



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 830**

51 Int. Cl.:  
**H02P 6/00** (2006.01)  
**H02P 6/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03380132 .5**  
96 Fecha de presentación : **03.06.2003**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1376848**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.01.2004**

54 Título: **Dispositivo electrónico para el control de un motor síncrono con rotor de imán permanente.**

30 Prioridad: **18.06.2002 ES 200201408**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**22.06.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**22.06.2011**

73 Titular/es: **COPRECITEC, S.L.**  
**Avda. Álava, 3**  
**20550 Aretxabaleta, Gipuzkoa, ES**

72 Inventor/es: **Beltrán de Nanclares, Eduardo y**  
**Mitxelena Alzuri, José M.**

74 Agente: **Igartua Irizar, Ismael**

ES 2 361 830 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**

Dispositivo electrónico para el control de un motor síncrono con rotor de imán permanente

**SECTOR DE LA TÉCNICA**

La presente invención está relacionada con el control de motores síncronos con rotor de imán permanente.

5

**ESTADO ANTERIOR DE LA TÉCNICA**

Son conocidos motores síncronos con rotor de imán permanente que se alimentan con la tensión de red. Aplicando dicha tensión al motor se genera entre los polos del estator de dicho motor un campo magnético que hace girar el rotor del motor.

10 Para el caso por ejemplo de un motor con dos polos de estator y dos polos de rotor, cuando el rotor alcanza la velocidad de sincronismo, es decir, en régimen permanente, las posiciones angulares del rotor de 0° a 180° (medio giro) coinciden con una polaridad determinada de la corriente (un semiciclo de la corriente) y las posiciones angulares de 180° a 360° (el restante medio giro) coinciden con la otra polaridad de la corriente (el siguiente semiciclo de la corriente). En la práctica se producen desfases entre la posición del rotor y la señal de la corriente, con lo cual parte de la corriente, en lugar de contribuir al empuje del rotor, produce un efecto de frenado que será mayor cuanto menor sea la carga. Esto provoca calentamientos innecesarios en el motor, vibraciones indeseadas y ruido.

20 Por otra parte, un problema que tienen este tipo de motores es el del arranque. EP 0 574 823 B1 divulga un dispositivo electrónico para el arranque de motores síncronos que comprende un conmutador en serie con el motor síncrono, una fuente de tensión / corriente alterna conectada también en serie con dicho motor síncrono y un circuito electrónico que actúa sobre dicho conmutador. El circuito electrónico actúa sobre el conmutador cuando la corriente que fluye por el estator es aproximadamente cero y en función de la polaridad de la tensión alterna y la posición del rotor. De esta manera, durante el arranque se hace fluir la corriente sólo en los instantes en que dicha corriente contribuye al giro en un determinado sentido, hasta que el rotor alcanza la velocidad de sincronismo. Una vez alcanzada la velocidad de sincronismo, el rotor puede girar sin que medie ningún tipo de control de la corriente. El dispositivo descrito en EP 0 574 823 B1 no resuelve el problema referido al efecto de frenado debido al desfase entre la posición del rotor y la corriente.

25 EP 0 682 404 B1 describe un dispositivo electrónico para arrancar y controlar un motor síncrono con rotor de imán permanente, que comprende una fuente de tensión / corriente alterna a la frecuencia de la red eléctrica conectada en serie con el motor síncrono, un conmutador estático dispuesto en serie con dicho motor síncrono, y un circuito electrónico que actúa sobre dicho conmutador estático. Dicho circuito electrónico actúa sobre el conmutador en función de la posición del rotor y la tensión aplicada a dicho conmutador. Contempla la posibilidad de modificar la velocidad de sincronismo introduciendo tiempos de retraso en los instantes de disparo del conmutador. No contempla ningún tipo de control para minimizar los desfases que se producen entre la posición del rotor y la corriente.

30 FR 2729256 A1 divulga un dispositivo electrónico para el control de un motor síncrono con rotor de imán permanente según el preámbulo de la reivindicación 1.

**EXPOSICIÓN DE LA INVENCION**

40 El principal objeto de la invención es el de proporcionar un dispositivo electrónico para el control de un motor síncrono que sea sencillo y de bajo coste y que haga posible la reducción de la corriente empleada, reduciendo así el calentamiento del motor y también el consumo.

