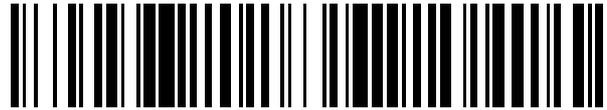


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 678**

51 Int. Cl.:

**G01P 3/48** (2006.01)  
**G01P 3/488** (2006.01)  
**G01P 13/00** (2006.01)  
**G01P 13/04** (2006.01)  
**G01F 1/075** (2006.01)  
**G01D 5/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2010 E 10795256 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015 EP 2526429**

54 Título: **Procedimiento para detectar la rotación y el sentido de giro de un rotor**

30 Prioridad:

**21.01.2010 DE 102010005231**

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

**10.07.2015**

73 Titular/es:

**SENSUS SPECTRUM LLC (100.0%)  
8601 Six Forks Road  
Raleigh NC 27615, US**

72 Inventor/es:

**BAUMANN, JOACHIM**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 540 678 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).

**DESCRIPCION**

Procedimiento para detectar la rotación y el sentido de giro de un rotor

**Campo técnico**

5 El invento se refiere a un procedimiento para detectar el sentido de giro y el sentido de giro de un rotor de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

**Estado de la técnica**

10 Procedimiento y dispositivos adecuados para la realización del procedimiento para contar los giros de un rotor, por ejemplo de un indicador o de un disco en el sistema de medida de un contador de consumo, son conocidos en numerosas variantes y habituales comercialmente. Así, el documento DE 33 40 508 C2 muestra por ejemplo un dispositivo emisor de impulsos para contadores de agua con un mecanismo contador de indicador y ruedas, de fabricación de serie. Sobre un disco portador está montado un imán permanente como transmisor de impulsos. Un receptor de impulsos situado en el exterior de la carcasa del mecanismo contador emite un impulso de contar cada vez que el imán permanente pasa por delante de él. Una disposición comparable es objeto del documento DE 100 60 198 A1. Sin embargo, este tipo de dispositivo emisor de impulsos no se ha acreditado en la práctica porque no se puede distinguir si el mecanismo contador gira hacia delante o hacia atrás. Se producen grandes errores cuando el emisor de impulsos oscila delante del receptor de impulsos; se generan continuos impulsos de contar aun cuando el mecanismo contador no ha terminado un giro completo ni hacia delante ni hacia atrás.

20 Muy extendida está en la practica la utilización de sensores de proximidad inductivos que utilizan un circuito oscilante LC que puede ser amortiguado por la aproximación de un objeto conductor de la electricidad, y un circuito de valoración para la detección de la amortiguación de oscilación provocada por el miembro amortiguador. Con ello el circuito oscilante LC es excitado periódicamente a oscilaciones resonantes con el ritmo de una frecuencia de muestreo. A continuación se mide el tiempo hasta que la amplitud de las oscilaciones resonantes cae por debajo de un umbral previamente determinado. Si el elemento amortiguador se encuentra en la zona de detección el tiempo de caída de la oscilación es corto, si el elemento amortiguador se encuentra fuera de la zona de detección del sensor el tiempo de caída de la oscilación es largo. Si el elemento amortiguador se encuentra parcialmente en la zona de detección del sensor, entonces el tiempo de caída de la oscilación se encuentra entre ambos extremos; la decisión de si el elemento amortiguador se encuentra dentro o fuera de la zona de detección se alcanza mediante un umbral de conexión introducido adicionalmente.

30 Los siguientes documentos muestran detalles de esto: DE 36 11 862 A1, DE 37 33 943 A1, DE 37 33 944 C2, EP 0 608 494 B1, EP 0 467 753 B1, DE 39 23 398 C1 y DE 19 809 031 A1.

Otra característica del procedimiento y los dispositivos conocidos es el número de sensores empleados. Así, por ejemplo, los documentos DE 37 33 943 A1 y DE 37 33 944 C1 muestran procedimientos y dispositivos que utilizan solo un sensor. Igualmente, el documento DE 36 11 852 A1 muestra solo un sensor que adicionalmente está construido como transformador.

