

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 676 900**

51 Int. Cl.:

**H02P 6/21**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2015** **E 15171031 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.05.2018** **EP 2963802**

54 Título: **Procedimiento de control para el arranque de un motor eléctrico síncrono**

30 Prioridad:

**30.06.2014 FR 1456154**

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

**26.07.2018**

73 Titular/es:

**SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER EUROPE SAS**  
**(100.0%)**

**33, rue André Blanchet**  
**27120 Pacy sur Eure, FR**

72 Inventor/es:

**MALRAIT, FRANÇOIS;**  
**DEVOS, THOMAS y**  
**FEHRINGER, RUDOLF**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 676 900 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento de control para el arranque de un motor eléctrico síncrono

**Campo técnico de la invención**

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento de control implementado para el arranque de un motor eléctrico síncrono.

La invención hace referencia, igualmente, a un convertidor de potencia que comprende una unidad de control dispuesta para implementar dicho procedimiento de control.

**Estado de la técnica**

10 Para arrancar un motor eléctrico síncrono, es necesario conocer la posición de su rotor. En funcionamiento en bucle abierto, es decir, sin emplear sensor mecánico (velocidad, posición), existen unos métodos para estimar la posición del rotor del motor eléctrico. Una solución consiste en inyectar una corriente continua en las fases de salida para hacer girar el rotor hasta su alineación.

15 El documento de los Estados Unidos US 7.202.618 propone otra solución que consiste en enviar unos pulsos de tensión sobre cada una de las fases del motor durante un período determinado y en determinar los picos de las corrientes que han circulado en las fases del motor. A continuación, por comparación entre las corrientes obtenidas para cada fase y a partir de relaciones entre las corrientes, la posición inicial del rotor puede obtenerse por cálculo. El documento de los Estados Unidos US7508160B1 propone una solución que consiste en forzar la velocidad de rotación. No obstante, estas soluciones no siempre están adaptadas a la arquitectura global empleada. De hecho, si el variador de velocidad está conectado al motor eléctrico síncrono de imán permanente mediante un filtro seno, un transformador y unos cables largos, las soluciones conocidas para determinar la posición del rotor del motor eléctrico no estarán operativas. La inyección prolongada de una corriente continua y, por lo tanto, la aplicación de una tensión continua, tendrá tendencia a saturar el transformador impidiendo, entonces, cualquier detección de posición. La segunda solución por pulsos de tensión no podrá aplicarse sencillamente por el hecho de la presencia de elementos de filtrados pasivos entre el variador de velocidad y el motor eléctrico.

20 La finalidad de la invención es, por lo tanto, proponer un procedimiento de control que permite el arranque de un motor eléctrico síncrono, incluso cuando este está integrado en una arquitectura tal como se ha descrito más arriba, es decir, que incluye, igualmente, un filtro seno, un transformador y unos cables largos.

**Descripción de la invención**

30 Esta finalidad se alcanza por un procedimiento de control implementado en una unidad de control de un convertidor de potencia conectado por tres fases de salida a un motor eléctrico síncrono, estando dicha unidad de control dispuesta para implementar una ley de control principal para controlar el motor eléctrico síncrono, estando dicho procedimiento de control dispuesto para sustituir dicha ley de control principal durante el arranque del motor eléctrico síncrono y comprende:

- 35 - Una primera etapa de determinación de las tensiones a aplicar sobre las fases de salida en función de una corriente de referencia, teniendo dicha corriente de referencia un valor al menos superior a un primer valor umbral necesario para el arranque del motor eléctrico síncrono,  
Una segunda etapa de determinación de una frecuencia a aplicar al estátor en función de una frecuencia estatórica, eligiéndose dicha frecuencia estatórica superior a un segundo valor umbral determinado,
- 40 - Una etapa de aplicación de la primera etapa y de la segunda etapa durante una duración determinada, al menos igual a la inversa de la frecuencia estatórica, con vistas a permitir que el rotor del motor eléctrico síncrono gire a la frecuencia estatórica aplicada, Una etapa de disminución de la corriente de referencia por debajo de dicho primer valor umbral,
- Una etapa de conmutación hacia la ley de control principal del motor eléctrico síncrono una vez que el rotor gira a una velocidad que corresponde a dicha frecuencia estatórica.

45 Según una particularidad del procedimiento de control de la invención, la corriente de referencia se retiene a un valor constante durante la primera etapa.

