

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 401 068**

51 Int. Cl.:

G01D 5/14 (2006.01)

G01B 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2010 E 10725215 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2012 EP 2431715**

54 Título: **Sistema de medida de la posición axial de ejes**

30 Prioridad:

13.05.2009 ES 200930165

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

16.04.2013

73 Titular/es:

**INDUSTRIA DE TURBO PROPULSORES S.A.
(100.0%)**

**Parque Tecnológico Edif. 300
48170 Zamudio (Vizcaya), ES**

72 Inventor/es:

**SÁNCHEZ EXPÓSITO, JOSÉ MANUEL y
HERNÁNDEZ RODERO, FRANCISCO JAVIER**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 401 068 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 de medida de la posición axial de ejes

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere a un sistema de medida de la posición axial de ejes, por ejemplo de máquinas rotatorias, que es compatible con la medida del régimen de giro, a partir de la señal eléctrica generado por uno o más sensores, separados angularmente, al paso de los dientes de una rueda dentada fijada sobre dicho eje.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 Ya se conoce por la patente usa nº 4.833.405 un procedimiento para la medida de la posición axial de ejes, el cual comprende en su primer tipo, de la utilización de dos sondas inductivas situadas en diferentes posiciones axiales y el mecanizado de la rueda dentada del eje siguiendo dos ángulos diferentes respecto a la dirección axial.

Sin embargo, este sistema adolece de la necesidad de una calibración para la correcta identificación de la posición del eje,

Así mismo presenta problemas de interacción del campo magnético entre los sensores, problema que debe ser resuelto con el uso de sensores especiales.

15 En al misma patente se describe un segundo procedimiento basado también en el uso de dos sondas situadas en el mismo plano axial, pero ligeramente separadas, combinado con el mecanizado de dos rampas de pendientes opuestas en cada diente.

20 Este sistema permite medir el desplazamiento axial del eje por la relación de la amplitud de la señal generada por cada sensor que será función del entrehierro entre dicho sensor y el diente mecanizado. En función de la posición axial del eje un sensor generará más tensión y el otro menos o viceversa.

Este sistema al necesitar dos sensores para comparar la señal, adolece de necesitar una calibración para poder identificar la posición exacta del eje, ya que cualquier tolerancia en el posicionado del sensor (mayor o menor profundidad de montaje) implica directamente un error de posición axial que solo puede ser corregido mediante una calibración.

25 Así mismo las tolerancias de fabricación de los sensores (intensidad del campo, dimensiones, etc,) implican un error directo en la medida que solo puede ser corregido mediante una calibración.

Debido al inevitable envejecimiento de los elementos sensores, es de esperar una diferencia en al respuesta de ambos con el paso del tiempo, lo cual requerirá una calibración periódica.

30 La realización de una calibración supone el giro continuado y controlado del eje (para poder obtener una señal de medida) y un desplazamiento axial controlado y medida del mismo, situación difícil de resolver en aplicaciones como la aeronáutica donde una vez montado el eje se espera alargar lo máximo posible los intervalos de intervención en el motor, a la par que la realización de la calibración en un entorno real de trabajo presenta serías limitaciones al necesitar medir con respecto a un patrón y poder realizar todo el recorrido de desplazamiento.

35 De igual manera cualquier movimiento que suponga un giro que no coincida con el eje teórico supondrá un error en la medida al encontrarse cada sensor en un plano axial diferente. Este efecto puede venir dado por ejemplo por una flexión del eje que hace que el centro del mismo y el centro de rotación no coincidan en toda su longitud.

Otra de las ventajas de este sistema es que necesita de una longitud de eje mecanizado de cómo mínimo el doble del desplazamiento axial máximo a medir, ya que dicho desplazamiento debe ser medido por ambas sondas situadas en planos axiales diferentes.

40 Este sistema permite la medida de la velocidad de giro del eje con la resolución necesaria en aplicaciones donde es necesario el máximo de pulsos por vuelta.

Por la patente usa No. 5.198.763 se conoce otro procedimiento para la medida de la posición axial de ejes basada en la diferencia de tiempo entre la señal generada por dientes mecanizados en el eje, uno en la dirección axial y otro con una rotación variable con la posición axial.

Sin embargo este sistema adolece de la cantidad necesaria de pulsos por vuelta para una aplicación donde la respuesta ante variaciones de la velocidad de giro es primordial y dos pulsos, no sincronizados, por vuelta conlleva un retraso significativo en la detección de estas variaciones.

