



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 308 340**

51 Int. Cl.:  
**A63B 21/005** (2006.01)  
**H02P 21/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05013561 .5**  
96 Fecha de presentación : **23.06.2005**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1614448**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.01.2006**

54 Título: **Aparato de entrenamiento.**

30 Prioridad: **08.07.2004 DE 10 2004 033 074**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.12.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.12.2008**

73 Titular/es: **Milon Industries GmbH**  
**An der Laugna 2**  
**86494 Emersacker, DE**

72 Inventor/es: **Miehlich, Dieter**

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 308 340 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

Aparato de entrenamiento.

5 La presente invención se refiere a un aparato de entrenamiento según el preámbulo de la reivindicación de patente 1. Un aparato de entrenamiento de este tipo se da a conocer en el documento EP 0 853 961 B1. En este aparato de entrenamiento, se suministran a un convertidor de frecuencia desde un dispositivo de cálculo valores nominales para la intensidad de corriente y para la frecuencia de la corriente de un motor de corriente trifásica previsto para la generación del par de rotación. Al dispositivo de cálculo se alimenta la señal de salida de un sensor de posición, que registra la posición de una manivela que funciona como elemento de ejercicio, que se acciona desde el motor. A partir del valor de posición, el dispositivo de cálculo determina mediante tablas almacenadas, en las que están depositados todos los datos característicos específicos de la máquina relevantes, los valores de la intensidad de corriente y de la frecuencia de la corriente del motor necesarios para un desarrollo deseado del par de rotación con respecto a la posición.

15 Si bien este aparato de entrenamiento conocido funciona de una manera muy satisfactoria, sin embargo con respecto a determinados requisitos funcionales aún podría mejorarse. De este modo, especialmente para la aplicación de tales aparatos de entrenamiento para medidas de rehabilitación médicas se requiere tanto una elevada precisión a la hora de mantener un par de rotación deseado, como también topes de extremo ajustables de manera precisa para el intervalo de movimiento del elemento de ejercicio. Esto último es importante, por ejemplo, cuando el ángulo máximo de desplazamiento de una articulación del organismo debe volver al valor normal tras una intervención quirúrgica mediante ejercicios gimnásticos en etapas definidas.

25 El documento FR 2 709 067 A1 da a conocer un aparato de entrenamiento con un motor de corriente trifásica para la generación del par de rotación, en el que se mide tanto el número de revoluciones del motor con un sensor de la tasa de rotación analógico en frecuencia como el par de rotación emitido con un sensor de fuerza. El número de revoluciones medido se utiliza para regular la frecuencia y el par de rotación medido para regular la intensidad de la corriente del motor. El concepto de este aparato de entrenamiento contiene por tanto dos sensores y dos bucles de regulación acoplados entre sí y es relativamente complejo en su realización. La medición de la fuerza a través de un sensor implica además problemas potenciales en forma de influencia de la temperatura, deriva a largo plazo e interferencias por vibración o golpes.

35 Considerando este estado de la técnica, la invención se basa en el objetivo de crear un aparato de entrenamiento del tipo mencionado al principio, que mantenga un par de rotación predeterminado con una elevada precisión, limita simultáneamente el intervalo de movimiento mediante topes de extremo ajustables de manera precisa y que se caracteriza por una construcción sencilla y fiable.

Este objetivo se alcanza según la invención mediante un aparato de entrenamiento con las características de la reivindicación 1. Configuraciones ventajosas se indican en las reivindicaciones subordinadas.

40 El aparato de entrenamiento según la invención se caracteriza porque para la regulación del par de rotación como valor de medición se registra el ángulo de rotación del motor por medio de un sensor del ángulo de rotación, cuya señal de medición se alimenta tanto al convertidor de frecuencia como al dispositivo de regulación. Al convertidor de frecuencia se suministra mediante el dispositivo de regulación un valor nominal para el par de rotación que debe emitir el motor, en el que entra la señal de medición del sensor del ángulo de rotación. El convertidor de frecuencia ajusta la frecuencia y la intensidad de la corriente del motor según el principio de la regulación orientada al campo. Si bien esto último se conoce en sí mismo como concepto para la regulación de un motor asíncrono, sin embargo no en el contexto con aparatos de entrenamiento del tipo que interesa en este caso.

50 Una ventaja fundamental de la invención con respecto al estado de la técnica mencionado al principio consiste en que permite una regulación más exacta del par de rotación emitido por el motor. A esto contribuye especialmente que el motor se hace funcionar en el régimen de funcionamiento normal de una máquina asíncrona, es decir con un deslizamiento relativamente reducido, en el que sólo tiene que contarse con dispersiones unitarias reducidas de la línea característica de momentos. Por otro lado, el régimen de funcionamiento según el estado de la técnica mencionado, es decir con un deslizamiento relativamente grande, se ve afectado por dispersiones unitarias considerablemente mayores. Un efecto ventajoso adicional del otro régimen de funcionamiento es la reducción de la pérdida de potencia del motor y por tanto, un ahorro de energía. La menor pérdida de potencia también hace innecesaria una refrigeración mediante convección forzada, de modo que se evita la formación de ruidos procedente de un ventilador. Finalmente, mediante el registro directo del ángulo de rotación del motor se mejora posteriormente en lugar de su determinación por cálculo a partir de un ángulo de rotación medido del elemento de ejercicio también la dinámica del circuito de regulación.

60 En un modo de funcionamiento ventajoso el dispositivo de regulación regula la posición del elemento de ejercicio hasta un valor nominal, de modo que el usuario debe aplicar una fuerza para la desviación del elemento de ejercicio desde una posición de reposo, y el convertidor de frecuencia regula a su vez el par de rotación del motor hasta el valor nominal predeterminado por medio del dispositivo de regulación, por lo que se establece el valor de la fuerza que debe aplicar el usuario para el movimiento del elemento de ejercicio.

65 Para poder predeterminar un desarrollo preestablecido del par de rotación en función del ángulo de rotación, es conveniente prever para el dispositivo de regulación dos circuitos de regulación con estructura en cascada, concre-

## ES 2 308 340 T3

tamente uno exterior para la regulación de la posición y uno interior para la regulación del número de revoluciones del elemento de ejercicio. Para ello, se necesita un dispositivo de evaluación que a partir de la señal de medición del sensor del ángulo de rotación determina tanto la posición como el número de revoluciones del elemento de ejercicio y los proporciona como valores reales para los dos circuitos de regulación.

5 Por motivos de seguridad, es además aconsejable prever un limitador en el circuito de regulación de la posición que limite el número de revoluciones nominal del elemento de ejercicio hasta un valor máximo, para que el motor no deje que el elemento de ejercicio vuelva rápidamente a su posición nominal predeterminada con el número máximo de revoluciones debido al sistema, cuando la persona que está entrenando lo suelta o se escurre del mismo.

