(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 731 464**

(51) Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)
F03D 13/30 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.07.2016** **E 16180377 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019** **EP 3273054**

(54) Título: **Procedimiento para determinar una posición de instalación para un accionamiento giratorio en un aerogenerador**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.11.2019

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

LAMPE, FRANK y
KNOPP, HAUKE

(74) Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 731 464 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

Procedimiento para determinar una posición de instalación para un accionamiento giratorio en un aerogenerador

La presente invención se refiere a un procedimiento para determinar una posición de instalación para un accionamiento giratorio en un dispositivo de ajuste de un aerogenerador. Se utilizan uno o más accionamientos giratorios en el dispositivo de ajuste del aerogenerador para cambiar la posición de la pala del rotor (sistema de inclinación) o para alinear la góndola según la dirección del viento (sistema de acimut).

Una corona dentada circular de un dispositivo de ajuste naturalmente tiene una cierta desviación de la forma circular ideal como resultado de su producción y / o transporte. Para dicha corona dentada de un dispositivo de ajuste se proporciona generalmente el área de marcado con el radio más grande y el área con el radio más pequeño de la corona dentada circular. Dentro de esta área marcada se produce un ajuste de una holgura de flancos de diente dispuesta según los aspectos mecánicos, donde los accionamientos giratorios se ajustan en su posición con respecto a la corona dentada de la mejor manera posible.

Del documento WO 2012/000504 A1 se conoce un sistema de posicionamiento con una pluralidad de unidades de posicionamiento, cada una de las cuales tiene un sensor para un parámetro de carga. La carga detectada se compara con los valores de carga esperados, donde en el caso de una desviación excesiva, se genera una señal de alarma.

Del documento US 2014/0064961 A1, se conoce un accionamiento de pala de rotor para un aerogenerador donde se utilizan dos sensores angulares para la memorización de la posición cero.

Del documento CN201401278Y se conoce otro ejemplo de la técnica anterior.

La invención tiene por objeto proporcionar un procedimiento para determinar una posición de instalación para un accionamiento giratorio en un aerogenerador, que permita el posicionamiento más sencillo posible del accionamiento giratorio con respecto a la corona dentada.

Según la invención, el objeto se logra mediante un procedimiento que tiene las características de la reivindicación 1. Realizaciones ventajosas forman las reivindicaciones secundarias.

El procedimiento según la invención se utiliza para determinar una posición de instalación para un accionamiento giratorio en un aerogenerador. El accionamiento giratorio es una unidad de paso o una unidad de acimut, cada una de las cuales consiste en un motor, un engranaje y un piñón de accionamiento. El dispositivo de ajuste comprende una corona dentada circular y al menos un accionamiento giratorio que coopera con la corona dentada. En el procedimiento según la invención, el dispositivo de ajuste se mueve en una etapa del procedimiento a una posición de rotación. En la posición de rotación activada, la corona dentada del dispositivo de ajuste se fija, por ejemplo, mediante un frenado estacionario. En una etapa posterior, se aplica un par de torsión en una dirección de rotación a través de al menos un accionamiento giratorio. Para este propósito, se detecta un valor para una holgura de flancos de diente existente entre el piñón de accionamiento del accionamiento giratorio y la corona dentada. El valor detectado para la holgura de flancos de diente se almacena en relación con la dirección de rotación, el accionamiento giratorio y la posición de rotación. Este proceso se repite para ambas direcciones de rotación, varias posiciones de rotación y / o de manera opcional otros accionamientos giratorios. A través de la repetición se genera una representación más o menos completa de la holgura de flancos de diente para uno o más accionamientos giratorios en una o más posiciones de rotación del dispositivo de ajuste. Sobre la base de estos valores almacenados, se puede encontrar una posición de instalación para un accionamiento giratorio donde una holgura de flancos de diente mínima corresponde a una holgura de flancos de diente predeterminada.

