

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 058**

51 Int. Cl.:

**H02P 1/28** (2006.01)

**H02P 1/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.09.2012 PCT/FR2012/052012**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.03.2013 WO13038094**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2012 E 12767050 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 2756592**

54 Título: **Procedimiento de control de un interruptor controlado que pilota la alimentación de un motor eléctrico**

30 Prioridad:

**13.09.2011 FR 1102767**

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

**20.11.2019**

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS  
(100.0%)  
35, rue Joseph Monier  
92500 Rueil-Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

**PENKOV, DELCHO y  
COTE, ALAIN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 732 058 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 de un interruptor controlado que pilota la alimentación de un motor eléctrico

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de control de un interruptor controlado que pilota la alimentación de un motor eléctrico desde una fuente de tensión alterna. La invención también se refiere a un soporte de grabación de datos legible por un calculador en el que se graba un programa que comprende elementos de software de implementación de las etapas de tal procedimiento. La invención se refiere también a un dispositivo de control de un interruptor controlado que pilota la alimentación eléctrica de un motor desde una fuente de tensión alterna. La invención se refiere finalmente a un sistema que comprende tal dispositivo de control.

10 **Estado de la técnica**

El arranque de un motor eléctrico es problemático. En efecto, durante el arranque, un gran consumo de corriente en la red eléctrica que lo alimenta se realiza mediante el motor. Esto provoca una caída en la tensión de la red que puede causar un mal funcionamiento de ciertas cargas sensibles. Esto también puede causar la caída de descargas en la red.

15 Para evitar este problema, se sabe que no se conecta directamente un motor eléctrico a la red durante su arranque. Para ello, se conecta el motor a la red a través de un sistema de arranque que permite evitar los inconvenientes mencionados anteriormente.

Por ejemplo, el motor se puede conectar a la red a través de un dispositivo que permite el pilotaje de la velocidad del motor. Por ejemplo, tal dispositivo comprende un convertidor de frecuencia. El coste de tal dispositivo es elevado, especialmente si solo se usa durante la fase de arranque.

20 También, para evitar un coste elevado, también se puede conectar el motor a la red a través de un sistema de arranque progresivo, por interruptores controlados que permiten elevar progresivamente el valor eficaz de la tensión aplicada al motor. En particular, tal sistema se conoce a partir del documento WO 01/89 074. En tales sistemas, los interruptores controlados están hechos por componentes semiconductores, en particular, tiristores. De hecho, los interruptores controlados son frágiles y sensibles a las tensiones y corrientes transitorias a las que están sujetos durante las conmutaciones. Es común usar un mismo sistema de arranque progresivo para arrancar varios motores de manera secuencial. En consecuencia, se entiende que una avería en el sistema de arranque puede provocar pérdidas sustanciales de producción en ciertas aplicaciones. También, parece importante hacer que el funcionamiento de estos sistemas de arranque sea más confiable, en particular, para hacer confiable el funcionamiento de los sistemas de arranque de los motores cuyas tensiones nominales son superiores a 500 V, incluso superiores a 1000 V, incluso iguales o superiores a 5,5 kV, debido a los valores de las tensiones y de corrientes transitorias a las que están sometidos los interruptores controlados en estos casos. Otro dispositivo de control del motor se describe en el documento US5008608.

**Exposición de la invención**

35 Un objeto de la invención es proporcionar un procedimiento de control de un interruptor controlado que permite remediar los problemas evocados anteriormente y que mejora los procedimientos de control conocidos de la técnica anterior. En particular, la invención propone un procedimiento de control simple y eficaz que permite mejorar la vida útil del interruptor controlado y, por lo tanto, hacer que los sistemas que integran tal interruptor controlado sean confiables.

40 Un procedimiento según la invención se define en la reivindicación 1.

Un procedimiento de control de un interruptor controlado que pilota la alimentación de un motor eléctrico desde una fuente de tensión alterna, que comprende una etapa de accionamiento del cierre del interruptor controlado, siendo el instante de accionamiento una función de un valor característico del valor de la tensión eléctrica en los terminales del interruptor controlado. El procedimiento de control comprende las siguientes etapas:

- 45
- una etapa de determinación de al menos un valor característico de una evolución del valor de tensión en los terminales del interruptor controlado,
  - una etapa de determinación de un primer intervalo temporal a partir del valor característico y
  - realizándose la etapa de accionamiento del cierre del interruptor controlado durante el primer intervalo temporal,

50 siendo dicho primer intervalo temporal definido como que comprende el conjunto de los instantes  $t$  que satisfacen las siguientes fórmulas:

$$\begin{cases} t - t_{10} < TK(k + x) \\ t - t_{10} > TK(k + 1 - y) \\ k \in [0..n] \end{cases}$$

con

tI0: el instante de apertura del interruptor controlado,  
 TK: el período de la evolución del valor de tensión en los terminales del interruptor controlado,  
 n: un número entero natural, por ejemplo, n = 10,  
 x, y: valores variables.

5 Ventajosamente, la etapa de determinación de al menos un valor característico de la evolución se implementa mediante medición y/o mediante cálculo en una fase de configuración del procedimiento, en particular, una fase de prueba, o en una fase de implementación del procedimiento.

10 Ventajosamente, el valor característico de la evolución comprende un valor representativo del período temporal de las evoluciones de un valor de tensión en los terminales del interruptor controlado después de una apertura del interruptor controlado.

Ventajosamente, x está comprendido entre 0 y 0,3, preferentemente comprendido entre 0 y 0,25, preferentemente comprendido entre 0 y 0,2 y/o porque y está comprendido entre 0 y 0,3, preferentemente comprendido entre 0 y 0,25, preferentemente comprendido entre 0 y 0,2.

15 Preferentemente, el procedimiento comprende el uso de un valor temporal de desencadenamiento que define un segundo intervalo temporal, teniendo la etapa de accionamiento del cierre del interruptor controlado lugar desde el instante común hasta el primer intervalo temporal y el segundo intervalo temporal.