10 Desde el punto de vista de la ergonomía es además recomendable que en el circuito de regulación de la posición esté previsto otro limitador que limite la tasa de variación del número de revoluciones nominal del elemento de ejercicio hasta un valor máximo para evitar un comportamiento de movimiento a empujones del mismo.

15 Para predeterminar un determinado desarrollo del par de rotación en función de la posición del elemento de ejercicio y/o de su número de revoluciones según una determinada función, ha de preverse en el circuito de regulación del número de revoluciones un elemento de transmisión correspondiente que realiza esta función. Componentes de estas funciones pueden ser variaciones a saltos del par de rotación con determinadas posiciones, mediante lo cual pueden simularse topes mecánicos. Si tales variaciones del par de rotación dependientes de la posición no se dise-  
20 ñan de manera que discurren a saltos, sino de manera continua, entonces pueden reconstruirse de este modo topes mecánicos con suspensión elástica, al aumentar de manera lineal el par de rotación que debe superar el usuario tras pasar por una posición final establecida por ejemplo con una desviación adicional creciente. Además puede simularse también una amortiguación de tope, concretamente mediante un aumento continuo del par de rotación con un número de revoluciones creciente que debe superarse tras pasar por una posición final establecida.

25 Por motivos de seguridad, es razonable a este respecto limitar el par de rotación nominal del elemento de ejercicio con respecto a la magnitud hasta un valor máximo. De este modo puede contrarrestarse un posible esfuerzo excesivo de la persona que está entrenándose y el riesgo de lesiones por un uso indebido del aparato de entrenamiento, especialmente por una postura incorrecta o por el uso de medios auxiliares inadmisibles.

30 Debido a que la fuerza ejercida por el elemento de ejercicio sobre la persona que está entrenándose no sólo depende del par de rotación de motor y de la reducción del engranaje, sino adicionalmente de una pluralidad de parámetros de funcionamiento mecánicos y/o térmicos tales como por ejemplo la fricción del engranaje, la temperatura del motor y del engranaje, y el peso del elemento de ejercicio, el hecho de que se mantiene de manera precisa la fuerza que  
35 actúa en el elemento de ejercicio para la persona que está entrenándose requiere una corrección del par de rotación nominal del motor en función de parámetros de funcionamiento mecánicos y/o térmicos mencionados del aparato. A este respecto, se necesita en el circuito de regulación del número de revoluciones un dispositivo de cálculo que además de la conversión del par de rotación nominal del elemento de ejercicio en un par de rotación nominal del motor realiza también la corrección mencionada, para lo que deben alimentarse al mismo desde el dispositivo de evaluación valores de movimiento del elemento de ejercicio determinados a partir de la señal de medición del sensor del ángulo de  
40 rotación, tal como la posición real y/o el número de revoluciones real como valores de entrada adicionales. De este modo, por ejemplo, la contribución del peso propio del elemento de ejercicio a la fuerza depende de la posición del elemento de ejercicio. Sin embargo, en parte se trata en el caso de los parámetros de funcionamiento mencionados también de valores fijos tales como por ejemplo la longitud de palanca del elemento de ejercicio.

45 A partir de la señal de salida del sensor del ángulo de rotación, puede obtenerse por el dispositivo de evaluación tras la conversión en el número de revoluciones del elemento de ejercicio mediante diferenciación temporal repetida también la aceleración angular del elemento de ejercicio. Ésta es relevante cuando en la corrección anteriormente mencio-  
50 nada deben incluirse también efectos de inercia. De este modo, el dispositivo de cálculo puede determinar y considerar a partir de la aceleración angular del elemento de ejercicio como parámetro de funcionamiento mecánico adicional la componente de inercia de la fuerza ejercida por el elemento de ejercicio sobre la persona que está entrenándose.

55 Finalmente, también la temperatura pertenece a los parámetros de funcionamiento fundamentales de un aparato de entrenamiento según la invención, ya que tanto los parámetros eléctricos del motor como la fricción e inercia del engranaje dependen de la temperatura. Para compensar los efectos de temperatura, puede corregirse el par de rotación nominal del motor en función de la temperatura, para lo que debe estar asociado al motor y/o al engranaje por lo  
60 menos un sensor de temperatura para detectar la temperatura actual. La corrección que depende de la temperatura puede realizarse o bien junto con la corrección mecánica en el dispositivo de cálculo o bien en un dispositivo de compensación separado, pudiendo estar integrado también éste ya en el convertidor de frecuencia.

A continuación, se describe un ejemplo de forma de realización de la invención mediante los dibujos, en los que:

la figura 1 muestra una representación esquemática de un aparato de entrenamiento según la invención,

65 la figura 2 muestra la línea característica de momentos de un motor de corriente trifásica,

la figura 3 muestra un desarrollo del par de rotación de un aparato de entrenamiento según la invención como función de la posición, y

## ES 2 308 340 T3

la figura 4 muestra un diagrama de bloques eléctrico de un aparato de entrenamiento según la invención.

Según la figura 1 a los componentes principales de un aparato de entrenamiento según la invención pertenecen un elemento de ejercicio 1, por ejemplo en forma de una manivela, y un motor de corriente trifásica 2, que están unidos entre sí mediante un engranaje 3 de reducción. El motor 2 se activa mediante un convertidor de frecuencia 4 que predetermina la frecuencia y la intensidad de la corriente alimentada al motor 2 para ajustar un par de rotación  $M_M$  deseado del motor 2. Al convertidor de frecuencia 4 se le proporciona el par de rotación nominal  $M_M$  del motor 2 a través de un dispositivo de regulación 5. Con el fin de la regulación se registra mediante un sensor del ángulo de rotación 6 como valor real del motor 2 su ángulo de rotación  $\varphi_M$  y se alimenta tanto al convertidor de frecuencia 4 como al dispositivo de regulación 5.

La especificación del valor nominal  $M_S$  del par de rotación con el que ha de accionarse la manivela 1 se realiza mediante una unidad de control 7 que presenta un campo 8 de teclas y una unidad de visualización 9. De manera opcional pueden estar previstos en la unidad de control 7 también un lector 10 de tarjeta magnética o de tarjeta chip para la introducción de datos y/o una interfaz 11 de bus para la interconexión con un ordenador central no representado que controla varios aparatos de entrenamiento.

En el motor 2 y/o en el engranaje 3 está dispuesto además un sensor de temperatura 12 cuya señal T de temperatura se alimenta al convertidor de frecuencia 4 y/o al dispositivo de regulación 5 para considerar y por tanto compensar la influencia de la temperatura en la regulación.

A diferencia del estado de la técnica, para la formación de un circuito de regulación, el registro de valores reales se aplica según la invención en el ángulo de rotación  $\varphi_M$  del motor 2 y no en aquél de la manivela 1. Otra diferencia que no puede observarse en la representación esquemática de la figura 1, pero decisiva, es la realización de una regulación orientada al campo del motor 2 asíncrono mediante el convertidor de frecuencia 4.