La holgura de flancos de diente predeterminada viene dada de manera constructiva, por ejemplo, por la forma de los dientes y la relación del diámetro del piñón de accionamiento y la corona dentada. Por lo tanto, se busca y establece una posición de instalación donde la holgura de flancos de diente mínima sea siempre igual o mayor que la holgura de flancos de diente predeterminada en una rotación completa de la corona dentada. La ventaja del procedimiento según la invención radica esencialmente en el hecho de que no se debe realizar ningún movimiento giratorio del dispositivo de ajuste para encontrar la posición de instalación correcta, por ejemplo, al cambiar el accionamiento giratorio. Más bien, debido a la holgura de flancos de diente almacenada, se puede determinar una posición de instalación correcta en la fase previa para una posición de rotación arbitraria del dispositivo de ajuste.

En una realización preferida, cuando se detecta la holgura de flancos de diente, la dirección de rotación del accionamiento giratorio se cambia, de manera que se dan los valores de la holgura de flancos de diente para ambas direcciones de rotación.

En una realización preferida adicional, un ángulo de giro y / o una velocidad de giro se evalúan junto con un par de torsión del accionamiento giratorio cuando se detecta la holgura de flancos de diente. Esto crea la posibilidad de

evaluar el ángulo de giro y / o la velocidad de giro en función de un par de torsión detectado. La holgura de flancos de diente puede considerarse en este caso como el rango angular donde se mueve el accionamiento giratorio con un par de torsión constante. Si se pasa por el rango angular de la holgura de flancos de diente, el par de torsión aumenta.

En una realización preferida del procedimiento según la invención, la posición de instalación del accionamiento giratorio en un soporte de accionamiento giratorio es ajustable en relación con la corona dentada. Mediante la ajustabilidad se logra que se inserte un nuevo accionamiento giratorio, por ejemplo, en su soporte de accionamiento giratorio y que desde aquí se pueda ajustar para obtener la holgura de flancos de diente deseada. Dicho mecanismo de giro se conoce, por ejemplo, del documento EP 2 960 490 A1.

En una realización preferida adicional del procedimiento según la invención, se proporciona una brida de engranaje en el dispositivo de ajuste. La brida de engranaje tiene un orificio que está diseñado como soporte de accionamiento giratorio. Para el accionamiento giratorio dispuesto en el orificio, el piñón de accionamiento está alineado de forma excéntrica con la brida de engranaje. Mediante la disposición excéntrica, el accionamiento giratorio se puede girar a través de una rotación en el orificio del soporte del accionamiento giratorio en su posición de instalación deseada.

Otra ventaja del procedimiento según la invención radica en el hecho de que también es posible determinar la rigidez de un engranaje en el accionamiento giratorio. Para este propósito, se evalúa un cambio en el par de torsión en función de un cambio en el ángulo de giro del piñón de accionamiento. Estos datos sobre la rigidez del engranaje se pueden tener en cuenta, por ejemplo, en la supervisión del estado del dispositivo de ajuste. La rigidez del engranaje proporciona información sobre posibles desgastes o daños en el engranaje.

Si la holgura de flancos de diente no se detecta completamente en toda la circunferencia, la holgura mínima de los flancos de diente también se puede determinar en el rango del radio máximo de la corona dentada.

La invención se explicará con más detalle a continuación. Muestran:

Fig. 1 una representación esquemática de un dispositivo de ajuste con cuatro accionamientos giratorios,

Fig. 2 los valores de ángulo de giro, velocidad de giro y par de torsión detectados durante un proceso de medición, en función del tiempo,

Fig. 3 una representación de la holgura de flancos de diente con un par de torsión, en función de una posición angular,

Fig. 4 una representación del rango angular de la holgura de flancos de diente en una vista detallada de la Fig. 3 y

Fig. 5 recorrido de la holgura de flancos de diente en función del ángulo de acimut.

