



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 424**

51 Int. Cl.:
H02P 3/20 (2006.01)
H02P 3/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07017244 .0**
96 Fecha de presentación : **03.09.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2031747**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.03.2009**

54 Título: **Procedimiento para el control de la marcha por inercia de una máquina asíncrona.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.06.2011

73 Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

72 Inventor/es: **Hertz, Dirk;**
Runggaldier, Diethard y
Zitzler, Stefan

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 360 424 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 para el control de la marcha por inercia de una máquina asíncrona

La invención se refiere a un procedimiento para el control de la marcha por de una máquina asíncrona.

5 Las máquinas asíncronas se utilizan de forma muy extendida para diferentes objetos de accionamiento. En el arranque de una máquina asíncrona es interesante limitar las corrientes de arranque así como el par motor de arranque de la máquina asíncrona o bien elevarlos lentamente a medida que se incrementa el número de revoluciones de la máquina asíncrona. Tal arranque suave es interesante para diferentes aplicaciones técnicas. Un arranque suave se puede realizar a través de una dosificación de la potencia eléctrica, que es alimentada a la máquina asíncrona. La regulación de la potencia eléctrica se puede realizar, por ejemplo, con un control de corte de fases.

10 Las máquinas asíncronas se pueden utilizar especialmente para el accionamiento de herramientas o máquinas con alto momento de inercia de masas. Por ejemplo, en tales máquinas se puede tratar de máquinas cepilladoras, fresadoras, sierras circulares, etc. en la industria de procesamiento de la madera. Por razones de seguridad, se requiere especialmente en tales máquinas que la marcha por inercia después de la desconexión sea lo más corta posible. Típicamente se requieren tiempos de marcha por inercia entre 10 segundos y 20 segundos. Al menos el tiempo de marcha por inercia de la máquina asíncrona no debería ser más largo que el tiempo de aceleración.

15 Se conoce para el frenado de una máquina asíncrona impulsar dos fases de la máquina con una tensión continua o con una tensión alterna rectificada, con el fin de conseguir de esta manera un efecto de frenado. Sin embargo, este llamado frenado DC presenta diferentes inconvenientes técnicos. Si se realiza el proceso de frenado DC para una máquina con corriente continua pura, entonces es necesaria para esta finalidad una fuente de corriente continua. Éste es técnicamente difícil de realizar. Si se realiza el proceso de frenado DC a través de una tensión alterna rectificada, en el marco de un control de cortes de fases utilizando en cada caso solamente una semionda de la tensión rectificada para el frenado DC (esto corresponde, en principio, a una rectificación unidireccional), entonces debido a los tiempos de flujo de corriente relativamente cortos, solamente se puede generar un par de frenado pequeño. A través de las curvas asimétricas de la corriente, se provocan, además, pérdidas dentro de la máquina asíncrona. Por lo tanto, para máquinas o herramientas con par de inercia de masas muy alto no se consiguen a veces los tiempos de marcha por inercia cortos requeridos solamente a través del frenado DC.

20 Para conseguir los tiempos de frenado requeridos es indispensable con frecuencia realizar el proceso de frenado utilizando un convertidor de frecuencia. Sin embargo, los convertidores de frecuencia consumen mucho espacio de construcción valioso y, además, son caros en la adquisición.

25 El cometido de la presente invención es indicar un procedimiento para el control de la marcha por inercia de una máquina asíncrona, para que se mejore con relación al estado de la técnica al menos hasta el punto de que con gasto técnico reducido sea posible un frenado efectivo de la máquina asíncrona.