En la regulación orientada al campo se trata de un algoritmo para la regulación de un motor asíncrono que transcurre en un convertidor de frecuencia y que se basa en un sistema de coordenadas que rota junto con el rotor del motor. Mediante la denominada transformación de vector de espacio se obtiene en este sistema de coordenadas rotatorio un vector de espacio de corriente complejo que puede dividirse en una componente paralela con respecto al flujo magnético y una componente perpendicular con respecto al flujo magnético. En el estado estacionario, las componentes de corriente que deben regularse son valores continuos que se mantienen en los valores nominales respectivos mediante reguladores digitales. Se realiza una transformación inversa en un sistema trifásico con el que pueden activarse los moduladores de duración de impulsos del convertidor de frecuencia. La componente dirigida perpendicularmente con respecto al flujo magnético de la corriente de motor es proporcional con respecto al par de rotación que se le predetermina al convertidor como valor nominal. El motor puede funcionar según la dirección de movimiento tanto por motor como por generador, convirtiéndose la energía no consumida por pérdidas en calor mediante resistencias de frenado.

Los expertos en la materia conocen en sí el principio de la regulación orientada al campo de motores asíncronos, por ejemplo por "Elektrische Antriebe 2", de D. Schröder, Springer Verlag, 1995, capítulo 15.5 o por "Elektrische Antriebstechnik" de J. Vogel, 5ª edición, Hüthig-Verlag, 1991, capítulo 5.2.3.3. Por tanto, no ha de explicarse con detalle y como tal tampoco es un objetivo de la presente invención. Sin embargo, aún no se ha aplicado en el uso de motores asíncronos en aparatos de entrenamiento, aunque especialmente en esta aplicación ofrece ventajas decisivas.

Esto se aclara mediante la figura 2 que muestra el desarrollo básico de la línea característica de momentos de un motor asíncrono, es decir, el desarrollo del par de rotación como función del número n de revoluciones, o del deslizamiento s. Este desarrollo de la línea característica se conoce en sí y se expone de forma similar en numerosas obras que tratan de la regulación de motores eléctricos, tales como por ejemplo en los dos manuales anteriormente mencionados.

Por consiguiente, el comportamiento de funcionamiento de un motor asíncrono se divide en un intervalo de frenado, un intervalo de motor y un intervalo de generador, marcando la parada el límite entre el intervalo de frenado y el intervalo de motor y el caso de funcionamiento en vacío el límite entre el intervalo de motor y el intervalo de generador. La propia línea característica de momentos es la curva que discurre de manera lisa. Adicionalmente, están dibujadas la recta que discurre a través de los dos puntos nominales y dos curvas de aproximación sólo válidas en una distancia mayor con respecto a los dos puntos de inversión.

En la figura 2, están marcados los dos intervalos en los que un motor asíncrono se hace funcionar como elemento de accionamiento de un aparato de entrenamiento por un lado con una regulación orientada al campo en el sentido de la presente invención y por otro lado según el estado de la técnica mencionado al principio con un control de la tensión y de la frecuencia de un convertidor. Mientras que el régimen de funcionamiento según la invención se encuentra entre los dos puntos de inversión del intervalo por motor y del por generador alrededor del punto de funcionamiento en vacío, el régimen de funcionamiento se extiende según el estado de la técnica alrededor de la parada, y concretamente desde el punto de inversión del intervalo por motor hasta muy dentro del intervalo de frenado.

Se aclara que el régimen de funcionamiento según la invención corresponde al funcionamiento normal de un motor asíncrono, mientras que el régimen previsto según el estado de la técnica mencionado al principio representa de cierto modo un funcionamiento continuo en el régimen de arranque y de este modo un uso para fines extraños de un motor

## ES 2 308 340 T3

asíncrono, es decir, es anómalo. De esto se deriva en el estado de la técnica el problema de que el desarrollo de la línea característica sólo puede reproducirse difícilmente en su régimen decisivo, ya que los fabricantes de motores sólo garantizan mantener los datos característicos para el régimen de funcionamiento normal en el entorno del punto nominal. Para poder realizar en el régimen de funcionamiento anómalo mencionado un ajuste exacto del par de rotación debe medirse por tanto el desarrollo de la línea característica en cada uno de los ejemplares, lo que implica un esfuerzo elevado, o deben aceptarse tolerancias mayores de la precisión del par de rotación ajustado debido a las dispersiones de ejemplar de la línea característica. Este problema no existe en el régimen de funcionamiento normal que se mantiene en la regulación orientada al campo, ya que en el mismo los datos característicos son correctos.

La pérdida de potencia de un motor asíncrono es además, como se sabe, considerablemente menor en el régimen de funcionamiento normal, es decir, con un deslizamiento reducido, que en el caso de un deslizamiento elevado. Mediante la transición al régimen de funcionamiento normal debido a la aplicación de la regulación orientada al campo se produce por tanto una generación de calor menor, de modo que no es necesario el uso de un ventilador.

La figura 3 muestra un desarrollo del par de rotación típico de un aparato de entrenamiento según la invención en función de la posición de una manivela 1 prevista como elemento de ejercicio. El par de rotación se encuentra entre las posiciones  $\varphi_{\min}$  y  $\varphi_{\max}$  de manera constante en el valor  $M_0$ . Este par de rotación  $M_0$  constante corresponde a una determinada fuerza que debe ejercer la persona que está entrenándose sobre la manivela 1 para poder moverla en contra de la acción del motor 2 en una de las dos posibles direcciones de rotación. El valor nominal para la regulación de posición de la manivela 1 es la posición  $\varphi_{\min}$ , es decir al eliminar la carga de la manivela 1 por parte de la persona que está entrenándose se alcanza la posición  $\varphi_{\min}$  y se mantiene. Para mover la manivela 1 desde la misma en la dirección de la posición  $\varphi_{\max}$  la persona que está entrenándose debe superar el par de rotación  $M_0$ .

En la posición  $\varphi_{\max}$ , el par de rotación salta casi de golpe a un valor  $M_{\max}$  considerablemente mayor, por lo que se simula un tope mecánico superior con ayuda del motor 2 y su regulación. Igualmente, el par de rotación en la posición  $\varphi_{\min}$ , en el caso de una sollicitación de la manivela 1 con un par de rotación en dirección contraria a través de la persona que está entrenándose, salta casi de golpe al valor  $-M_{\max}$  negativo, por lo que se simula un tope mecánico inferior. El régimen de movimiento de la manivela disponible para la persona que está entrenándose se encuentra por tanto entre los valores de posición  $\varphi_{\min}$  y  $\varphi_{\max}$ .

Si bien se parte en la figura 3 de que el par de rotación entre las dos posiciones finales  $\varphi_{\min}$  y  $\varphi_{\max}$  debe ascender de manera constante a  $M_0$ , sin embargo sería posible sin más también predeterminar en este caso un desarrollo del par de rotación dependiente de la posición, por ejemplo en forma de un aumento lineal del par de rotación con la posición  $\varphi$ .