5 Por otra parte este sistema complica el habitualmente simple y necesariamente robusto sistema de medida del régimen de giro al tener dos pulsos por vuelta cuyo desfase varía con la posición axial.

La patente usa No. 5.198.763 describe un procedimiento para la medida de la posición axial de ejes, pero este procedimiento requiere del uso de sensores específicos para su funcionamiento, muy diferentes de los tradicionales sensores inductivos utilizados para la medida del régimen de giro.

Este procedimiento de medida requiere del uso de ocho sensores para su funcionamiento.

10 Así mismo la longitud de eje utilizada para la medida es al menos del doble del desplazamiento máximo medio.

La patente británica nº 1.303.994 describe un procedimiento para la medida de la posición axial de ejes, que requiere de la instalación de un elemento magnético en el eje rotatorio y de un cableado de forma característica en el estator.

Este procedimiento genera un pulso por vuelta lo cual no es suficiente para sistemas de medida de régimen de giro que requieran una respuesta rápida ante variaciones de velocidad.

15 Este procedimiento es sustancialmente diferente a la forma habitual de la medida de régimen utilizando una rueda dentada, habitualmente de 60 dientes, en cuyo caso recibe el nombre de fónica.

En la patente británica nº 2.181.246^a se describe un procedimiento para la medida de la posición axial de ejes que requiere de la instalación de un elemento magnético en el eje rotatorio y un cableado de forma característica en el estator.

20 Este procedimiento genera un pulso por vuelta lo cual no es suficiente para sistemas de medida de régimen de giro que requieran una respuesta rápida ante variaciones de velocidad.

Este sistema genera tres pulsos por vuelta con desfases proporcionales a la posición axial, esto complica cualquier sistema de medida de régimen y hace que el segundo y tercer pulso no sean de utilidad para la medida del régimen de giro.

25 Este procedimiento es sustancialmente diferente a la forma habitual de la medida de régimen utilizando una rueda dentada y como tal no se puede considerar un sistema compatible de medida de régimen de respuesta rápida.

La patente usa nº 3.190.125 describe un procedimiento para la medida de la posición axial de ejes que utiliza la diferencia de tiempo entre dos pulsos para determinar la posición axial.

30 Este procedimiento requiere de la conexión a tierra del eje rotativo y de la sonda de medida a un potencial constante y por la variación del efecto capacitivo debido al paso de los alabes metálicos por delante de los elementos sensores se obtienen unos pulsos de señal cuyo retardo es proporcional a la posición axial.

35 Este procedimiento genera un pulso válido pro vuelta lo cual no es suficiente para sistemas de medida de régimen de giro que requieran una respuesta rápida ante variaciones de velocidad. Ya que el segundo pulso está desfasado de acuerdo a la posición axial y no es posible usarlo para la medida del régimen. Este es un sistema orientado exclusivamente a la medida de la posición axial.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

40 La presente invención tiene por objeto un sistema de medida de la posición axial de un eje, a partir de las señales eléctricas generadas por uno o más sensores, al paso de dientes de una rueda dentada que, manteniendo una configuración mecánica y eléctrica correspondiente a la utilizada para la medida de régimen de giro, como la que puede utilizarse en una turbina aeronáutica, permite de forma compatible la medida tanto de la posición axial del eje como la velocidad de giro del mismo, y todo ello con una velocidad de respuesta tanto en velocidad como en posición acorde con las necesidades de este tipo de aplicaciones.

Adicionalmente la presente invención aporta la utilización de sensores inductivos tradicionales y la posibilidad de realizar la medida con un único sensor.

Otra ventaja de esta invención es la incorporación de la autocalibración en el sistema de medida, por lo que la medida de la posición axial es independiente de las tolerancias de los sensores y su degradación con el tiempo, de las tolerancias de su posicionado durante el montaje y de cualquier efecto de desplazamiento relativo radial entre el eje y el estator donde ésta ubicado el/los sensor(es).

5 La presente invención permite la medida de la posición axial relativa del eje respecto del estator donde está alojado el/los sensor(es).

El sistema de la invención requiere de una longitud de eje equivalente al desplazamiento máximo que desea medir.

10 Con el sistema de la invención únicamente las tolerancias de mecanizado del eje, y más concretamente, las tolerancias relativas entre dientes adyacentes son la única fuente de incertidumbre del sistema compuesto por el eje, el estator y el/los sensor(es).

El sistema de la invención es aplicable, por ejemplo, para la detección de la rotura de ejes de turbinas, al medir con mayor rapidez el desplazamiento axial del grupo de turbina al final del eje.