30 El cometido se soluciona con las medidas indicadas en la reivindicación 1.

35 La invención se basa en este caso en la consideración de realizar el proceso de frenado eliminando una gran parte de la energía cinética (energía de rotación) de la máquina asíncrona que marcha por inercia a través de frenado de la máquina asíncrona en el funcionamiento reversible. Una vez realizado el frenado de la máquina asíncrona en el modo reversible, se elimina la energía cinética (energía de rotación) restante presente a través de frenado DC de la máquina asíncrona. En el caso de una inversión de las fases, se permitan, frente al funcionamiento normal de la máquina asíncrona, dos de las tres fases. A través de una inversión de este tipo de las fases se consigue que el estator de la máquina asíncrona genere un campo magnético giratorio, que presenta un sentido de giro opuesto frente al sentido de giro actual del rotor. En el modo reversible de la máquina asíncrona se ejerce un par de frenado grande sobre el rotor de la máquina asíncrona. No obstante, en tal proceso de frenado se plantea el problema técnico de que la energía eléctrica alimentada en el modo reversible a la máquina asíncrona debería ser con la mayor exactitud posible tan grande que la máquina asíncrona y, dado el caso, otros componentes accionados se paren totalmente. Si la energía eléctrica alimentada a la máquina asíncrona en el modo reversible es mayor que la energía de rotación de la máquina asíncrona incluida la energía de rotación de los componentes accionados, entonces, dado el caso, al final del modo reversible, la máquina asíncrona se moverá en contra del sentido de giro original. Si la energía eléctrica alimentada en el modo reversible es menor que la energía de rotación de la máquina asíncrona incluidas las partes accionadas, entonces al final del modo reversible, la máquina asíncrona no se parará totalmente. Ambos casos descritos anteriormente no son deseables técnicamente. En particular, ambos casos no cumplieron los requerimientos de seguridad exigidos.

40 Por lo tanto, de acuerdo con la consideración según la invención, durante el arranque de la máquina asíncrona, se mide la energía que se aplica hasta que la máquina asíncrona ha alcanzado su número de revoluciones de

funcionamiento. Por un número de revoluciones de funcionamiento se entiende en este contexto un número de revoluciones fijo predeterminado deseado para el funcionamiento de la máquina asíncrona, en particular en el número de revoluciones de funcionamiento se puede tratar del número de revoluciones nominal de la máquina asíncrona. De manera correspondiente, durante un proceso de frenado posterior de la máquina asíncrona en el modo reversible se alimenta una energía eléctrica que es menor o igual a la energía que se ha aplicado durante el arranque de la máquina asíncrona. De esta manera, se puede evitar que la máquina asíncrona al final del modo reversible pase a la marcha hacia atrás.

Una vez realizado el frenado de la máquina asíncrona en el modo reversible, ésta presenta un número de revoluciones residual (energía de rotación residual), que se elimina a través del frenado DC. En este caso, se impulsan dos de las tres fases de la máquina asíncrona con una corriente alterna rectificada.

De acuerdo con la invención, el procedimiento para el control de la marcha por inercia de una máquina asíncrona debe comprender las siguientes etapas:

- durante la aceleración de la máquina asíncrona desde el estado parado hasta el número de revoluciones de funcionamiento se determina y se registra el valor de una energía de arranque (E_{start}). Un frenado de la máquina asíncrona se realiza en el modo reversible con una energía de frenado (E_{stop}), que corresponde a la energía de arranque (E_{start}) multiplicada por un factor de corrección (δ), de manera que el factor de corrección (δ) adopta un valor entre 0 y 1. Un frenado adicional de la máquina asíncrona después de haber realizado el frenado en el modo reversible se realiza a través del frenado DC.

El procedimiento de acuerdo con la invención presenta en particular las siguientes ventajas.

Con el procedimiento de acuerdo con la invención se puede frenar con seguridad una máquina asíncrona, en un tiempo predeterminado. En particular, se puede frenar con seguridad una máquina asíncrona, que acciona partes con pares de inercia de masas grandes. De manera ventajosa, se puede prescindir de un convertidor para el control de la marcha por inercia de la máquina asíncrona.

Las configuraciones ventajosas del procedimiento de acuerdo con la invención se deducen a partir de las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1. En este caso, se puede combinar el procedimiento según la reivindicación 1 con las características de una, en particular con las características de varias reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con ello, el procedimiento de acuerdo con la invención puede presentar todavía las siguientes características para el control de la marcha por inercia de una máquina asíncrona:

- El factor de corrección puede adoptar un valor entre 0,5 y 0,8 ($0,5 < \delta < 0,8$). Un factor de corrección (δ) con un valor entre 0,5 y 0,8 tiene en cuenta las pérdidas de fricción que se producen típicamente en una máquina asíncrona. Por lo tanto, se puede seleccionar el factor de corrección (δ) de manera especialmente ventajosa a partir del intervalo mencionado anteriormente.
- El frenado DC se puede interrumpir después de un periodo de tiempo predeterminado. La interrupción del frenado DC después de un periodo de tiempo predeterminado impide un frenado DC innecesariamente largo. En particular, el frenado DC se puede interrumpir después de tal periodo de tiempo, después del cual la máquina asíncrona pasa con muy alta probabilidad al estado totalmente parado.
- El frenado DC se puede interrumpir durante el frenado DC sobre la base de la detección de una subida de la corriente en la corriente del motor. La subida de la corriente detectada en la corriente del motor permite una detección sencilla de la parada de la máquina asíncrona. De esta manera se puede asegurar que el frenado DC solamente se interrumpe después de la parada completa de la máquina asíncrona.
- La máquina asíncrona puede estar conectada durante la aceleración desde el estado parado hasta el número de revoluciones de funcionamiento o hasta un número de revoluciones deseado a través de un aparato de control y un relé de la red con una fuente de corriente. Durante el frenado, la máquina asíncrona puede estar conectada a través de un aparato de control y un relé reversible con la fuente de corriente. Al comienzo del proceso de frenado se puede separar la máquina asíncrona a través del aparato de control de la alimentación de corriente. Además, se puede conmutar la conexión eléctrica desde el relé de la red sobre el relé reversible, a continuación se puede frenar la máquina asíncrona en el modo reversible, controlada por el aparato de control, con una corriente del motor controlada por corte de fases y que se eleva lentamente.
- La determinación del valor de la energía de arranque (E_{start}) se puede realizar a través de integración de la potencia del intersticio de aire (P_{LSP}) sobre el tiempo de arranque (t_{start}) de la máquina asíncrona. De manera alternativa, el valor de la energía de arranque (E_{start}) se puede calcular a través de la suma de la potencia del intersticio de aire (P_{LSP}) sobre el número de los periodos de la red (L_{start}) para el arranque de la

máquina asíncrona. La determinación descrita anteriormente del valor de la energía de arranque (E_{start}) es especialmente sencilla, efectiva y exacta.

- La determinación de la energía de frenado (E_{stop}) se puede realizar a través de integración de la potencia del intersticio de aire (P_{LSP}) sobre el tiempo de parada (E_{stop}) de la máquina asíncrona. De manera alternativa, la determinación de la energía de frenado (E_{stop}) se puede realizar a través de la suma de la potencia del intersticio de aire (P_{LSP}) sobre el número de los periodos de la red (L_{stop}) para el frenado de la máquina asíncrona. La determinación descrita anteriormente de la energía de frenado (E_{stop}) es especialmente sencilla, efectiva y exacta.

Otras configuraciones ventajosas del procedimiento de acuerdo con la invención se deducen de las reivindicaciones dependientes indicadas anteriormente así como en particular del dibujo. Para la explicación adicional de la invención se hace referencia a continuación a los dibujos, en los que se representan de forma esquemática formas de realización preferidas. En este caso:

La figura 1 muestra una máquina asíncrona con una instalación para el control de la marcha por inercia, y

La figura 2 muestra curvas de la corriente en la máquina asíncrona durante la fase de arranque y durante la fase de frenado de la máquina asíncrona.

La figura 1 muestra una instalación 100 para el control de la marcha por inercia de una máquina asíncrona 101. La instalación 100 para el control de la marcha por inercia comprende un aparato de control 102, un relé de la red 103 y un relé de inversión 104. El relé de la red 103 se puede conectar o está conectado en el lado de entrada con una fuente de corriente 105. En el lado de salida, el relé de la red 103 está conectado con el aparato de control 102, que está conectado de nuevo con la máquina asíncrona 101. El relé reversible 104, que puentea el relé de la red 103, se puede conectar o está conectado en el lado de entrada con la fuente de corriente 104, el relé reversible está conectado en el lado de salida de la misma manera con el aparato de control 102. El relé de la red 103 y el relé reversible 105 están conectados a través de líneas de control 106 con el aparato de control 102. El relé de la red 103 y el relé reversible 104 se pueden conmutar a través del aparato de control 102.

