

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 334 551**

② Número de solicitud: 200902143

⑤ Int. Cl.:
G01P 3/48 (2006.01)
H02P 6/18 (2006.01)
H02P 7/28 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **05.11.2009**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **11.03.2010**

Fecha de la concesión: **26.01.2011**

⑭ Fecha de anuncio de la concesión: **07.02.2011**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente:
07.02.2011

⑰ Titular/es: **Universidad de Valladolid
Plaza de Santa Cruz, 5 - Bajo
47002 Valladolid, ES**

⑱ Inventor/es: **Vázquez Sánchez, Ernesto;
García Martín, Javier;
Díez Higuera, José Fernando;
Gómez Gil, Jaime y
Gamazo Real, José Carlos**

⑳ Agente: **No consta**

⑤④ Título: **Método para determinar la velocidad angular en un motor conmutado mecánicamente midiendo únicamente la corriente que circula por el mismo.**

⑤⑦ Resumen:

Método para la determinar la velocidad angular en un motor conmutado mecánicamente midiendo únicamente la corriente que circula por el mismo. El método se basa en la determinación de los instantes en los que se van produciendo las ondulaciones de la componente alterna. Con esta información estima el valor de la frecuencia ripple con ella el valor de la velocidad angular del motor. Ambas magnitudes están directamente relacionadas debido a que por cada giro del motor se producen un número concreto de ondulaciones en la corriente que depende del número de polos y delgas del motor, entendiéndose como ondulación a cada periodo de la componente alterna de la corriente. La detección de la ondulación se realiza mediante un registro de desplazamiento de longitud w en el que se van almacenando las últimas w muestras de la corriente del motor. Si se cumple que el valor máximo de la corriente se encuentra en la posición central del registro se supone que se acaba de detectar el pico y por tanto se detecta la ondulación registrando el instante en el que se ha producido la detección. Dependiendo del valor de w se consigue filtrar en mayor o menor medida el ruido que aparece en la corriente.

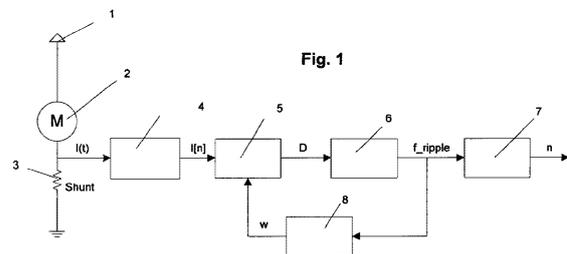


Fig. 1

ES 2 334 551 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Método para determinar la velocidad angular en un motor conmutado mecánicamente midiendo únicamente la corriente que circula por el mismo.

5

Sector de la técnica

La invención pertenece al campo de la detección de la velocidad angular en un motor de corriente continua conmutado mecánicamente mediante delgas y escobillas. La técnica objeto de invención se encuadra dentro de las técnicas de detección *sensorless* y aprovecha el rizado que aparece en la corriente que circula por el motor. La ventaja que presenta este nuevo método es la de filtrar el ruido que aparece junto a la corriente mediante una ventana de observación de las muestras de la corriente cuyo tamaño es variable.

10

Antecedentes de la invención

15

En un motor de corriente continua, la corriente que circula está compuesta por una componente de encargada de suministrar la potencia y una componente ac. La componente ac, también conocida como componente *ripple*, es debida al efecto conjunto de que la fuerza electromotriz inducida (f.e.m.) en las bobinas del rotor no es constante sino que tienen una forma sinusoidal y a que esta no es rectificadora de forma perfecta en el colector de delgas. Además de esto, en el colector de delgas tiene lugar el proceso de conmutación de delga por parte de la escobillas. En el proceso de conmutación, justo en el momento en el que las escobillas se posicionan entre dos delgas, se cortocircuita la bobina unida a esas dos delgas produciendo un incremento de la corriente.

20

La frecuencia de dicha componente alterna de la corriente está relacionada con la velocidad de giro del motor, según lo comentado anteriormente, y con algunos parámetros constructivos como son el número de delgas del rotor y el número de polos del motor. Es por ello, que si se consigue detectar la frecuencia de esta componente se puede obtener la velocidad angular del motor.