35 El documento EP 0 608 494 B1 muestra un detector de giros que trabaja con un sensor de medida, un sensor de referencia y un rotor con tres características de amortiguación diferentes.

El documento EP 0 467 753 B1 muestra un dispositivo para reconocer la rotación, el cual trabaja con dos o más sensores de medida, en donde los sensores están conectados uno tras otro. Con ello se debe evitar la interferencia inductiva entre los sensores que puede causar perturbaciones.

40 El documento DE 39 23 398 C1 muestra un detector de giros para servicio con batería, el cual trabaja con apenas cuatro sensores, de los cuales cada dos están conectados de manera complementaria uno con otro. Puesto que la conexión de cuatro circuitos oscilantes LC consume naturalmente más intensidad de batería que la excitación de uno o dos sensores, este circuito solo se debe utilizar con grandes baterías o durante corto tiempo.

45 El documento DE 198 09 031 A1 muestra que es posible fabricar como circuito impreso tres bobinas que para un circuito oscilante LC deben ser completadas con un condensador cada una.

Para el consumo de corriente de batería no solo es decisiva la frecuencia de muestreo. Cuanto más alta es la frecuencia de muestreo, es decir, cuanto más frecuentemente por unidad de tiempo se exciten los circuitos oscilantes tanto más alto es el consumo de batería. Para reducir la corriente de batería la frecuencia de muestreo debería ser lo más baja posible. Tampoco hay que olvidar el teorema de Shannon. El teorema de Shannon dice que para reconocer de manera segura el giro del rotor deben realizarse más de dos muestreos por giro. De ello se deduce que la frecuencia de muestreo debe estar ajustada a la máxima velocidad de giro que se puede esperar, aun cuando la máxima velocidad de giro se alcance raramente o nunca.

Para reducir el consumo de batería en estos casos, por el documento EP 0 898 152 A1 se conoce modificar la frecuencia de muestreo de manera que se adapte. Con el rotor parado la frecuencia de muestreo es reducida escalonadamente. Tan pronto como el rotor arranca de nuevo se recupera de nuevo la máxima frecuencia de muestreo. Puesto que la electrónica reconoce el nuevo arranque del rotor solamente cuando éste ha completado como mínimo un cuarto de vuelta se puede llegar a mediciones erróneas hasta que de nuevo se alcance la frecuencia de muestreo completa.

Si se utilizan dos sensores para captar las revoluciones de un disco, que hasta la mitad está cubierto por un elemento amortiguador, ambos sensores están desfasados  $\pi/2$  uno respecto del otro. Con ayuda del umbral de conexión arriba mencionado se detecta si el elemento amortiguador está situado delante del sensor o no. Con ello, cada sensor proporciona dos señales: amortiguado o no amortiguado. Con ello se pueden calcular los cuatro estados, de acuerdo con los cuatro cuadrantes del disco. Por comparación de estados de señal consecutivos se puede detectar si el disco ha girado  $\pi/2$  hacia delante o hacia atrás. Después de contar cuatro movimientos hacia delante consecutivos, se ha captado un giro completo hacia delante, después de contar cuatro movimientos consecutivos hacia atrás se ha captado un giro completo hacia atrás.

La desventaja adicional de estas disposiciones de circuito es la inseguridad de la decisión "amortiguado" o "no amortiguado" cuando solo el borde del elemento amortiguador se encuentra en la zona de detección del sensor. Además se añade la inexactitud general en la detección del tiempo de caída de la oscilación momentáneo, motivada por la inexactitud al medir las amplitudes de la oscilación y la decisión de si la amplitud actual está por encima o por debajo del umbral de amplitudes. Otras fuentes de errores son los ruidos, por ejemplo los ruidos cuantificadores, y las modificaciones en los sensores debidas al envejecimiento. Todo esto tiene como consecuencia que en la práctica se ajusta la frecuencia de muestreo mucho más alta que lo que requiere el teorema de muestreo de Shannon. Esto está unido con un consumo de batería más alto. Este es el problema.