El aparato de control 102 puede presentar especialmente la función de un arrancador suave. Por medio de un arrancador suave se pueden limitar tanto las corrientes de arranque como también los pares motor de arranque de la máquina asíncrona 101. De esta manera, la máquina asíncrona 101 se puede acelerar lentamente desde el estado parado hasta un número de revoluciones de funcionamiento deseado, en particular el número de revoluciones nominal. Un arrancador suave de este tipo puede trabajar en particular de acuerdo con el principio del control de corte de fases. El aparato de control 102 es igualmente adecuado para medir y registrar una energía de arranque eléctrica (E_{start}). Además, el aparato de control 102 es adecuado para controlar un proceso de frenado DC para la máquina asíncrona 101. En este caso, dos de los tres polos de la máquina asíncrona 101 son impulsados con una corriente alterna rectificadora. Para realizar un proceso de frenado DC aplicado de forma suave, éste puede estar regulado a modo de un control de corte de fases.

La máquina asíncrona 101 se puede utilizar especialmente para el accionamiento de herramientas o máquinas con altos pares de inercia de masas. Por ejemplo, la máquina asíncrona 101 puede accionar una máquina cepilladora, fresadora o sierra circular en la industria del procesamiento de la madera.

La máquina asíncrona 101 está conectada durante el arranque a través del relé de la red 10 y el aparato de control 102 con la fuente de corriente 105. Mientras la máquina asíncrona 101 es acelerada a su número de revoluciones de funcionamiento, se mide y se registra la energía eléctrica de arranque (E_{start}) alimentada a la máquina asíncrona. La medición y registro de la energía de arranque (E_{start}) se realiza con la ayuda del aparato de control 102.

La energía de arranque (E_{start}) se calcula como integral de la potencia del intersticio de aire P_{LSP} alimentada a la máquina asíncrona 101 sobre el tiempo de arranque (t_{start}) (ver la ecuación 1).

$$E_{start} = \int_{t_{arr}} P_{LSP} \quad (1)$$

En este contexto se presta atención a la potencia del intersticio de aire (P_{LSP}), puesto que el valor de la potencia mecánica no es accesible sin más para una medición. Entre la potencia eléctrica y la potencia mecánica existe una diferencia provocada por diferentes pérdidas. A las pérdidas contribuyen especialmente las pérdidas por fricción así como las pérdidas óhmicas e inductivas en el estator y en el rotor de la máquina asíncrona. Puesto que las pérdidas del estator se conocen, en general, hay que calcular bien la potencia en el intersticio de aire entre el estator y el rotor (potencia del intersticio de aire, (P_{LSP}) y, por lo tanto, se utiliza a continuación como magnitud de referencia.

La potencia del intersticio de aire (P_{LSP}) alimentada a la máquina asíncrona se calcula, por lo tanto, como diferencia de la potencia eléctrica (P_e) alimentada a la máquina asíncrona 101 menos la pérdida de potencia (P_v) en el estator

de la máquina asíncrona 101 (ver la ecuación 2).

$$P_{LSP} = P_{el} - P_v \quad (2)$$

La ecuación 3 reproduce el cálculo de la potencia del intersticio de aire (P_{LSP}), siendo sumadas la potencia eléctrica (P_{el}) y la potencia de pérdida (P_v) en el estator de la máquina asíncrona 101 en cada caso sobre un periodo de la red.

(S_p) calcula el número de los valores de exploración por cada periodo de la red

$$P_{LPS} = \sqrt{3} \frac{1}{S_p} \sum_{i=1}^{S_p} (U_i I - I_i^2 R) \quad (3)$$

De manera alternativa a la integración, indicada en la ecuación 1, de la potencia del intersticio de aire (P_{LSP}) sobre el tiempo de arranque (t_{start}), la energía de arranque (E_{start}) se puede calcular a través de una suma sobre el número de los periodos de la red (L_{start}) para el arranque de la máquina asíncrona 101 (ver la ecuación 4).

$$E_{start} = \sum_{p=1}^{L_{start}} \left(\sqrt{3} \frac{1}{S_p} \sum_{i=1}^{S_p} (U_i I - I_i^2 R) \right) \quad (4)$$

Después de la aceleración de la máquina asíncrona 101 hasta un número de revoluciones deseado, se registra el valor calculado para la energía de arranque (E_{start}) por el aparato de control 102.