15 Igualmente el sistema de la invención permite la detección de la aceleración descontrolada del eje de turbina, al medir el desplazamiento axial antes de que se produzca el incremento de velocidad. Igualmente es aplicable a la identificación del punto de inversión de carga axial del rodamiento de bolas en los ejes de turbinas aeronáuticas.

20 De acuerdo con la invención la rueda dentada se talla con uno o mas grupos iguales de dientes, estando cada grupo compuesto por al menos tres tipos de dientes de diferente altura, un primer tipo de dientes de altura constante máxima, un segundo tipo de dientes de altura constante mínima, y un tercer tipo de dientes de altura variable en la dirección axial del eje, entre las alturas máxima y mínima de los dientes del primer y segundo tipo de dientes antes citado. Los dientes de altura variable generan, a través del sensor o sensores, una señal cuya amplitud es función de la posición axial de los dientes de altura variable, respecto del sensor o sensores, y está acotada por las amplitudes de las señales generadas por los dientes de altura máxima y mínima.

La rueda dentada puede tallarse además con uno o más tipo de dientes de altura constante, comprendida entre las alturas máxima y mínima de los dientes del primer y segundo tipo citados.

25 Cada tipo de dientes puede comprender un solo diente o bien al menos el tercer tiempo de dientes de altura variable puede comprender más de un diente, dispuestos en posiciones alternadas con los dientes de máxima y mínima altura.

30 También cada tipo de dientes puede comprender al menos dos dientes de cada altura diferente, estando el cada grupo los dientes del mismo tipo situados en posiciones consecutivas, alternadas con las posiciones de los dientes de los restantes tipos.

Cada grupo de dientes puede incluir al menos un tipo de dientes con mas de un diente, pudiendo incluir cada grupo de dientes mas de un tipo de dientes de altura variable, en los que la variación de inclinación puede discurrir en el mismo sentido o en sentidos diferentes.

35 Según otra variante de ejecución, cada grupo de dientes puede incluir mas de un tipo de dientes de altura variable, en los que la inclinación de los mismos discurre en diferente sentido.

De este modo, la invención aprovecha la distribución de una serie de dientes de diferentes alturas dispuestos de forma consecutiva sobre una rueda dentada tradicional, para obtener la posición axial del eje sobre el que está montada, de forma que la medida disponga de una autocalibración en tiempo real.

40 Con el sistema de la invención la posición axial del eje se determina por la relación del voltaje obtenido en el diente de altura variable, respecto de los voltajes obtenidos en los dientes de máxima y mínima altura.

También, de acuerdo con la invención, en cada grupo de dientes, los dientes de altura constante generan una señal de referencia que se utiliza como método de autocalibración.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

45 En los dibujos adjuntos se muestra de forma esquemática y a título de ejemplo no limitativo una posible forma de ejecución para el sistema de medida de la posición axial de ejes de la invención.

En los dibujos:

La figura 1 muestra el desarrollo de un grupo de dientes que, de acuerdo con la invención, se repiten consecutivamente en todo el contorno de la rueda dentada utilizada para la medición de la posición axial de un eje.

La figura 2 muestra en perspectiva el desarrollo del mismo grupo de dientes.

La figura 3 muestra la representación de la tensión obtenida con el grupo de dientes de las figuras 1 y 2.

5 La figura 4 muestra la variación de altura del diente intermedio del grupo de dientes de las figuras 1 y 2, desde el punto de vista axial del eje.

La figura 5 muestra la tensión generada por los dientes de altura variable, que será función de la posición axial del eje.

10 La figura 6 representa la determinación del valor de la posición axial del eje en función de la relación del voltaje obtenido de los diferentes dientes, del grupo de dientes representado en las figuras 1 y 2.

La figura 7 representa la curva de la tensión obtenida por el sensor.

La figura 8 es una vista similar a la figura 2, mostrando una primera variante de ejecución.

La figura 9 es una vista similar a la figura 2, mostrando una segunda variante de ejecución.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE UN MODO DE REALIZACIÓN

15 El sistema de medida de régimen de giro, especialmente en turbinas aeronáuticas, está formado por una rueda dentada normalmente situada al final del eje y por uno o más sensores inductivos que generan una señal eléctrica de amplitud inversamente proporcional al espacio entre el sensor y la parte superior de los dientes y de frecuencia proporcional al régimen de giro y al número de dientes de la rueda dentada.