Igualmente es posible prever en lugar de saltos casi de golpe del par de rotación en las dos posiciones finales  $\varphi_{\min}$  y  $\varphi_{\max}$  en cada caso una modificación continua con una tasa predeterminada hasta el valor final  $-M_{\max}$  o  $M_{\max}$  respectivo, por lo que se reconstruyen topes de extremo con suspensión elástica. A este respecto la tasa de variación puede depender también de la posición, lo que corresponde a una característica de muelle no lineal.

Además puede estar prevista en las dos posiciones finales  $\varphi_{\min}$  y  $\varphi_{\max}$  en la zona de transición del par de rotación  $M_0$  de entrenamiento al valor final  $-M_{\max}$  o  $M_{\max}$  respectivo también una dependencia del par de rotación del número de revoluciones  $\omega_1$  y de este modo de la velocidad de la manivela 1. Esto corresponde a la acción de un amortiguador mecánico. Mediante la invención puede reconstruirse por tanto por motor el equipamiento de topes de extremo de un elemento de ejercicio con un sistema de amortiguador/muelle, pudiendo ajustarse la dureza de la característica de muelle o amortiguación a través de la unidad de control 7, el lector 10 de tarjeta o la interfaz 11 de bus.

La magnitud del par de rotación máximo  $M_{\max}$  no corresponde obligatoriamente al par de rotación máximo que puede emitir el motor 2 a través del engranaje 3 a la manivela 1, sino que está limitada a un valor menor para evitar un riesgo de lesión. Sin embargo está seleccionada tan alta que el hecho de alcanzar una de las dos posiciones finales  $\varphi_{\min}$  o  $\varphi_{\max}$  por parte de la persona que está entrenándose se percibe en cada caso como un tope mecánico.

Para realizar el desarrollo del par de rotación con respecto a la posición  $\varphi$  mostrado en la figura 3 está previsto un dispositivo de regulación 5 cuyo modo de funcionamiento interno se explica a continuación mediante el diagrama de bloques de la figura 4. Las componentes dibujadas en la figura 4 a la derecha, concretamente la máquina compuesta por la manivela 1 y el engranaje 3, el motor 2, el convertidor de frecuencia 4 así como el sensor del ángulo de rotación 6 corresponden a las componentes del aparato de entrenamiento ya mencionadas mediante la figura 1 y por tanto no necesitan explicarse adicionalmente.

El dispositivo de regulación 5 contiene, tal como puede observarse en la figura 4, dos circuitos de regulación con estructura en cascada, concretamente un circuito de regulación interior para el número de revoluciones  $\omega$  y un circuito de regulación exterior para la posición  $\varphi$ . A este respecto estos circuitos de regulación funcionan como en el sistema de referencia del elemento de ejercicio, es decir, la manivela 1. La posición en forma de un ángulo de rotación  $\varphi$  y el número de revoluciones  $\omega$  se refieren por tanto al movimiento de la manivela 1. Para calcular la posición real  $\varphi_1$  y el número de revoluciones real  $\omega_1$  de la manivela 1 a partir de la señal que proporciona el sensor 6, que indica el ángulo de rotación  $\varphi_M$  del motor 2, está previsto un dispositivo de evaluación 13 en cuyos cálculos especialmente se incluye la reducción del engranaje 3.

## ES 2 308 340 T3

La diferencia entre una posición nominal  $\varphi_s$  y la posición real  $\varphi_1$  se suministra a un primer regulador 14, en cuyo caso se trata preferiblemente de un regulador proporcional. A este respecto la posición nominal  $\varphi_s$  corresponde a la posición final  $\varphi_{\min}$  inferior en la figura 3. La magnitud de salida del regulador 14 es un número de revoluciones que en primer lugar se limita por un limitador 15 hasta un valor máximo  $\omega_{\max}$ . De este modo se evita que la manivela 1 pueda alcanzar la velocidad máxima dada a través del motor 2 y el engranaje 3, ya que en tales movimientos extremadamente rápidos de la manivela 1, por ejemplo en el caso de una eliminación de carga repentina mediante un deslizamiento de la persona que está entrenándose de la manivela 1, existiría un alto riesgo de lesión. Un segundo limitador 16 limita además la aceleración angular hasta un valor máximo  $\alpha_{\max}$  para evitar un tirón excesivo al arrancar la manivela 1, lo que si bien sería menos peligroso, sin embargo perjudicaría la comodidad de entrenamiento. Los dos limitadores 15 y 16 son fundamentalmente opcionales, sin embargo desde los puntos de vista de la seguridad y la comodidad son muy útiles.

En la salida del segundo limitador 16, existe como señal un número de revoluciones nominal  $\omega_s$  del que se resta el número de revoluciones real  $\omega_1$  calculado en el dispositivo de evaluación 13. Éste se alimenta a un regulador de número de revoluciones 17 configurado preferiblemente como regulador proporcional/integral, que como valor de salida proporciona un par de rotación. Éste se varía en una unidad de líneas características 18 en función de la posición real  $\varphi_1$  de manera correspondiente a una función predeterminada, para lo que a la unidad de líneas características 18 se alimenta la posición real  $\varphi_1$  como valor de entrada adicional. Una función preferida para ello con tres segmentos constantes y dos niveles de misma altura entre estos segmentos se explicó anteriormente mediante la figura 3.

Sin embargo, en principio mediante la unidad de líneas características 18 también podría determinarse otro desarrollo del par de rotación en función de la posición real  $\varphi_1$  como el de la figura 3. En especial las variaciones en la zona de las dos posiciones finales  $\varphi_{\min}$  y  $\varphi_{\max}$  podrían desarrollarse de manera continua en vez de discontinua en el sentido de una suspensión elástica. En el sentido de una amortiguación también podría estar prevista además una dependencia adicional del número de revoluciones real  $\omega_1$ . El valor de salida de la unidad de líneas características 18 es el par de rotación nominal  $M_s$  para la manivela 1.

Debido a que el convertidor de frecuencia 4 requiere como valor de entrada un par de rotación nominal  $M_M$  para el motor 2, el par de rotación nominal  $M_s$  proporcionado por la unidad de líneas características 18 para la manivela 1 debe convertirse en un dispositivo de cálculo 19 en el par de rotación nominal  $M_M$  para el motor 2. En primer lugar se incluye en esta conversión la reducción del engranaje 3. El dispositivo de cálculo 19 dispone además de una memoria, en la que están depositadas tablas, que describen la influencia de otros parámetros de sistema mecánicos sobre la relación entre los dos pares de rotación nominales  $M_s$  y  $M_M$ . A estos pertenecen, por ejemplo, el peso de la manivela, las pérdidas por fricción del engranaje, momentos de inercia del engranaje y de la manivela, la viscosidad del aceite del engranaje y su dependencia de la temperatura.