Preferentemente, el segundo intervalo temporal se define como que comprende el conjunto de los instantes t que satisfacen la siguiente fórmula:  $|t - t_{v0} - \alpha| < \frac{TK}{2}$  con

20  $t_{v0}$ : el instante donde la tensión alterna de la fuente se anula, TK: el período de la evolución del valor de tensión en los terminales del interruptor controlado,  
 $\alpha$ : desencadenamiento de la conmutación del interruptor controlado.

Un soporte de grabación de datos según la invención legible por un calculador en el que se graba un programa comprende medios de software de implementación de las etapas del procedimiento tal como se definió anteriormente.

25 Un dispositivo de control de un interruptor controlado, que pilota la alimentación eléctrica de un motor desde una fuente de tensión alterna, comprende elementos de hardware y/o de software de implementación del procedimiento tal como se definió anteriormente.

Preferentemente, el interruptor controlado comprende un tiristor.

30 Un sistema, en particular, un sistema de arranque de un motor eléctrico, según la invención comprende un dispositivo de control tal como se definió anteriormente.

La invención también se refiere a un programa informático que comprende medios de código de programa informático adaptados para la realización de las etapas del procedimiento definido anteriormente, cuando el programa gira sobre un calculador.

**Breve descripción de los dibujos**

35 Los dibujos adjuntos representan, a modo de ejemplo, un modo de ejecución de un procedimiento de control de un interruptor controlado según la invención y un modo de realización de un dispositivo de control de un interruptor controlado según la invención.

La figura 1 es un esquema eléctrico de una instalación que comprende un modo de realización de un dispositivo de control de un interruptor controlado según la invención.

40 La figura 2 es un gráfico temporal, en un medio período, evoluciones en la intensidad que recorren un interruptor controlado y potenciales eléctricos corriente arriba y corriente abajo del interruptor controlado.

La figura 3 es un gráfico temporal de evoluciones en la intensidad que recorren un interruptor controlado y potenciales eléctricos corriente arriba y corriente abajo del interruptor controlado, cuando la corriente en el tiristor pasa por cero y se interrumpe naturalmente, luego, durante una conmutación de cierre del interruptor controlado.

45 La figura 4 es un gráfico temporal de evoluciones en la intensidad que recorren un interruptor controlado y potenciales eléctricos corriente arriba y corriente abajo del interruptor controlado, durante una conmutación de cierre del interruptor controlado.

La figura 5 es un esquema eléctrico equivalente de una instalación eléctrica tal como se representa en la figura 1.

La figura 6 es un esquema eléctrico equivalente de la instalación eléctrica durante el cierre de un interruptor

controlado.

La figura 7 es un esquema eléctrico equivalente de la instalación eléctrica durante la apertura de un interruptor controlado.

5 La figura 8 es un gráfico que representa la evolución de la inductancia equivalente del motor en función de su velocidad de rotación.

La figura 9 es un diagrama de flujo de un modo de ejecución de un procedimiento de control de un interruptor controlado según la invención.

La figura 10 es un diagrama de flujo de un ejemplo de un procedimiento de determinación del período de evolución de la tensión en los terminales de un interruptor controlado después de su conmutación de apertura.

10 La figura 11 es un gráfico temporal de las evoluciones de la tensión en los terminales de un interruptor controlado después de la conmutación de la apertura del mismo.

### **Descripción detallada de modos de realización preferidos**

Un modo de realización de una instalación 1 según la invención se describe a continuación en referencia a la figura 1. La instalación comprende principalmente un motor eléctrico 9 alimentado por una fuente 2 de tensión. La fuente de tensión, constituido, por ejemplo, por un transformador, está conectado a un disyuntor 4 a través de un primer cable 3. Este disyuntor está conectado a un sistema 6 de arranque de motor a través de un segundo cable 5. Este sistema de arranque está conectado al motor 9 a través de un tercer cable 8. Un dispositivo de contactor está dispuesto en paralelo con el sistema de arranque. Permite cortocircuitar el sistema de arranque una vez que el motor ha alcanzado una velocidad suficiente.

20 El motor es de tipo de corriente alterna, en particular, del tipo asíncrono. Es trifásico. Su tensión nominal es superior a 500 V, incluso superior a 1000 V, incluso superior o igual a 5,5 kV.

Por lo tanto, el motor está conectado a la red eléctrica, en particular, a la fuente 2 de tensión, mediante un sistema 6 de arranque de motor.

25 El sistema de arranque del motor comprende principalmente un interruptor 10 controlado en cada línea de alimentación del motor, por ejemplo, un interruptor controlado en cada una de las tres fases de alimentación de un motor trifásico. El interruptor controlado puede ser un transistor de potencia. Ventajosamente, el interruptor controlado comprende un tiristor 12a, 12b, en particular, dos tiristores 12a, 12b montados de cabeza a cola en paralelo.

30 El sistema de arranque del motor también comprende un dispositivo 11 de control del interruptor controlado. En el caso representado, el dispositivo de control comprende dos salidas, cada una de las cuales activa un disparador de los tiristores 12a, 12b. De este modo, el dispositivo de control permite generar un pulso que controla el desencadenamiento de la conmutación de cada uno de los tiristores desde su estado de apagado a su estado pasante.

35 Para ello, el dispositivo 11 de control comprende un primer módulo 111 que determina, para cada alternancia de la tensión alterna de la fuente de tensión, un primer intervalo temporal según una lógica que se detallará a continuación. Por otra parte, el dispositivo de control comprende un segundo módulo 112 que determina, para cada alternancia de la tensión alterna de la fuente de tensión, un segundo intervalo temporal a partir de un valor de ángulo  $\alpha$  de desencadenamiento de la conmutación del interruptor controlado propio para la obtención de un valor de tensión eficaz adaptado para el arranque del motor. El ángulo  $\alpha$  se define, por ejemplo, con respecto al último instante donde se cancela la tensión de la fuente. Un ángulo de  $\pi$  representa una alternancia completa. Está claro que, durante toda la fase de arranque del motor, este valor de ángulo  $\alpha$  cambia de modo que la tensión eficaz aplicada al motor aumenta progresivamente. La lógica de determinación del segundo intervalo temporal se detallará a continuación.