20 Con la presente invención es posible, mediante el mecanizado de algunos de los dientes de la rueda dentada, de disponer de una medida proporcional a la posición axial del eje de una forma autocalibrada.

De acuerdo con la presente invención, la rueda dentada se talla con grupos iguales de dientes de diferente altura, que se repiten consecutivamente en todo el contorno de la misma.

25 En las figuras 1 y 2 se representa un grupo de dientes que se repiten consecutivamente en todo el contorno de la rueda dentada y que comprende tres tipos de dientes de diferente altura, teniendo en el ejemplo representado cada tipo de dientes un solo diente, un diente que se referencia con el número 1 y es de máxima altura, un diente 2 de mínima altura y un diente intermedio 3 de altura variable, en dirección axial del eje, estando esta variación comprendida entre la altura de los dientes 1 y 2, de máxima y mínima altura.

30 Utilizando la secuencia de dientes de las figuras 1 y 2, dispuestos de forma repetitiva sobre toda la superficie curva de un eje, en combinación con un sensor inductivo fijo, situado radialmente respecto del eje a una cierta distancia del mismo, se obtendrá una tensión que presentará una forma acorde a la figura 3, en la que en ordenadas se representa el voltaje y en abscisas el ángulo en radianes, correspondiendo el tramo 4 al diente 1 de máxima altura, el tramo 5 al diente 2 de mínima altura y el tramo 6 al diente 3 de altura variable.

En el sistema de ejes de la figura 1, en ordenadas se representa la altura de los dientes en milímetros y en abscisas el ángulo ocupado por los dientes.

35 La presente invención aprovecha la distribución de una serie de dientes de diferentes alturas dispuestos de forma consecutiva sobre una rueda dentada tradicional para obtener la posición axial del eje sobre el que está montada de forma que la medida disponga de una autocalibración en tiempo real.

40 Disponiendo como se muestra en la figura 1 y figura 2 de una secuencia de tres dientes, de forma que el primero 1, presente una altura máxima, el tercero 2, una altura mínima y el intermedio 3, presente una rampa dispuesta axialmente de forma que su altura máxima coincida con la altura del primer diente 1 y su altura mínima coincida con la del tercer diente 2, es posible con el uso de un sensor inductivo determinar la posición axial de dicho eje, basándose en la amplitud de la tensión inducida por el paso del segundo diente en relación con las tensiones máxima del primero y mínima del tercero.

ES 2 401 068 T3

En todo momento la señal generada por el diente 1 será la de mayor amplitud y la generada por el diente 2 será la de menor amplitud. La amplitud de la señal generada por el diente 3, será de una amplitud comprendida entre las dos anteriores.

5 Desde el punto de vista axial del eje los dientes 1 y 2 presentan una altura uniforme y constante, y los dientes 3 presentan una rampa, tal como se muestra en la figura 4, donde en ordenadas se representan la altura de los dientes y en abscisas la longitud de los mismos, todo ello en milímetros. Con la referencia 8 se indica la posición del sensor.

10 Esta forma de los dientes 3, mecanizados con alturas máximas equivalentes a los dientes 1 y alturas mínimas equivalentes a los dientes 2, permite concluir que la amplitud de la señal generada por los dientes 3, siempre estará limitada en su parte superior por la generada por el diente anterior del tipo 1 y en su límite inferior por el diente siguiente del tipo 2. Mediante este sistema mecánico es posible acotar la señal generada por un sensor ante el paso de dicha secuencia de dientes.

15 La tensión generada por los dientes 3 será función de la posición axial del eje, de forma que cuando por el movimiento axial del eje el sensor se encuentra enfrentado a partes más altas de los dientes tipo 3, la amplitud de la señal generada será mayor, y de la misma manera cuando el sensor se va enfrentando a partes más bajas de los dientes tipo 3, la amplitud de la señal generada será menor, y en todo momento esta amplitud está acodada por las amplitudes de las señales generadas por los dientes adyacentes. La figura 5 muestra esta descripción, representándose en ordenadas el voltaje y en abscisas ángulos en radianes.

20 Una vez demostradas las cotas de la amplitud de la señal generada por los dientes 3 se puede concluir que existe una relación directa entre la amplitud de la señal generada por los dientes 3 y su posición axial.

Esta secuencia de dientes 1 y 2 mecanizados con las alturas máximas y mínimas de las rampas de los dientes 3 permite generar una señal de autocalibración implícita en la misma medida.