### Presentación del invento

El presente invento tiene como base la misión de presentar un procedimiento para la detección exacta del sentido de giro y del giro de rotores reduciendo al mismo tiempo el consumo de energía.

Esta misión será resuelta por el procedimiento con las características de la reivindicación 1.

El procedimiento acorde con el invento prescinde de la decisión, hasta ahora habitual, "amortiguado" o "no amortiguado". En lugar de esto se procesan directamente los tiempos de caída de la oscilación medidos. Sin embargo, para evitar las inexactitudes debidas a sensores con características diferentes unos de otros, por procesos de envejecimiento diferentes etc. en primer lugar se normalizan los sensores o sus tiempos de caída de la oscilación, de manera que el máximo tiempo de caída de la oscilación no amortiguado es asociado con el valor +1, el mínimo tiempo de caída de la oscilación amortiguado es asociado con el valor -1, de manera que los tiempos de caída de la oscilación realmente medidos en servicio, sobre los que se han aplicado las reglas de normalización, se encuentran en el rango entre +1 y -1, dependiendo de cuanto ha entrado el elemento de amortiguación en el campo de detección del sensor. A partir de los tiempos de caída de la oscilación de los sensores medidos y normalizados se forma un vector en un sistema de coordenadas bidimensional cuyos ejes están en el mismo ángulo uno respecto a otro que los ejes de los sensores. Si se debe detectar, como suele ser habitual, el giro de un disco que está cubierto hasta la mitad por una chapa de amortiguación, con ayuda de dos sensores que están situados en ángulo recto uno respecto al otro, entonces el vector es dibujado sobre un sistema de coordenadas bidimensional en ángulo recto partiendo desde el punto cero. En este sistema de coordenadas el vector gira de medición a medición con la misma velocidad y en la misma dirección que el rotor vigilado. Con ello, en cada momento de muestreo, se conoce la posición angular actual del rotor vigilado, no solo como hasta ahora, la terminación más o menos exacta de un giro en  $\pi/2$ .

Debido al hecho de que se conoce exactamente cada posición angular del rotor vigilado se puede determinar con gran seguridad, por comparación de las posiciones angulares consecutivas, si el rotor gira, en qué dirección gira y cuando se ha terminado un giro completo hacia delante o hacia atrás. Gracias a esta mayor resolución de cada medida independiente se pueden reducir claramente la frecuencia de muestreo y el consumo de energía.

- 5 Otra ventaja es la normalización de los tiempos de muestreo máximo y mínimo mediante los que se eliminan las desviaciones individuales de los sensores. Esto es especialmente válido cuando, de acuerdo con un desarrollo ventajoso del invento, los pasos de normalización se repiten a intervalos de tiempo.

Debido a la periodicidad de las ecuaciones trigonométricas se llega a saltos en el valor cuando el ángulo del vector sobrepasa el umbral de  $360^\circ$  o bien desciende por debajo del umbral de  $0^\circ$ . Puesto que en principio el sentido de giro del rotor entre dos medidas es desconocido, se puede producir por ejemplo una diferencia negativa del ángulo medido tanto por una rotación hacia atrás o por un salto por encima del umbral de  $360^\circ$  en el caso de una rotación hacia delante. Pero se desea que se pueda fijar con seguridad cuando se ha completado un giro completo del rotor hacia delante o hacia atrás. Para conseguir esto, se determina la diferencia angular real con ayuda de las igualdades mencionadas en la reivindicación 2. Con la primera igualdad se verifica que no se ha producido ningún salto por encima de la línea cero, con la segunda, un salto sobre la línea cero en dirección hacia delante y con la tercera, que se ha producido un salto por encima de la línea cero en dirección hacia atrás. El menor de los tres valores calculados B1, B2 o B3 corresponde al arco angular más corto posible al que puede haber regresado el rotor entre la medida anterior y la medida actual.

20 Para calcular también la dirección de giro a partir de las longitudes de arco calculadas con las ecuaciones B1, B2 o B3 del ángulo de giro retrocedido desde el último muestreo, con ayuda de las ecuaciones C1, C2 y C3 de la reivindicación 2 se determina el signo y con ello el sentido de giro. Signo positivo significa giro hacia delante, signo negativo significa giro hacia atrás.

