

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 705 010**

51 Int. Cl.:

H02M 1/32 (2007.01)

H02P 21/09 (2006.01)

H02P 29/032 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.05.2010 PCT/EP2010/002832**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.11.2010 WO10133303**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2010 E 10719919 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 2433356**

54 Título: **Limitación de sobrecorriente durante la regulación de máquinas de corriente trifásica alimentadas por convertidor estático**

30 Prioridad:

18.05.2009 DE 102009021823

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

21.03.2019

73 Titular/es:

**BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH
(100.0%)
Eichhornstrasse 3
10785 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

**KRAFKA, PETER y
RAMPE, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 705 010 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

Limitación de sobrecorriente durante la regulación de máquinas de corriente trifásica alimentadas por convertidor estático

5 La presente invención se refiere a un equipo de control y/o de regulación para hacer funcionar una máquina de corriente trifásica, que se alimenta por un convertidor de corriente trifásica, presentando el equipo una estructura de control y/o de regulación (de manera abreviada: la estructura) con un regulador de flujo de estátor (es decir, un regulador que regula el flujo magnético del estátor de la máquina) y con un regulador de frecuencia de deslizamiento o un regulador del par motor. Aparte de eso, la invención se refiere a un procedimiento correspondiente para hacer funcionar una máquina de corriente trifásica alimentada por convertidor estático así como un vehículo ferroviario, en el cual una tal estructura controla o regula el funcionamiento del o de los motor(es) de accionamiento.

10 El documento WO 2008/052714 A1 describe un equipo con una tal estructura a modo de ejemplo para una máquina asíncrona de corriente trifásica. El equipo o el procedimiento debería utilizarse en el caso de aplicaciones de alto rendimiento como, por ejemplo, convertidores de tracción para el suministro de motores de accionamiento de vehículos ferroviarios. Debería posibilitarse una generación de patrones de impulso basada en valor medio y valor instantáneo para controlar el convertidor de corriente, debiendo cumplirse altos requisitos dinámicos, en particular para aplicaciones de tracción en vehículos ferroviarios, con aprovechamiento óptimo de la tensión de entrada disponible del convertidor de corriente. La presente invención se refiere en particular al mismo procedimiento o equipos de control y/o de regulación y a las mismas aplicaciones.

15 En el caso de controles y/o regulaciones que, como la estructura de la presente invención, regulan el flujo de estátor y el par motor o la frecuencia de deslizamiento, pueden producirse, sin medidas de técnica de regulación adicionales, amplitudes de corriente inadmisiblemente altas, que darían como resultado un daño o destrucción del convertidor de corriente o de la máquina si no se tomase ninguna medida de protección secundaria como desconexión por sobrecorriente del convertidor de corriente. En el caso de estructuras alternativas, que regulan, por ejemplo, el componente que forma flujo o el componente que forma par motor de la corriente estática (descrito, por ejemplo, en el documento WO 2005/018086), puede garantizarse una protección contra sobrecorriente de técnica de regulación por la limitación adecuada de los valores teóricos de corriente. Por el contrario, en el caso de estructuras con regulador de flujo de estátor y con regulador de frecuencia de deslizamiento o regulador del par motor, la corriente estática no se regula directamente, de manera que son necesarias medidas adicionales para la limitación de la corriente estática. Las medidas de este tipo conocidas hasta el momento cumplían este objetivo solo de manera insuficiente, de manera que respondió más frecuentemente a la medida de protección secundaria de desconexión por sobrecorriente.

20 Las amplitudes de corriente inadmisiblemente altas y, con ello, las desconexiones de protección pueden producirse en particular durante procesos altamente dinámicos en el funcionamiento de la máquina, es decir, en el caso de modificaciones rápidas de la tensión del circuito intermedio desde el que se suministran el o los inversor(es) de tracción, en el caso de modificaciones rápidas de la velocidad de giro de la máquina. en el caso de modificaciones rápidas del par motor que va a generarse por la máquina y/o en el caso de modificaciones rápidas del flujo magnético deseado en el estátor de la máquina.

25 En la publicación «Schnelle Drehmomentregelung im gesamten Drehzahlbereich eines hochausgenutzten Drehfeldantriebs» de Dieter Maischak, informes de progreso, VDI serie 8, n.º 479, Düsseldorf, Alemania, editorial VDI 1995, ISBN 3-18-347908-7, se ha propuesto la limitación del valor teórico de frecuencia de deslizamiento de la regulación a un valor máximo estacionario de corriente estática. A este respecto, se supone que no se modifica en particular el flujo magnético de la máquina, es decir, que la derivación temporal del flujo del rotor es aproximadamente igual a cero. Pero si aparecen modificaciones rápidas de flujo, es decir, la máquina se encuentra en el estado magnético no estacionario, se necesita temporalmente una corriente magnetizante comparativamente alta (esto incluye el caso de la desmagnetización, es decir, también una corriente magnetizante negativa) del estátor para el ajuste de flujo. Por principio, la limitación de la frecuencia de deslizamiento no puede limitar la corriente magnetizante y, por lo tanto, no puede descartar de manera segura desconexiones por sobrecorriente a causa de altas amplitudes de corriente magnetizante.

30 Por eso, con el procedimiento propuesto por Maischak, la corriente estática no puede limitarse de manera segura, con técnica de regulación, en todas las situaciones de funcionamiento de la máquina (en particular con requerimiento simultáneo de flujo y de par motor, como suele ser el caso durante el funcionamiento de vehículos ferroviarios) a un valor que posibilita un funcionamiento continuo de la máquina en cualquier momento sin medidas de protección secundarias como desconexiones por sobrecorriente del convertidor de corriente. En particular, en el caso del funcionamiento de tranvías, debe ser posible en cualquier momento generar, con ayuda del motor de accionamiento, un par motor que contrarreste la marcha del tranvía. Por razones de seguridad, este frenado mecánico con ayuda de la máquina se exige como segundo freno independiente para no depender exclusivamente del freno mecánico del vehículo. Si el vehículo rueda, por ejemplo, fundamentalmente sin fuerza de accionamiento y tiene que frenarse rápidamente de manera dinámica, simultáneamente es necesario aumentar rápidamente el flujo del estátor y el par motor generado por la máquina. Sin embargo, para un frenado dinámico, el accionamiento ya no está a disposición en el caso del bloqueo del convertidor de corriente.

Otra desventaja del procedimiento propuesto por Maischak consiste en que la limitación estacionaria de corriente estatórica depende esencialmente de parámetros de máquina que se modifican durante el funcionamiento como función del punto de funcionamiento dinámico (amplitud de corriente y/o temperatura del rotor). Si los valores de parámetro no se seleccionan correctamente o se adaptan insuficientemente al estado de funcionamiento actual, puede ocurrir demasiado frecuentemente que tendrían que tomarse medidas de protección más allá de la limitación de corriente, como el bloqueo del convertidor de corriente.

Un objetivo de la presente invención es indicar un equipo de control y/o de regulación para hacer funcionar una máquina de corriente trifásica, que se alimenta por un convertidor de corriente trifásica, limitando el equipo de manera eficaz y fiable la corriente estatórica a valores permitidos, posibilitándose una alta dinámica durante el funcionamiento de la máquina y evitándose la aparición frecuente de medidas de protección secundarias, como la desconexión del convertidor de corriente. Por corriente estatórica se entiende la corriente a través del arrollamiento del estátor de la máquina.

El objetivo se resuelve mediante un equipo de control y/o de regulación de acuerdo con la reivindicación 1 y un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3.

De acuerdo con una idea fundamental de la presente invención, dentro de la estructura de regulación con regulación de flujo de estátor y de frecuencia de deslizamiento (o, como alternativa, regulación de flujo d estátor y de par motor), tanto la corriente estatórica que forma flujo como la que forma par motor se limita a través de respectivamente una intervención en los dos circuitos de regulación. Al contrario que en el caso del procedimiento anteriormente mencionado de Maischak, no se presupone ningún funcionamiento casiestacionario en cuanto a la magnetización de la máquina.