25 Esta señal de autocalibración permite evitar la necesidad de ninguna calibración inicial o posterior para poder conocer el estado de la medida o del sensor. Cualquier sustitución del sensor por otro equivalente, cualquier modificación del gap entre el sensor y el eje, cualquier deterioro de las características del sensor quedan anuladas al disponer de dos medidas de referencia insertadas en la misma medida.

Igualmente las deformaciones mecánicas que afecten a la posición relativa entre el eje y el sensor quedan anuladas al disponer de dos medidas que corresponden a los valores máximo y mínimo del parámetro a medir.

30 Cada tipo de dientes puede comprender dos o más dientes de cada altura diferente, estando en cada grupo los dientes del mismo tipo situados en posiciones consecutivas, alternadas con las posiciones de los dientes de los restantes tipos.

Al menos el tercer tipo de dientes de altura variable puede comprender más de un diente, que irían dispuestos en posiciones alternadas con los dientes de máxima y mínima altura.

35 Con el fin de obtener el máximo de medidas de la posición axial por cada vuelta, es posible cambiar la secuencia de dientes hasta ahora planteada: 1,3,2,1,3,2,1,3,2..., por otra como: 1,3,2,3,1,3,2,3,1..., esta secuencia permite realizar más medidas para el mismo número de dientes por vuelta, ya que en la primera medida se utiliza la secuencia 1,3,2 y en la segunda se aprovecha el último diente de la medida anterior 2,3,1 y así sucesivamente. Esta nueva secuencia de dientes permite realizar 30 medidas por vuelta para el caso de usar la tradicional rueda fónica, en lugar de las 20 medidas por vuelta de la primera propuesta.

40 Debido a que con frecuencia el diámetro de la cabeza sensora del sensor inductivo, es mayor que el ancho del diente, es de esperar efectos secundarios debidos al diente anterior en la amplitud de la señal generada por el diente actual, esto podría afectar a las amplitudes de las señales de referencia, dientes 1 y 2, en función de la posición del eje. Para mitigar este efecto es posible utilizar una secuencia de dientes que permite que en todo momento el sensor esté viendo un entorno de similares características.

45 Esta secuencia se puede representar como 1,1,1,3,3,3,2,2,2,3,3,3,1,1,1,3,3,3,2,2,2,..., de forma que siempre se puede asegurar que el diente intermedio de cada bloque de tres generará una señal no perturbada por dientes diferentes en su entorno. Esta secuencia permite realizar 10 medidas de posición axial por revolución con un único sensor.

Estas y otras secuencias serán posible siempre que en el conjunto de dientes de la rueda dentada exista un conjunto de al menos tres dientes, uno de altura mínima, otro de altura máxima y un tercero de altura variable entre las alturas de los dientes de máxima y mínima altura, dispuestos entre sí en cualquier orden y número.

5 La determinación del valor de la posición axial del eje viene dada por la relación del voltaje obtenido en el diente de medida (V_3) respecto a los voltajes máximo del diente 1, (V_1) y mínimo del diente 2, (V_2).

Tal como se puede ver en la figura 6, donde en ordenadas se representa la posición axial en milímetros y en abscisas el voltaje, en primer aproximación la posición del eje vendrá dada de la relación lineal entre las posiciones extremas del eje y sus voltajes correspondientes. En este caso se ha utilizado la tensión generada por el segundo diente de cada secuencia de tres.

10 Debido a que el flujo en el espacio entre el sensor y la rueda dentada es función inversa de la distancia, la tensión obtenida no será lineal respecto a las variaciones de dicho espacio. Por otra parte, la relación entre las tensiones V_1 y V_2 está relacionada directamente con la resolución y precisión de la medida. Ya que diferencias pequeñas entre ambas tensiones implicarán una mayor sensibilidad al ruido, sin embargo diferencias grandes implicarán trabajar en la zona no lineal de la curva de la figura 7, donde en ordenadas se representa el voltaje y en abscisas la distancia en milímetros.

15 La elección de una relación de voltaje entre V_1 y V_2 que permita una medida adecuada a la aplicación, implicará el valor de variación del hueco entre el sensor y la rueda dentada, y por tanto la altura de cada tipo de diente.

De todas formas ante variaciones pequeñas de esta separación es posible realizar una aproximación lineal de la curva con errores inferiores al 1%.

20 Las oscilaciones o variaciones de la posición central del eje y las variaciones relativas entre el eje y la carcasa donde se encuentra alojado, supondrán un deslizamiento del rango de trabajo sobre la curva de la figura 6. De forma que existe el riesgo, por ejemplo de que por un posicionado erróneo de la sonda respecto a la rueda dentada, se esté trabajando en la zona de mayor curvatura de la figura 7, lo cual implica un mayor error de linealidad en la medida. Este riesgo puede mitigarse con un método más evolucionado del cálculo de la posición a partir del voltaje medido.