Antes del frenado propiamente dicho de la máquina asíncrona 101, ésta es separada por el aparato de control 102 de la alimentación de corriente eléctrica. Esto se puede realizar, por ejemplo, por medio de un circuito de tiristor, que se controla por el aparato de control 102. A continuación se conmuta la conexión eléctrica entre el aparato de control 102 y la fuente de corriente trifásica 104 desde el relé de la red 103 al revé de inversión 105. Después de la conmutación, el relé de inserción 105 puentea el relé de la red 103.

En el modo de inversión, se invierte la secuencia de las fases en la máquina asíncrona 101. A través de tal inversión de las fases se genera un campo de giro en el estator de la máquina asíncrona 101, que presenta un sentido de giro opuesto al sentido de giro actual del rotor de la máquina asíncrona 101. Los campos de giro opuestos entre sí del estator y del rotor de la máquina asíncrona 101 provocan un par de frenado grande en el rotor de la máquina asíncrona 101. El frenado de inversión realizado de esta manera presente, en comparación con el frenado DC con una corriente alterna rectificadora una curva de la corriente sin interrupciones y de esta manera proporciona un par de frenado comparativamente claramente más alto. A través de un frenado de la máquina asíncrona 101 en el modo reversible, se elude al mismo tiempo el peligro de que la máquina asíncrona 101 se acelere de nuevo a través del proceso de frenado DC en lugar de frenarse.

El peligro de una nueva aceleración de la máquina asíncrona 101 existe cuando ésta es frenada con una corriente alterna rectificadora como corriente de frenado DC. La energía de frenado (E_{stop}) alimentada en el modo reversible se puede seleccionar tan grande que al final del proceso de frenado la máquina asíncrona 101 siga funcionando solamente en una medida insignificante, pero en ningún caso gire en contra del sentido de giro original (marcha hacia atrás).

La determinación de la energía de frenado (E_{stop}) se puede realizar de la misma manera que la determinación de la energía de arranque (E_{start}) (ver la ecuación 4). La ecuación 5 indica una posibilidad similar para la determinación de la energía de frenado (E_{stop}).

$$E_{stop} = \sum_{p=1}^{L_{stop}} \left(\sqrt{3} \frac{1}{S_p} \sum_{i=1}^{S_p} (U_i I - I_i^2 R) \right) \quad (5)$$

En el caso ideal, la energía de frenado (E_{stop}) sería igual que la energía de arranque (E_{start}). En este caso, la máquina asíncrona 101 permanecería exactamente en el punto al final del proceso de frenado en el modo de inversión. Pero a través de diferentes magnitudes de influencia, como pérdidas por fricción, errores de aproximación, errores de exploración o modificación en función de la temperatura de la resistencia del estator, es muy probable que la energía de frenado (E_{stop}) necesaria sea diferente de la energía de arranque (E_{start}). La energía de frenado (E_{stop}) empleada

para el frenado de la máquina asíncrona 101 se calcula, por lo tanto, de acuerdo con la fórmula 6.

$$E_{\text{stop}} = \delta \cdot E_{\text{start}} \quad (6)$$

Para el cálculo de la energía de frenado (E_{stop}) se impulsa la energía de arranque (E_{start}) con un factor entre 0 y 1, de manera ideal con un factor entre o igual a 0,5 y 0,8 ($0 < \delta < 1$; $0,5 \leq \delta \leq 0,8$). A través de ensayos o una operación de ajuste en el caso concreto de aplicación se puede calcular un intervalo óptimo o un valor óptimo para δ .

Para el frenado adicional de la máquina asíncrona 101, después de que ésta ha sido impulsada con una energía de frenado (E_{stop}) de acuerdo con la fórmula 6, se impulsan dos fases de la máquina asíncrona 101 con una corriente alterna rectificadora, de manera que se elimina el número de revoluciones residual de la máquina asíncrona 101 hasta la parada definitiva a través de frenado DC.

La figura 2 muestra las curvas de tiempo de la energía de arranque (E_{start}), de la corriente de arranque (I_{start}) y del corte de fases (φ_{start}) como función del tiempo. Los valores de las variables mencionadas anteriormente se representan en la figura 2 en unidades discretas sobre el tiempo t . Las curvas de E_{start} , I_{start} y φ_{start} se representan tanto para el tiempo 201, en el que la máquina asíncrona 101 se acelera, como también para el tiempo 202, en el que la máquina asíncrona 11 marcha con su número de revoluciones de funcionamiento.

