

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 991 174**

51 Int. Cl.:

G05B 19/416 (2006.01)

H02K 15/02 (2006.01)

B21D 43/22 (2006.01)

B21D 28/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.09.2020** **PCT/EP2020/074551**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2022** **WO22048750**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.09.2020** **E 20771228 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2024** **EP 4179396**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de una estación de giro accionada por servomotor de una herramienta de formación de paquetes para una prensa punzonadora**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.12.2024

73 Titular/es:

BRUDERER AG (100.0%)
Egnacherstrasse 44
9320 Frasnacht, CH

72 Inventor/es:

HAFNER, JOSEF, THOMAS;
HÖGGER, HERBERT y
BÜHLER, MANUEL

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 991 174 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el funcionamiento de una estación de giro accionada por servomotor de una herramienta de formación de paquetes para una prensa punzonadora

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una estación de giro accionada por servomotor de una herramienta de formación de paquetes para una prensa punzonadora, así como a una prensa punzonadora con una herramienta de formación de paquetes con una estación de giro accionada por servomotor según los preámbulos de las reivindicaciones independientes.

10 Estado de la técnica

En la producción de motores eléctricos en grandes series, ya no es posible imaginarse la fabricación de los paquetes de chapa para el rotor y el estator sin apilado por punzonado. Las distintas chapas se punzonan a partir de una banda metálica en una prensa punzonadora, se apilan en herramientas de apilado y se unen para formar paquetes de chapa de la altura deseada. Para evitar que cualquier diferencia en el grosor de banda a lo ancho de la banda provoque pilas de chapas torcidas, Los paquetes de chapas se giran con un incremento de giro determinado mediante el uso de una estación de giro de la respectiva herramienta de formación de paquetes antes de la colocación de una nueva chapa. Así se compensa automáticamente cualquier diferencia en el grosor de las chapas durante el apilado. Sin embargo, con las velocidades de punzonado estándar de hoy en día y las estaciones de giro accionadas por servomotor, este giro presenta un desafío porque los paquetes de chapas presentan inercias de masa relativamente grandes y sólo se dispone de muy poco tiempo para acelerar y desacelerar el respectivo paquete de chapas con la estación de giro.

Especialmente en el caso de que en una prensa punzonadora se fabriquen con la misma herramienta tanto las chapas del rotor como las del estator de un motor eléctrico, los parámetros de funcionamiento para las estaciones de giro de las distintas herramientas de apilado son muy distintos, ya que las masas y los momentos de inercia rotacionales varían mucho debido a los diferentes pesos y diámetros de las chapas. Por lo tanto, no es raro que el momento de inercia rotacional de una estación de giro con una pila de paquetes de chapas del rotor sea en uno o dos valores de potencia de diez menor que el momento de inercia rotacional de una estación de giro con la pila de paquetes de chapas del estator correspondiente. En la práctica, esto significa que se necesita mucho tiempo y experiencia para ajustar iterativamente las estaciones de giro al respectivo orden de producción y que, no obstante, las estaciones de giro se hagan funcionar, en la mayoría de los casos, con perfiles de movimiento subóptimos, en los que se utilizan aceleraciones y/o deceleraciones innecesariamente grandes por no poder conseguir un ajuste dirigido del perfil de movimiento, siendo preciso que siempre se garantice que el respectivo incremento de giro pueda completarse en el tiempo disponible. Sin embargo, en este proceso se consume innecesariamente energía y se provoca un desgaste innecesario del equipo de producción. Además, los valores de aceleración innecesariamente elevados pueden provocar vibraciones en el sistema, que repercuten negativamente en el resultado de la producción.

35 El documento US 2010/052463 A1 forma parte del estado de la técnica.

Representación de la invención

Por lo tanto, se plantea el objetivo de proporcionar una solución técnica que no presente los inconvenientes mencionados del estado de la técnica o que al menos los evite parcialmente.

40 Esta tarea se resuelve por medio del procedimiento y de la prensa punzonadora según las reivindicaciones independientes.

De acuerdo con éstas, un primer aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una estación de giro accionada por servomotor de una estación de giro de una herramienta de formación de paquetes para una prensa punzonadora.

45 Se establece una curva de aceleración rotacional teórica de la estación de giro en la fase de aceleración del incremento rotativo, en concreto con la ventaja de se prevé un perfil de movimiento lo más energéticamente eficiente posible sin aceleraciones innecesariamente grandes.

A partir del perfil de aceleración rotacional teórico se determinan uno o varios de los siguientes parámetros teóricos:

- la aceleración rotacional teórica, que se debe registrar a través de un determinado rango de giro;
- la velocidad angular teórica, que se debe registrar al alcanzar un determinado ángulo de giro;
- 50 • el tiempo de giro teórico que debe haber transcurrido al alcanzar un determinado ángulo de giro;
- el ángulo de giro teórico que se debe registrar al alcanzar un determinado tiempo de giro.