40 El dispositivo 11 de control comprende además un tercer módulo 113 que usa los intervalos temporales primero y segundo definidos anteriormente. Este tercer módulo se enfrenta al primer y segundo intervalos temporales y, tan pronto como se produce un instante común en el primer y segundo intervalos temporales, emite un pulso de control del interruptor controlado, en particular, un pulso de control de conmutación de cierre de uno de los dos tiristores. Por supuesto, la conmutación de apertura de un tiristor se realiza cuando se cancela la corriente que circula en este tiristor.

45 Para determinar el primer y segundo intervalos temporales, el dispositivo de control, en particular, los módulos primero y segundo usan información representada por la referencia 114 y que comprende, por ejemplo, la velocidad de rotación del motor y/o la tensión nominal del motor y/o la potencia del motor y/o la intensidad de corriente del motor de alimentación del motor y/o cualquier dato característico eléctrico de la red, cables de conexión y del motor. Esta información puede ser medida, estimada, calculada o incautada.

Una vez que el motor ha alcanzado su velocidad nominal o una vez que el motor ha alcanzado una velocidad de umbral, el sistema de arranque se cortocircuita con ayuda de un contactor 7.

Como se representa en las figuras 2 a 4 y 11, en una aplicación tal como se define anteriormente, tras una conmutación

de apertura de un tiristor en un instante  $t_{i0}$ , se produce una tensión en los terminales del tiristor. El potencial corriente arriba del tiristor se fija por la fuente de tensión y se representa por la curva  $V_{\text{corriente arriba}}$ . El potencial corriente abajo del tiristor representado por la curva  $V_{\text{corriente abajo}}$  corriente abajo del tiristor comprende un componente sustancialmente continuo durante la duración de interrupción y un componente transitorio y oscilatorio. De ello se deduce que la tensión existente entre los terminales del tiristor está representada por la diferencia existente entre las curvas  $V_{\text{corriente arriba}}$  y  $V_{\text{corriente abajo}}$ . De la misma manera, la intensidad de la corriente que circula a través del tiristor está representada por la curva  $I_{\text{tiristor}}$ . Es la cancelación de la intensidad de esta corriente lo que provoca la conmutación de apertura del tiristor. Por el contrario, tan pronto como el tiristor recupere su estado pasante, la intensidad que circula a través del tiristor aumenta sustancialmente y puede aproximarse en los primeros instantes después de la orden de cierre, a una senoide de alta frecuencia amortiguada. En particular, se observa que se produce un componente de corriente transitoria y oscilatoria pasa a través del tiristor durante su conmutación de cierre. También se ha observado que el componente transitorio de la corriente que fluye a través del interruptor controlado después de conmutación su cierre de éste es proporcional a la tensión presente en los terminales del interruptor controlado justo antes de esta conmutación. En consecuencia, cuanto más alta sea la tensión en los terminales del interruptor controlado, mayor será la polarización del interruptor controlado después de su conmutación de cierre. Por otra parte, cuanto más se solicite el interruptor controlado, más se limita su vida útil. De este modo, cuanto más se solicitan los interruptores controlados de un dispositivo de arranque del motor, más se reduce su confiabilidad. Este problema podría solucionarse mediante el uso de interruptores controlados robustos o fiables, capaces de soportar grandes exigencias. Sin embargo, tales componentes son muy caros. También sería posible usar dispositivos de protección en el circuito que permitan evitar altas intensidades de corrientes transitorias. Tales dispositivos de protección también son caros. Por otra parte, es necesario implementar tales dispositivos en las instalaciones.

El dispositivo de control descrito anteriormente comprende todos los elementos de hardware y/o de software necesarios para la implementación del procedimiento de control objeto de la invención. En particular, el dispositivo de control comprende un elemento de accionamiento o de control del cierre del interruptor controlado en función de un valor característico del valor de la tensión eléctrica en los terminales del interruptor controlado. Comprende preferentemente un elemento de determinación de al menos un valor característico de una evolución del valor de tensión en los terminales del interruptor controlado, un elemento de determinación de un primer intervalo temporal a partir del valor característico y un elemento para accionar el cierre del interruptor durante el primer intervalo temporal. Comprende preferentemente un elemento de determinación de un segundo intervalo temporal a partir del valor característico y un elemento para accionar el cierre del interruptor durante el primer intervalo temporal. Todos estos elementos pueden comprender elementos de software.

Para evitar estos inconvenientes, se controla el interruptor controlado según la invención. Un primer modo de ejecución del procedimiento de control de un interruptor controlado según la invención se describe a continuación con referencia a la figura 9.

En una primera etapa 110, se controla el arranque del motor 9.

En una segunda etapa 120, se calcula el instante en el que se debe conmutar en cierre el interruptor 10 de control. Este instante suele definirse por un ángulo  $\alpha$  que expresa la duración que separa el instante  $t_{v0}$  de cancelación de la tensión de la fuente alterna y el instante de conmutación, representando el ángulo  $\pi$  una alternancia de la tensión de la fuente alterna. Este ángulo  $\alpha$  se define en función de diferentes parámetros, en particular, el par mecánico deseado en el arranque, resultando en una tensión eficaz para alcanzar a sus terminales. En la fase de arranque, cuanto mayor es la velocidad, menor será el tiempo de apertura del interruptor controlado. De ello se deduce que el valor eficaz de la tensión eléctrica aplicada al motor aumenta progresivamente.

En una tercera etapa 130, la tensión se mide corriente arriba del interruptor controlado y se detecta el instante  $t_{v0}$  de cancelación de la tensión de la fuente eléctrica. Tan pronto como se detecte este instante, se pasa a una cuarta etapa 140.

En la cuarta etapa 140, se calcula valor absoluto de la diferencia entre:

- la duración que separa el instante presente y el instante  $t_{v0}$  y
- la duración definida por el ángulo  $\alpha$ .

Por otra parte, se verifica si este valor absoluto es inferior al medio período  $TK/2$  de las oscilaciones de la tensión en los terminales del interruptor controlado después de una conmutación de apertura de este interruptor controlado. Si tal es el caso, se pasa a una etapa 170. En otras palabras, en esta etapa 140 se define un intervalo temporal alrededor del instante determinado por el ángulo  $\alpha$ , en particular, centrado en el instante determinado por el ángulo  $\alpha$ . Este intervalo temporal define los instantes donde es necesario desencadenar la conmutación del cierre del interruptor controlado para obtener un valor eficaz de la tensión aplicada al motor que sea adecuada. Este intervalo temporal se representa en la figura 11 bajo la designación "segundo intervalo temporal".