Según otra particularidad, el procedimiento de control incluye una etapa previa de aplicación de una rampa para la corriente de referencia para subirla hasta dicho valor constante.

50 Según otra particularidad, la frecuencia estatórica se retiene, igualmente, a un valor constante durante la segunda etapa. La invención se refiere, igualmente, a un sistema de control de un motor eléctrico síncrono que comprende una unidad de control que incluye una ley de control principal ejecutable para controlar el motor eléctrico síncrono y una secuencia de arranque dispuesta para sustituir dicha ley de control principal durante el arranque del motor eléctrico síncrono, comprendiendo dicha unidad de control:

- Un primer módulo de determinación de las tensiones a aplicar sobre las fases de salida en función de una

corriente de referencia, teniendo dicha corriente de referencia un valor al menos superior a un primer valor umbral necesario para el arranque del motor eléctrico síncrono,

- Un segundo módulo de determinación de una frecuencia a aplicar al estátor en función de una frecuencia estatórica, eligiéndose dicha frecuencia estatórica superior a un segundo valor umbral determinado, ejecutándose dichos primer módulo y segundo módulo durante una duración determinada, al menos igual a la inversa de la frecuencia estatórica, con vistas a permitir que el rotor del motor eléctrico síncrono gire a la frecuencia estatórica aplicada,
  - Un módulo de conmutación hacia la ley de control principal del motor eléctrico síncrono una vez que el rotor gira a una velocidad que corresponde a dicha frecuencia estatórica.
- 10 Ventajosamente, el sistema de control incluye un convertidor de potencia conectado al motor eléctrico síncrono por tres fases de salida y controlado por dicha unidad de control.

Ventajosamente, el convertidor de potencia está conectado al motor eléctrico síncrono mediante un filtro seno y un transformador.

### **Breve descripción de las figuras**

- 15 Otras características y ventajas se mostrarán en la descripción detallada que sigue hecha con respecto a los dibujos adjuntos en los que:
- la figura 1 representa un ejemplo de arquitectura en el que el procedimiento de control de la invención puede emplearse más particularmente,
  - la figura 2 representa, de manera esquemática, un diagrama que ilustra el procedimiento de control de la invención implementado para el arranque del motor eléctrico síncrono,
  - las figuras 3A y 3B representan unas curvas de corriente y de frecuencia que ilustran la secuencia de arranque de la invención,
  - las figuras 4A y 4B ilustran una variante de realización de la secuencia representada en las figuras 3A y 3B.

### **Descripción detallada de al menos un modo de realización**

- 25 El procedimiento de control se implementa en una unidad de control UC y está dispuesto para permitir el arranque de un motor eléctrico de tipo síncrono. Ventajosamente, el motor eléctrico M es de tipo síncrono trifásico de imanes permanentes.

Ventajosamente, la unidad de control UC podrá estar dispuesta en el interior de un convertidor de potencia de tipo variador de velocidad D.

- 30 Este procedimiento está particularmente adaptado para controlar el arranque del motor eléctrico M síncrono de imanes permanentes cuando este está conectado al variador de velocidad D mediante un filtro seno SF, un transformador TR y unos cables largos C, por ejemplo, de una longitud superior a dos kilómetros. Esta arquitectura está representada en la figura 1. En la continuación de la descripción, el procedimiento de la invención se describirá en relación con esta arquitectura. No obstante, hay que comprender que el procedimiento de la invención también puede implementarse para una arquitectura diferente.

- 35 Con referencia a la figura 1, el variador de velocidad D está conectado aguas arriba a una red de distribución eléctrica N por tres fases de entrada R, S, T. De manera conocida, el variador de velocidad D incluye un paso de entrada compuesto por un rectificador, por ejemplo, de tipo puente de diodos, dispuesto para rectificar la tensión alterna proporcionada por la red N. El variador de velocidad D incluye, igualmente, un bus continuo de alimentación conectado al rectificador y que comprende dos líneas de alimentación conectadas entre sí por uno o varios condensadores de bus. El variador de velocidad incluye, igualmente, un paso de salida compuesto por un inversor que recibe una tensión continua proporcionada por el bus continuo de alimentación y controlado para proporcionar unas tensiones variables a la salida al motor eléctrico M síncrono. En la arquitectura representada en la figura 1, el variador de velocidad D está conectado a la salida por tres fases de salida U, V, W a un filtro seno SF. De manera conocida, un filtro seno es un filtro de paso bajo que permite proporcionar unas tensiones de motor entre fases que son sinusoidales. El filtro seno SF está, por su parte, conectado a un transformador TR encargado de transformar una baja tensión en una alta tensión. El transformador TR está conectado, a continuación, al motor eléctrico M síncrono mediante unos cables largos. El procedimiento de control de la invención será particularmente eficaz cuando los cables presentan una longitud superior a dos kilómetros. En la figura 1, se emplea un hilo suplementario para las conexiones a tierra.