La fig. 1 muestra una representación esquemática de una corona dentada 10 con cuatro accionamientos giratorios 12 distribuidos sobre su circunferencia. Cada uno de los accionamientos giratorios 12 tiene un piñón de accionamiento que engrana en la corona dentada 10, que es accionado por un motor y un engranaje (no mostrado). El motor puede ser, por ejemplo, un motor eléctrico, que es accionado por un convertidor de frecuencia. Los motores hidráulicos también son posibles. Dependiendo de la configuración y la posición de instalación de la corona dentada 10 en el aerogenerador, sus dientes pueden disponerse en el interior o en el exterior de la corona dentada 10. Mediante el control de los accionamientos giratorios 12, la corona dentada 10 puede girarse, por ejemplo, en la dirección de rotación 14, de modo que se activen las posiciones de trabajo AP1, AP2 y AP3. La posición de trabajo APX sirve como referencia, desde la cual se cuenta un ángulo de giro.

En el procedimiento según la invención, se activa una posición de trabajo y la corona dentada 10 se fija en esta posición de trabajo, por ejemplo, frenada por el calibre de freno de un dispositivo de frenado. En el caso del dispositivo de ajuste, se trata de una unión giratoria de acimut, de modo que la posición de acimut en relación con la dirección del viento a menudo se mantiene mediante los frenos hidráulicos existentes, si no se realiza un movimiento de ajuste de la unión giratoria de acimut. Al aplicar alternativamente un par de torsión limitado a los dos flancos de diente de un solo diente del piñón de accionamiento del accionamiento giratorio 12 y al detectar de manera simultánea los pares de torsión y las velocidades de giro que se producen, puede calcularse la holgura de flancos de diente del accionamiento giratorio respectivo 12 a partir de los valores detectados. Esta holgura de flancos de diente se determina en varias posiciones de trabajo, se almacena y se puede recuperar nuevamente con referencia a las posiciones de trabajo. Basándose en estos datos, se puede determinar una holgura de flancos de diente mínima para toda la corona dentada 10. Al mismo tiempo, se puede especificar la holgura de flancos de diente correspondiente para cada posición de trabajo de la corona dentada 10 en el caso de un cambio del accionamiento giratorio 12.

La fig. 2a muestra inicialmente la dependencia del tiempo de un ángulo de giro de la corona dentada 10 para cuatro

accionamientos giratorios 12. Las unidades para el ángulo de giro en la ordenada son unidades ampliadas arbitrariamente. Está claro que para los cuatro accionamientos giratorios 12 en el caso del movimiento de rotación existente, con el tiempo, la posición angular de los dientes respectivos del piñón de accionamiento continúa descomponiéndose. Debe observarse en este caso que los ángulos de rotación se cambian en ambas direcciones, y la dirección de rotación de los accionamientos giratorios 12 se cambia aproximadamente en los momentos donde el ángulo de rotación adopta un valor máximo o mínimo. El cambio de la dirección de rotación también queda claro en la fig. 2b, donde las velocidades de giro en una primera dirección de rotación se aplican positivamente y las velocidades de giro en la dirección de rotación opuesta se aplican negativamente. En la representación de las velocidades de giro, se repite la estructura típica ya establecida para los ángulos de rotación, lo que trae consigo que, con el tiempo y el funcionamiento del dispositivo de ajuste, los valores de la holgura de flancos de diente sigan experimentando temporalmente cada vez más un desajuste. Una estructura similar resulta también para el par de torsión ejercido en la fig. 2c. También en este caso tiene lugar el cambio de dirección del accionamiento giratorio 12 en los momentos del par de torsión máximo o mínimo.

La fig. 3 muestra una representación característica donde el par de torsión se aplica en función del ángulo de rotación. Dicha representación es posible ya que ambos resultados de medición se proporcionan como parámetros en el tiempo. Esto da como resultado una estructura muy clara que caracteriza la interacción entre el accionamiento giratorio 12 y la corona dentada 10 en un diente del piñón de accionamiento del accionamiento giratorio 12.

Como se muestra en la fig. 4, hay un rango angular donde el par de torsión no cambia sustancialmente con el cambio del ángulo de rotación.