En una quinta etapa 150, se mide la tensión corriente abajo del interruptor controlado, esta tensión se analiza y el valor del período  $TK$  se deduce de las oscilaciones de la tensión en los terminales del interruptor controlado después de una conmutación de apertura de este interruptor controlado. Este valor se usa en las etapas 140 y 170.

En una sexta etapa 160, se mide la intensidad de la corriente que fluye a través del interruptor controlado y se detecta el instante  $t_{10}$  de cancelación de esta corriente. Tan pronto como se detecte este instante, se pasa a la etapa 170. La información de detección de esta cancelación también se envía a la etapa 150 para arrancar un análisis de la tensión corriente abajo del interruptor controlado.

5 En la etapa 170, se calcula la duración que separa el instante presente y el instante  $t_{10}$  y se verifica:

si esta duración es superior a  $TK(k+x)$  y  
si esta duración es inferior a  $TK(k+1-y)$

con

10 k: una variable de tipo número entero natural, tal como  $k \in [0..n]$   
n: un número entero natural, por ejemplo,  $n = 10$  o  $15$  o  $12$ . n también puede tomar cualquier valor entero entre 1 inclusive y 9 inclusive.  
x está ventajosamente comprendido entre 0 y 0,3, preferentemente comprendido entre 0 y 0,25, preferentemente comprendido entre 0 y 0,2  
15 y está ventajosamente comprendido entre 0 y 0,3, preferentemente comprendido entre 0 y 0,25, preferentemente comprendido entre 0 y 0,2.

Preferentemente todavía,  $x = y$ .

Si tal es el caso, se hace un bucle en esta etapa 170 y, si tal no es el caso, se pasa a una etapa 180 en la que se controla el cierre del interruptor controlado, luego, se hace un bucle en la etapa 120.

20 En otras palabras, se define en la etapa 170 un intervalo temporal durante el cual el valor de la tensión en los terminales del interruptor controlado se minimiza, es decir, es sustancialmente inferior a un umbral dado. En particular, con un valor  $x = 0,25$  y un valor  $y = 0,25$ , se obtiene un intervalo temporal correspondiente a los instantes durante los cuales se producen las alternancias negativas del componente alterno de la tensión en los terminales del interruptor controlado. Cabe señalar que el intervalo temporal definido en esta etapa es discontinuo. Con un valor  $x = 0,25$  y un valor  $y = 0,25$ , cada período en el intervalo temporal dura aproximadamente  $TK/2$ . Por supuesto, después de la  
25 duración  $TK(n+1-y)$  el intervalo temporal no se interrumpe hasta el final de la alternancia actual de la tensión de la fuente de tensión. Este intervalo temporal se representa parcialmente en la figura 11 bajo la designación "primer intervalo temporal". Este intervalo temporal permite asegurar que la tensión en los terminales del interruptor controlado no sea demasiado alta al controlar el cierre del interruptor controlado.

30 En definitiva, cabe señalar que el interruptor controlado se conmuta en cierre desde el primer instante  $t_F$  común al primer y segundo intervalos temporales, como se representa en la figura 11. Por lo tanto, hay un ligero desfase con respecto al valor  $\alpha$  calculado en la etapa 120, pero este desfase es pequeño dada la frecuencia  $TK$  de las oscilaciones de la tensión y su influencia en el valor eficaz de la tensión aplicada al motor es por lo tanto bastante insignificante o no tiene inconvenientes en el funcionamiento global del iniciador progresivo.

35 Este procedimiento se itera para cada alternancia de la tensión alterna de la fuente de tensión. De este modo, se definen dos intervalos temporales por alternancia de la tensión alterna de la fuente. Evidentemente, cuando se usa un interruptor controlado que comprende un primer tiristor y un segundo tiristor, el primer tiristor se usa durante alternancias positivas y el segundo tiristor durante alternancias negativas.

40 Un segundo modo de ejecución del procedimiento de control según la invención (no representada) difiere del primer modo de ejecución descrito anteriormente en que no comprende la etapa 150. En este modo de realización, el período  $TK$  se deduce de las oscilaciones de la tensión en los terminales del interruptor controlado después de una conmutación de apertura de este interruptor controlado, se determina lo contrario. En este caso, por ejemplo, se usa un procedimiento previo para la determinación del período  $TK$  de las oscilaciones. De este modo, en una etapa 210, se recopilan los parámetros relacionados con los cables de red y los parámetros relacionados con el circuito de protección ubicado al nivel del sistema de arranque y se calcula una capacidad equivalente del sistema. Paralelamente,  
45 en una etapa 220, se recopilan parámetros relacionados con el motor, en particular su potencia, su tensión, su intensidad y se calcula una inductancia equivalente del sistema. En una etapa 230, se usan las capacidades y las inductancias equivalentes calculadas anteriormente para determinar el período  $TK$  de las oscilaciones.

De hecho, se observa que la instalación 1 se puede modelar como se muestra en la figura 5.

50 En particular, como se representa en la figura 6, durante la conmutación de cierre del interruptor controlado, el modelado de la instalación se puede simplificar aún más. De este modo, usando las siguientes fórmulas:

$$\frac{dI(t)}{dt} = I(t)|_{t=\mu s} = \frac{-(V_{c1} + V_{c2})}{SW_{actual} \cdot L} \cdot e^{-10^{-6}/T \cdot \text{sen}(w \cdot 10^{-6})}$$

$$SW_{actual} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot \frac{C1 \cdot C2}{C1 + C2}}}$$

$$T = \frac{2L}{R}$$

es posible determinar el período T de las oscilaciones de la corriente que fluye a través del interruptor controlado. La frecuencia de las oscilaciones es del orden de unas pocas decenas de kHz.