De manera conocida, la unidad de control UC del variador de velocidad D implementa una ley de control principal L para controlar el inversor y determinar las tensiones de salida necesarias para el funcionamiento del motor eléctrico M (bloque B1 en la figura 1). Tradicionalmente, esta ley de control principal L incluye a la entrada una velocidad (o frecuencia) de referencia wref a partir de la que determina una corriente de par de referencia (no representada).

Recibe, igualmente, a la entrada una corriente de flujo de referencia  $I_{dref}$ . A partir de la corriente de par de referencia y de la corriente de flujo de referencia y de las mediciones o estimaciones de la corriente de flujo  $I_d$  y de la corriente de par  $I_q$ , determina unas tensiones de referencia  $V_{dref}$ ,  $V_{qref}$  a partir de las que se determinan las tensiones sencillas  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  a aplicar sobre cada fase de salida (bloque B4).

- 5 En el arranque del motor eléctrico M síncrono, la posición del rotor se desconoce por la unidad de control UC del variador de velocidad D que impide la implementación de la ley de control principal L. En el arranque del motor eléctrico M síncrono, debe implementarse una secuencia específica para asegurarse de que se conoce la posición del rotor. El procedimiento de control de la invención permite crear una secuencia de arranque ST (figura 2) en rotación del motor. Para el arranque del motor eléctrico síncrono, el procedimiento de control de la invención sustituye, de este modo, a la ley de control principal L.

Con referencia a la figura 2, el procedimiento de control de la invención, implementado en la unidad de control para el arranque del motor eléctrico síncrono, incluye las etapas principales descritas más abajo.

- 15 En una primera etapa, el procedimiento de control consiste en determinar y aplicar una corriente de referencia  $I_{ref}$  (bloque B10). Esta corriente de referencia  $I_{ref}$  se elige a un valor superior a un primer valor umbral, que corresponde al mínimo de corriente a aplicar para hacer girar el motor eléctrico síncrono, es decir, que corresponde al mínimo de la corriente de carga. La figura 3A representa la trayectoria de la corriente de referencia  $I_{ref}$  aplicada a la entrada. En esta figura 3A, se puede ver una rampa de subida de corriente hasta un valor  $V_1$  que se elige superior a dicho primer valor umbral (S1). La corriente de referencia  $I_{ref}$  se retiene, a continuación, al valor  $V_1$  (S2). Preferentemente, como se representa en la figura 3A, el valor  $V_1$  alcanzado se elige constante y la corriente se retiene a este valor durante toda la secuencia de arranque ST. La elección de los valores de corriente y de frecuencia se explica por el razonamiento descrito más abajo.

El estudio escrito no toma en cuenta el filtro seno, pero puede ampliarse sin dificultad.

Consideremos las diferentes partes del sistema. Las ecuaciones simplificadas del transformador sobre una fase son:

$$n_1 \frac{d\varphi}{dt} = u_1$$

$$n_2 \frac{d\varphi}{dt} = u_2$$

$$n_1 i_1 - n_2 i_2 = \mathfrak{R}\varphi$$

Con  $u_1$  e  $i_1$  la tensión y la corriente en el primario del transformador,  $u_2$  e  $i_2$  la tensión y la corriente en el secundario del transformador,  $n_1$  y  $n_2$  el número de espiras respectivamente en el primario y en el secundario del transformador,  $\varphi$  el flujo magnético y  $\mathfrak{R}$  la reluctancia del transformador.

- 30 Si se considera un transformador perfecto ( $\mathfrak{R} = 0$ ), se encuentran las relaciones básicas del transformador:

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{i_1}{i_2}$$

En la realidad, la reluctancia es no nula y hay que considerar la saturación del flujo del transformador. Una manera de considerar esta saturación es tener una reluctancia variable  $\mathfrak{R}(\varphi)$  que depende del flujo lineal equivalente.  $\mathfrak{R}$  aumenta con el flujo. En ese caso, la corriente magnetizante y la corriente en el primario aumentan rápidamente.