Como se muestra en la fig. 4, hay sustancialmente dos holguras de flancos de diente, donde se produce una primera holgura de flancos de diente ZS_1 para una primera dirección de rotación y una segunda holgura de flancos de diente ZS_2 para una segunda dirección de rotación opuesta. Como se muestra en la fig. 4, estas son sustancialmente del mismo tamaño, pero están desplazadas entre sí en el rango angular. Como se muestra en la fig. 3, un rango que aumenta aproximadamente de manera lineal se une al rango horizontal. En el rango linealmente creciente, la rigidez del engranaje se puede determinar como AM / Aphi. La rigidez indica la magnitud donde el par de torsión aplicado cambia a medida que cambia el ángulo de rotación. El conocimiento de los valores determinados para la rigidez hace posible evaluar cualquier daño y otros cambios en el engranaje o el accionamiento giratorio.

La fig. 5 muestra el recorrido ejemplar de una holgura de flancos de diente, que se midió en una corona dentada 10 con cuatro accionamientos rotativos de montaje fijo 12. Los pequeños puntos representados 14 denotan aquí las holguras de flancos de diente medidas para las posiciones de instalación específicas de los cuatro accionamientos giratorios 12. Los cuatro accionamientos giratorios 12 están dispuestos a intervalos de 90° uniformemente sobre la circunferencia de la corona dentada 10. En un rango de la corona dentada 10, en un ángulo de aproximadamente 220°, figuran el radio máximo $r_{máx}$ y la holgura de flancos de diente mínima $Z_{fmín}$. Sin embargo, la holgura de flancos de diente predeterminada Z_f es un valor distinto de cero, que está predeterminado por la geometría de los dientes en la corona dentada 10, la geometría de los dientes en el piñón de accionamiento y otras dimensiones. En el rango del radio máximo $r_{máx}$, la holgura de flancos de diente es naturalmente más pequeña, es decir, los dientes del piñón de accionamiento se sumergen más profundamente en los dientes de la corona dentada 10. El valor mínimo predeterminado para la holgura de flancos de diente Z_f garantiza que los dientes del piñón de accionamiento no lleguen a la parte inferior de los dientes de la corona dentada 10. En el rango del radio mínimo $r_{mín}$ hay una holgura de flancos de diente máxima. En este caso, se debe garantizar que todavía se produzca suficiente transmisión de potencia entre el piñón de accionamiento y la corona dentada. Como regla general, también hay un valor predeterminado para la holgura de flancos de diente máxima, que no debe excederse.

La curva que se muestra en la fig. 5 ahora tiene dos significados diferentes. Si se instala un accionamiento giratorio 12 y aún no se sabe qué holgura de flancos de diente debe tener el accionamiento giratorio 12, este se puede instalar primero en una primera posición. La curva de la holgura de flancos de diente sobre el ángulo de acimut se puede medir y registrar, ya sea completamente o preferentemente en el rango del máximo radio $r_{máx}$. Si esta curva se mide luego para la posición de instalación actual del accionamiento giratorio 12, el accionamiento giratorio 12 se puede ajustar a una posición donde ciertamente tiene en el rango del radio máximo $r_{máx}$ una holgura de flancos de diente mayor que la holgura de flancos de diente predeterminada Z_f.

Si la curva ya se ha registrado una vez y debe intercambiarse un accionamiento giratorio 12, por ejemplo, el accionamiento giratorio 12 que se instala en una posición cercana a los 90°, la curva indica qué holgura de flancos de diente debe tener el accionamiento giratorio que debe intercambiarse 12 en el caso de una posición de 90°. No es necesario mover el rango del radio máximo $r_{máx}$ hacia el accionamiento giratorio 12, y luego ajustar la holgura de flancos de diente predeterminada Z_f con respecto a la holgura de flancos de diente mínima $Z_{fmín}$. Más bien, la curva especifica qué holgura de flancos de diente debe establecerse en un ángulo de acimut de 90° para garantizar que, incluso en el rango del radio máximo $r_{máx}$, no se exceda la holgura de flancos de diente predeterminada Z_f.