Otro objeto de la invención es el de proporcionar un dispositivo electrónico que haga posible también la reducción de la vibración del motor en vacío, con la consiguiente disminución de ruido y la consiguiente prolongación de la vida del motor.

45 El dispositivo electrónico de la invención comprende una fuente de tensión / corriente alterna a la frecuencia de la red eléctrica, conectada en serie con dicho motor síncrono, al menos un conmutador estático dispuesto en serie con dicho motor síncrono, y un circuito electrónico que actúa sobre dicho conmutador estático. El circuito electrónico determina los instantes de disparo del conmutador estático tomando como referencia el paso por cero de la tensión de la red eléctrica y aplicando un tiempo de disparo a partir de dicho punto de referencia, obteniendo dicho tiempo de disparo en función de la posición del rotor del motor en los semiciclos previos. De esta manera, se consigue minimizar el frenado producido por el desfase existente entre la posición del rotor y la corriente que fluye por el estator del motor, reduciendo así el calentamiento y el consumo.

55 Se elige la tensión de la red eléctrica como señal de referencia por tratarse de una señal muy estable no sujeta a variaciones debidas al propio funcionamiento del dispositivo, como sucede por ejemplo con la tensión en el conmutador.

Mediante el control en función de la posición del rotor en semiciclos previos se obtiene un funcionamiento estable del motor, lo cual no sería posible calculando el tiempo de disparo sólo en función de la posición del rotor en el semiciclo previo, ya que para ello sería necesario también conocer la velocidad del rotor.

5 En el dispositivo electrónico de la invención, el circuito electrónico puede elegir el sentido de giro del rotor. Para ello, dicho circuito electrónico tiene en cuenta los valores de la polaridad de la tensión de la red eléctrica y la posición del rotor de tal manera que dispara el conmutador estático, en los instantes de disparo calculados, siempre que dichos valores sean tales que contribuyan al giro en el sentido elegido.

10 La corrección del desfase entre la posición del rotor y la corriente en un instante determinado se hace por tanto obteniendo el tiempo de disparo de cada semiciclo en función de los desfases que hayan existido entre la corriente y la posición del rotor en los semiciclos previos. Una manera de obtener dicho tiempo de disparo es calculando los desfases que se producen entre la corriente que fluye por dicho motor y la posición del rotor del motor. En lugar de medirse directamente la corriente, puede medirse la tensión en el conmutador. En esta solución, el circuito electrónico necesita tres datos: la tensión de red, el valor de la corriente (o bien la tensión en el conmutador) y la posición del rotor.

15 Por otra parte, se ha comprobado que existe una correlación entre la posición relativa del rotor con respecto a la señal de corriente y la posición relativa del rotor con respecto a la señal de red. Por lo tanto, una segunda manera de obtener el tiempo de disparo es calculando los desfases que se producen entre la posición del rotor del motor y la tensión de red. Esta segunda manera tiene la ventaja adicional de que el circuito electrónico sólo necesita dos datos: la posición del rotor y la tensión de red.

20 En situaciones diversas de carga, sobre todo en vacío, puede ocurrir que en un momento determinado el tiempo que tarda el rotor del motor en girar media vuelta sea inferior al semiciclo de la tensión de red. Si se da esa circunstancia se aplica un retardo al tiempo de disparo previamente calculado. Esto hace que el rotor no adquiera una velocidad mayor de la debida, con lo cual los ciclos de corriente son mucho más regulares y se produce una disminución apreciable de la vibración y el ruido.

25 Estos y otros objetos de la invención se harán evidentes a la vista de las figuras y de la exposición detallada de la invención.

#### DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIG. 1 es una representación esquemática de un motor síncrono de imán permanente.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques de una realización del dispositivo de control de la invención.

30 La FIG. 3 muestra las variaciones en el tiempo de la tensión de red, la señal del sensor de posición del rotor y la tensión en el conmutador para una primera realización de la invención.

La FIG. 4 muestra las variaciones en el tiempo de la tensión de red, la señal del sensor de posición del rotor y la tensión en el conmutador para una segunda realización de la invención.

#### EXPOSICIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

35 Con referencia a la figura 1, el dispositivo electrónico de la invención se aplica a un motor síncrono 1 de imán permanente con un rotor 1A y un estator 1B. Dicho motor 1 tiene dos polos de rotor y dos polos de estator y se muestra únicamente a modo de ejemplo.