25

Cada periodo de la componente alterna de la corriente es conocida en la literatura con el nombre de ondulación. Por lo general, el problema de detectar la frecuencia de la componente alterna se reduce al problema de detectar todas y cada una de las ondulaciones y medir la distancia temporal entre las mismas. Esta no es una tarea trivial, pues todo el ruido presente en la alimentación del motor es reflejado en la corriente. A todo este ruido hay que sumar el ruido generado y las interferencias captadas por el propio motor. Todo ello hace que muchas ondulaciones no puedan ser detectadas (ondulaciones fusionadas) y que aparezcan ondulaciones que no debieran (ondulaciones fantasmas). Lo que provoca imprecisiones en la determinación de la frecuencia *ripple* y con ello en la velocidad angular.

30

35

Mecanismos basados en la detección de la frecuencia de la componente alterna, conocida como frecuencia *ripple*, los podemos encontrar en documentos como son US 3 346 752, US 5 524 168 y US 6 172 473 B1. El problema de estas invenciones es que no tienen en cuenta explícitamente el problema del ruido. Por otro lado hay otras invenciones como son ES 2 190 011 T3, US 6 839 653 B2 y US 5 581 178 que si que tienen en cuenta el ruido y las posibles ondulaciones fantasmas y fusionadas. El problema que tienen éstas es el alto coste computacional que conllevan. Algunas de ellas requieren realizar la FFT. Por esta razón se propone un nuevo método que tenga en cuenta el ruido y no tenga un excesivo coste computacional.

40

45

Descripción de la invención

La invención se basa en la detección de las ondulaciones de la componente alterna de la corriente para determinar la velocidad angular de un motor de corriente continua conmutado mecánicamente. Por ello, en primer lugar lo que se hace es medir la corriente mediante un sensor resistivo tipo shunt. Posteriormente se digitaliza mediante un convertidor analógico/digital con una frecuencia de muestreo adecuada. A partir de este momento se procesa la señal de la corriente en el dominio digital mediante un microcontrolador, DSP o DSC.

50

Según se van recibiendo las muestras digitales de la corriente se van almacenando las últimas w muestras de forma consecutivas en una memoria configurada como un registro de desplazamiento. Este registro de desplazamiento tiene numeradas todas sus posiciones de 0 a $w-1$, de forma que la posición 0 corresponde a la última muestra capturada, la posición 1 a la muestra anterior y así sucesivamente. Para determinar si se ha producido o no una ondulación se mira si en la posición central del registro de desplazamiento, $(w-1)/2$, se encuentra almacenado el valor máximo de la corriente de entre todos los valores almacenados en el registro de desplazamiento. Si la respuesta es afirmativa, quiere decir que se ha detectado una ondulación. Para filtrar más o menos ruido, es decir, detectar las ondulaciones fusionadas y eliminar las ondulaciones fantasmas, basta con ajustar de forma adecuada el valor w . Este parámetro tiene que tener un valor impar y debe ser mayor o igual que 3 para que el método funcione correctamente. El valor de w se puede tomar de forma fija o de forma que sea proporcional al periodo de la componente alterna de la corriente. Hay que denotar que en todas las situaciones w debe ser menor estrictamente que el número de muestras que entran en un periodo de la componente alterna. Una elección u otra en el valor de w dependerá de la complejidad y del nivel de ruido presente.

55

60

65

ES 2 334 551 B1

Una vez en la que se han detectado las ondulaciones y se conoce la distancia temporal entre muestras, se procede a calcular el valor de la frecuencia de la componente alterna, o frecuencia ripple, como el inverso de la distancia entre ondulaciones detectadas. Finalmente, esta frecuencia hallada, se convierte en velocidad del motor.

5 Descripción de las figuras

La descripción de la invención se acompaña de una serie de figuras con el fin ayudar su comprensión.

La figura 1 muestra el diagrama de bloques del método propuesto para la detección de la velocidad angular.

La figura 2 muestra esquemáticamente una posible implementación del bloque Detector de Máximo (5).