Lista de referencias

10	corona dentada
12	accionamiento giratorio
14	dirección de rotación
Z_f	holgura de flancos de diente predeterminada
$Z_{fmín}$	holgura de flancos de diente mínima
$r_{máx}$	radio máximo
$r_{mín}$	radio mínimo
ZS	holgura de flancos de diente
ZS_1	primera holgura de flancos de diente
ZS_2	segunda holgura de flancos de diente
AP1	primera posición de trabajo
AP2	segunda posición de trabajo
AP3	tercera posición de trabajo
APX	punto de referencia

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar una posición de instalación para un accionamiento giratorio (12) en un aerogenerador, que tiene un dispositivo de ajuste con una corona dentada (10) y con al menos un accionamiento giratorio (12) que coopera con la corona dentada (10) y realiza las siguientes etapas:

activar una posición de rotación de la corona dentada (10) con al menos uno de los accionamientos giratorios (12) del dispositivo de ajuste,

fijar la corona dentada (10) en la posición de rotación activada,

aplicar un par de torsión a la corona dentada (10) en una primera dirección de rotación con un accionamiento giratorio (12),

- detectar un valor para una holgura de flancos de diente ZS para un diente de un piñón de accionamiento del accionamiento giratorio (12) y almacenar el valor detectado de la holgura de flancos de diente ZS para la dirección de rotación, el accionamiento giratorio (12) y la posición de rotación,
- repetir el proceso para una pluralidad de posiciones de rotación y / u otros accionamientos giratorios (12),
- determinar una holgura de flancos de diente mínima $Z_{fmín}$ a partir de los valores de la holgura de flancos de diente detectados,
- establecer una posición de instalación para el accionamiento giratorio (12), donde la holgura de flancos de diente mínima $Z_{fmín}$ es mayor o igual a una holgura de flancos de diente predeterminada Z_f.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la holgura de flancos de diente ZS se detecta para una segunda dirección de rotación opuesta.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque al detectar la holgura de flancos de diente ZS se detecta y evalúa un ángulo de rotación y / o una velocidad de giro junto con un par de torsión del accionamiento giratorio (12).

4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque se detecta un rango angular con un par de torsión constante como holgura de flancos de diente ZS.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la posición de instalación del accionamiento giratorio (12) se puede ajustar en un soporte de accionamiento giratorio con respecto a la corona dentada (10).

6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque se proporciona una brida de engranaje en el accionamiento giratorio (12), donde el piñón de accionamiento está dispuesto de forma excéntrica con respecto a la brida de engranaje.

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el accionamiento giratorio (12) tiene un engranaje y se determina la rigidez del engranaje, donde en este caso se evalúa un cambio del par de torsión en función de un cambio del ángulo de rotación.

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la holgura de flancos de diente ZS se detecta en un rango de ángulo de rotación donde la corona dentada (10) tiene su radio máximo