- 35 Desde un punto de vista de control, la corriente en el primario del transformador ya no es representativa de la corriente en el secundario, por lo tanto, de la corriente en el motor eléctrico síncrono. Desde un punto de vista electrónico, el aumento de la corriente genera unas pérdidas suplementarias y, por lo tanto, un calentamiento térmico más importante. Por lo tanto, hay que evitar esta zona de saturación y permanecer en la parte lineal del transformador.

- 40 Sin pérdida de generalidad, consideremos una tensión sinusoidal sencilla:

$$u_1 = U_{mod} \text{sen}(\omega t - \alpha)$$

Con:

- $U_{mod}$  la amplitud de la tensión en el instante  $t$ ,
- $w$  la pulsación de la tensión.

- $\alpha$  la fase de la tensión

La integración de esta tensión nos da el siguiente flujo:

$$\varphi = -\frac{U_{mod}}{n_p \cdot \omega} \cos(\omega t - \alpha) + cst$$

- 5 Por lo tanto, se ve que se tiene una relación entre la pulsación de la tensión y la amplitud de la tensión para garantizar un flujo inferior al umbral de saturación del flujo.

Consideremos en este momento las ecuaciones del motor. En régimen estabilizado (motor en rotación a una frecuencia fija y corrientes estabilizadas), en el sistema de referencia giratorio de ángulo  $\theta_s$ , tenemos:

$$u_{sd} = R_s i_d - \omega_s L_q i_q$$

$$u_{sq} = R_s i_q - \omega_s L_d i_d + \omega_r \Phi_m$$

10 
$$\omega_r = \omega_s$$

Con:

- $R_s$  la resistencia del estátor,
- $L_d$  y  $L_q$  las inductancias de ejes d y q del motor.
- $\omega_s$  la frecuencia estatórica,
- 15 -  $i_d$  la corriente de flujo medida,
- $i_q$  la corriente de par medida,
- $u_{sd}$  la tensión de eje d en el sistema de referencia d,q de ángulo  $\theta_s$ ,
- $u_{sq}$  la tensión de eje qn en el sistema de referencia d,q de ángulo  $\theta_s$ ,
- $\Phi_m$  el flujo permanente del motor,
- 20 -  $n_p$  el número de parejas de polos.

Para terminar, consideremos la ecuación del sistema relacionada con la aplicación (ecuación mecánica del motor). Proporcionando la aplicación un par de carga resistivo  $\tau_c$ , el par electromotor  $\tau_m$  debe ser superior al par de carga, con el fin de arrancar el motor. En el sistema de referencia de park d,q relacionado con el motor, tenemos:

$$\tau_m = \frac{3}{2} n_p (\Phi_m i_q + (L_d - L_q) i_d i_q) \geq \tau_c$$

- 25 Esta restricción puede escribirse como una restricción sobre el módulo de la corriente

$$\|i(t)\| = \sqrt{i_d^2 + i_q^2} > I_c \text{ con } I_c \text{ el valor de corriente mínima que permite verificar la restricción sobre el par.}$$

Consideremos el sistema completo, tenemos:

- Las ecuaciones del motor que dan una relación de igualdad entre la tensión, la corriente y la frecuencia estatórica.
- 30 - La aplicación que da una restricción sobre el nivel de corriente.
- El transformador que da una restricción entre el nivel de tensión y la frecuencia estatórica.

Si se consideran unas trayectorias no constantes de velocidad y corriente, la generalización de la restricción del sistema completo equivale a escribir (considerando unas tensiones sinusoidales):

Para cualquier T,

35 
$$\int_0^T \left( V(i(t), \omega(t)) \operatorname{sen} \left( \int \omega(t) \right) \right) dt < \varphi_{\max}$$

con  $\|i(t)\| > I_c$

donde  $\varphi_{\text{máx}}$  es el flujo máximo admisible por el transformador antes de saturación.

A partir de la corriente de referencia  $I_{\text{ref}}$  y de los valores medidos para la corriente de flujo  $I_d$  y la corriente de par  $I_q$ , la unidad de control del variador de velocidad D determina las tensiones de flujo  $V_{d\text{ref}}$  y de par de referencia  $V_{q\text{ref}}$ . A partir de estas tensiones de flujo y de par de referencia, la unidad de control UC determina las tensiones sencillas  $V_1, V_2, V_3$  a aplicar sobre cada fase de salida (bloque B11).