25 Como en todo momento es posible obtener una relación entre la tensión máxima de los dientes 1, de la tensión mínima de los dientes 2 y el régimen de giro, y como la curva de la figura 7 se puede obtener de una forma adimensional, ya que la forma solo depende de la inversa de la distancia, es posible ubicarse dentro de la curva y saber si estamos en una zona lineal o no, y por tanto extraer el valor de la posición de una forma lineal o aplicando la curva adimensional de la figura 7.

30 En la figura 8 se muestra un grupo de dientes, similar al de la figura 2, en el que el diente 3 de altura variable tiene variación de inclinación en dos sentidos 3' y 3'' diferentes, determinando una configuración convexa.

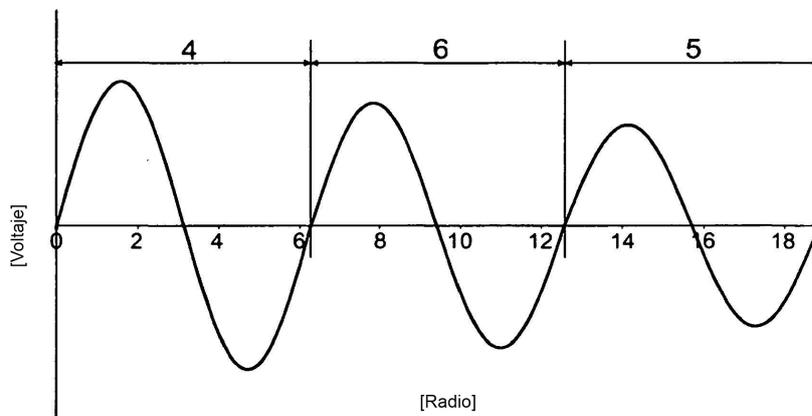
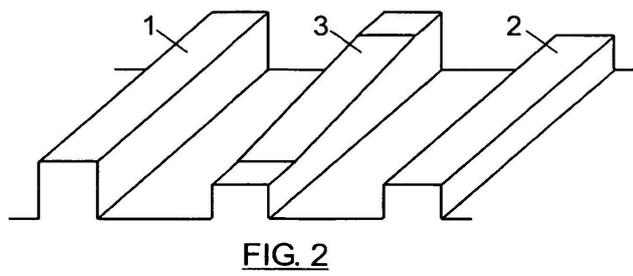
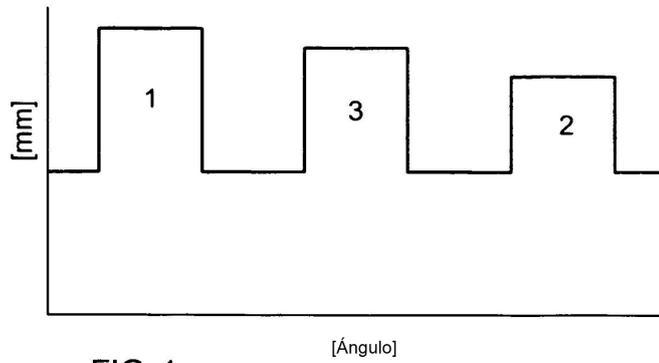
En la figura 9 el diente 3 tiene también tramos 3' y 3'' con diferente inclinación, pero determinando una configuración cóncava.

35 Según se desprende, la invención aporta un sistema de medida de la posición axial de un eje sobre la base de un sistema tradicional de medida del régimen de giro y con la utilización de una sonda inductiva tradicional, al incorporar un sistema de autocalibración y referencia dentro de la misma medida. La invención permite la convivencia de un sistema de medida de régimen de giro del eje con una capacidad de respuesta rápida ante variaciones de velocidad, al generar múltiples pulsos por vuelta, con la medida de la posición axial del eje, sin interferirse mutuamente ambas medidas.