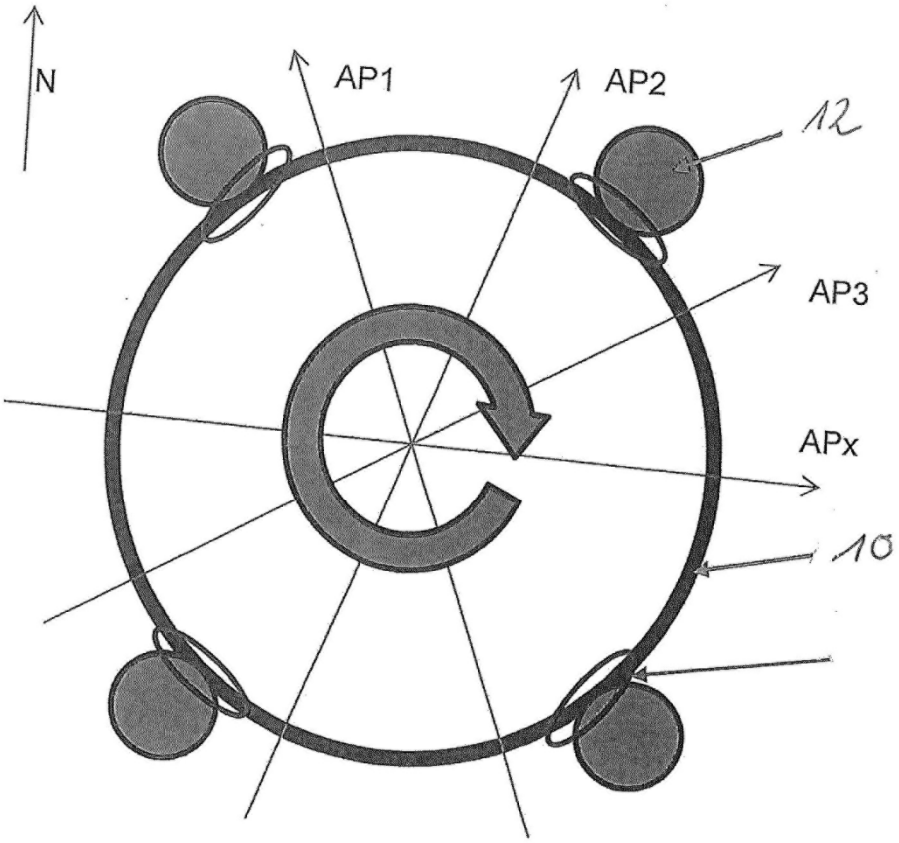

Fig. 1

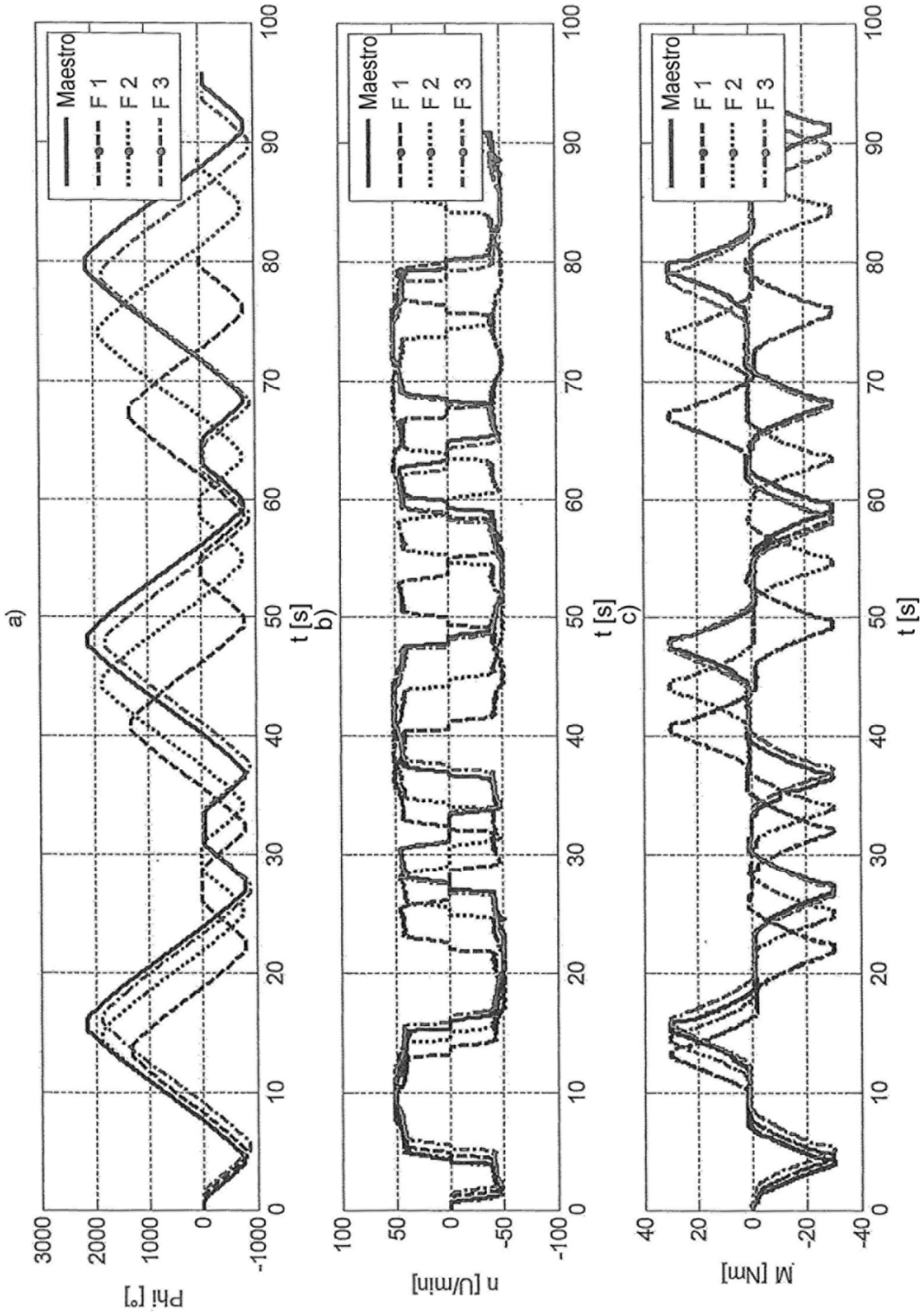
a)
Phi [°]
3000
2000
1000
0
-1000
Maestro
F 1
F 2
F 3
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
t [s]
b)
n [U/min]
100
50
0
-50
-100
Maestro
F 1
F 2
F 3
t [s]
c)
M [Nm]
40
20
0
-20
-40
Maestro
F 1
F 2
F 3
t [s]