En una segunda etapa, la unidad de control UC determina una frecuencia estatórica  $\omega_s$  que tiene en cuenta el nivel de la corriente de referencia  $I_{\text{ref}}$  aplicada (bloque B12). La frecuencia estatórica  $\omega_s$  se elige a un valor lo más bajo posible, pero superior a un segundo valor umbral, sinónimo de saturación del transformador, como se ha explicado por la demostración de más arriba. La figura 3B representa la trayectoria de la frecuencia estatórica  $\omega_s$  aplicada a la entrada. En esta figura 3B, se puede ver que la frecuencia estatórica  $\omega_s$  se elige, en primer lugar, nula durante la rampa de subida de la corriente, luego sigue una rampa de subida una vez que la corriente de referencia  $I_{\text{ref}}$  ha alcanzado su valor constante. A continuación, la frecuencia estatórica  $\omega_s$  se estabiliza preferentemente a su valor constante  $V_2$  elegido. Se estabiliza a este valor  $V_2$  hasta el final de la secuencia de arranque. En la figura 3B, la curva en tono gris representa la frecuencia del rotor y, por lo tanto, la velocidad real del motor eléctrico.

La unidad de control UC implementa un módulo de integración de la frecuencia estatórica (bloque B2) con vistas a determinar un ángulo  $\theta$  que define las tres componentes  $V_1, V_2, V_3$  del vector de tensión  $V$  en el sistema de referencia 1, 2, 3 según las siguientes relaciones:

$$V_1 = \|V\| \cdot \cos\theta$$

$$V_2 = \|V\| \cdot \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$V_3 = \|V\| \cdot \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right)$$

El ángulo determinado se empleará, igualmente, para estimar las corrientes de flujo  $I_d$  y de par  $I_q$  a partir de las corrientes  $I_1, I_2, I_3$  medidas sobre las tres fases de salida U, V, W.

Como durante el arranque del motor, el rotor no está alineado, la frecuencia real del rotor no sigue la frecuencia estatórica  $\omega_s$  (figura 3B). La unidad de control retiene, entonces, el control de corriente y de frecuencia durante un tiempo definido (tiempo al menos superior a la inversa de la frecuencia estatórica), con el fin de garantizar la rotación del motor (por lo tanto, que la velocidad de motor sea igual a la velocidad de referencia).

Una vez enganchado el rotor, la unidad de control conoce la frecuencia del motor, siendo esta igual a la frecuencia de la tensión suministrada por el variador de velocidad, así como una estimación del ángulo  $\theta$  del rotor.