Durante el arranque de la máquina asíncrona 101 desde el estado parado, el corte de fases (φ_{start}) es controlado por el aparato de control 102, de manera que la corriente del motor (I_{start}) durante la fase de arranque 2001 se eleva lentamente hasta un valor límite predeterminado. Típicamente, un valor de este tipo, que se puede reconocer en la figura 2 por medio de una meseta en la corriente del motor (I_{start}), tiene de 3 a 5 veces la carga nominal de la máquina asíncrona 101. En el instante, en el que la máquina asíncrona 101 ha alcanzado su número de revoluciones de funcionamiento, el corte de fases (φ_{start}) cae a cero, y la corriente del motor (I_{start}) alcanza un valor meseta (I_N), en el que la máquina asíncrona 101 es accionado con el número de revoluciones de funcionamiento.

El arranque de la máquina asíncrona se puede realizar de la misma manera a través de una rampa lineal de corte de fases, en cuyo caso la corriente del motor no está limitada a un valor meseta fijo. Lo mismo se aplica para un eventual frenado de la máquina. La máquina asíncrona se puede tanto arrancar como también frenar siempre con los dos procedimientos posibles, es decir, con una limitación de la corriente del motor a un valor predeterminado y a una rampa lineal de corte de fases.

Durante el tiempo 201 de la aceleración de la máquina asíncrona 101 se mide por el aparato de control 102 de manera continua la energía aplicada para la aceleración de la máquina asíncrona 101 hasta el número de revoluciones de funcionamiento. El valor máximo sumado o bien integrado de la energía de arranque (E_{start}) es registrado por el aparato de control 102 después de alcanzar el número de revoluciones de funcionamiento de la máquina asíncrona 101.

Para el frenado de la máquina asíncrona 101, ésta es separada en primer lugar a través del aparato de control 102 desde la fuente de corriente 105. Una vez realizada la conmutación de la conexión entre la fuente de corriente 105 y el aparato de control 102 desde el relé de la red 103 al relé de inversión 104, se impulsa la máquina asíncrona 101 en el modo de inversión con una corriente del motor (I_{stop}) que se eleva lentamente. En este caso, el corte de fases (φ_{stop}) se puede regular, por ejemplo, de tal forma que se eleva la corriente del motor (I_{stop}) durante el tiempo 203 del modo de inversión lentamente hasta aproximadamente 3 a 5 veces el valor de la capacidad de carga nominal de la máquina asíncrona 101.

Durante el periodo de tiempo del modo de inversión, se alimenta a la máquina asíncrona 101 una energía eléctrica (E_{stop}), que es menor que la energía de arranque (E_{start}). La máquina asíncrona 101 es impulsada en este caso especialmente con una energía de frenado (E_{stop}), que corresponde aproximadamente al 50 % al 80 % de la energía de arranque (E_{start}). De acuerdo con la ecuación 6, δ está aproximadamente entre 0,5 y 0,8.

Al término del modo de inversión, la máquina asíncrona 101 presenta una energía cinética residual en forma de un número de revoluciones residual. Por este motivo, se conecta en el caso ideal sin interrupción en el modo de inversión una fase de frenado DC 204. Durante el frenado DC se impulsan dos fases de la máquina asíncrona 102 con una tensión alterna rectificadora. Para que el proceso de frenado DC sea iniciado suavemente, se reduce también durante el frenado DC el corte de fases (φ_{DC}) desde un valor inicial alto hasta un valor predeterminado, en el caso extremo hasta 0. Como consecuencia de ello, se eleva lentamente la corriente de frenado (I_{DC}) que se aplica en la máquina asíncrona.