Según un desarrollo del invento, la frecuencia de muestreo puede ser reducida si el valor del ángulo diferencia sobrepasa por debajo un primer umbral, y puede ser aumentada de nuevo cuando el valor del ángulo diferencia sobrepasa un segundo umbral.

Preferentemente el invento puede ser utilizado con la utilización de dos sensores con separación angular de  $\pi/2$  y como rotor un disco cubierto a la mitad con un elemento amortiguador.

En este caso el ángulo actual del vector formado a partir de los tiempos de caída de la oscilación medidos y normalizados puede ser calculado mediante las funciones mencionadas en la reivindicación 6.

### 30 Descripción de los dibujos

Sobre la base del dibujo el invento debe ser explicado con más detalle en forma de ejemplos constructivos. Se muestra:

- Fig. 1 de forma puramente esquemática, una disposición para detectar la rotación de un rotor de dos dimensiones,
- 35 Fig. 2 una representación simplificada del proceso de caída de la oscilación del sensor sin amortiguar
- Fig. 3 una representación simplificada del proceso de caída de la oscilación del sensor con amortiguación máxima,
- Fig. 4 la valoración de la rotación del rotor de dos dimensiones representado en la figura 1, en un sistema de coordenadas de dos dimensiones plano normalizado a valores entre +1 y -1.
- 40 Fig. 5 posición y secuencia de los momentos de medida en el caso de un rotor que gira con menor velocidad, y
- Fig. 6 posición y secuencia de los momentos de medida en el caso de un rotor que gira con mayor velocidad.

Caminos para la ejecución del invento y valorización profesional.

La figura 1 muestra en forma puramente esquemática un rotor 1 en forma de un disco que está cubierto hasta la mitad con un elemento de amortiguación D. Con muy corta separación respecto del rotor 1 y a una distancia angular mutua de  $\pi/2$  hay situados dos sensores S1, S2. Los sensores S1, S2 están formados por circuitos oscilantes LC que son excitados para oscilar al ritmo de una frecuencia de muestreo  $f_A$  (véase figuras 6 y 7). Los tiempos de caída de la oscilación dependen de si el elemento amortiguador D se encuentra totalmente, parcialmente o apenas en el campo de detección de los sensores S1, S2.

La figura 2 muestra una representación simplificada del tiempo de caída de la oscilación S1 en estado de no amortiguación máximo. El correspondiente tiempo de caída de la oscilación  $t_1$  máx. de no amortiguación máximo es el intervalo de tiempo hasta que la amplitud A de las oscilaciones cae por debajo de un umbral de conexión  $T_r$  predeterminado.

La figura 3 muestra análogamente, los procesos en el caso del sensor S1 amortiguado máximo. El umbral de conexión  $T_r$  es el mismo que en la figura 2. El tiempo de caída de la oscilación  $t_1$  mínimo es considerablemente más corto que  $t_1$  máx.

La figura 4 muestra un sistema de coordenadas E bidimensional en ángulo recto que se adapta al ejemplo constructivo de la figura 1. Las zonas de valores de ambos ejes están normalizadas a valores entre +1 y -1. Con ello, el valor +1 sobre el eje  $t_{1n}(S1)$  corresponde al valor  $t_1$  máx en la figura 2, el valor -1 al valor  $t_1$  mín en la figura 3.

Lógicamente, lo mismo es válido para los valores del segundo sensor S2 sobre el segundo eje denominado con  $t_{2n}(S2)$ .

Los valores realmente medidos en los sensores S1 y S2 están entre  $t_1$  máx y  $t_1$  mín. Gracias a la utilización de las mismas reglas de normalización, estos están en la representación de la figura 4, entre +1 y -1. En el sistema de coordenadas E se forman y se dibujan los vectores Z a partir de los valores  $t_{1n}$  y  $t_{2n}$  consecutivos medidos y normalizados.