A este respecto, para la limitación de la corriente que forma par motor, se limita el valor teórico suministrado al regulador de frecuencia de deslizamiento (o regulador del par motor) a un valor máximo (en lo sucesivo: el valor máximo de frecuencia de deslizamiento o del par motor).

Por la limitación de la corriente estatórica tanto que forma flujo como de la que forma par motor por la intervención en los circuitos de regulación del regulador de flujo del estátor y del regulador de frecuencia de deslizamiento (o del regulador del par motor), también se resuelve automáticamente, sin medidas necesarias adicionales, el siguiente problema: puesto que la corriente total a través del estátor, es decir, la cantidad de oscilación fundamental de corriente estatórica, está limitada a un valor máximo, en procedimientos conocidos por el estado de la técnica debe fijarse si hay que conservar prioritariamente el componente que forma flujo o que forma par motor, es decir, hay que reducir el respectivamente otro componente de corriente, para mantener el valor máximo para la cantidad total de oscilación fundamental de corriente estatórica. En el caso de la solución de acuerdo con la presente invención, la prioridad en la reducción se produce automáticamente, sin medidas adicionales. Ejemplos de realización de distintas situaciones de funcionamiento en las cuales debe reducirse al menos un componente de la corriente estatórica se explicarán más en la descripción de figuras.

Aparte de eso, para la limitación de la corriente que forma flujo, se limita la velocidad a la que se modifica el flujo de estátor teórico (preferentemente, valores de flujo tanto mayores como menores) a un valor máximo (en lo sucesivo: incremento máximo de rampa de flujo). Preferentemente, esto se consigue porque la modificación del valor teórico se limita en la entrada del regulador de flujo de estátor a través de un elemento de rampa (es decir, un equipo que restringe la modificación correspondientemente a una rampa temporal) en caso de que el valor teórico se corresponda con una velocidad de modificación demasiado alta. A este respecto, la velocidad se corresponde con el aumento/disminución del flujo entre dos ciclos de trabajo sucesivos del equipo de control y/o de regulación.

Los dos valores máximos (el valor máximo de frecuencia de deslizamiento o del par motor y el incremento máximo de rampa de flujo) se fijan continua o casi continuamente durante el funcionamiento del equipo de control y/o de regulación de manera que no se produce ninguna amplitud de corriente inadmisiblemente alta de la corriente estatórica. Dicho de otra manera, al menos un valor máximo de la corriente estatórica (en particular un valor máximo para el componente que forma flujo de la oscilación fundamental de corriente estatórica y un valor máximo para la cantidad total de oscilación fundamental de corriente estatórica) se usa para calcular un valor máximo para la velocidad de aumento del flujo de estátor y un valor máximo para el par motor o la frecuencia de deslizamiento y tomar medidas de manera que no se sobrepasen estos dos valores máximos (el valor máximo de frecuencia de deslizamiento o del par motor y el incremento máximo de rampa de flujo).

De manera especialmente ventajosa, el equipo de control y/o de regulación se utiliza si la máquina de corriente trifásica es una máquina asíncrona y la estructura presenta el regulador de flujo de estátor y el regulador de frecuencia de deslizamiento.

Equipos correspondientes adecuados en la estructura de regulación, los cuales garantizan el mantenimiento de los valores máximos predefinidos para la oscilación fundamental de corriente estatórica y el componente de corriente que forma flujo, son así los denominados reguladores limitadores. Entre estos se entienden reguladores que, en el funcionamiento normal (es decir, cuando no se ha sobrepasado el valor máximo permitido del regulador limitador), no ejercen ninguna influencia en la magnitud teórica relevante para el funcionamiento del regulador asignado (en este caso, del regulador de frecuencia de deslizamiento o regulador del par motor o del regulador de flujo de estátor). Por el contrario, si el valor teórico sobrepasa el valor máximo permitido, el funcionamiento del regulador limitador tiene un efecto limitante sobre el valor teórico, de manera que se evita sobrepasar el circuito de regulación subordinado. En el caso del incremento de rampa de flujo, el circuito de regulación subordinado es el circuito de regulación del regulador de flujo; en el caso del valor máximo de frecuencia de deslizamiento o valor máximo del par

motor, el circuito de regulación del regulador de frecuencia de deslizamiento o del regulador del par motor.

Por una limitación se entiende en particular una limitación de la cantidad, es decir, también pueden limitarse, por ejemplo, pares motores generados para el frenado de un vehículo ferroviario. Por lo tanto, el regulador limitador actúa sobre la magnitud teórica del regulador respectivamente asignado, es decir, actúa sobre el valor teórico que se ajusta a la entrada del regulador asignado.

Preferentemente, la limitación de la velocidad de aumento del flujo de estátor se realiza porque, para cada ciclo de trabajo de la estructura, se calcula la modificación permitida del flujo de estátor, es decir, el incremento. Si la diferencia del valor teórico de flujo de estátor a partir del ciclo de trabajo anterior, por una parte, y el valor teórico de flujo de estátor en el ciclo de trabajo actual, por otra parte, sobrepasa el incremento, se limita el valor teórico de flujo de estátor a partir del ciclo de trabajo actual de manera que no se sobrepasa el incremento permitido como máximo.

Para la limitación de la velocidad de modificación de flujo (es decir, para mantener la máxima rampa de flujo), se usa una estructura de regulador limitador a la que se suministra la cantidad filtrada del valor real y un valor máximo del componente que forma flujo (componente d en el sistema de coordenadas d - q fijo en el rotor) de la corriente estática. A este respecto, como también en otras ocasiones, se trata del componente relacionado con la oscilación fundamental, así, sin porcentaje de oscilación armónica. Este regulador limitador presenta un regulador de tipo P, es decir, un regulador cuya magnitud de ajuste es proporcional a la desviación de valor teórico/real (en este caso, la diferencia entre el valor teórico y el valor máximo del componente que forma flujo de la corriente estática) en la entrada del regulador.

Asimismo, la estructura está diseñada para suministrar la diferencia de un valor real prefiltrado del componente que forma par motor (componente q , relacionado con la oscilación fundamental) de la corriente estática y un valor máximo del componente que forma par motor (relacionado con la oscilación fundamental) de la corriente estática a un regulador proporcional-integral (regulador de tipo PI), cuya salida está unida a una entrada del primer equipo limitador.

La limitación de corriente estática de acuerdo con la invención puede aplicarse en particular en el caso de estados de funcionamiento altamente dinámicos de la máquina (por ejemplo, en el caso del cambio mencionado de rodadura a frenado dinámico de un vehículo). Pueden permitirse al mismo tiempo altos pares motores y grandes modificaciones del flujo de estátor.

De acuerdo con otra idea de la invención, en el cálculo del valor máximo de frecuencia de deslizamiento o del valor máximo del par motor, no se parte de la base (como en el caso de Maischak, véase arriba) de que la modificación de flujo del flujo magnético es aproximadamente igual a cero, puesto que la negligencia unida a ello se ha identificado como una de las causas de las frecuentes desconexiones por sobrecorriente. Más bien, se calcula el valor máximo permitido de la corriente estática que forma par motor (componente q en el sistema de coordenadas d - q) usando un valor real filtrado (a diferencia de la corriente magnetizante estacionaria usada por Maischak) de la corriente de oscilación fundamental que forma flujo (componente d en el sistema de coordenadas d - q fijo en el rotor) y usando el valor conocido para el valor máximo del valor total de oscilación fundamental de corriente estática. A su vez, de ello se calcula el valor máximo permitido de la frecuencia de deslizamiento o del par motor.