Con referencia a la figura 2, el dispositivo electrónico para el control de dicho motor síncrono 1 comprende:

- 40
- una fuente de tensión alterna a la frecuencia de la red eléctrica que proporciona una tensión  $V_r$ , conectada en serie con dicho motor síncrono 1,
  - un conmutador estático 2 dispuesto en serie con dicho motor síncrono 1 y que comprende por ejemplo un triac, y
  - un circuito electrónico 3 que actúa sobre dicho conmutador estático 2.

45 Dicho circuito electrónico 3 determina los instantes de disparo del conmutador estático tomando como referencia el paso por cero de la tensión de la red eléctrica  $V_r$  y aplicando un tiempo de disparo  $T_d$  a partir de dicho punto de referencia, obteniendo dicho tiempo de disparo  $T_d$  en función de la posición del rotor 1A del motor 1 en los semiciclos previos.

50 El circuito electrónico 3 puede elegir el sentido de giro del rotor 1A del motor 1. Para ello, dicho circuito electrónico 3 tiene en cuenta los valores de la polaridad de la tensión de la red eléctrica  $V_r$  y la posición del rotor 1A, de tal manera que dispara el conmutador estático 2, en los instantes de disparo calculados, siempre que dichos valores sean tales que contribuyan al giro en el sentido elegido.

Con referencia por ejemplo a la figura 3, para el caso del motor 1 de la figura 1, teniendo en cuenta la tensión de la red eléctrica Vr y una señal 6 representativa de la posición del rotor 1A suministrada por un sensor de posición 4, si se quiere que el rotor 1A gire a izquierdas (en sentido antihorario), el conmutador 2 recibirá señal de disparo cuando:

(Vr = Positivo) Y (Señal 6 = -1)

5 O bien cuando:

(Vr = Negativo) Y (Señal 6 = 1)

Cuando se dé cualquiera de estas dos combinaciones el conmutador 2 recibirá señal de disparo una vez transcurrido el tiempo Td correspondiente desde el paso por cero de la tensión de red Vr.

10 Sin embargo, si se quiere que el rotor 1A gire a derechas (en sentido horario), el conmutador 2 recibirá señal de disparo cuando:

(Vr = Positivo) Y (Señal 6 = 1)

O bien cuando:

(Vr = Negativo) Y (Señal 6 = -1)

15 En una primera realización de la invención, el circuito electrónico 3 calcula el tiempo de disparo Td en función de los desfases que se producen entre la corriente que fluye por el motor 1 y la posición del rotor 1A en los semiciclos previos. El circuito electrónico 3 calcula los desfases que se producen entre la corriente que fluye por el motor 1 y el rotor 1A midiendo los desfases entre la tensión en el conmutador estático 2 que recibe a través de la línea 7 y la señal 6 de un sensor de posición 4 adaptado para detectar la posición del rotor 1A del motor 1 (un sensor de efecto Hall por ejemplo).

20 En principio lo ideal sería conseguir que el desfase entre la señal de corriente y la posición del rotor fuese nulo, ya que ello implicaría que el efecto de frenado sería también nulo, obteniéndose el nivel más bajo de consumo. Sin embargo, en dicha situación el motor se queda sin capacidad de reacción, y una variación en la carga puede provocar la pérdida de la velocidad de sincronismo. Por lo tanto, en la práctica el control consistirá en mantener un desfase que sea como máximo igual a un valor predeterminado constante D. De esta manera, cuando el desfase sea mayor que dicho valor D, se tenderá a que dicho desfase se acerque al valor D, no actuándose sobre el desfase cuando el mismo sea menor que dicho valor D.

25 Así pues, el circuito electrónico 3 calcula para cada semiciclo el desfase entre la tensión Vt en el conmutador estático 2 (considerando el instante en que dicha tensión Vt aparece) y la señal 6 del sensor de posición 4 y a continuación le resta el desfase D constante preestablecido a dicho valor. El sumatorio de las restas así obtenidas se divide por un valor constante entero k. Con referencia a la figura 3, para cada semiciclo, el desfase tr entre la señal de corriente (representada con la letra I en las figuras 3 y 4) y la señal 6 que da cuenta de la posición del rotor 1A será:

$$tr_i = t_{loi} - th_i$$

Y el tiempo de disparo Td para un determinado semiciclo i se calculará de la siguiente manera:

35

$$Td_i = \frac{1}{k} \sum_{x=1}^{i-1} (tr_x - D)$$

Como se observa, el sumatorio de todas las restas se divide por un valor k. El valor de k es constante y tiene un valor lo suficientemente grande como para que la dinámica sea lo suficientemente lenta como para que el funcionamiento sea estable.