40 Además la invención permite la realización de un sistema de medida de la posición axial de un eje de una forma compacta, al necesitar solamente como distancia axial el mismo valor que el desplazamiento axial que se espera medir.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Sistema de medida de la posición axial de ejes, a partir de la señal eléctrica generada por uno o mas sensores separados radialmente del eje, al paso de dientes de una rueda dentada fijada sobre dicho eje, tallada con uno o mas grupos iguales de dientes, caracterizado porque cada grupo comprende al menos tres tipos de dientes de diferente altura, un primer tipo de dientes de altura constante máxima, un segundo tipo de dientes de altura constante mínima, y un tercer tipo de dientes de altura variable en la dirección axial del eje, entre las alturas máxima y mínima de los dientes del primer y segundo tipo de dientes; cuyos dientes de altura variable generan, a través del sensor o sensores, una señal cuya amplitud es función de la posición axial de dichos dientes de altura variable respecto del sensor o sensores y está acotada por las amplitudes de las señales generadas por los dientes de altura máxima y mínima.
- 10 2.- Sistema según la reivindicación 1, caracterizada porque la rueda dentada se talla además con uno o más tipos de dientes de altura constante, comprendida entre las alturas máxima y mínima de los dientes del primero y segundo tipo.
- 3.- Sistema según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque cada tipo de dientes comprende un solo diente.
- 15 4.- Sistema según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque al menos el tercer tipo de dientes de altura variable comprende mas de un diente, dispuestos en posiciones alternadas con los dientes de máxima y mínima altura.
- 20 5.- Sistema según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque cada tipo de dientes comprende al menos dos dientes de cada altura diferente, estando en cada grupo los dientes del mismo tipo situados en posiciones consecutivas, alternadas con las posiciones de los dientes de los restantes tipos.
- 6.- Sistema según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque cada grupo de dientes incluye al menos un tipo de dientes con más de un diente.
- 7.- Sistema según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque cada grupo de dientes incluye más de un tipo de dientes de altura variable, todos con variación de inclinación en el mismo sentido.
- 25 8.- Sistema según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque cada grupo de dientes incluye más de un tipo de dientes de altura variable, con variación de inclinación en diferente sentido.
- 9.- Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque al menos uno de los dientes del tercer tipo de dientes de altura variable presenta inclinaciones en diferentes sentidos.
- 30 10.- Sistema según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la posición axial del eje se determina por la relación del voltaje obtenido en el diente o dientes de altura variable, respecto de los voltajes obtenidos en los dientes de máxima y mínima altura.
- 11.- Sistema según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en cada grupo de dientes, los dientes de altura constante generan una señal de referencia que se utiliza como método de autocalibración.