La corriente de frenado DC (I_{DC}), que se aplica en la máquina asíncrona, presenta en el estado parado de la máquina asíncrona 101, una elevación 205. Con la ayuda de la elevación 205 en la corriente de frenado (I_{DC}) que se aplica en la máquina asíncrona 101 se puede detectar el estado parado de la máquina asíncrona 101.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el control de la marcha por inercia de una máquina asíncrona (101), que comprende las siguientes etapas: las siguientes etapas:
- 5 - determinación y registro del valor de una energía de arranque (E_{start}) durante la aceleración de la máquina asíncrona (101) desde el estado parado hasta el número de revoluciones de funcionamiento,
- frenado de la máquina asíncrona (101) en el modo reversible con una energía de frenado (E_{stop}), que corresponde a la energía de arranque (E_{start}) multiplicada por un factor de corrección (δ) ($E_{stop} = \delta E_{start}$), de manera que el factor de corrección (δ) adopta un valor entre 0 y 1 ($0 < \delta < 1$), y
- 10 - frenado adicional de la máquina asíncrona (101) a través de frenado DC una vez realizado el frenado en el modo reversible.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el factor de corrección (δ) adopta un valor entre 0,5 y 0,8 ($0,5 < \delta < 0,8$).
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por una interrupción del frenado DC después de un periodo de tiempo predeterminado.
- 15 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por una interrupción del frenado DC sobre la base de la detección de una subida de la corriente en la curva de la corriente de frenado DC.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la máquina asíncrona está conectada durante la aceleración a través de un relé de la red (103) y un aparato de control (102) con una fuente de corriente (104), y durante el frenado está conectada a través de un relé de inversión (105) y el aparato de control (102) con la fuente de corriente (104), comprendiendo adicionalmente las siguientes etapas:
- 20 - desconexión de la máquina asíncrona (101) de la alimentación de corriente a través del aparato de control (102) al comienzo del frenado,
- conmutación de la conexión entre la fuente de corriente (104) y el aparato de control (102) desde el relé de la red (103) al relé de inserción (104),
- 25 - frenado de la máquina asíncrona (101) con una corriente del motor controlada por corte de fases, que se eleva hasta un valor predeterminado, en el modo reversible, controlado por el aparato de control (102).
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la determinación del valor de la energía de arranque (E_{start}) se realiza a través de integración de la potencia del intersticio de aire (P_{LSP}) durante el tiempo de arranque (t_{start}) de la máquina asíncrona (101).
- 30 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la determinación del valor de la energía de arranque (E_{start}) se realiza a través de la suma de la potencia del intersticio de aire (P_{LSP}) sobre el número de los periodos de la red (L_{start}) para el arranque de la máquina asíncrona (101).
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la determinación de la energía de frenado (E_{stop}) se realiza a través de integración de la potencia del intersticio de aire (P_{LSP}) sobre el tiempo de parada (t_{stop}) de la máquina asíncrona (101).
- 35 9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la determinación de la energía de frenado (E_{stop}) se realiza a través de la suma de la potencia del intersticio de aire (P_{LSP}) sobre el número de los periodos de la red (L_{stop}) para el frenado de la máquina asíncrona (101).

FIG 1

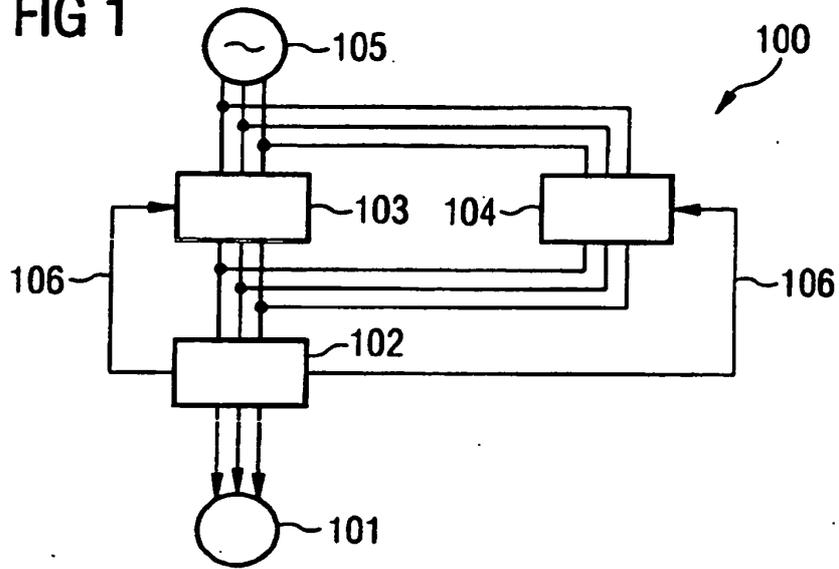


FIG 2