- 5 De la misma manera, como se representa en la figura 7, durante la conmutación de apertura del interruptor controlado, el modelado de la instalación se puede simplificar aún más. De este modo, usando las siguientes fórmulas:

$$F_{tensión\_corriente\ abajo} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_{eq} \cdot C_{eq}}}$$

$$L_{eq} = Lm + \frac{1}{2}Lm = \frac{3}{2}Lm$$

10

$$C_{eq} = C_{amortiguador} + C2$$

se puede determinar la frecuencia de las oscilaciones de la tensión en los terminales del interruptor controlado después de la apertura del interruptor controlado. La frecuencia de las oscilaciones es del orden de varios kilohercios.

- 15 Un tercer modo de ejecución del procedimiento de control según la invención (no representada) difiere del primer modo de ejecución descrito anteriormente en que no comprende la etapa 150. En este modo de realización, el período TK (o la frecuencia) se deduce de las oscilaciones de la tensión en los terminales del interruptor controlado, después de una conmutación de apertura de este interruptor controlado, se determina durante una fase de prueba o aprendizaje o durante el arranque del motor.

En la práctica, la inductancia equivalente del motor puede mostrar variaciones mucho mayores que la presentada en la figura 10, por varios motivos:

- 20 - debido a la aceleración,  
- debido a una variación con la velocidad de las inductancias del estátor o del rotor y/o la magnetización del motor

Por lo tanto, puede ser apropiado usar procedimientos sofisticados de estimación de la inductancia equivalente del motor para que disponga de su valor más preciso durante el arranque del motor.

- 25 En los diferentes modos de ejecución que preceden, se implementa una etapa de accionamiento del cierre del interruptor controlado, siendo la etapa de accionamiento una función de un valor característico del valor de la tensión eléctrica en los terminales del interruptor controlado. En particular, se seleccionan preferentemente intervalos temporales durante los cuales, el valor de la tensión en los terminales del interruptor controlado se minimiza para controlar el cierre del interruptor controlado.

- 30 En particular, se determina al menos un valor TK característico de la evolución del valor de la tensión en los terminales del interruptor controlado, se determina un primer intervalo temporal a partir del valor característico y se acciona el cierre del interruptor controlado, realizándose este cierre durante el primer intervalo temporal.

El dispositivo y el procedimiento según la invención presentan numerosas ventajas:

- 35 hacen posible reducir la intensidad de las corrientes transitorias durante las conmutaciones de cierre de los interruptores controlados,  
permiten reducir el riesgo de averías en los sistemas de arranque de motores equipados con ellos,  
permiten evitar el uso de dispositivos de protección,  
permiten aumentar la vida útil de los interruptores controlados.

Por otra parte, el procedimiento según la invención se puede implementar mediante una simple actualización de software de un dispositivo de control existente.

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento de control de un interruptor (10) controlado que pilota la alimentación de un motor eléctrico desde una fuente (2) de tensión alterna, que comprende una etapa de accionamiento del cierre del interruptor controlado, siendo el instante de accionamiento una función de un valor característico del valor de la tensión eléctrica en los terminales del interruptor controlado, procedimiento **caracterizado porque** comprende las siguientes etapas:

10 una etapa de determinación de al menos un valor (TK) característico de una evolución del valor de tensión en los terminales del interruptor controlado,  
una etapa de determinación de un primer intervalo temporal a partir del valor característico y realizándose la etapa de accionamiento del cierre del interruptor controlado durante el primer intervalo temporal.  
siendo dicho primer intervalo temporal definido como que comprende el conjunto de los instantes t que satisfacen las siguientes fórmulas:

$$\begin{cases} t - t_{10} < TK(k + x) \\ t - t_{10} > TK(k + 1 - y) \\ k \in [0..n] \end{cases}$$

15 con

t<sub>10</sub>: el instante de apertura del interruptor controlado,  
TK: el período de la evolución del valor de tensión en los terminales del interruptor controlado,  
n: un número entero natural, por ejemplo, n = 10,  
x, y: valores variables.

20 2. Procedimiento de control según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** la etapa de determinación de al menos un valor característico de la evolución se implementa mediante medición y/o mediante cálculo en una fase de configuración del procedimiento, en particular, una fase de prueba, o en una fase de implementación del procedimiento.

25 3. Procedimiento de control según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** el valor característico de la evolución comprende un valor representativo del período temporal de las evoluciones de un valor de tensión en los terminales del interruptor controlado después de una apertura del interruptor controlado.

4. Procedimiento de control según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** x está comprendido entre 0 y 0,3, preferentemente comprendido entre 0 y 0,25, preferentemente comprendido entre 0 y 0,2 y/o **porque** y está comprendido entre 0 y 0,3, preferentemente comprendido entre 0 y 0,25, preferentemente comprendido entre 0 y 0,2.

30 5. Procedimiento de control según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende el uso de un valor temporal de desencadenamiento que define un segundo intervalo temporal, teniendo la etapa de accionamiento del cierre del interruptor controlado lugar desde el instante común hasta el primer intervalo temporal y el segundo intervalo temporal.

35 6. Procedimiento de control según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** el segundo intervalo temporal se define como que comprende el conjunto de los instantes t que satisfacen la siguiente fórmula:

$$|t - t_{v0} - \alpha| < \frac{TK}{2}$$

con

40 t<sub>v0</sub>: el instante donde la tensión alterna de la fuente se anula,  
TK: el período de la evolución del valor de tensión en los terminales del interruptor controlado,  
α: desencadenamiento de la conmutación del interruptor controlado.

7. Soporte de grabación de datos legible por un calculador en el que se graba un programa que comprende medios de software de implementación de las etapas del procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.

45 8. Dispositivo (11) de control de un interruptor (10) controlado que pilota la alimentación eléctrica de un motor desde una fuente (2) de tensión alterna, **caracterizado porque** comprende elementos (111, 112, 113) de hardware y/o software de implementación del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6.

9. Dispositivo de control según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** el interruptor controlado comprende un tiristor (12a, 12b).

10. Sistema (6), en particular, sistema de arranque de un motor eléctrico, que comprende un dispositivo (11) de control según la reivindicación 8 o 9.