Por el uso del valor real de oscilación fundamental filtrado en lugar de la corriente magnetizante estacionaria para el componente que forma flujo de la corriente estática, se supera la dificultad de que deben calcularse o deben estimarse los valores máximos tanto para el componente d como el componente q de la corriente estática, pero, por regla general, no está a disposición ninguna información suficiente para ello. Por otra parte, si se usaran valores máximos fijos y constantes en el tiempo tanto para el componente d como para el componente q , no se aprovecharía la máxima magnitud de corriente total posible de la corriente estática, lo cual resulta importante en particular durante el funcionamiento de vehículos ferroviarios.

Ahora se describen ejemplos de realización de la invención con referencia al dibujo adjunto. Las figuras individuales del dibujo muestran:

- fig. 1 una disposición con una máquina de corriente trifásica, que se alimenta por un convertidor de corriente trifásica, regulándose el funcionamiento del convertidor de corriente y, con ello, la máquina de corriente trifásica, por una estructura de regulación,
- fig. 2 una subestructura de la estructura de regulación de acuerdo con la fig. 1, pero con un regulador de frecuencia de deslizamiento en lugar de un regulador del par motor,
- fig. 3 una forma de realización preferente del equipo limitador representado en la fig. 2 para la limitación del componente de corriente estática que forma flujo,
- fig. 4 una forma de realización preferente del equipo representado en la fig. 2 para el cálculo del valor máximo del valor teórico del componente de corriente estática que forma par motor,
- fig. 5 una forma de realización preferente del equipo limitador representado en la fig. 2 para la limitación del componente de corriente estática que forma par motor,
- fig. 6 una representación de distintas situaciones de funcionamiento en las cuales se solicita una corriente estática demasiado alta, mostrando la representación un cuadrante en el sistema de coordenadas d - q fijo al flujo de rotor.

En la fig. 1 está representada una estructura A de toda la regulación de accionamiento de una máquina de corriente trifásica N, que puede hacerse funcionar alternativamente con o sin transmisor de revoluciones o de ángulo de giro. En el caso de la máquina de corriente trifásica, puede tratarse de una máquina asíncrona o de una máquina

síncrona, preferentemente con excitación permanente. Están representados en detalle y provistos de las siguientes referencias: una unidad B, que contiene un generador de patrones de impulso, un regulador del par motor y un regulador de flujo, un convertidor de corriente C (es decir, un inversor trifásico), que recibe los impulsos de excitación desde la unidad B y, correspondientemente, abastece de corriente la máquina N a través de tres fases, un equipo D para imitar las concatenaciones de flujo (flujo del estátor y del rotor) así como el par motor (observador de flujo), un equipo E para calcular la tensión de salida del convertidor de corriente C, una unidad F, que presenta una transformación de valores de corriente medidos de al menos dos de las tres fases en el sistema de coordenadas d-q fijo al flujo de rotor y filtros para aplanar los valores de corriente. Un equipo de medición correspondiente para medir los valores de corriente de fases está designado con G. Los valores de corriente medidos se suministran a través de una conexión de conductos correspondiente tanto al equipo D, la unidad F, la unidad E así como a la unidad B.

Opcionalmente, está previsto un equipo de medición H para medir la velocidad de giro o el ángulo de giro en la máquina N. El resultado de la medición o estimación de la velocidad de giro o la medición o estimación del ángulo de giro se suministra al equipo D.

Aparte de eso, un equipo de medición I mide la tensión continua en el lado de tensión continua del convertidor de corriente C y la suministra a la unidad B y al equipo E.

Una forma de realización preferente de la presente invención se realiza por la subestructura J, que está representada en el centro de la fig. 1 y que se describe con más detalle en una variante ligeramente modificada mediante la fig. 2. Mediante la fig. 1 se describen únicamente las interfaces a las otras partes de la estructura A.

La unidad F suministra a la estructura las cantidades absolutas filtradas de los componentes de oscilación fundamental de corriente estatórica en el sistema de coordenadas d-q fijo al flujo de rotor, es decir, la cantidad $|i_{sd}|_f$ del componente de oscilación fundamental de corriente que forma flujo i_{sd} y la cantidad $|i_{sq}|_f$ del componente de oscilación fundamental de corriente que forma par motor i_{sq} . A este respecto, por la unidad F se generan y emiten cantidades aplanadas, es decir, filtradas, que corresponden a los valores de oscilación fundamental. Aparte de eso, la unidad F también emite el valor real filtrado acompañado de signo del componente de oscilación fundamental de corriente que forma flujo $i_{sd,mod}$ a la subestructura J.

Las magnitudes de salida de la subestructura J son los valores teóricos de los dos reguladores presentes en la unidad B, el regulador de flujo de estátor y el regulador del par motor. En el caso de la variante de la subestructura de acuerdo con la fig. 2, está previsto un regulador de frecuencia de deslizamiento en lugar del regulador del par motor. Por eso, la subestructura de acuerdo con la fig. 2 emite un valor teórico de frecuencia de deslizamiento ω^* en lugar del valor teórico del par motor M^* . El valor teórico para el regulador de flujo de estátor es en ambos casos un valor teórico $\Psi^*_{s,mp}$ de aumento limitado, entendiéndose también por aumento una disminución. Dicho de otra manera, la velocidad a la que puede aumentar o disminuir el valor teórico del flujo de estátor se limita por la subestructura J.

El generador de patrones de impulso en la unidad B puede estar realizado, por ejemplo, en el interior de un sistema electrónico de señalización controlado por señal o por microprocesador. Como está descrito con más detalle en el documento WO 2008/052714 A1, en él puede estar implementado en particular un procedimiento de regulación con generación de patrones de impulso basada en valor medio y comportamiento sin fluctuaciones («dead-beat») de la regulación de flujo de estátor. Además, puede contener una implementación de un generador de patrones de impulso guiado por flujo de estátor y basado en valor instantáneo. También se remite al documento WO 2008/052714 A1 con respecto a otras configuraciones posibles de la estructura A.

La fig. 2 muestra la variante mencionada de la subestructura J en el ejemplo de la forma de realización ventajosa con regulación subordinada de flujo de estátor y regulación de frecuencia de deslizamiento de acuerdo con la fig. 1. Aparte de las cantidades filtradas, mencionadas ya mediante la fig. 1, de la corriente de oscilación fundamental que forma flujo y la que forma par motor así como del valor real filtrado de la corriente de oscilación fundamental que forma flujo, magnitudes de entrada de la subestructura son un valor máximo teórico de la corriente de oscilación fundamental que forma flujo $i^*_{sd,m\acute{a}x}$ y un valor teórico M^* del par motor de la máquina N así como el valor máximo de la cantidad total de oscilación fundamental de corriente estatórica $i_{s,m\acute{a}x}$.

Alrededor de un área, representada arriba a la izquierda en la fig. 2, de la subestructura está trazado un marco 101 rectangular. Esta área contiene formas de realización de elementos esenciales de la presente invención. A esto pertenecen en particular los equipos limitadores para la limitación tanto de la corriente de oscilación fundamental estatórica que forma flujo (componente d) como la que forma par motor (componente q). El equipo limitador para el componente d está designado con la denominación 119; el equipo limitador para el componente q, con la denominación 112.

Al equipo limitador 119 se suministran la cantidad $|i_{sd}|_f$ filtrada del valor real del componente de oscilación fundamental de corriente que forma flujo i_{sd} y el valor máximo teórico $i^*_{sd,m\acute{a}x}$ del componente de oscilación fundamental de corriente que forma flujo i_{sd} . Como se describe aún con más detalle mediante un ejemplo de realización de acuerdo con la fig. 3, el equipo limitador 119 calcula de ello el incremento máximo $\Delta\Psi_{s,m\acute{a}x}$ de la cantidad de flujo de estátor $|\Psi_s|$. Esta magnitud de salida se suministra como una magnitud de entrada de una

unidad 121. Otra magnitud de entrada de esta unidad es el valor teórico Ψ^*_s de la cantidad de flujo de estátor. De ello, la unidad 121 calcula, como magnitud de salida, un valor teórico $\Psi^*_{s,mp}$ de aumento limitado, que está limitado correspondientemente al valor inicial de la unidad 119 en cuanto a la velocidad de aumento. Como resultado, el equipo limitador 119 únicamente tiene un efecto limitante sobre el valor teórico Ψ^*_s de la cantidad de flujo de estátor si esta sobrepasara la velocidad de aumento permitida como máximo en el ciclo de trabajo momentáneo.