Fig. 2

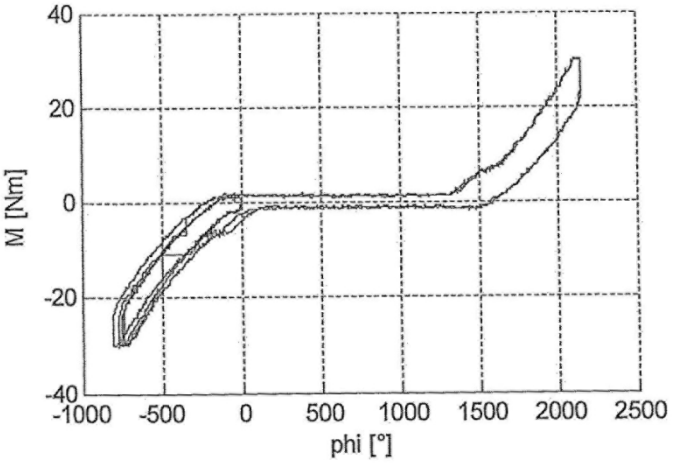
40
20
0
-20
-40
M [Nm]
-1000
-500
0
500
1000
1500
2000
2500
phi [°]

Fig. 3

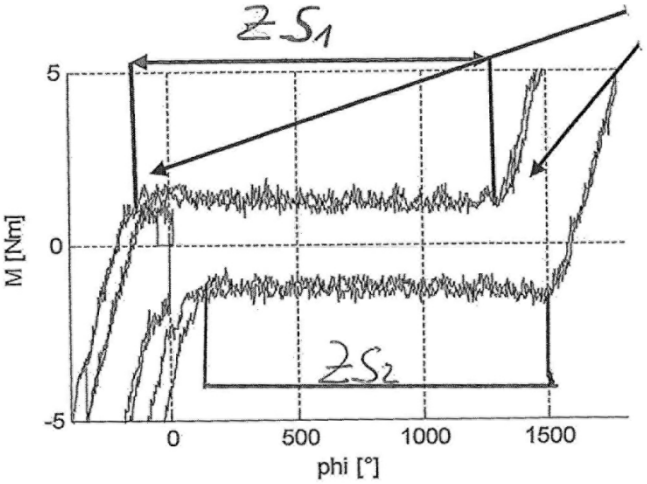
2S1
2S2
5
0
-5
M [Nm]
0
500
1000
1500
phi [°]