En la figura 4 hay dibujados tres vectores Z-1, Z0 y Z+1. El vector Z0 se forma por la suma vectorial del valor  $t_{1n0}$  medido y normalizado del sensor S1 y la componente  $t_{2n0}$  medida y normalizada del sensor S2. El ángulo vectorial  $W_0$  actual puede ser calculado mediante la igualdad  $W_0 = \arctan(t_{2n0}/t_{1n0})$ . En general, el ángulo vectorial queda determinado mediante las formulas:

$$\begin{aligned} B1 &= [(W_0) - (W-1)] & C1 &= \text{signo}((W_0) - (W-1)) \\ B2 &= [(W_0) - (W-1) + 2\pi] & C2 &= \text{signo}((W_0) - (W-1) + 2\pi) \\ B3 &= [(W_0) - (W-1) - 2\pi] & C3 &= \text{signo}((W_0) - (W-1) - 2\pi). \end{aligned}$$

Correspondientemente se calcula el ángulo vectorial  $W+1$  del vector Z+1 inmediato siguiente, e igualmente fue calculado el ángulo vectorial  $W-1$  del vector Z-1 próximo anterior.

Como muestra la figura 4, el ángulo vectorial  $W_0$  del vector actual Z0 es menor que el ángulo  $W-1$  del vector Z-1 inmediato anterior. Sin embargo, no ha tenido lugar ningún giro en dirección hacia atrás sino un giro en dirección hacia delante por encima de la línea cero. Para poder detectar la dirección de giro real y con ello el traspaso de la línea cero o la terminación completa de un giro completo se determinará el valor de la diferencia angular  $\Delta W$  mínima entre Z-1 y Z0 utilizando la siguiente formula:

$$[\Delta W] = \min\{[(W_0) - (W-1)], [(W_0) - (W-1) + 2\pi], [(W_0) - (W-1) - 2\pi]\}$$

Se entiende que en el caso de un giro hacia atrás del rotor 1, al sobrepasar por debajo la línea cero el ángulo vectorial actual será claramente más grande que ángulo vectorial inmediato anterior. También aquí se creará más claridad mediante la selección del valor mínimo de  $[\Delta W]$ .

Las figuras 5 y 6 muestran posición y número de los momentos de muestreo al ritmo de la frecuencia de muestreo  $f_A$  para menor velocidad de giro (figura 5) y para mayor velocidad de giro (figura 6) para el sentido de giro hacia delante.

En el caso del rotor con menor velocidad de giro representado en la figura 5 se obtienen más momentos de muestreo por giro. Por lo demás se reconoce que los ángulos vectoriales  $W$  se mueven solo entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$  o entre  $0$  y  $2\pi$ . Sin embargo, la mayor claridad de los valores de medida condicionada con ello puede ser eliminada, como se ha expuesto anteriormente, por los criterios adicionales, en concreto cálculo de la diferencia angular mínima y del valor de signo asociado.

5

En cada caso se puede captar con alta seguridad la posición angular del rotor 1 y con ella su rotación hacia delante o hacia atrás. El procesamiento del ángulo determinado con mayor definición hace posible que también con pocos puntos de medida por giro, es decir, con frecuencia de muestreo reducida, se puedan detectar con alta seguridad las velocidades de giro y las direcciones de giro del rotor 1. Con el procedimiento acorde con el invento, la frecuencia de muestreo puede ser reducida casi a la mitad respecto de procedimientos habituales con como mínimo igual fiabilidad en la detección del giro y la dirección de giro.