Los parámetros incluidos en la relación entre los dos pares de rotación  $M_s$  y  $M_M$  son parcialmente constantes, aunque parcialmente también dependientes de valores de movimiento y/o de la temperatura. Por ello, al dispositivo de cálculo 19 se alimenta por el dispositivo de evaluación 13 por lo menos la posición real  $\varphi_1$  y el número de revoluciones real  $\omega_1$  de la manivela 1, opcionalmente también de manera adicional la aceleración  $\alpha_1$  angular real, que se requiere para considerar efectos de inercia. Además, se le alimenta para la compensación de influencias de temperatura también la señal de medición T del sensor de temperatura 12.

El dispositivo de cálculo 19 realiza a lo largo de la conversión del par de rotación nominal  $M_s$  de la manivela 1 en un par de rotación nominal  $M_M$  correspondiente del motor 2 al mismo tiempo correcciones, que compensan influencias mecánicas y térmicas adicionales, que además de la reducción de engranaje aún se incluyen en la conversión del par de rotación del motor 2 en el de la manivela 1.

En cuanto a la temperatura, la compensación de su influencia puede estar dividida entre el dispositivo de cálculo 19 y un dispositivo de compensación 20 separado o el convertidor de frecuencia 4, y concretamente de manera preferida en la medida en que la compensación de la dependencia de la temperatura del motor 2 únicamente está integrada ya en el convertidor de frecuencia 4, o se detecta por un dispositivo de compensación 20 separado, ya que esta dependencia de la temperatura es una propiedad específica del motor. La existencia del dispositivo de compensación 20 es por lo tanto opcional y depende de si el convertidor de frecuencia 4 utilizado ya prevé o no una compensación interna de la temperatura del motor.

Siempre que el dispositivo de cálculo 19 satisfaga una compensación de la temperatura, éste se limita preferiblemente a la dependencia de la temperatura de los componentes mecánicos dispuestos aguas abajo del motor 2, especialmente al engranaje 3, en el que por ejemplo la viscosidad del aceite y por tanto la fricción y la inercia dependen de la temperatura.

Los parámetros que pueden considerarse en la corrección mediante el dispositivo de cálculo 19 son de muchos tipos. De este modo, por ejemplo, es concebible asociar al dispositivo de cálculo 19 un contador del periodo de funcionamiento, predecir un desgaste mecánico dependiente del periodo de funcionamiento, de determinados componentes mediante un modelo matemático, y modificar correspondientemente el par de rotación nominal  $M_M$  para la compensación de los fenómenos de desgaste a lo largo del tiempo.

## ES 2 308 340 T3

También es posible configurar la longitud del brazo de palanca de la manivela 1 de manera variable para su adaptación a las medidas corporales de la persona que realiza el entrenamiento. En este caso la fuerza ejercida por la manivela 1 en el sentido tangencial, que es el criterio decisivo para el efecto fisioterapéutico del entrenamiento, depende de la longitud de palanca, de modo que para ajustar una fuerza determinada con una longitud de palanca variable debe corregirse el par de rotación de manera correspondiente. A este respecto, el tamaño corporal puede comunicarse al aparato de entrenamiento a través del lector 10 magnético o de tarjeta chip, tras lo cual se ajusta de manera adecuada la longitud de palanca a través de un servomotor y por el dispositivo de cálculo 19 a partir de los registros de datos depositados en su memoria se selecciona uno determinado para considerar la longitud de palanca ajustada.

El par de rotación nominal  $M_M$  del motor 2 convertido a partir del par de rotación  $M_S$  de la manivela 1 y corregido se alimenta al convertidor de frecuencia 4 como valor de entrada. Éste regula el motor 2 de manera independiente según el principio explicado anteriormente de la regulación orientada al campo, por tanto con el motor 2 forma un circuito de regulación adicional subordinado. Para ello, requiere la señal de medición del transmisor 6 del ángulo de rotación en el árbol del motor 2, que se le alimenta directamente. Debido a que el circuito de regulación formado por el convertidor de frecuencia 4 se basa en la medición de un valor de estado inmediato del motor, concretamente del ángulo de rotación del motor  $\varphi_M$ , éste circuito de regulación más interno reacciona muy rápidamente. Esto es muy ventajoso para las propiedades dinámicas y para la estabilidad de toda la regulación. Los convertidores de frecuencia para motores de corriente trifásica, que funcionan según el principio de la regulación orientada al campo, están disponibles en el mercado actual para sistemas electrónicos motrices. La aplicación en un aparato de entrenamiento es, sin embargo, una novedad, que se propone en este caso por primera vez.

En el ejemplo de forma de realización descrito anteriormente se trata en el caso del elemento de ejercicio, contra el que el usuario del aparato de entrenamiento ejerce una fuerza durante el entrenamiento, de una manivela. Tal como reconocerá el experto en la materia sin más, el elemento de ejercicio también puede tener sin embargo una pluralidad de otras formas, como por ejemplo la de un estribo, un mango o de uno o dos pedales. La presente invención no está limitada a una manivela, sino que comprende todas las variantes concebibles de un elemento de ejercicio, que sea adecuado para que una persona con fuerza muscular lo solicite. Esto incluye entre otras cosas también elementos de ejercicio que no realizan ninguna rotación sino un movimiento de traslación, que entonces se convierte de manera mecánica en una rotación de un árbol motor. En este caso, los términos utilizados en este caso del ángulo de rotación, del número de revoluciones y del par de rotación corresponden a un desplazamiento de traslación o a una velocidad de traslación o a una fuerza. Dichas modificaciones, que resultan evidentes para un experto en la materia, están comprendidas por la protección de las reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

5 1. Aparato de entrenamiento, en particular para el entrenamiento de la fuerza, con un dispositivo generador de un par de rotación, que presenta un motor eléctrico (2) y un engranaje reductor (3), y cuya salida actúa conjuntamente con por lo menos un elemento de ejercicio (1) proporcionado a la persona que realiza los ejercicios, estando configurado el motor eléctrico (2) como motor de corriente trifásica (2), al que está asociado un convertidor de frecuencia (4), mediante el cual pueden ajustarse la frecuencia y la intensidad de la corriente trifásica alimentada al motor eléctrico (2), y estando dispuesto aguas arriba del convertidor de frecuencia (4) un dispositivo de regulación (5), **caracterizado** porque al motor (2) está asociado un sensor del ángulo de rotación (6), cuya señal de medición ( $\varphi_M$ ) se alimenta tanto al convertidor de frecuencia (4) como también al dispositivo de regulación (5), porque al convertidor de frecuencia (4) se suministra mediante el dispositivo de regulación (5) un valor nominal ( $M_M$ ) para el par de rotación que debe emitir el motor (2), en el que entra la señal de medición ( $\varphi_M$ ) del sensor del ángulo de rotación (6), y porque el convertidor de frecuencia (4) ajusta la frecuencia y la intensidad de la corriente del motor según el principio de la regulación orientada al campo.

15 2. Aparato de entrenamiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el dispositivo de regulación (5) regula la posición del elemento de ejercicio (1) hasta un valor nominal ( $\varphi_{\min}$ ).