Un elemento diferencial 122 forma la diferencia entre el valor teórico limitado de la cantidad de flujo de estátor $\Psi^*_{s,mp}$ y la cantidad del valor real del flujo de estátor $|\Psi_s|$. Esta diferencia se suministra al regulador de flujo 123 como desviación de regulación. En la representación de acuerdo con la fig. 1, el elemento diferencial 122 y el regulador de flujo de estátor 123 se encontrarían dentro de la unidad B, pero no están representados ahí. La cantidad del valor real del flujo de estátor se suministra a la unidad B por el equipo D.

En la parte inferior del área 101 en el interior de la subestructura que está representada en la fig. 2 está representado un equipo de cálculo 110, al que se suministra, como valores de entrada, el valor máximo $i_{s,m\acute{a}x}$ de la cantidad de oscilación fundamental de corriente estatórica i_s y el valor real $i_{sd,mod}$ filtrado del componente de oscilación fundamental de corriente estatórica que forma flujo. El valor real $i_{sd,mod}$ filtrado puede filtrarse en particular de una manera diferente a los valores de los componentes de oscilación fundamental de corriente que forma flujo y que forma par motor. El cálculo dentro del equipo 110 se efectúa de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$|i_{s,m\acute{a}x}|^2 = (i_{sd,mod})^2 + (i^*_{sq,m\acute{a}x})^2 \quad (\text{ec. 1})$$

$$i^*_{sq,m\acute{a}x} = \sqrt{(i_{s,m\acute{a}x})^2 - i^2_{sd,mod}} \quad (\text{ec. 2})$$

La ecuación 1 reproduce la relación entre el cuadrado de la cantidad de oscilación fundamental de corriente estatórica i_s , es decir, el cuadrado del indicador de corriente estatórica en el sistema de coordenadas d-q fijo al flujo de rotor, por una parte, y la suma de los cuadrados del sistema de coordenadas d-q de flujo de estátor, por una parte, y la suma de los cuadrados del componente de corriente que forma flujo de estátor i_{sd} y la que forma par motor i_{sq} en el sistema de coordenadas d-q. Todas las magnitudes de la ecuación 1 hacen referencia a la oscilación fundamental, es decir, sin oscilaciones armónicas, de la corriente estatórica. A este respecto, en la ecuación 1 se utilizan las magnitudes que son las magnitudes de entrada o magnitudes de salida del equipo de cálculo 110. Resuelta según la magnitud de salida, la ecuación 2 deriva del valor máximo teórico $i^*_{sq,m\acute{a}x}$ del componente de oscilación fundamental de corriente estatórica que forma par motor (componente q).

Además, el equipo de cálculo 110 emite un valor de la frecuencia de deslizamiento $\omega^*_{sl,l\acute{i}m}$, que se obtiene por multiplicación del otro valor inicial por un factor K dividido por la cantidad del flujo de rotor Ψ_r . Estos dos valores iniciales del equipo de cálculo 110 se suministran como valores de entrada al equipo limitador 112 para la limitación del componente de oscilación fundamental de corriente que forma par motor de la corriente estatórica. Además, el equipo limitador 112 obtiene, como magnitud de entrada, la cantidad del valor real de oscilación fundamental filtrado del componente de corriente que forma par motor $|i_{sq}|_r$.

En el caso de la forma de realización de acuerdo con la fig. 2, el equipo limitador 112 genera, como magnitud de salida, el valor máximo del valor teórico de la frecuencia de deslizamiento $\omega^*_{sl,l\acute{i}m,m\acute{a}x}$ que se permite como máximo en el ciclo de trabajo momentáneo. Este valor máximo se suministra a un limitador 107, que surte efecto sobre la limitación de la frecuencia de deslizamiento. Entre ello se entiende que el valor teórico de la frecuencia de deslizamiento se limita al valor máximo mencionado. Si el valor teórico de la frecuencia de deslizamiento en el ciclo de trabajo momentáneo no es mayor que el valor máximo o no es menor que el valor negativo del valor máximo, no tiene lugar ninguna modificación del valor teórico por el limitador 107. De lo contrario, el valor teórico se reduce o se aumenta (signo considerado correctamente) al valor máximo o al negativo del valor máximo.

En el caso de la subestructura J de acuerdo con la fig. 1, el equipo limitador 112 generaría un valor máximo para el par motor de la máquina y lo emitiría al limitador 107.

Como está representado con más detalle en la parte de abajo de la fig. 2, pueden tener lugar opcionalmente otras limitaciones del valor teórico del par motor y/o del valor teórico de la frecuencia de deslizamiento.

En particular, en el equipo 103 representado puede tener lugar una conversión del valor teórico del par motor M^* en el valor teórico de la frecuencia de deslizamiento, y este valor convertido puede limitarse de antemano en la unidad 105 antes de su suministro al limitador 107, así, como valor teórico ilimitado en el sentido de la limitación por el limitador 107, para realizar una protección antivuelco de la máquina, una limitación de potencia de la máquina, una limitación de corriente de la corriente continua de entrada del convertidor de corriente y/o una regulación de deslizamiento de rueda con respecto al posible deslizamiento de las ruedas de un vehículo ferroviario. En principio, regulaciones y limitaciones de este tipo pueden efectuarse alternativamente en el valor inicial del limitador 107, pero la secuencia mostrada en el ejemplo de realización de acuerdo con la fig. 2 es especialmente ventajosa.

Aparte de eso, en el ejemplo de realización de acuerdo con la fig. 2, está realizada una denominada desconexión U_d

para amortiguar oscilaciones en el circuito de tensión continua en el lado de tensión continua del convertidor de corriente C de acuerdo con la fig. 1 en la unidad 109. Una descripción más precisa de la desconexión U_d se encuentra, por ejemplo, en el documento DE 4110225. El valor inicial de la unidad 109 (en caso de estar presente) o el valor inicial del limitador 107 se suministra a un elemento diferencial 111, que forma la diferencia respecto al valor real de la frecuencia de deslizamiento ω_{Sl} y suministra la diferencia como desviación de regulación al regulador de frecuencia de deslizamiento 113. En el caso de la variante con regulador de frecuencia de deslizamiento, el elemento diferencial 111 y el regulador de frecuencia de deslizamiento 113 se encontrarían en el bloque B en la fig. 1. En el caso del regulador del par motor, el limitador 107 emite correspondientemente un valor teórico limitado del par motor, y el elemento diferencial 111 forma la diferencia respecto al valor real del par motor y suministra al regulador del par motor la diferencia como desviación de regulación de entrada.