10

15

20

25

30

35

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para detectar el giro y la dirección de giro (V, R) de un rotor, comprendiendo
  - posicionado de como mínimo un elemento amortiguador (D) sobre el rotor (1),
  - posicionado de dos sensores (S1, S2), formados por un circuito oscilante desplazados uno respecto del otro y con muy pequeña separación respecto del rotor (1) y elemento amortiguador (D),
  - generación de una frecuencia de muestreo (fA),
  - al ritmo de la frecuencia de muestreo (fA), excitar periódicamente y durante poco tiempo los sensores (S1, S2) para que comiencen a oscilar,
  - detección de los tiempos de caída de la oscilación (t1, t2) de los sensores (S1, S2),
  - transformar los tiempos de caída de la oscilación (t1, t2) en posiciones del ángulo de giro del rotor (1),
  - comparación de posiciones angulares de giro consecutivas para calcular la dirección de giro (V, R),
  - observar las posiciones angulares de giro consecutivas para reconocer un giro completo,
- 15 caracterizado por las características:
  - realizar una normalización mediante
    - i. calcular el tiempo de caída de la oscilación (t1 max) máximo del primer sensor (S1) sin amortiguar,
    - ii. calcular el tiempo de caída de la oscilación (t2 min) mínimo del primer sensor (S1) amortiguado,
    - iii. normalizar el tiempo de caída de la oscilación (t1 max) máximo del primer sensor (S1) sin amortiguar, al valor W+1,
    - iv. normalizar el tiempo de caída de la oscilación (t1 min) mínimo del primer sensor (S1) amortiguado, al valor W-1,
    - v. repetir los pasos de normalización para el otro sensor (S2),
  - y realizar las mediciones mediante
    - i. medir los tiempos de caída de la oscilación (t1, t2) actuales de los sensores (S1, S2) al ritmo de la frecuencia de muestreo (fA),
    - ii. Aplicar las normas de normalización a los tiempos de caída de la oscilación (t1, t2) medidos de los sensores (S1, S2),
    - iii. formar un vector (Z) a partir de los valores normalizados de los tiempos de resonancia (t1n, t2n) medidos y, partiendo de su punto cero, dibujar el vector (Z) en un sistema de coordenadas (E) cuyas dimensiones corresponden al número de los sensores (S1, S2) utilizados,
    - iv. determinar el ángulo vectorial (W0) actual,
    - v. comparar el ángulo vectorial (W0) con el valor de un ángulo vectorial (W-1) precedente adecuado,
    - vi. determinar un giro del rotor (1),
    - vii. determinar la dirección de giro (V, R),
    - viii. y repetir las mediciones al ritmo de la frecuencia de muestreo (fA).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por las características:

- para determinar las características de la diferencia angular ( $\Delta W$ ) entre el ángulo vectorial ( $W_0$ ) actual y el ángulo vectorial ( $W-1$ ) precedente se calculan las siguientes igualdades:

$$B1 = [(W_0) - (W-1)] \quad C1 = \text{signo}((W_0) - (W-1))$$

5  $B2 = [(W_0) - (W-1) + 2\pi] \quad C2 = \text{signo}((W_0) - (W-1) + 2\pi)$

$$B3 = [(W_0) - (W-1) - 2\pi] \quad C3 = \text{signo}((W_0) - (W-1) - 2\pi).$$

- el valor de la diferencia angular ( $\Delta W$ ) entre la medida actual y la precedente se obtiene de aquella de las tres igualdades ( $B1, B2, B3$ ) que tiene el valor mínimo (=  $\min(B1, B2, B3)$ ).
- la dirección de giro del vector ( $Z$ ) o del rotor (1) entre la medida actual y la precedente se obtiene del signo de aquella igualdad  $C1, C2$  o  $C3$  que corresponde a la igualdad  $B1, B2, B3$  con el valor mínimo,
- un signo positivo significa giro hacia delante (V), un signo negativo hacia atrás (R).

10

3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por la característica:

- la diferencia angular real se obtiene del producto de aquella igualdad  $B1, B2$  o  $B3$  con el valor mínimo y el correspondiente signo  $C1, C2$  o  $C3$ .

15

4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por la característica:

- repetir la normalización a intervalos de tiempo.

5. Procedimiento según como mínimo una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por la característica:

- se reduce la frecuencia de muestreo ( $f_A$ ) cuando la diferencia angular ( $\Delta W$ ) sobrepasa por debajo un primer umbral,
- se aumenta de nuevo la frecuencia de muestreo ( $f_A$ ) cuando la diferencia angular ( $\Delta W$ ) sobrepasa por arriba un segundo umbral.