20 3. Aparato de entrenamiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el dispositivo de regulación (5) presenta dos circuitos de regulación con estructura en cascada para la regulación de la posición y el número de revoluciones del elemento de ejercicio (1) y porque presenta un dispositivo de evaluación (13) que a partir de la señal de medición ( $\varphi_M$ ) del sensor del ángulo de rotación (6) determina por lo menos la posición ( $\varphi_1$ ) y el número de revoluciones ( $\omega_1$ ) del elemento de ejercicio (1) y los proporciona como magnitudes reales para los dos circuitos de regulación.

25 4. Aparato de entrenamiento según la reivindicación 3, **caracterizado** porque en el circuito de regulación de la posición está previsto un primer limitador (15), que limita el número de revoluciones nominal ( $\omega_S$ ) del elemento de ejercicio (1) hasta un valor máximo ( $\omega_{\max}$ ).

30 5. Aparato de entrenamiento según la reivindicación 3 ó 4, **caracterizado** porque en el circuito de regulación de la posición está previsto un segundo limitador (16), que limita la tasa de variación del número de revoluciones nominal ( $\omega_S$ ) del elemento de ejercicio (1) hasta un valor máximo ( $\alpha_{\max}$ ).

35 6. Aparato de entrenamiento según una de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado** porque en el circuito de regulación del número de revoluciones está previsto un elemento de transmisión (18) que varía el par de rotación nominal ( $M_S$ ) del elemento de ejercicio (1) según una función predeterminada en función de la posición ( $\varphi_1$ ) y/o el número de revoluciones ( $\omega_1$ ).

40 7. Aparato de entrenamiento según la reivindicación 6, **caracterizado** porque la función predeterminada contiene un aumento de la magnitud del par de rotación nominal ( $M_S$ ) del elemento de ejercicio (1) con una tasa predeterminada al pasar a un nivel inferior o superior de manera creciente de por lo menos una posición final ( $\varphi_{\min}$ ;  $\varphi_{\max}$ ) predeterminada del elemento de ejercicio (1).

45 8. Aparato de entrenamiento según la reivindicación 6 ó 7, **caracterizado** porque la función predeterminada contiene un aumento de la magnitud del par de rotación nominal ( $M_S$ ) del elemento de ejercicio (1) con un número de revoluciones ( $\omega_1$ ) creciente al pasar a un nivel inferior o superior de por lo menos una posición final ( $\varphi_{\min}$ ;  $\varphi_{\max}$ ) predeterminada del elemento de ejercicio (1).

50 9. Aparato de entrenamiento según una de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado** porque la función predeterminada contiene una limitación de la magnitud del par de rotación nominal ( $M_S$ ) hasta un valor máximo ( $M_{\max}$ ) predeterminado.

55 10. Aparato de entrenamiento según una de las reivindicaciones 3 a 9, **caracterizado** porque en el circuito de regulación del número de revoluciones está previsto un dispositivo de cálculo (19) que convierte el par de rotación nominal ( $M_S$ ) del elemento de ejercicio (1) en un par de rotación nominal ( $M_M$ ) del motor (2) y lo corrige en función de parámetros de funcionamiento mecánicos y/o térmicos del aparato.

60 11. Aparato de entrenamiento según la reivindicación 10, **caracterizado** porque al dispositivo de cálculo (19) se le alimentan desde el dispositivo de evaluación (13) unos valores de movimiento ( $\varphi_1$ ,  $\omega_1$ ,  $\alpha_1$ ) del elemento de ejercicio (1) determinados a partir de la señal de medición ( $\varphi_M$ ) del sensor del ángulo de rotación (6), en particular su posición real ( $\varphi_1$ ) y/o su número de revoluciones real ( $\omega_1$ ), como valores de entrada adicionales, y se incluyen por el dispositivo de cálculo (19) en la corrección del par de rotación nominal ( $M_M$ ) del motor (2).

65 12. Aparato de entrenamiento según la reivindicación 11, **caracterizado** porque a los valores de movimiento determinados por el dispositivo de evaluación (13), alimentados al dispositivo de cálculo (19) e incluidos por éste en la corrección del par de rotación nominal ( $M_M$ ) del motor (2) también comprenden la aceleración ( $\alpha_1$ ) angular del elemento de ejercicio (1).

## ES 2 308 340 T3

13. Aparato de entrenamiento según una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado** porque al motor (2) y/o al engranaje (3) está asociado por lo menos un sensor de temperatura (12), cuya señal de medición (T) se alimenta al dispositivo de cálculo (19) y/o a un dispositivo de compensación (20) separado como valor de entrada y allí se utiliza para una corrección en función de la temperatura del par de rotación nominal ( $M_M$ ) del motor (2).

5

14. Aparato de entrenamiento según una de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado** porque está previsto un dispositivo de compensación separado del dispositivo de cálculo (19) para la corrección de la influencia de la temperatura en el motor (2), que está integrado en el convertidor de frecuencia (4).

10

15. Aparato de entrenamiento según una de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado** porque el elemento de ejercicio puede desplazarse con traslación, y porque están previstos unos medios para la transformación mecánica del movimiento de traslación en un movimiento de rotación del árbol del motor eléctrico, de tal modo que en el lado del elemento de ejercicio los valores de movimiento en lugar de un ángulo de rotación, un número de revoluciones y un par de rotación son un trayecto, o una velocidad o una fuerza.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