Fig. 4

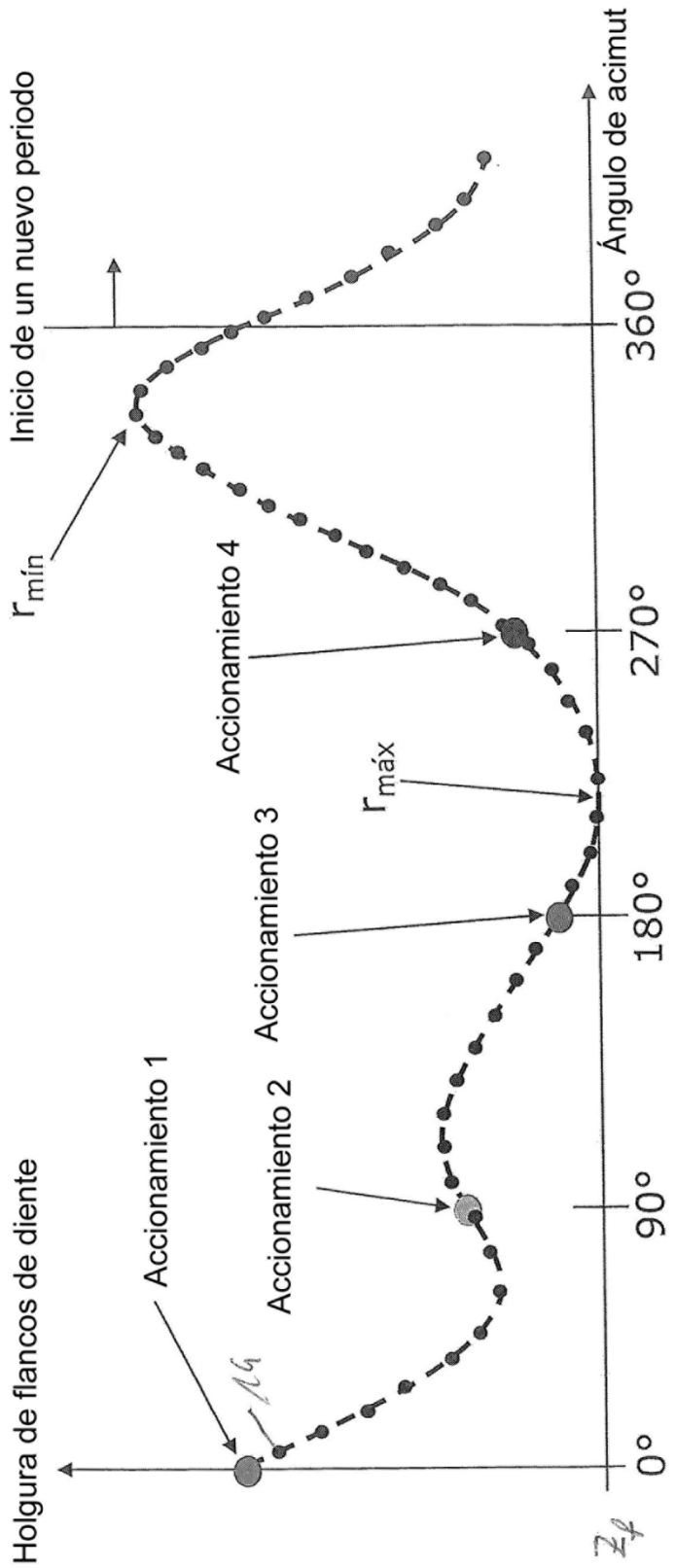
Holgura de flancos de diente
Inicio de un nuevo periodo
Ángulo de acimut
$r_{mín}$
$r_{máx}$
Accionamiento 1
Accionamiento 2
Accionamiento 3
Accionamiento 4
0°
90°
180°
270°
360°

Fig. 5