La fig. 3 muestra una forma de realización preferente del equipo limitador 119 representado en la fig. 1 para la limitación del componente de oscilación fundamental de corriente estática que forma flujo i_{Sd} . El equipo limitador provoca la limitación al limitarse la velocidad de aumento del flujo magnético. Como magnitudes de entrada, se suministran a la estructura la cantidad absoluta $|i_{Sd}|_f$ del valor real filtrado de la corriente que forma flujo (componente d de la oscilación fundamental de corriente estática) y el valor máximo $i_{Sd,m\acute{a}x}^*$ de la corriente de oscilación fundamental que forma flujo. El asterisco volado en el símbolo significa (como también en ocasiones anteriores en esta descripción) que el valor es un valor teórico. Estas dos magnitudes de entrada se deducen una de otra en el elemento diferencial 201 y la diferencia se suministra al regulador proporcional 203 como señal de entrada. Por el factor de proporcionalidad que se multiplica por la diferencia de entrada, se provoca una normalización de la magnitud en el ejemplo de realización. El valor inicial del regulador se suministra a un elemento limitador 205, que limita este valor de entrada al valor 0 hacia arriba y al valor -1 hacia abajo. De acuerdo con la forma de realización opcional representada, el valor limitado disponible en la salida de elemento limitador 205 se suministra a la unidad 207, que aumenta a uno el valor normalizado que se encuentra en el intervalo de -1 a 0, de manera que este se encuentra en el intervalo de 0 a 1. El valor así obtenido está designado con el símbolo K_ψ en la fig. 3. Se suministra a un multiplicador 209 como una primera señal de entrada. Otra segunda señal de entrada del multiplicador 209 es el incremento máximo de la cantidad de flujo de estátor $\Delta\Psi_S^{INC}$, un parámetro predefinido. Como resultado, en la forma de realización representada en la fig. 2, como señal de salida del equipo limitador 119 se obtiene el valor máximo $\Delta\Psi_{S,m\acute{a}x}$ del incremento de la cantidad de flujo de estátor para el ciclo de trabajo actual. El modo de acción de este valor máximo $\Delta\Psi_{S,m\acute{a}x}$ se ha descrito mediante la fig. 1.

La fig. 4 muestra una forma de realización del equipo de cálculo 110 de acuerdo con la fig. 2. Los dos valores de entrada se suministran respectivamente a un cuadrador 301 o 303, que cuadra los valores de entrada de acuerdo con la ecuación 1 o ecuación 2. Los valores cuadrados se suministran a un elemento diferencial 305, que calcula, de acuerdo con la ecuación 2, el argumento de la raíz cuadrada en el lado derecho de la ecuación. Este argumento se suministra a un equipo para el cálculo de la raíz cuadrada 307, que calcula el resultado del lado derecho de la ecuación 2. Por eso, en la salida del equipo de cálculo 307 está disponible el primer valor inicial del equipo de cálculo 110, a saber, el valor teórico máximo del componente de oscilación fundamental de corriente que forma par motor $i_{Sq,m\acute{a}x}^*$. Como se ha descrito, este primer valor inicial se convierte en el valor correspondiente de la frecuencia de deslizamiento por la multiplicación por el factor K dividido por la cantidad del flujo del rotor $|\Psi_r|$. El equipo multiplicador correspondiente está designado con la denominación 309. El factor K mencionado es un resumen de las magnitudes. La siguiente ecuación 3 reproduce la relación entre las dos magnitudes de salida del equipo de cálculo 110 y, por lo tanto, también las magnitudes que forman el factor K :

$$\omega_{Sl_lim}^* = R_r' \cdot \frac{L_s}{L_s + L_\sigma'} \cdot \frac{1}{|\Psi_r|} \cdot i_{Sq,m\acute{a}x}^* \quad (\text{ec. 3})$$

A este respecto, significan: R_r' la resistencia del rotor transformada en esquema equivalente gamma, L_s la inductancia del arrollamiento del estátor, L_σ' la inductancia de fuga del esquema equivalente gamma de la máquina asíncrona.

La fig. 5 muestra una forma de realización del equipo limitador 112 de acuerdo con la fig. 2. Como se ha mencionado, al equipo limitador 112 se suministran, como magnitudes de entrada, el valor teórico máximo $i_{Sq,m\acute{a}x}^*$ del componente que forma par motor (componente q) de la corriente de oscilación fundamental estática y la cantidad filtrada del valor real de oscilación fundamental $|i_{Sq}|_f$ de este componente. Un elemento diferencial 401 forma la diferencia de las magnitudes de entrada y suministra la diferencia como desviación de regulación a un regulador 403; en el caso del ejemplo de realización, se trata de un regulador de tipo PI. A diferencia del uso de un regulador de tipo P para la limitación del componente de corriente que forma flujo (véase la fig. 3), para la limitación del componente de corriente que forma par motor resulta preferente un regulador de tipo PI con porcentaje integral adicional. El valor inicial del regulador 403 se suministra a un limitador 405, que limita el valor inicial, normalizado a causa del factor de proporcionalidad correspondientemente seleccionado del regulador 403, del regulador en el intervalo de -1 a 0. El valor inicial así limitado del limitador 405 se suministra a un sumador 407, que adiciona el valor 1, de manera que el valor inicial del sumador 401, que está designado con K_M , está limitado al intervalo de valor 0 a 1. Por un multiplicador 409, este valor K_M se multiplica, a través de un multiplicador 409 subordinado, por el segundo valor inicial del equipo de cálculo 110, el valor teórico $\omega_{Sl_lim}^*$ máximo de la frecuencia de deslizamiento, de manera que se obtiene como valor inicial un correspondiente valor teórico máximo $\omega_{Sl_lim}^*$ limitado de la frecuencia de deslizamiento. Como se ha descrito mediante la fig. 2, este valor inicial se suministra al limitador 107.

La fig. 6 muestra el primer cuadrante del sistema de coordenadas d-q fijo en el rotor. A lo largo del eje horizontal, el eje d, aumenta por ello el componente de corriente magnetizante o que forma flujo de la corriente estatórica i_{sd} . A lo largo del eje q, el eje vertical, aumenta el componente de la corriente estatórica que forma par motor i_{sq} .

5 El cuarto de círculo en el cuadrante, cuyo punto central se encuentra en el origen del sistema de coordenadas d-q, se corresponde con el valor máximo permitido del valor total de oscilación fundamental de corriente estatórica $i_{s,máx}$. Por eso, ningún indicador espacial de corriente (también denominado vector de corriente), que se extiende a partir del origen a través de los cuadrantes y que se corresponde respectivamente con un requisito de una corriente, debe extenderse más allá del cuarto de círculo. Esto es el caso en indicadores de corriente designados con las cifras 2, 4 y 5. Por eso, interviene la regulación de limitación de acuerdo con la invención y reduce estos indicadores espaciales de corriente, como se describirá aún con más detalle. A este respecto, puede modificarse no solo la cantidad del respectivo indicador espacial de corriente, sino también su dirección, según la situación de funcionamiento.

10 Además, existe un valor máximo para el componente de oscilación fundamental de corriente que forma flujo de la corriente estatórica, que está representado en la figura por una línea discontinua vertical. El valor máximo está designado por el símbolo $i_{sd,máx}$. Aunque dos de los indicadores de corriente, que están caracterizados con las cifras 1 y 3, finalizan en el interior del cuarto de círculo de la cantidad total de oscilación fundamental de corriente $i_{s,máx}$ permitida como máximo,

15 sobresalen más allá de la línea discontinua vertical en el punto $i_{sd,máx}$, es decir, sobrepasan el valor límite para la corriente de oscilación fundamental que forma flujo permitida como máximo. Como se expondrá aún con más detalle, estos indicadores espaciales de corriente se limitan a un indicador espacial de corriente permitido solamente por la reducción del componente de corriente que forma flujo i_{sd} .

20 Además del valor máximo para la cantidad total de oscilación fundamental de corriente estatórica, como está representado en la fig. 6, también existe un valor máximo para el componente de corriente que forma flujo i_{sd} . De acuerdo con la configuración preferente de la invención, se garantiza un mantenimiento del valor límite durante modificaciones de flujo por un regulador limitador separado (véase las fig. 2 y 3). Sin embargo, debido al modo de funcionamiento de este regulador limitador (en el ejemplo de realización de la fig. 3, con un regulador de tipo P), el valor límite puede sobrepasarse ligeramente al menos durante cierto tiempo.

25 En lo sucesivo, se discuten ahora las distintas situaciones de acuerdo con la fig. 6 que se provocan por un requisito de corriente demasiado alto. En el caso del indicador espacial de corriente 1, se solicita una corriente que contiene exclusivamente un componente de corriente que forma flujo. Aunque la punta de indicador espacial de corriente solicitado se encuentra dentro del cuarto de círculo, es decir, no se ha sobrepasado el valor máximo total de la oscilación fundamental de corriente estatórica, se ha sobrepasado el valor límite para el componente de oscilación fundamental que forma flujo de la corriente $i_{sd,máx}$. Por eso, por el modo de funcionamiento del regulador separado, la corriente se reduce correspondientemente al vector de corriente designado con 1'.