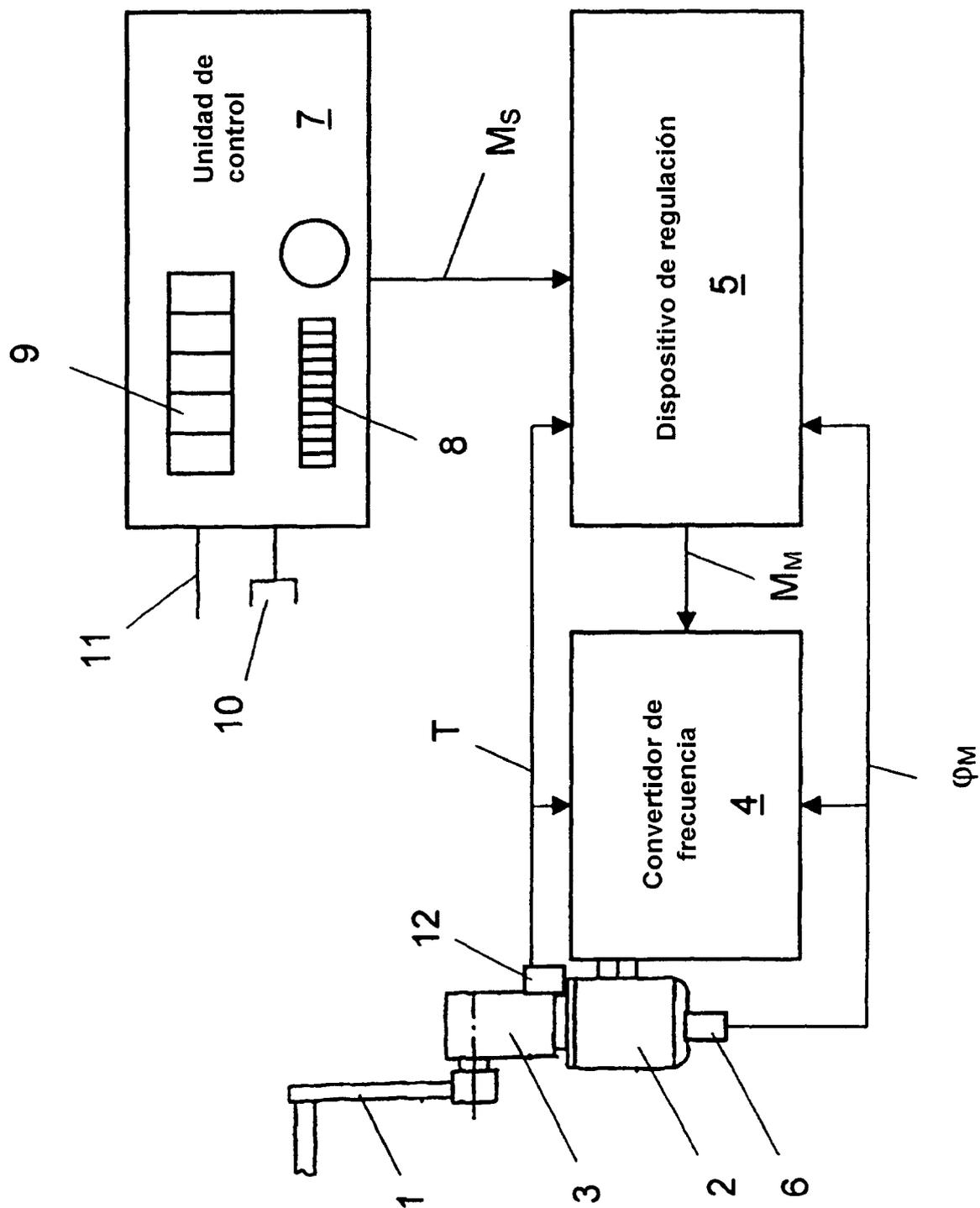


Fig. 1

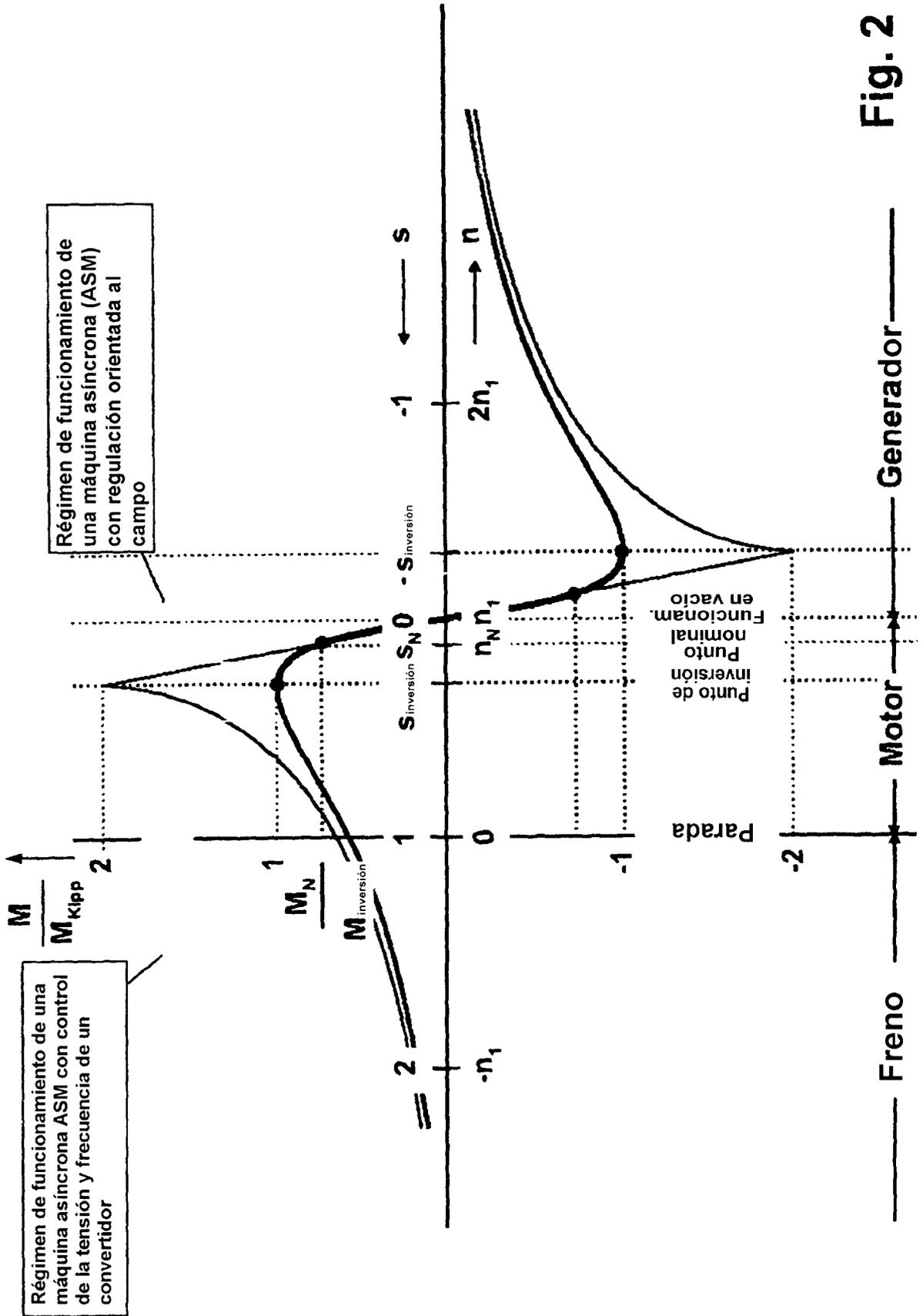


Fig. 2