Descripción de un ejemplo de realización de la invención

En la figura 1 se muestra el diagrama de bloques del método objeto de invención. En él aparecen el sistema de alimentación del motor (1), el propio motor (2), el sensor de corriente tipo shunt (3). El siguiente bloque (4) es el convertidor analógico/digital que se encarga de digitaliza la corriente con una frecuencia de muestreo f_s adecuada. El Detector de Máximo (5) detecta si se ha producido o no una ondulación, este bloque se explicará más adelante con mayor detalle. Al detector de frecuencia (6) le llega en cada instante discreto un valor lógico del Detector de Máximo (5) que le indica si en el instante actual se ha detectado una ondulación o por el contrario si no se ha detectado. Si no se ha detectado ninguna no hace nada. Si por el contrario se ha detectado una ondulación registra el instante actual como instante de detección de ondulación. Con esa información obtiene la frecuencia de la componente alterna o frecuencia ripple. Para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$f_{ripple} = \frac{1}{T_k - T_{k-1}}$$

Donde T_k es el instante en el que se detectó la última ondulación y T_{k-1} el instante de la ondulación anterior. Una vez obtenida la frecuencia ripple se pasa al bloque Convertidor Frecuencia-Velocidad (7). En este bloque tiene lugar la conversión de frecuencia ripple a la velocidad angular del motor. Estas dos magnitudes están relacionadas según la siguiente ecuación:

$$n = \frac{60 \eta f_{ripple}}{2 p k}$$

En dicha ecuación $2p$ es el número de polos del motor, p es el número de pares de polos, k es el número de delgas del colector, n es la velocidad angular del motor en r.p.m. y f_{ripple} la frecuencia ripple en Hz. El parámetro η es el máximo común divisor de $2p$ y k tal como se indica en la siguiente ecuación:

$$\eta = m.c.d.\{2p, k\}$$

El último bloque es el estimador de ventana (8). Este bloque se encarga de obtener el parámetro w que es utilizado en el bloque Detector de Máximo. Este parámetro debe cumplir que sea impar y mayor o igual que 3 y menor que el número de muestras que ocupa un periodo de la componente alterna f_{ripple}/f_s , donde f_s es la frecuencia de muestreo. Teniendo en cuenta esto se puede tomar con valor fijo, o lo que es más recomendable calcularlo de forma dinámica en función de la frecuencia ripple. En el caso de obtenerlo de la frecuencia ripple se puede obtener como un valor proporcional al periodo ripple, es decir, del inverso de la frecuencia ripple. El cálculo de forma dinámica se puede hacer de la siguiente forma:

$$w = 2 \left\lceil c \cdot \frac{f_s}{f_{ripple}} \right\rceil + 1 \quad \frac{f_{ripple}}{f_s} < c < \frac{1}{2} \left(1 - \frac{f_{ripple}}{f_s} \right)$$

Donde el operador $\lceil \cdot \rceil$ es el operador parte entera y c es el factor de proporcionalidad comprendido entre los límites indicados para cumplir con las especificaciones de w . Para frecuencias de muestreo mucho mayor a la frecuencia ripple se puede decir que c debe estar comprendido entre 0 y 0.5.

En la figura 2 se muestra el esquema del bloque Detector de Máximo. El bloque se compone de un registro de desplazamiento (9) donde van entrando los valores de la corriente discretizados. Los valores se van almacenando en el registro de la siguiente forma, la última muestra de la corriente se almacena en la posición 0, la muestra anterior en la posición 1 y así sucesivamente. El siguiente bloque es el Detector de Posición del Máximo (10), donde entran

ES 2 334 551 B1

todos los valores del registro de desplazamiento y a su salida indica la posición donde se encuentra el máximo dentro del registro de desplazamiento. Por último, el bloque Detector del Máximo en el Centro (11) comprueba si el máximo se encuentra en el centro del registro de desplazamiento. Si el máximo está en el centro a su salida pone un 1, de lo contrario pone un 0. Esto se muestra en la siguiente ecuación:

5

$$D = \begin{cases} 1 & \text{si } M = (w-1)/2 \\ 0 & \text{resto} \end{cases}$$

10

El registro de desplazamiento tiene una longitud w , que es el tamaño de la ventana de observación. Esto quiere decir que en cada instante se almacenarán las últimas w muestras de la corriente en 61. Mediante el valor de w se puede hacer que el sistema filtre más o menos ruido. El valor de w viene ajustado en realidad en el bloque Estimator de Ventana en la figura 1 bloque (8).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Método para determinar la velocidad angular en un motor conmutado mecánicamente midiendo únicamente la corriente que circula por el mismo dentro de un sistema **caracterizado** por constar de un sistema de alimentación del motor (1), un motor (2), un sensor de corriente tipo shunt (3) para medir el valor de la corriente que circula por el motor (2), un convertidor analógico/digital (4) para digitalizar el valor de la corriente a una frecuencia de muestreo f_s adecuada y un microcontrolador, DSP o DSC para el procesado de las muestras digitales de la corriente y obtención del valor de la velocidad de acuerdo con las siguientes etapas:

- a) Los valores muestreados de la corriente son recogidos por el bloque Detector Máximo (4) donde son almacenados en una memoria configurada como un registro de desplazamiento de tamaño w en el que la última muestra adquirida se almacena en la posición 0, la anterior en la posición 1 y así sucesivamente. El tamaño del registro de desplazamiento w se caracteriza por ser un valor impar mayor o igual que 3 e inferior al número de muestras que entran en un periodo ripple f_{ripple}/f_s , donde f_s es la frecuencia de muestreo. Sobre el registro de desplazamiento se comprueba si el valor máximo se encuentra en la posición central del registro de desplazamiento $(w-1)/2$. Si es así una señal indica que se ha detectado una ondulación.
- b) Cada vez que se detecta una ondulación el bloque Detector de Frecuencia (6) registra el instante temporal en el que se ha detectado. Siendo el instante de la última ondulación T_k y el de la ondulación anterior T_{k-1} . Con los instantes de las ondulaciones se obtiene el valor de la frecuencia ripple como el inverso de la diferencia entre ambos instantes.
- c) Posteriormente, con la frecuencia ripple el bloque Convertidor Frecuencia-Velocidad (7) obtiene la velocidad angular del motor mediante la ecuación que relaciona ambas magnitudes:

$$n = \frac{60 \eta f_{ripple}}{2pk}$$

$$\eta = m.c.d.\{2p, k\}$$

Donde n es la velocidad angular del motor expresada en revoluciones por minutos, $2p$ es el número de polos del motor, k es el número de delgas del colector de delgas, η es el máximo común divisor de $2p$ y k y f_{ripple} es la frecuencia ripple.