Si para el tiempo de disparo Td se obtiene un valor inferior a cero se considera que Td=0.

40 Podemos representar también el tiempo de disparo Td para un semiciclo determinado en función del tiempo de disparo del semiciclo previo corregido en función de los desfases en los restantes semiciclos:

$$Td_{i+1} = Td_i + \frac{1}{k} (t_{lo_i} - th_i - D)$$

45 En esta configuración, el circuito electrónico 3 actúa sobre el conmutador 2 en función de tres señales: la tensión de red Vr recibida a través de la línea 5, la señal 6 del sensor de posición 4 y la tensión Vt en el conmutador 2 recibida a través de la línea 7.

Dada la correlación existente entre el desfase entre la posición del rotor 1A y la señal de corriente I y el desfase entre la posición del rotor 1A y la señal de red Vr, en una segunda realización de la invención el circuito electrónico 3 calcula el tiempo de disparo Td en función de los desfases que se producen entre la posición del rotor 1A del motor

1 y la tensión de red Vr en los semiciclos previos. En este caso, la posición del rotor 1A del motor 1 se mide también a partir de la señal 6 de un sensor de posición 4.

En esta segunda realización también se considerará un desfase constante D. El control consistirá en este caso en mantener un desfase como mínimo de D. De esta manera, cuando el desfase sea menor que dicho valor D, se tenderá a que dicho desfase se acerque al valor D, no actuándose sobre el desfase cuando el mismo sea mayor que dicho valor D.

Con referencia a la figura 4, el desfase tr entre la señal 6 que da cuenta de la posición del rotor 1A y la tensión de red Vr será para un semiciclo i:

$$tr_i = th_i - tred_i$$

Y el tiempo de disparo Td para un determinado semiciclo i se calculará, al igual que para la primera solución, de la siguiente manera:

$$Td_i = \frac{1}{k} \sum_{x=1}^{i-1} (D - tr_x)$$

Podemos representar también el tiempo de disparo Td para un semiciclo determinado en función del tiempo de disparo del semiciclo previo corregido en función de los desfases en los restantes semiciclos:

$$Td_{i+1} = Td_i + \frac{1}{k} (tred_i - th_i + D)$$

En esta configuración, el circuito electrónico 3 actúa sobre el conmutador 2 en función de dos señales: la tensión de red Vr y la señal 6 del sensor de posición 4, no siendo necesaria la tensión Vt en el conmutador 2.

En ambas soluciones, la capacidad de reacción del motor 1 dependerá de los valores de D y k elegidos. Así por ejemplo, para la primera solución, ante un valor de k dado, calculado para que el sistema sea estable, un mayor valor de D implica mayor capacidad de reacción y un menor ahorro de potencia, y un menor valor de D implica por el contrario menor capacidad de reacción y un mayor ahorro de potencia. Para la segunda realización ocurre justo al contrario.

En la práctica, se trata de llegar a una situación de compromiso a la hora de determinar los valores de k y D. Mediante pruebas sencillas se pueden determinar valores óptimos de k y D que dependerán, entre otros factores, de las características del motor 1. La constante k puede tener por ejemplo un valor del orden de 100, y el valor de D puede estar comprendido, para un valor de k de dicho orden, entre 0 y 2,5 ms.

Durante el funcionamiento del motor 1 en vacío o con poca carga, aparecen con cierta periodicidad ciclos de corriente mayores que los normales. El causante de dichos ciclos de corriente mayores es el adelanto del rotor 1A que hace que la fase de la fuerza contraelectromotriz se adelante con respecto a la tensión de red Vr, provocando que la tensión efectiva aplicada al estator 1B aumente en gran medida, produciéndose dichos ciclos de corriente elevada y en consecuencia frenados muy potentes, lo cual produce vibraciones. En el dispositivo de la invención esto se soluciona introduciendo un algoritmo de compensación mediante el cual se aplica un retardo  $\delta$  al tiempo de disparo Td cuando el tiempo que tarda el rotor 1A en girar media vuelta, trot, es inferior al tiempo Tred de un semiciclo de la tensión de red Vr. Dicho retardo  $\delta$  será igual a la diferencia entre el tiempo Tred y el tiempo trot. Así pues:

$$\text{Si } Tred > trot_i \quad \delta_{i+1} = Tred - trot_i$$

$$\text{Si } Tred \leq trot_i \quad \delta_{i+1} = 0$$

Incluyendo este retardo  $\delta$  los ciclos de corriente son mucho más regulares en vacío y cuando hay poca carga, y se produce una disminución apreciable de la vibración. El incremento de estabilidad debido a la introducción de la compensación permite reducir el valor de k en un factor de 10, con lo cual la capacidad de reacción del motor 1 mejora de forma notoria, pudiéndose utilizar así desfases D inferiores con una capacidad de reacción buena.

Añadiendo la compensación, lo único que habrá que tener en cuenta es que el tiempo a aplicar en cada semiciclo a partir del paso por cero de la señal de red Vr será en lugar de Td, Td +  $\delta$  en los casos que efectivamente haya que aplicar el retardo  $\delta$ . Los cálculos de los sucesivos tiempos de disparo Td se hacen sin tener en cuenta los retardos de compensación  $\delta$  que se hayan podido aplicar en semiciclos previos.

En las realizaciones descritas, tal como se muestra en la figura 1, el sensor de posición 4 es único y está dispuesto en el punto central del espacio libre entre los polos del estator 1B del motor 1, es decir, en el eje perpendicular al eje

magnético creado por el estator 1B. De esta manera, se pretende que con una única ubicación del sensor de posición 4 se pueda arrancar en un sentido o en otro dependiendo del sentido de giro elegido.

5 Dadas las características constructivas del motor 1, cuando el rotor 1A está parado se sitúa en una orientación angular ligeramente desviada con respecto al eje magnético del estator 1B, en su posición de reposo. En dicha posición, el arranque en uno de los sentidos (el arranque hacia la izquierda en el caso de la figura 1) no plantea ningún problema, pero en el arranque en el otro sentido (hacia la derecha en el caso de la figura 1) se produce un bloqueo. Ello es debido a que un semiciclo de corriente no proporciona al rotor 1A el impulso suficiente como para que cambie la polaridad que lee el sensor de posición 4, con lo cual en el siguiente semiciclo el circuito electrónico 3 no actúa sobre el conmutador 2 y el rotor 1A vuelve de nuevo a su posición de reposo, repitiéndose el mismo proceso en los semiciclos siguientes.

10 Para evitar este bloqueo, en el dispositivo electrónico de la invención, al iniciar el arranque del motor 1, el circuito electrónico 3 dispara el conmutador estático 2 durante varios ciclos sin ningún control (situación equivalente a una conexión directa a la tensión de red  $V_r$ ) para provocar el desplazamiento del rotor 1A de su posición de reposo. A continuación comienza a determinar los instantes de disparo a partir de los tiempos de disparo  $T_d$  y a disparar el conmutador estático 2 en función de dichos tiempos de disparo  $T_d$ , teniendo en cuenta el sentido de giro elegido, la polaridad de la tensión de red  $V_r$  y la posición del rotor 1A.

15 Mediante la corriente aplicada al principio, se consigue mover el rotor 1A de su posición para que adquiera la inercia suficiente para empezar a girar en un determinado sentido. En el caso de que el rotor 1A hubiera comenzado a girar en el sentido opuesto al pretendido, el control que se le aplicará le provocará un frenado en dicho sentido de giro hasta pararse y comenzar a girar en el sentido elegido.

20 Puede ocurrir que, tras iniciar el arranque, se dé la circunstancia de que el rotor 1A vuelva a situarse en su posición de reposo y siga sin poder girar. Por ello, si el tiempo en que el rotor 1A tiene la misma polaridad supera un valor predeterminado, se vuelve a iniciar dicho arranque.