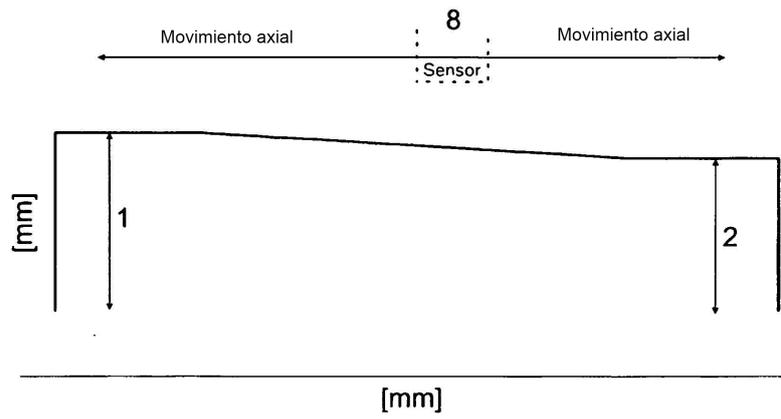


FIG. 4

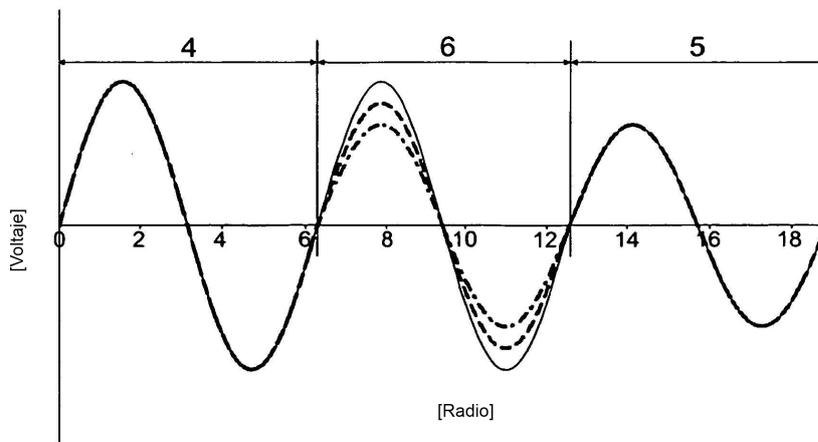


FIG. 5

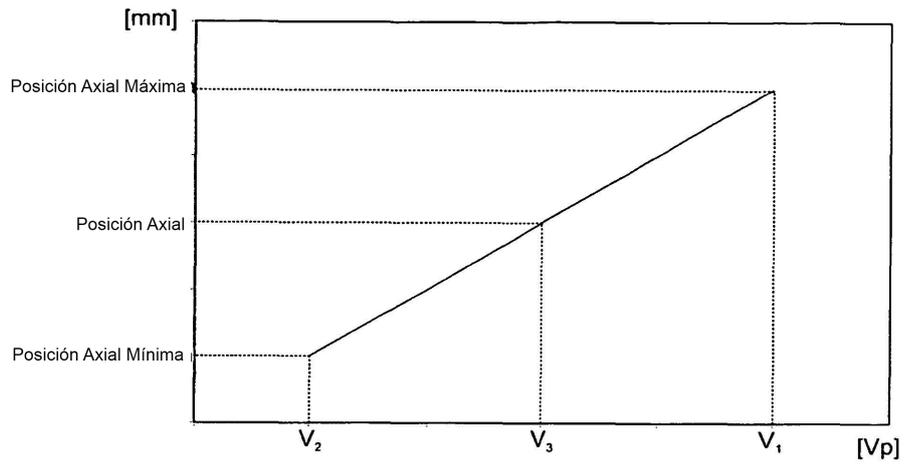


FIG. 6

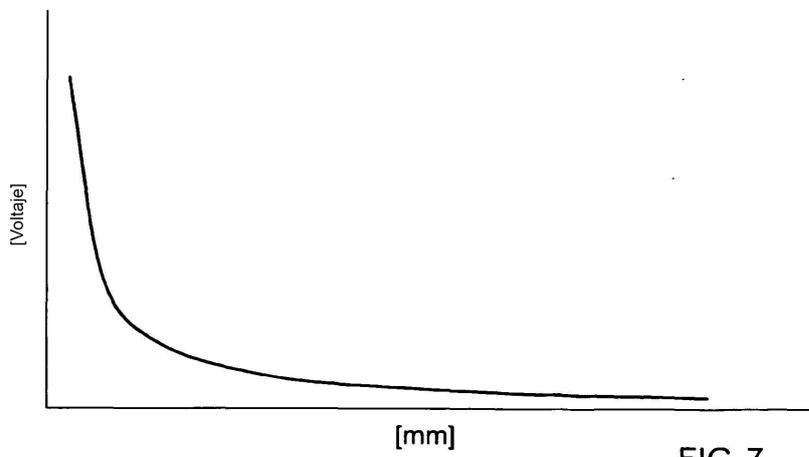


FIG. 7

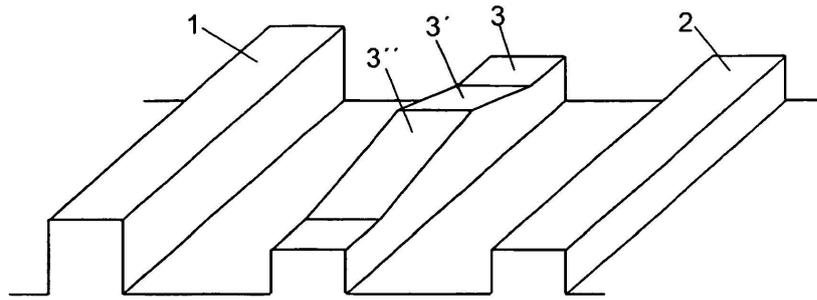


FIG. 8

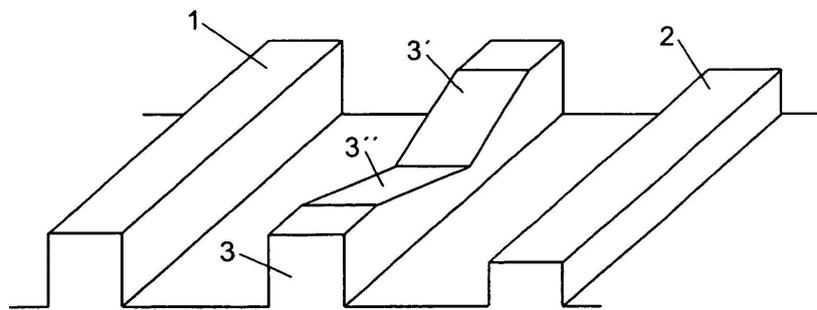


FIG. 9