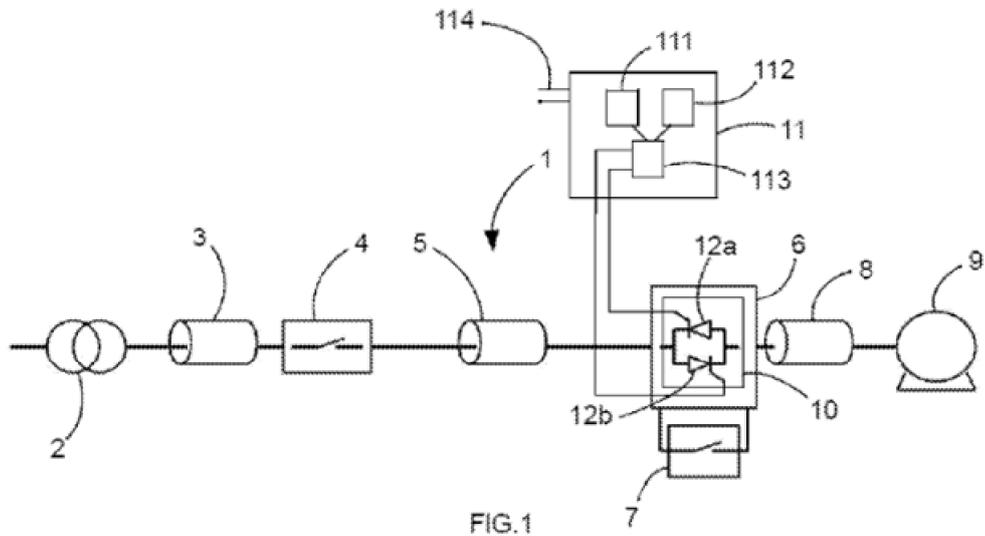


FIG.1

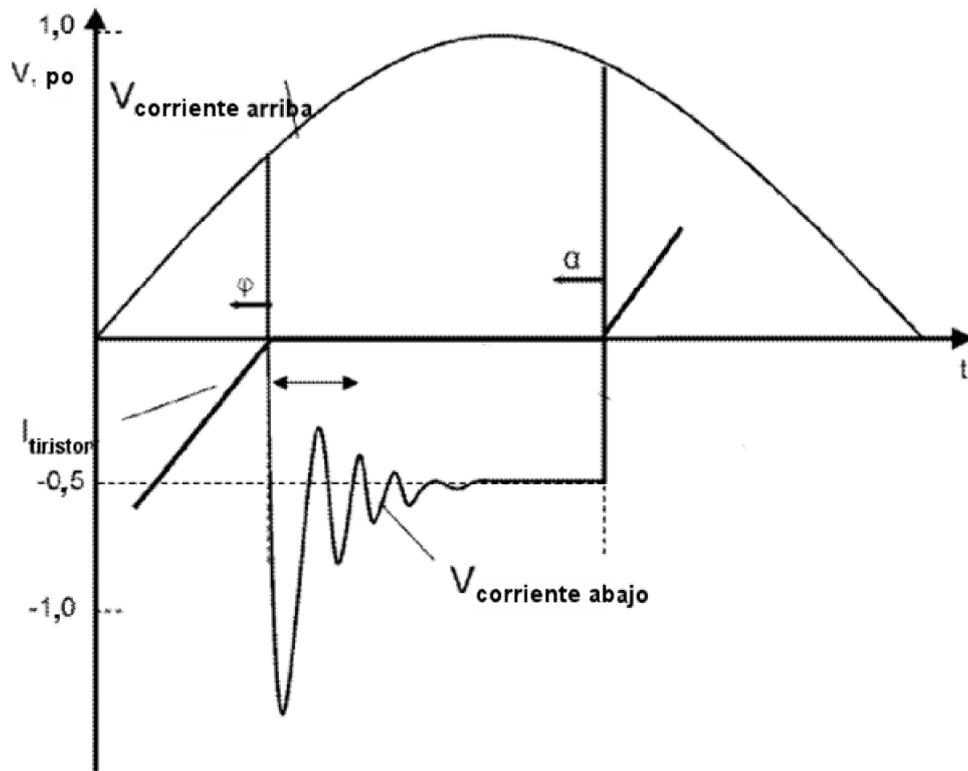


FIG.2

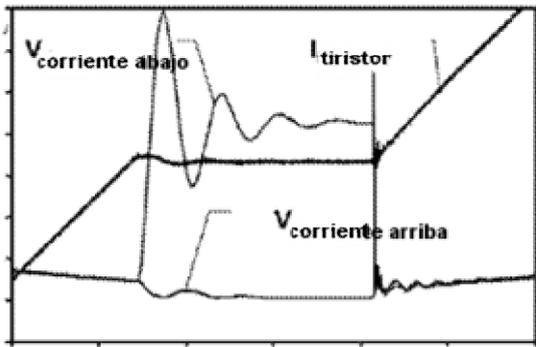


FIG. 3

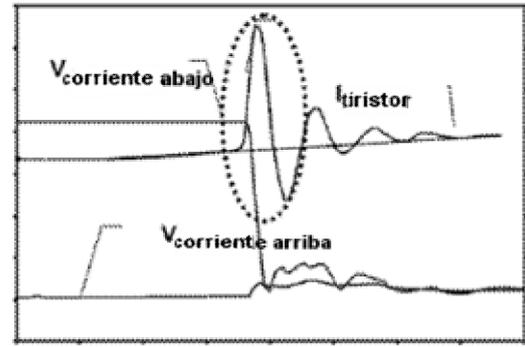