**REIVINDICACIONES**

1.- Dispositivo electrónico para el control de un motor síncrono con rotor de imán permanente, que comprende:

una fuente de tensión alterna a la frecuencia de la red eléctrica, conectada en serie con dicho motor síncrono (1);

al menos un conmutador estático (2) dispuesto en serie con dicho motor síncrono (1); y

5 un circuito electrónico (3) que actúa sobre dicho conmutador estático (2);

en donde dicho circuito electrónico (3) calcula los instantes de disparo del conmutador estático (2) para cada semiciclo tomando como referencia el paso por cero de la tensión de la red eléctrica (Vr) y aplicando un tiempo de disparo (Td) a partir de dicho punto de referencia, obteniendo dicho tiempo de disparo (Td) en función de la posición del rotor (1A) del motor (1) en los semiciclos previos,

10 **caracterizado porque** el circuito electrónico (3) determina el tiempo de disparo (Td) en un instante i determinado mediante la fórmula

$$Td_i = \frac{1}{k} \sum_{x=1}^{i-1} (tr_x - D)$$

siendo trx el desfase entre la corriente en el conmutador estático (2) y la posición del rotor (1A), siendo D un desfase constante preestablecido y siendo k un valor constante dado.

15 2.- Dispositivo electrónico según la reivindicación 1, en donde el circuito electrónico (3) calcula los desfases que se producen entre la corriente que fluye por el motor (1) y la posición del rotor (1A) del motor (1) midiendo los desfases entre la tensión (Vt) en el conmutador estático (2) y la señal (6) de un sensor de posición (4) adaptado para detectar la posición del rotor (1A) del motor (1).

3.- Dispositivo electrónico para el control de un motor síncrono con rotor de imán permanente, que comprende:

20 una fuente de tensión alterna a la frecuencia de la red eléctrica, conectada en serie con dicho motor síncrono (1);

al menos un conmutador estático (2) dispuesto en serie con dicho motor síncrono (1); y

un circuito electrónico (3) que actúa sobre dicho conmutador estático (2);

25 en donde dicho circuito electrónico (3) calcula los instantes de disparo del conmutador estático (2) para cada semiciclo tomando como referencia el paso por cero de la tensión de la red eléctrica (Vr) y aplicando un tiempo de disparo (Td) a partir de dicho punto de referencia, obteniendo dicho tiempo de disparo (Td) en función de la posición del rotor (1A) del motor (1) en los semiciclos previos,

**caracterizado porque** el circuito electrónico (3) determina el tiempo de disparo (Td) en un instante i determinado mediante la fórmula

30 
$$Td_i = \frac{1}{k} \sum_{x=1}^{i-1} (D - tr_x)$$

siendo trx el desfase entre la posición del rotor (1A) y la tensión de red (Vr), siendo D un desfase constante preestablecido y siendo k un valor constante dado.

4.- Dispositivo electrónico según la reivindicación 3, en donde la posición del rotor (1A) del motor (1) se mide a partir de la señal (6) de un sensor de posición (4).

35 5.- Dispositivo electrónico según las reivindicaciones 2 o 3, en donde el sensor de posición (4) está dispuesto en el punto central del espacio libre entre los polos del estator (1B) del motor (1).

6.- Dispositivo electrónico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el circuito electrónico (3) determina el sentido de giro del rotor (1A) en función de la polaridad de la tensión de la red eléctrica (Vr) y de la posición del rotor (1A), disparando el conmutador estático (2), en los instantes de disparo calculados, siempre que los valores de la tensión de red eléctrica (Vr) y la posición del rotor (1A) sean tales que contribuyan al giro en el sentido elegido.

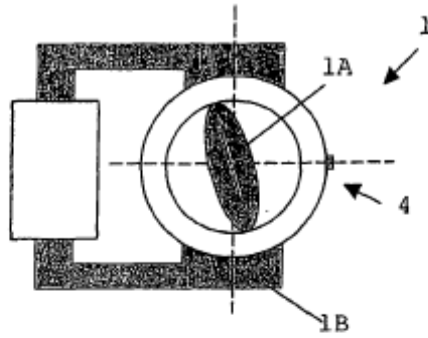
7.- Dispositivo electrónico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, al iniciar el arranque del motor (1), el circuito electrónico (3) dispara el conmutador estático (2) durante varios ciclos sin ningún control para provocar el desplazamiento del rotor (1A) de su posición de reposo, y a continuación comienza a determinar los instantes de disparo a partir de los tiempos de disparo (Td) y a disparar el conmutador estático (2) en función de dichos tiempos de disparo (Td).