Además, se realiza un recorrido de aceleración de referencia de la estación de giro para determinar el comportamiento dinámico de la estación de giro o, en otras palabras, la relación entre el par de accionamiento del servomotor y/o la corriente de alimentación del servomotor y la aceleración rotacional de la estación de giro. La aceleración rotacional de la estación de giro también puede expresarse aquí mediante una velocidad angular cuando se alcanza un cierto

55

ángulo de giro, un tiempo de giro hasta que se alcanza un cierto ángulo de giro y/o un ángulo de giro después de que haya transcurrido un cierto tiempo de giro.

Para el recorrido de aceleración de referencia, la estación de giro, dotada según lo previsto de una pila de chapas o de un "simulador" que representa esta pila de chapas, se acelera durante el recorrido de aceleración de referencia mientras que el servomotor proporciona un par de accionamiento de referencia determinado o mientras que el servomotor es alimentado con una corriente de alimentación de referencia específica, y se determinan uno o varios de los siguientes parámetros de referencia de este recorrido de aceleración de referencia:

- la aceleración rotacional de referencia de la estación de giro o del servomotor alcanzada en un intervalo de giro específico;
- la velocidad angular de referencia de la estación de giro o del servomotor cuando se alcanza un ángulo de giro determinado;
- el tiempo de giro de referencia transcurrido hasta alcanzar un ángulo de giro específico;
- el ángulo de giro de referencia una vez transcurrido un tiempo de giro específico.

Con los parámetros teóricos determinados y los parámetros de referencia determinados se calculan a continuación, a través de la relación conocida por la curva de aceleración de referencia entre la aceleración rotacional de referencia, la velocidad angular de referencia, el tiempo de giro de referencia y/o el ángulo de giro de referencia y el par de accionamiento del servomotor y/o la corriente de alimentación del servomotor, un par de accionamiento teórico del servomotor y/o una corriente de alimentación teórica del servomotor con el que se obtienen durante el funcionamiento según lo previsto la aceleración rotacional teórica en el rango de giro especificado, la velocidad angular teórica cuando se alcanza el ángulo de giro especificado, el tiempo de giro teórico cuando se alcanza el ángulo de giro especificado y/o el ángulo de giro teórico una vez transcurrido el tiempo de giro especificado.

En principio, la determinación de los parámetros teóricos y la determinación de los parámetros de referencia pueden llevarse a cabo independientemente una de otra y, por lo tanto, no requieren una secuencia fija. Sin embargo, para un procesamiento sencillo de los parámetros teóricos y de referencia resulta ventajoso que se utilicen rangos de giro específicos idénticos, ángulos de giro específicos idénticos y/o tiempos de giro específicos idénticos durante su determinación y especificación. Por lo demás, los parámetros teóricos y de referencia que se determinan o especifican en caso de rangos de giro, ángulos de giro y/o tiempos de giro específicos no idénticos, se pueden evaluar o comparar, no obstante, utilizando la relación conocida entre el par de accionamiento del servomotor y/o la corriente de alimentación del servomotor y la aceleración rotacional, la velocidad angular, el tiempo de giro y/o el ángulo de giro.

Acto seguido, la estación de giro con el servomotor se acelera en el modo de producción normal en la fase de aceleración del respectivo incremento de giro, proporcionando el servomotor el par de accionamiento teórico o aportando al servomotor la corriente de alimentación teórica.

Con el procedimiento según la invención, es posible ajustar y optimizar específicamente los perfiles de movimiento de estaciones de giro accionadas por servomotor de herramientas de formación de paquetes en poco tiempo y sin mucha experiencia mediante una operación real de "aprendizaje".

Se considera ventajoso definir una curva de aceleración de rotación teórica con la que la estación de giro se acelera de manera esencialmente uniforme en la fase de aceleración del incremento de rotación. Por "esencialmente uniforme" debe entenderse aquí que la aceleración es uniforme durante la mayor parte de la fase de aceleración, por lo que es perfectamente concebible, y también puede ser deseable, definir una aceleración menor al principio y al final de la fase de aceleración o transiciones suaves desde la parada al principio de la fase de aceleración y al final de la misma hacia la fase de desaceleración.

También es preferible que el recorrido de aceleración de referencia se realice mientras se suministra el par de accionamiento nominal del servomotor como par de accionamiento de referencia o mientras se aporta al servomotor la corriente de alimentación nominal como corriente de alimentación de referencia.

De esta manera, se reconoce inmediatamente si los valores teóricos especificados no pueden ser implementados por el servomotor existente. En este caso es preciso proceder a la correspondiente reducción del número de carreras de la prensa o utilizar un servomotor más potente.

En una forma de realización preferida del procedimiento, el ángulo de giro de la estación de giro se determina por incremento de giro y el recorrido de aceleración de referencia se realiza a través de una parte determinada del ángulo de giro, por ejemplo, a través de la mitad o de todo el ángulo de giro.