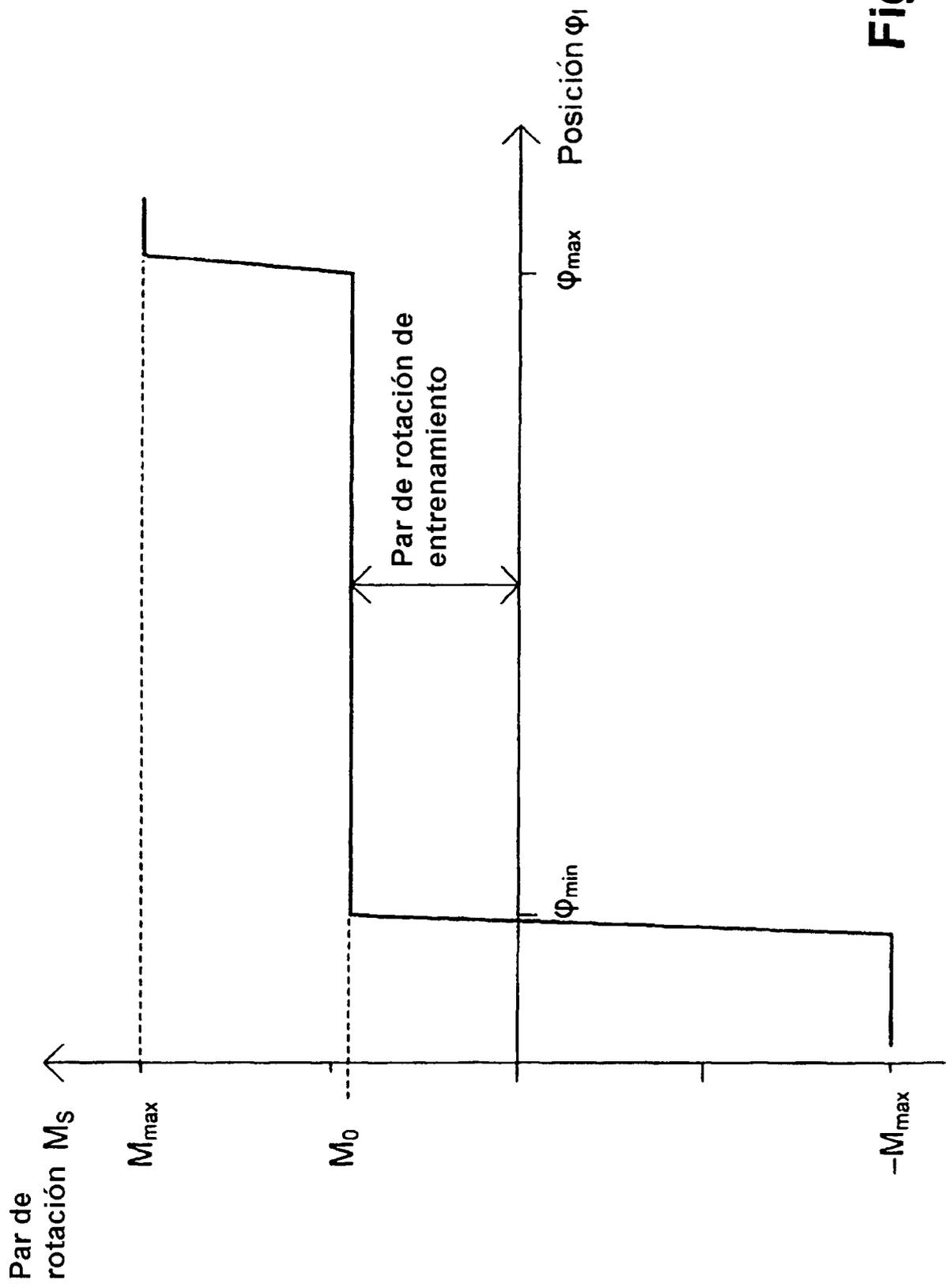


Fig. 3

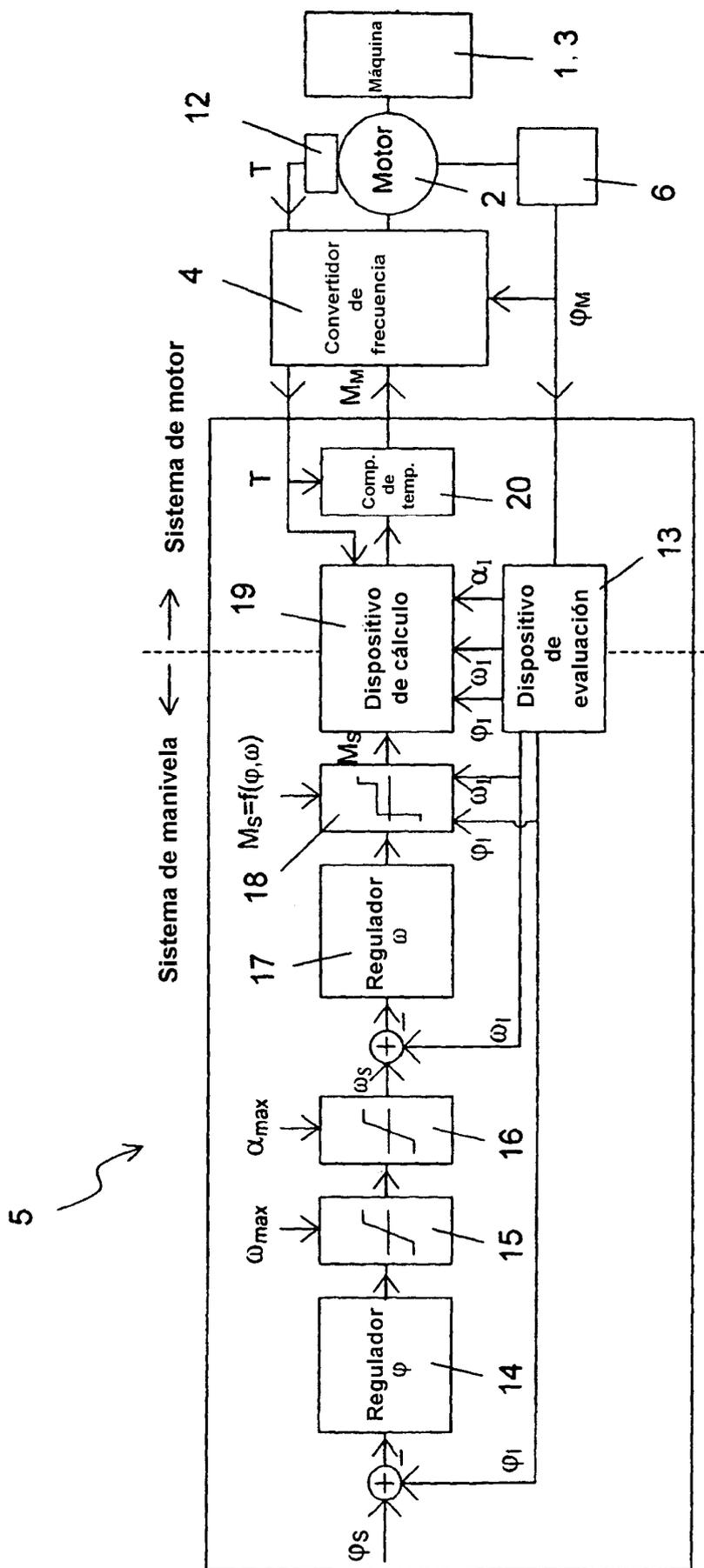


Fig. 4