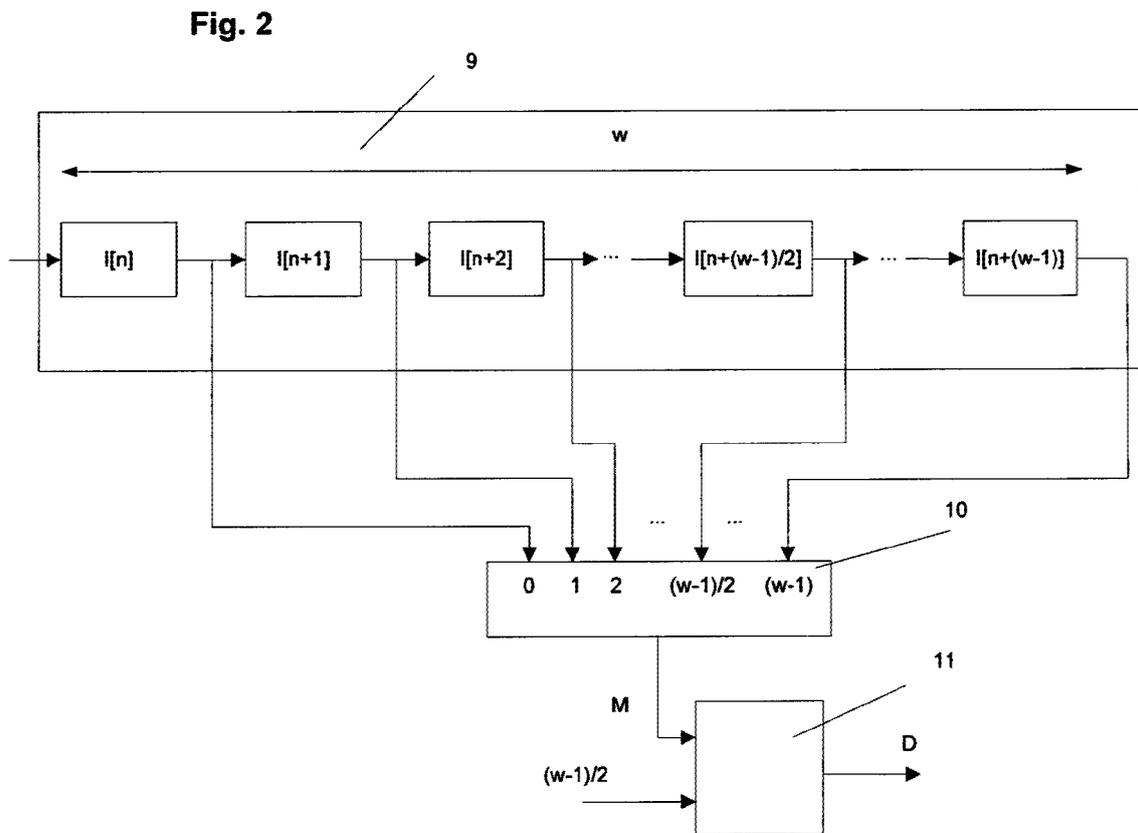
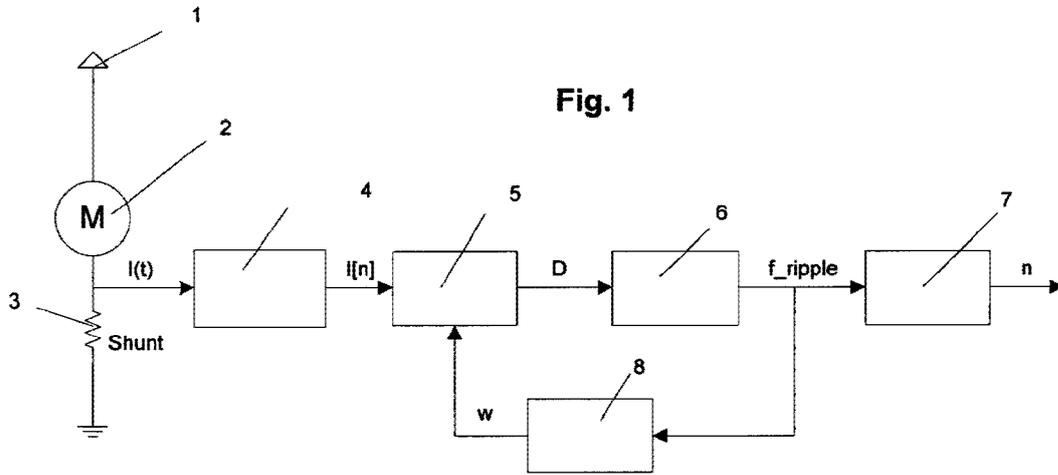
2. Método para determinar la velocidad angular en un motor conmutado mecánicamente midiendo únicamente la corriente que circula por el mismo según la reivindicación 1 donde el tamaño del registro de desplazamiento w se calcula de forma dinámica, de acuerdo con los requisitos indicados en la reivindicación 1 y siendo w proporcional al periodo ripple, inverso de la frecuencia ripple:

$$w = 2 \left[c \frac{f_s}{f_{ripple}} \right] + 1 \quad \frac{f_{ripple}}{f_s} < c < \frac{1}{2} \left(1 - \frac{f_{ripple}}{f_s} \right)$$

Donde el operando $[\cdot]$ es la parte entera y c es un factor fijo que determina el valor de ruido a filtrar. Para frecuencias de muestreo mucho mayores que la frecuencia ripple c puede tomar valores entre 0 y 0,5.

3. Método para determinar la velocidad angular en un motor conmutado mecánicamente midiendo únicamente la corriente que circula por el mismo según la reivindicación 1 donde la indicación de que se ha producido una ondulación se lleva a cabo comprobando sobre el registro de desplazamiento si el valor mínimo, en lugar del máximo, se encuentra en la posición central del registro de desplazamiento.

4. Uso del procedimiento descrito para medir y controlar la velocidad de piezas que se mueven solidarias al eje de un motor de corriente continua conmutado mecánicamente.





OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 334 551

② Nº de solicitud: 200902143

③ Fecha de presentación de la solicitud: 05.11.2009

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X A	US 2004124831 A1 (BOSCH GMBH ROBERT) 01.07.2004, párrafos [0007]-[0011].	1,4 2,3
X A	EP 2109211 A1 (DELPHI TECH INC) 14.10.2009, párrafos [0014]-[0025].	1,4 2,3
X A	US 6144179 A (TELEFUNKEN MICROELECTRON) 07.11.2000, resumen; reivindicación 1.	1,4 2,3
X A	Base de datos WPI y EPOQUE. Recuperado de EPODOC; PN DE 196023062 & DE 19602362 A1 (TEVES GMBH ALFRED) 31.07.1997	1,4 2,3
X A	Base de datos WPI y EPOQUE, Recuperado de EPODOC; PN DE 19503484 & DE 19503484 C1 (KOSTAL LEOPOLD GMBH & CO KG) 08.02.1996	1,4 2,3
A	US 2008298784 A1 (KASTNER MARK ALLEN) 04.12.2008, párrafos [0426]-[0441],[0475]-[0477].	1-4
A	ES 2139115 T3 (BOSCH GMBH ROBERT) 01.02.2000, columna 3, línea 35- columna 6, línea 45.	1-4

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
22.02.2010

Examinador
L. García Aparicio

Página
1/4

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G01P 3/48 (2006.01)

H02P 6/18 (2006.01)

H02P 7/28 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01P, H02P

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 22.02.2010

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-4	SÍ
	Reivindicaciones		NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	2,3	SÍ
	Reivindicaciones	1,4	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de **aplicación industrial**. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión:

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como ha sido publicada.

1. Documentos considerados:

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US2004124831 A	01-07-2004
D02	EP 2109211 A1	14-10-2009
D03	US 6144179 A	07-11-2000
D04	DE 19602362 A1	31-07-1997
D05	DE 19503484 C1	08-02-1996
D06	US 2008298784 A1	04-12-2008
D07	ES 2139115 A	01-02-2000

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D01 que es el documento más próximo al estado de la técnica divulga, (todas la referencias marcadas hacen relación a dicho documento D01), un método para determinar la velocidad angular en un motor conmutado mecánicamente midiendo la corriente que circula por él, consta de un sistema de alimentación del motor, un motor(M) un sensor de corriente tipo shunt, un convertidor analógico / digital para digitalizar el valor de la corriente a una frecuencia de muestreo f, y un microcontralador para el procesado de las muestras digitales (véase columna 1, línea 55 a columna 2, línea 35).

La materia de la reivindicación 1 se diferencia de lo mostrado en D01 en que los valores muestreados para la digitalización son recogidos por el bloque Detector de Máximo donde son almacenados en una memoria configurada como registro de desplazamiento de tamaño w en el que la última muestra adquirida se almacena en la posición cero y así sucesivamente, y en que el valor de registro debe ser uno determinado.

Se considera que los principios y fundamentos en los que se basa la invención están completamente recogidos en el documento D01, y que las diferencias mostradas servirían para solventar el problema de muestreo en el proceso de digitalización de la muestra y por lo tanto, la solución mostrada es una de entre las posibles soluciones que se podrían atisbar, siendo múltiples las soluciones adoptadas para digitalizar la muestra como la mostrada en D02.

Por lo tanto, la materia de la reivindicación 1, no cuenta con actividad inventiva en el sentido establecido en el Art. 6.1 de la Ley de Patentes 11/86.

Similares consideraciones se pueden hacer con los documentos D02 a D05.

La reivindicación 2ª en la que se reivindica que el tamaño del registro de desplazamiento se calcula de forma dinámica, siendo proporcional al periodo del ripple, no se divulga en ninguno de los documentos encontrados y por lo tanto puede considerarse que es nuevo y que contaría con actividad inventiva según lo establecido en el Art. 6.1 y Art. 8.1 respectivamente de la Ley de Patentes.

La reivindicación 3ª igualmente parece reunir los requisitos de patentabilidad establecidos en el Art. 4.1 de la Ley de Patentes

Mientras que la reivindicación 4ª es una consecuencia directa que se deriva de la materia descrita, pudiéndosele ocurrir a un técnico en la materia de un modo evidente.