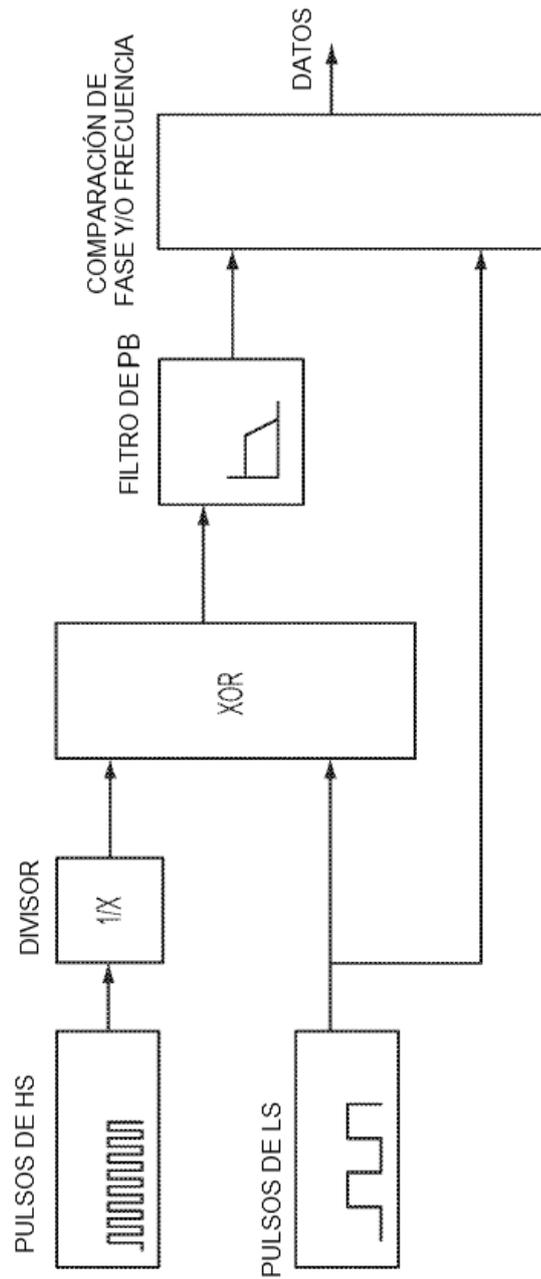


FIG. 6