La unidad de control conmuta, entonces, el control del motor eléctrico síncrono hacia la ley de control principal L. Las tensiones de referencia  $V_{d\text{ref}}$  y  $V_{q\text{ref}}$  se calculan en este caso por la ley de control principal L. El conjunto de los estados de la ley de control se actualizan en la transición, con el fin de asegurar la continuidad de las variables. En la figura 3B, se puede ver que la conmutación hacia la ley de control principal L provoca una perturbación sobre la frecuencia real del estátor cuando la corriente de referencia ha disminuido demasiado rápidamente. En un modo de realización ventajoso de la invención, después de que la frecuencia real del rotor ha llegado a la frecuencia estatórica  $\omega_s$  y antes de la conmutación hacia la ley de control principal L, la corriente de referencia  $I_{\text{ref}}$  ha disminuido progresivamente según una rampa descendente. La conmutación hacia la ley de control principal L se realiza, de este modo, cuando la corriente ha alcanzado su valor bajo elegido, lo que permite atenuar la perturbación de frecuencia. Las figuras 4A y 4B permiten ilustrar este principio ventajoso de control. En la figura 4B, la curva en tono gris representa la frecuencia del rotor y, por lo tanto, la velocidad real del motor eléctrico.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de control implementado en una unidad de control (UC) de un convertidor de potencia conectado por tres fases de salida a un motor eléctrico (M) síncrono, estando dicha unidad de control dispuesta para implementar una ley de control principal (L) para controlar el motor eléctrico síncrono, **caracterizado porque** dicho procedimiento de control está dispuesto para sustituir dicha ley de control principal (L) durante el arranque del motor eléctrico (M) síncrono y **porque** comprende:
- Una primera etapa de aplicación de una corriente de referencia para determinar unas tensiones a aplicar sobre las fases de salida en función de la corriente de referencia ( $I_{ref}$ ), teniendo dicha corriente de referencia un valor al menos superior a un primer valor umbral necesario para el arranque del motor eléctrico síncrono,
  - Una segunda etapa de aplicación de una frecuencia estatórica ( $\omega_s$ ) en función de dicha corriente de referencia, teniendo dicha frecuencia estatórica ( $\omega_s$ ) un valor inicial nulo y según una trayectoria de subida hasta un valor elegido superior a un segundo valor umbral determinado,
  - Implementándose dicha primera etapa de aplicación y dicha segunda etapa de aplicación durante una duración determinada, al menos igual a la inversa de la frecuencia estatórica, con vistas a permitir que el rotor del motor eléctrico síncrono gire a la frecuencia estatórica aplicada,
  - Una etapa de disminución de la corriente de referencia por debajo de dicho primer valor umbral,
  - Una etapa de conmutación hacia la ley de control principal del motor eléctrico síncrono una vez que el rotor gira a una velocidad que corresponde a dicha frecuencia estatórica.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la corriente de referencia ( $I_{ref}$ ) se retiene a un valor constante durante la primera etapa de aplicación.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la corriente de referencia sigue una rampa de subida hasta dicho valor constante.
4. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la frecuencia estatórica se retiene a un valor constante durante la segunda etapa de aplicación.
5. Sistema de control de un motor eléctrico (M) síncrono que comprende una unidad de control (UC) que incluye una ley de control principal (L) ejecutable para controlar el motor eléctrico síncrono y una secuencia de arranque (ST) dispuesta para sustituir dicha ley de control principal (L) durante el arranque del motor eléctrico síncrono, estando dicha unidad de control (UC) **caracterizada porque** comprende:
- Un primer módulo de determinación de las tensiones a aplicar sobre las fases de salida en función de una corriente de referencia ( $I_{ref}$ ), teniendo dicha corriente de referencia un valor al menos superior a un primer valor umbral necesario para el arranque del motor eléctrico síncrono,
  - Un segundo módulo de determinación de una frecuencia a aplicar al estátor en función de una frecuencia estatórica ( $\omega_s$ ), eligiéndose dicha frecuencia estatórica superior a un segundo valor umbral determinado, ejecutándose dichos primer módulo y segundo módulo durante una duración determinada, al menos igual a la inversa de la frecuencia estatórica, con vistas a permitir que el rotor del motor eléctrico síncrono gire a la frecuencia estatórica aplicada,
  - Un módulo de control de una disminución de la corriente de referencia por debajo de dicho primer valor umbral,
  - Un módulo de conmutación hacia la ley de control principal (L) del motor eléctrico síncrono una vez que el rotor gira a una velocidad que corresponde a dicha frecuencia estatórica ( $\omega_s$ ).
6. Sistema de control según la reivindicación 5, **caracterizado porque** incluye un convertidor de potencia (D) conectado al motor eléctrico (M) síncrono por tres fases de salida y controlado por dicha unidad de control (UC).
7. Sistema de control según la reivindicación 6, **caracterizado porque** el convertidor de potencia está conectado al motor eléctrico síncrono mediante un filtro seno (SF) y un transformador (TR).

Fig. 1

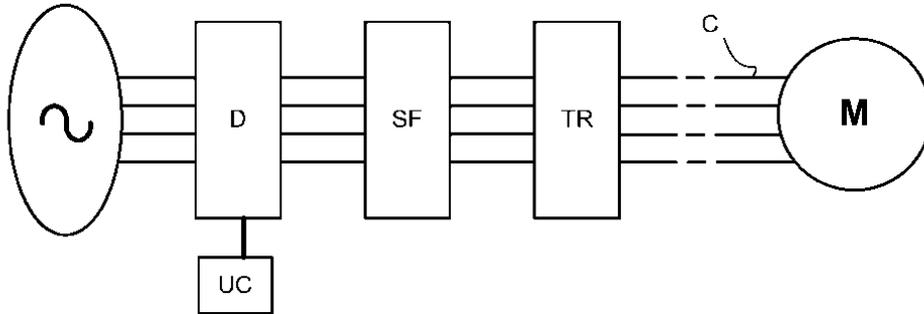


Fig. 2