30 Un caso similar representan los indicadores espaciales de corriente que están designados con los símbolos 3 y 3'. Este caso solo se diferencia del caso 1 porque ambos indicadores espaciales de corriente, el indicador espacial de corriente que solicita demasiado y el reducido, también presentan un componente de corriente que forma par motor. Este componente de corriente que forma par motor permanece constante, es decir, no se ve afectado por la modificación del indicador de corriente. Únicamente por la limitación del componente que forma flujo, se provoca que el componente que forma flujo del vector de corriente reducido ya no sobrepase el valor límite $i_{sd,máx}$. Los casos 1 y 3 presentan un vector de corriente solicitado, cuya punta se encuentra en un área del primer cuadrante del sistema de coordenadas d-q, que está designado con «prioridad q». Como se ha acabado de describir, el componente q, es decir, el componente de corriente que forma par motor i_{sq} , no se ve afectado durante la reducción del vector de corriente solicitado a un vector de corriente permitido. Por eso, tiene prioridad en comparación con el componente de corriente que forma flujo i_{sd} . Este área con prioridad q finaliza a la izquierda en el valor máximo para el componente de corriente que forma flujo $i_{sd,máx}$. En la parte superior, este área con prioridad q finaliza en la línea horizontal que discurre a través del punto de intersección de la línea de valor máximo de $i_{sd,máx}$ con el cuarto de círculo. Directamente por encima del área con prioridad q, asimismo a la derecha de la línea discontinua vertical para $i_{sd,máx}$, se encuentra un área sin prioridad. Si la punta de un indicador espacial de corriente solicitado se encuentra en esta área, el indicador espacial de corriente se reduce modificando tanto el componente d como el componente q de la corriente estatórica. Este tipo de limitación de indicadores espaciales también se denomina limitación de ángulo correcto. Esto corresponde a dos casos ejemplares en la representación de la fig. 6. En el caso del indicador espacial de corriente 4 solicitado, este indicador espacial de corriente cruza el cuarto de círculo del valor máximo $i_{s,máx}$ de la corriente estatórica total precisamente en la línea límite del área con prioridad q y del área con ninguna prioridad («sin prioridad»). Puesto que, por la limitación al valor máximo de la corriente que forma flujo y por la limitación al valor máximo de la corriente estatórica total, se obtiene un indicador espacial de corriente que finaliza precisamente en este punto de intersección del indicador espacial de corriente 4 con el cuarto de círculo, en el caso 4 no se efectúa ninguna modificación de dirección, así, una limitación de ángulo correcto como se ha mencionado anteriormente, en el indicador de corriente.

55 Por el contrario, en el caso del indicador espacial de corriente 5, tiene lugar de nuevo una tal modificación de dirección. El indicador espacial de corriente 5 se reduce asimismo al indicador espacial de corriente permitido, que

finaliza en el punto de intersección de la línea límite de las dos áreas de prioridad mencionadas o del área con ninguna prioridad y el cuarto de círculo. Por eso, esta flecha que finaliza ahí está designada con las referencias 4' y 5'.

- 5 Por encima del cuarto de círculo y a la izquierda del valor máximo para el componente de corriente que forma flujo $i_{sd,máx}$, se encuentra el área con «prioridad d» (en la representación, denominada «prioridad d»). En el ejemplo de realización, ahí finaliza el vector de corriente 2 solicitado. Con ayuda del regulador limitador de acuerdo con la invención, este se reduce automáticamente a un vector de corriente 2' permitido que tiene el mismo componente de corriente que forma flujo i_{sd} , pero tiene un componente de corriente que forma par motor reducido correspondientemente al valor máximo total de oscilación fundamental de corriente estática permitido. Puesto que así no tiene lugar ninguna reducción del componente de corriente que forma flujo, esta área se denomina acertadamente área con prioridad d.
- 10

REIVINDICACIONES

1. Equipo de control y/o de regulación para hacer funcionar una máquina de corriente trifásica (N), que es alimentada por un convertidor de corriente trifásica (C), en donde

- 5 • el equipo presenta una estructura (A), a saber, una estructura de control y/o de regulación,
- la estructura (A) presenta un regulador de flujo de estátor (123) y un regulador de frecuencia de deslizamiento (113) o la estructura (A) presenta un regulador de flujo de estátor (123) y un regulador del par motor,
- 10 • la estructura (A) presenta un primer equipo limitador (107), que está diseñado para la limitación de un componente de corriente de oscilación fundamental que forma par motor (i_{sq}) de la corriente estatórica (i_s), es decir, de la corriente a través del estátor de la máquina (N), para limitar un valor teórico (ω^*_{sl}) suministrado al regulador de frecuencia de deslizamiento (113) o al regulador del par motor a un valor máximo de frecuencia de deslizamiento ($\omega^*_{sl_i_m\acute{a}x}$) o un valor máximo del par motor,
- 15 • la estructura (A) presenta un segundo equipo limitador (121), que está diseñado para la limitación de un componente de corriente de oscilación fundamental que forma flujo (i_{sd}) de la corriente estatórica (i_s) para limitar la velocidad a la que se modifica un valor teórico suministrado al regulador de flujo de estátor (123) a un valor máximo ($\Delta\Psi_{s,m\acute{a}x}$),
- la estructura (A) está diseñada para calcular el valor máximo de frecuencia de deslizamiento ($\omega^*_{sl_i_m\acute{a}x}$) o el valor máximo del par motor dependiendo de
 - 20 - un valor máximo de corriente ($i_{s,m\acute{a}x}$) predefinido para una cantidad de oscilación fundamental de corriente estatórica de la corriente estatórica,
 - un valor real ($i_{sd,mod}$) formado por la filtración de valores de corriente medidos de la corriente estatórica (i_s) de manera correspondiente al componente de corriente de oscilación fundamental que forma flujo de la corriente estatórica (i_s), y
 - 25 - un valor real ($|i_{sq}|_r$) formado por la filtración de valores de corriente medidos de la corriente estatórica (i_s) de manera correspondiente al componente de corriente de oscilación fundamental que forma par motor de la corriente estatórica (i_s),

estando diseñada la estructura para suministrar una primera diferencia, que es una diferencia del valor real ($|i_{sq}|_r$) formado por la filtración de valores de corriente medidos de la corriente estatórica (i_s) de manera correspondiente al componente de corriente de oscilación fundamental que forma par motor de la corriente estatórica (i_s) y un valor máximo ($i_{sq,m\acute{a}x}$), formado por el valor máximo de corriente ($i_{s,m\acute{a}x}$) predefinido y un valor real ($i_{sd,mod}$) filtrado del componente de corriente de oscilación fundamental que forma flujo de la corriente estatórica, del componente de corriente de oscilación fundamental que forma par motor de la corriente estatórica, a un primer equipo de regulación (401 - 409) con un regulador proporcional-integral (403), y

- 30 estando diseñada la estructura para suministrar una segunda diferencia, que es una diferencia de un valor real ($|i_{sq}|_r$), formado por la filtración de valores de corriente medidos de la corriente estatórica (i_s) de manera correspondiente al componente de corriente de oscilación fundamental que forma flujo de la corriente estatórica (i_s), y un valor máximo ($i_{sd,m\acute{a}x}$) del componente de corriente de oscilación fundamental que forma flujo de la corriente estatórica, a un segundo equipo de regulación (201 - 209) con un regulador proporcional (203), estando unida una salida del primer equipo regulador (401 - 409) a una entrada del primer equipo limitador (107) y
- 35 estando unida una salida del segundo equipo regulador (201 - 209) a una entrada del segundo equipo limitador (121).