8.- Dispositivo electrónico según la reivindicación 7, en donde, en el caso de que, tras iniciar el arranque, el tiempo en que el rotor (1A) tiene la misma polaridad supere un valor predeterminado, se vuelve a iniciar dicho arranque.

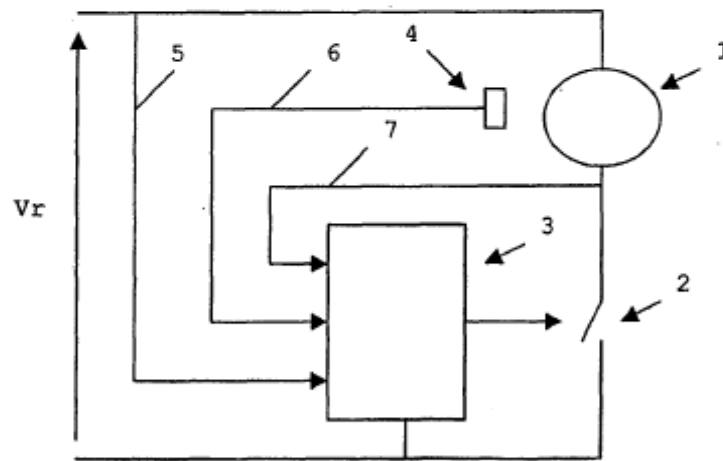
5 9.- Dispositivo electrónico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, cuando el tiempo (trot) que tarda el rotor (1A) del motor (1) en girar media vuelta es inferior al tiempo de un semiciclo (Tred) de la tensión de red (Vr), se aplica un retardo ( $\delta$ ) al tiempo de disparo (Td).

10.- Dispositivo electrónico según la reivindicación 9, en donde el retardo ( $\delta$ ) es igual a la diferencia entre el tiempo (Tred) de un semiciclo de la tensión de red (Vr) y el tiempo (trot) que tarda el rotor (1A) del motor (1) en girar media vuelta.





**Fig. 1**



**Fig. 2**

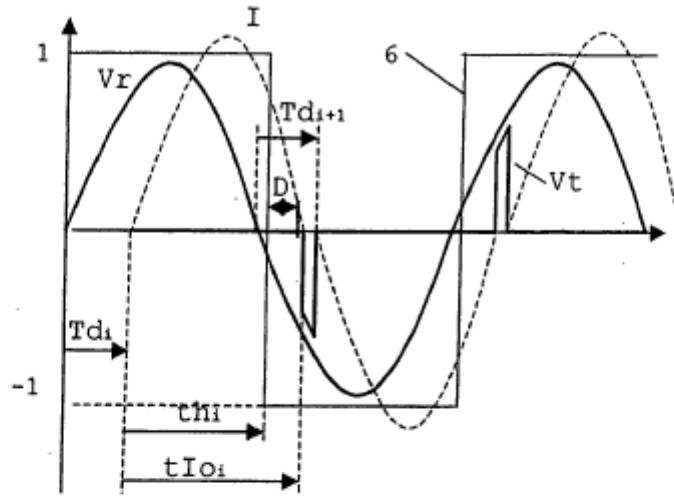


Fig. 3

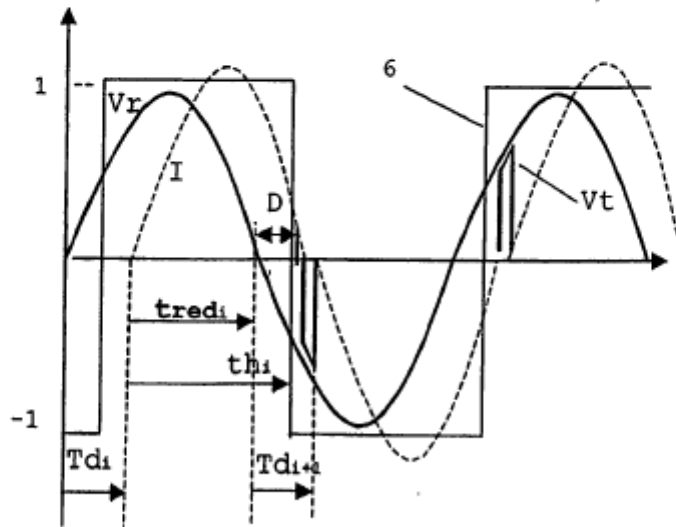


Fig. 4