20

6. Procedimiento según como mínimo una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por la característica:

- Determinar el ángulo vectorial ( $W$ ) mediante las formulas:

$$W = \arctan(t_{2n}/t_{1n}) \text{ cuando } t_{1n} \Rightarrow 0 \text{ y } t_{2n} \Rightarrow 0,$$

25  $W = \arctan(t_{2n}/t_{1n}) + \pi \text{ cuando } t_{1n} < 0,$

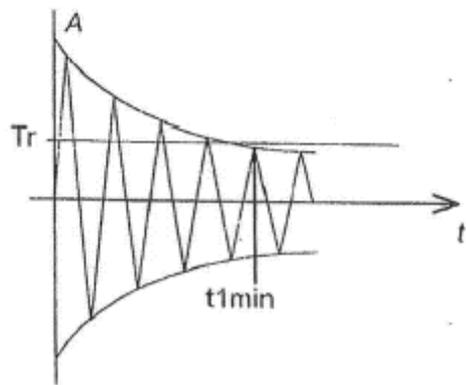
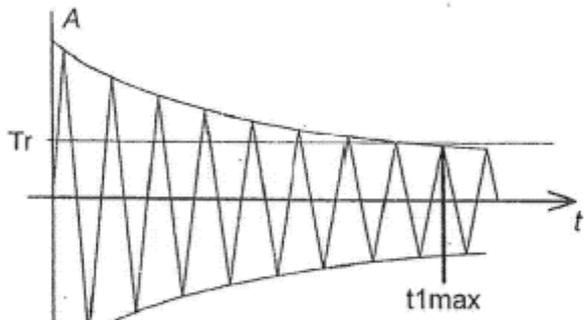
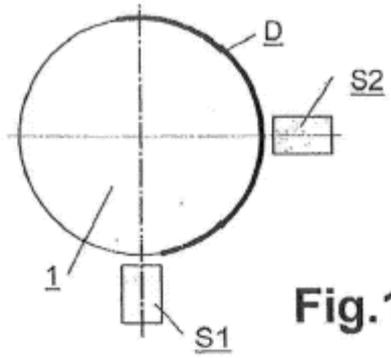
$$W = \arctan(t_{2n}/t_{1n}) + 2\pi \text{ cuando } t_{1n} \Rightarrow 0 \text{ y } t_{2n} < 0.$$

7. Procedimiento según como mínimo una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por la característica:

- utilizar un disco como rotor (1).

30

35



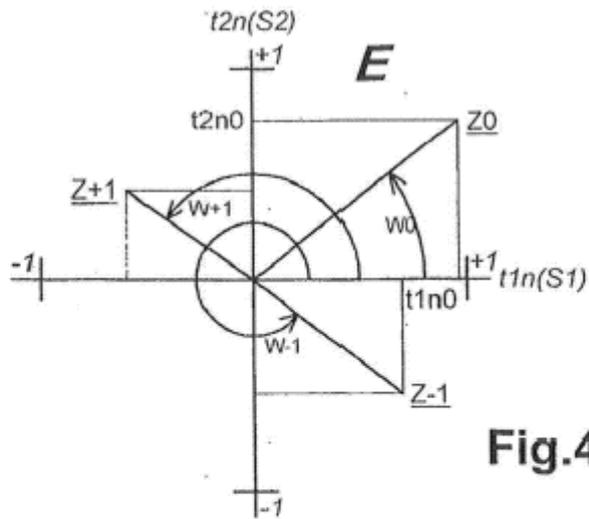


Fig.4



Fig.5

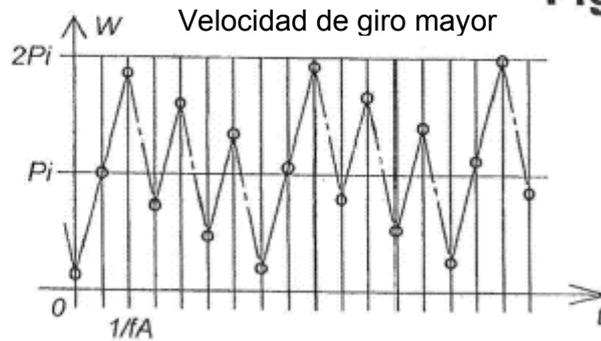


Fig.6