2. Equipo de control y/o de regulación según la reivindicación 1, siendo la máquina de corriente trifásica (N) una máquina asíncrona y presentando la estructura (A) el regulador de flujo de estátor (123) y el regulador de frecuencia de deslizamiento (113).

- 45 3. Procedimiento para hacer funcionar una máquina de corriente trifásica (N), que es alimentada por un convertidor de corriente trifásica (C), usando un regulador de flujo de estátor (123) y un regulador de frecuencia de deslizamiento (113) o usando un regulador de flujo de estátor (123) y un regulador del par motor, en el que

- 50 • para la limitación del componente de corriente de oscilación fundamental que forma par motor de la corriente estatórica, es decir, de la corriente a través del estátor de la máquina (N), se limita un valor teórico (ω^*_{sl}) suministrado al regulador de frecuencia de deslizamiento (113) o al regulador del par motor a un valor máximo de frecuencia de deslizamiento ($\omega^*_{sl_i_m\acute{a}x}$) o a un valor máximo del par motor,
- para la limitación del componente de corriente de oscilación fundamental que forma flujo de la corriente estatórica se limita la velocidad a la que se modifica un valor teórico (Ψ^*_s), suministrado al regulador de flujo de estátor (123), a un valor máximo ($\Delta\Psi_{s,m\acute{a}x}$),
- 55 • se calcula el valor máximo de frecuencia de deslizamiento ($\omega^*_{sl_i_m\acute{a}x}$) o el valor máximo del par motor dependiendo de
 - un valor máximo de corriente ($i_{s,m\acute{a}x}$) predefinido para una cantidad de oscilación fundamental de corriente estatórica de la corriente estatórica,
 - un valor real ($i_{sd,mod}$) formado por la filtración de valores de corriente medidos de la corriente estatórica (i_s)

de manera correspondiente al componente de corriente de oscilación fundamental que forma flujo de la corriente estatórica (i_s), y

- un valor real ($|i_{sq}|_r$) formado por la filtración de valores de corriente medidos de la corriente estatórica (i_s) de manera correspondiente al componente de corriente de oscilación fundamental que forma par motor de la corriente estatórica (i_s), y

5 suministrándose una primera diferencia, que es una diferencia del valor real ($|i_{sq}|_r$) formado por la filtración de valores de corriente medidos de la corriente estatórica (i_s) de manera correspondiente al componente de corriente de oscilación fundamental que forma par motor de la corriente estatórica (i_s) y un valor máximo ($i_{sq,m\acute{a}x}$), formado por el valor máximo de corriente ($i_{s,m\acute{a}x}$) predefinido y un valor real ($i_{sd,mod}$) filtrado del componente de corriente de oscilación fundamental que forma flujo de la corriente estatórica, del componente de corriente de oscilación fundamental que forma par motor, a un primer equipo de regulación (401 - 409) con un regulador proporcional-integral (403), y

10 suministrándose una segunda diferencia, que es una diferencia de un valor real ($|i_{sd}|_r$), formado por la filtración de valores de corriente medidos de la corriente estatórica (i_s) de manera correspondiente al componente de corriente de oscilación fundamental que forma flujo de la corriente estatórica (i_s), y un valor máximo ($i_{sd,m\acute{a}x}$) del componente de corriente de oscilación fundamental que forma flujo de la corriente estatórica, a un segundo equipo de regulación (201 - 209) con un regulador proporcional (203), suministrándose un valor inicial del primer equipo de regulación (401 - 409) a una entrada de un primer equipo limitador (107) para la limitación del componente de corriente de oscilación fundamental que forma par motor (i_{sq}) de la corriente estatórica, y

15 suministrándose un valor inicial del segundo equipo de regulación (201 - 209) a una entrada de un segundo equipo limitador (121) para la limitación del componente de corriente de oscilación fundamental que forma flujo de la corriente estatórica.

20 4. Procedimiento según la reivindicación 3, siendo la máquina de corriente trifásica (N) una máquina asíncrona y controlándose y/o regulándose la máquina usando el regulador de flujo de estátor (123) y el regulador de frecuencia de deslizamiento (113).