FIG. 4

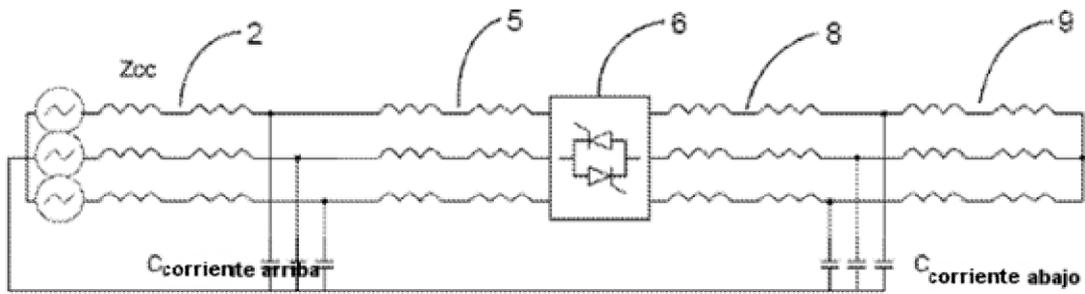


FIG. 5

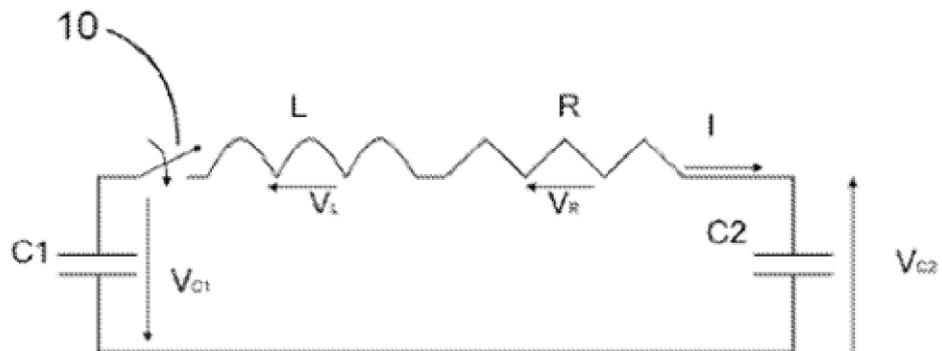


FIG. 6

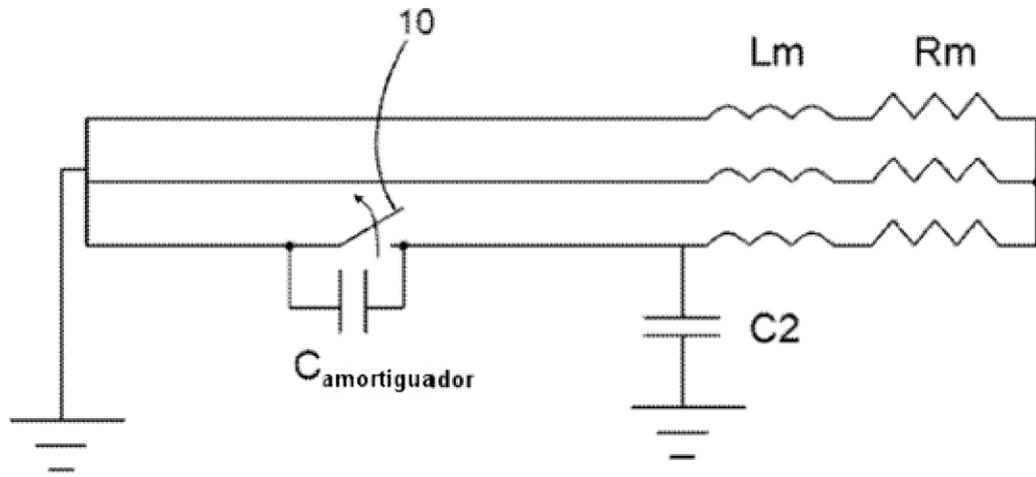


FIG.7