25

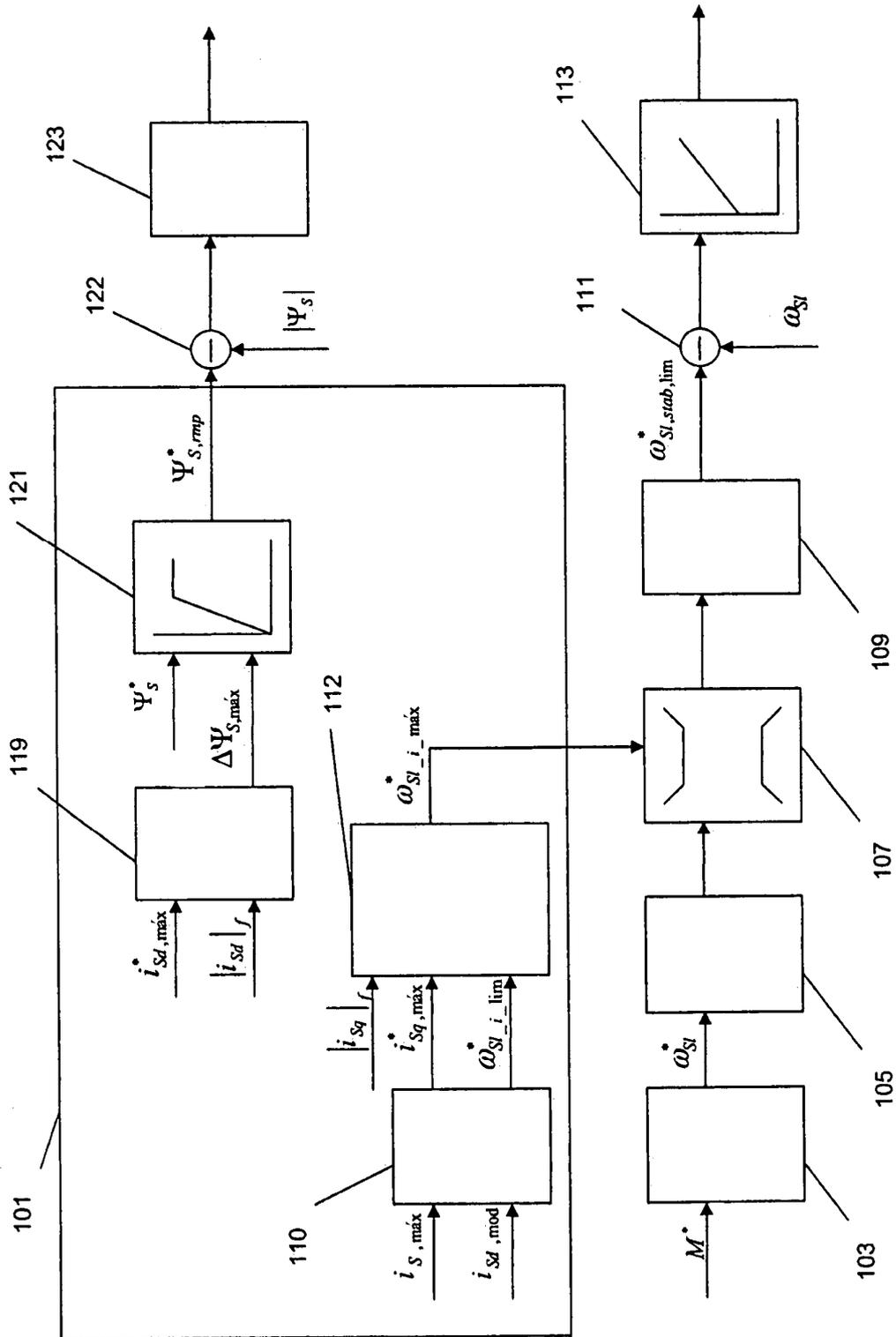


FIG. 2

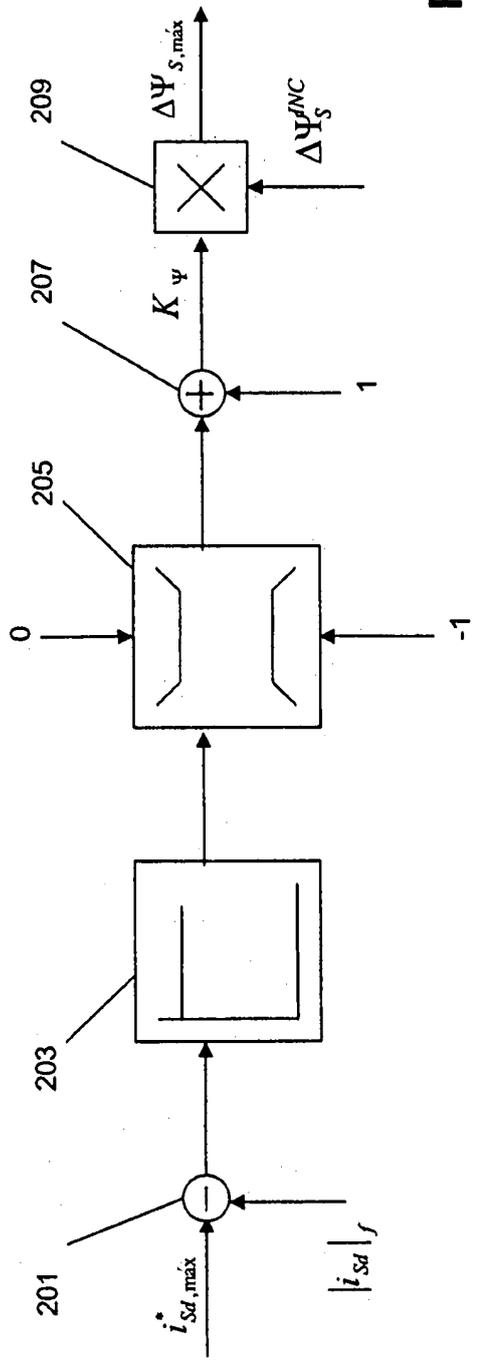


FIG. 3

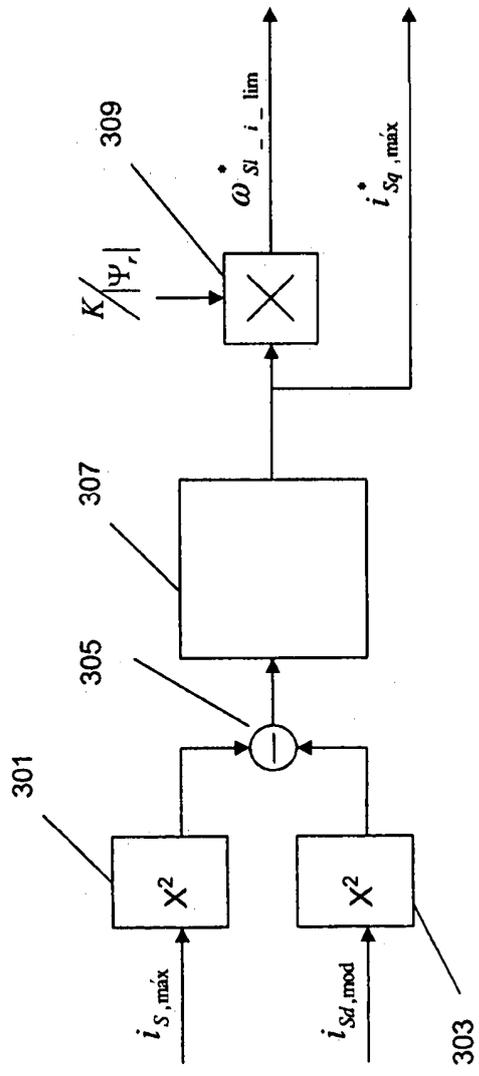


FIG. 4

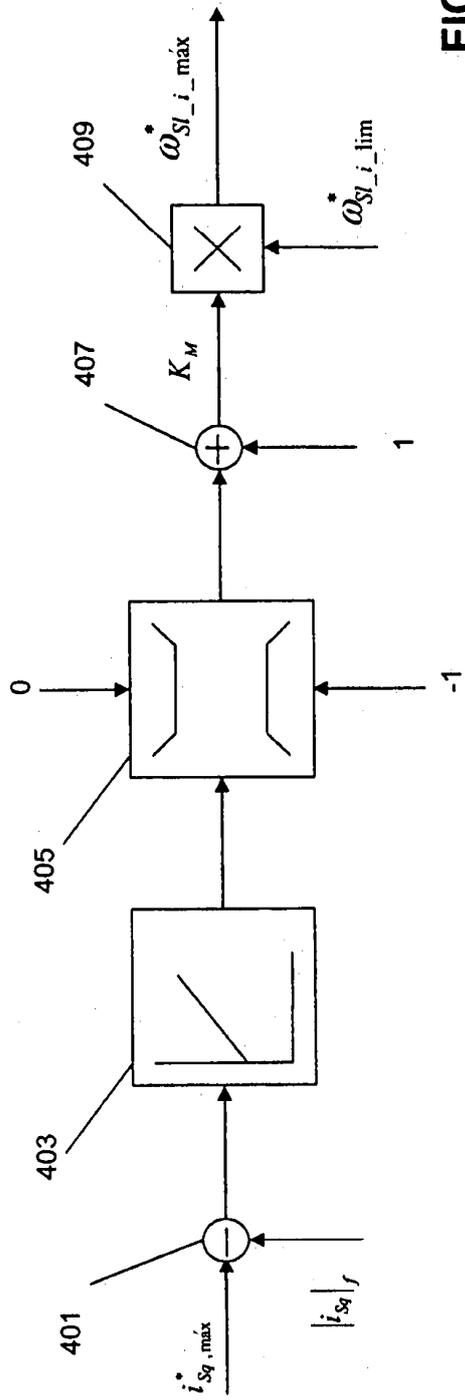


FIG. 5

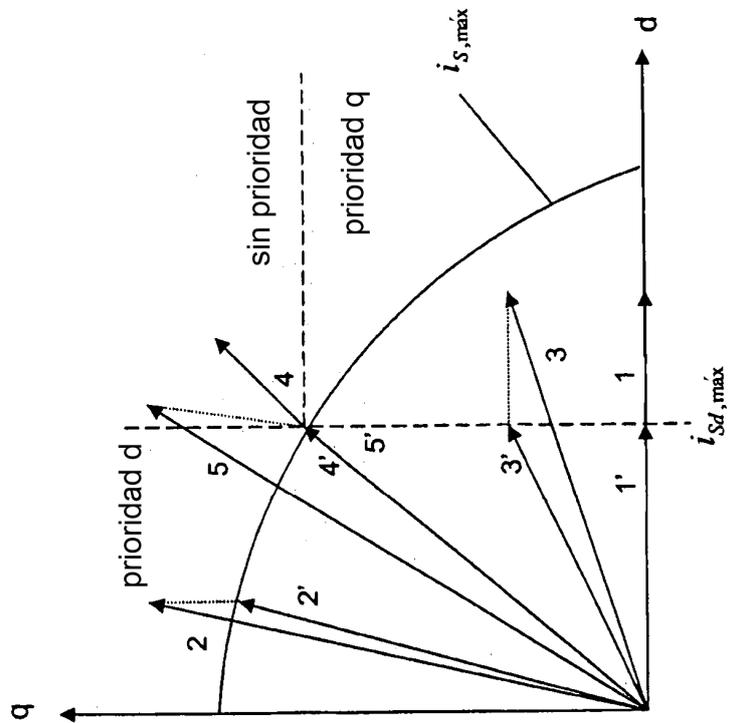


FIG. 6