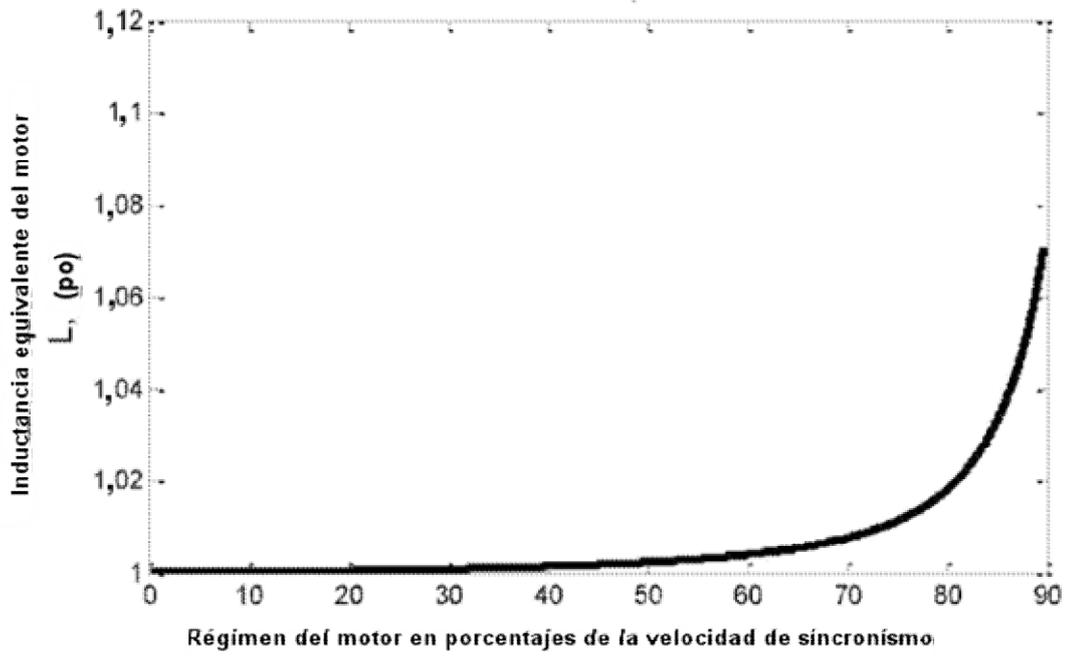


FIG.8

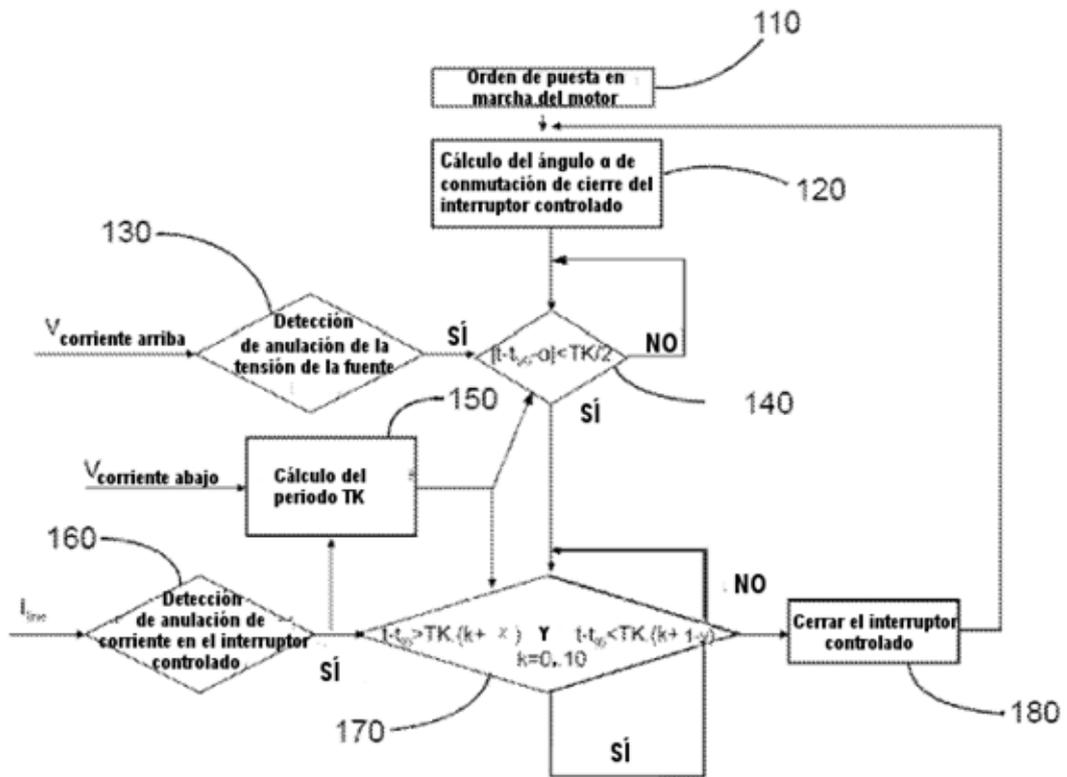


FIG.9

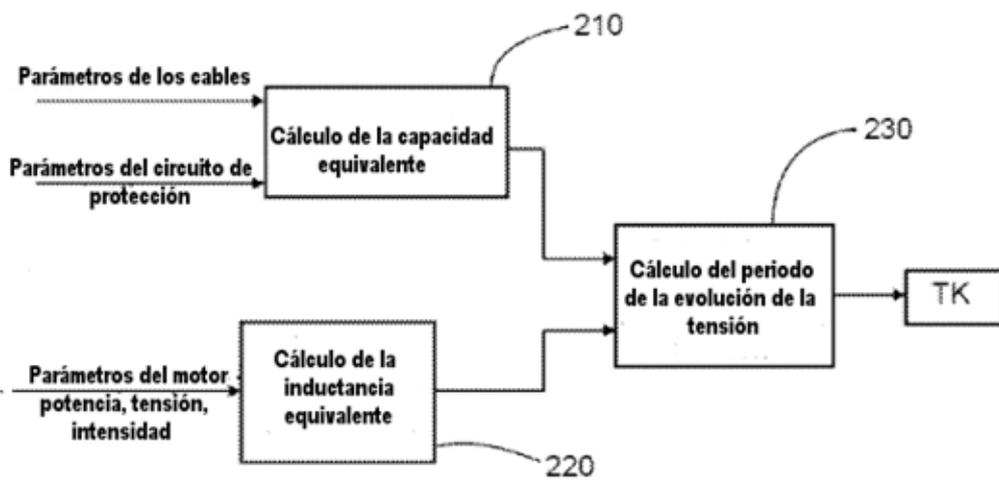


FIG.10

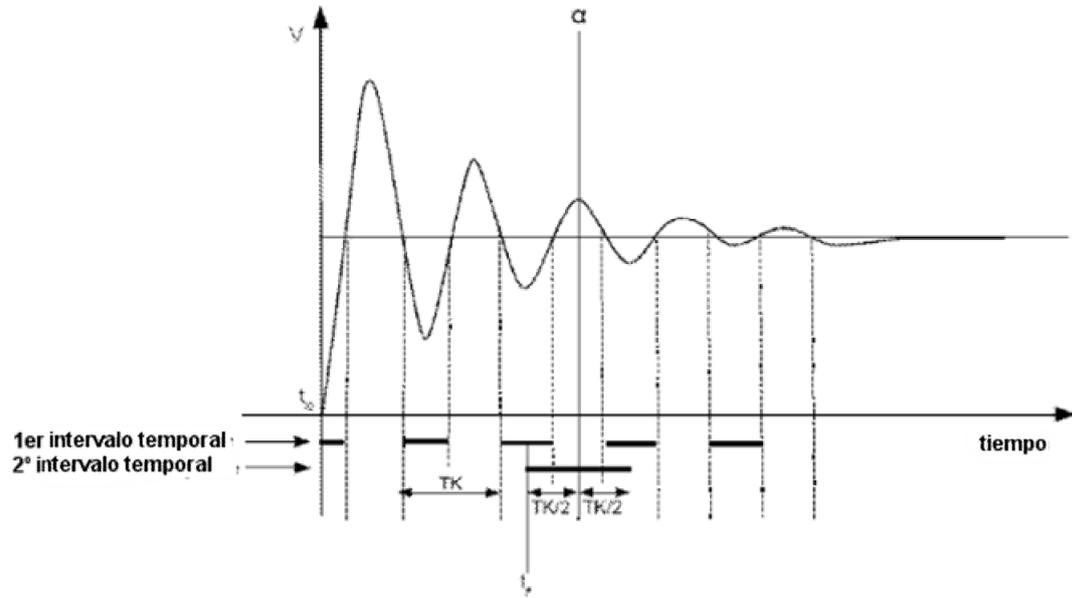


FIG.11