En otra variante de realización preferida del procedimiento, se determina el tiempo de giro disponible por incremento de giro y el recorrido de aceleración de referencia se realiza a lo largo de una determinada parte del tiempo de giro, por ejemplo, a lo largo de la mitad o de la totalidad del tiempo de giro disponible.

En función de los parámetros utilizados para calcular el par de accionamiento de referencia o la corriente de alimentación de referencia del servomotor, una u otra forma de realización del procedimiento puede resultar más conveniente.

En otra forma de realización preferida del procedimiento según la invención, se determinan, tanto el tiempo de giro disponible por incremento de giro, como el ángulo de giro de la estación de giro por incremento de giro, y se define una curva de aceleración rotacional teórica, según la cual se alcanza la mitad del ángulo de giro una vez transcurrido el tiempo de giro o la mitad del tiempo de giro disponible.

- 5 Es preferible que se defina una curva de aceleración rotacional teórica, según la cual la fase de aceleración del incremento de giro se completa al alcanzar o después de alcanzar la mitad del ángulo de giro.

De este modo se favorecen perfiles de movimiento energéticamente eficientes sin aceleraciones innecesariamente grandes.

- 10 En las variantes del procedimiento en las que se determina el tiempo de giro disponible por incremento de giro, este tiempo de giro por incremento de giro se determina ventajosamente de manera que un tiempo de giro teóricamente disponible por incremento de giro se reduzca en un periodo de tiempo que se proporciona al final del movimiento de giro para la estabilización del sistema. De este modo se garantiza que las vibraciones del sistema se hayan reducido antes de colocar la siguiente chapa en la pila de chapas de la estación de giro.

- 15 En las variantes de proceso en las que se determina el tiempo de giro disponible por incremento de giro, también es ventajoso que el tiempo de giro disponible por incremento de giro o el tiempo de giro teóricamente disponible por incremento de giro se determine en función del número de carreras que se pretende de la prensa o en función del número de carreras actual de la prensa. En este último caso, la curva de aceleración rotacional o el perfil de movimiento de la estación de giro se pueden adaptar dinámicamente a la velocidad de la prensa, y se puede trabajar con un perfil de movimiento optimizado en cuanto a energía y desgaste para la situación de funcionamiento.

- 20 En otra variante de realización preferida del procedimiento, la curva de aceleración de rotación teórica de la estación de giro se define a lo largo de todo el incremento de giro, es decir, para la fase de aceleración y la fase de deceleración, y preferiblemente de modo que la fase de deceleración comience directamente después de la fase de aceleración. De esta manera, se puede utilizar todo el tiempo de giro disponible para la aceleración y la deceleración, y se obtienen perfiles de movimiento especialmente eficientes desde el punto de vista energético si el tiempo disponible se divide aproximadamente por la mitad entre la fase de aceleración y la fase de deceleración.

- 25 Es preferible que se determine una desaceleración rotacional teórica, que debe registrarse en la fase de desaceleración de acuerdo con la curva de aceleración rotacional teórica. Con la deceleración rotacional teórica determinada y los parámetros de referencia determinados se calculan después, a través de la relación conocida por el recorrido de aceleración de referencia entre la aceleración rotacional de referencia, la velocidad angular de referencia, la velocidad rotacional de referencia y/o el tiempo rotacional de referencia, el tiempo de giro de referencia y/o el ángulo de giro de referencia y el par de accionamiento del servomotor y/o la corriente de alimentación del servomotor, un par de frenado teórico del servomotor y/o una corriente de alimentación de frenado teórica del servomotor, con el que se consigue durante el funcionamiento previsto la deceleración de giro teórica. Posteriormente, la rotación de la estación de giro con el servomotor es desacelerada en la fase de desaceleración del incremento de giro mientras el par de frenado teórico es proporcionado por el servomotor o mientras el servomotor es alimentado con la corriente de suministro de frenado teórica.

De este modo, la fase de deceleración del incremento de giro también se puede ajustar y optimizar específicamente en muy poco tiempo y sin mucha experiencia utilizando el modo de "aprendizaje".

- 30 Una optimización adicional es posible si el par de frenado por pérdida de fricción de la estación de giro y/o una corriente de alimentación correspondiente al par de frenado por pérdida de fricción se determinan en la medida de lo posible antes de determinar la curva de aceleración rotacional teórica de la estación de giro y si estos valores se tienen en cuenta al determinar la curva de aceleración rotacional teórica de la estación de giro. Esto se puede hacer, por ejemplo, determinando la corriente de alimentación constante o el par de accionamiento constante del servomotor mientras que la estación de giro se mueve lentamente hacia delante y hacia atrás.

- 35 La consideración del par de frenado por pérdida de fricción de la estación de giro o del parámetro correspondiente se realiza ventajosamente de forma que la curva de aceleración rotacional teórica presente una caída repentina de la velocidad angular como resultado del par de frenado por pérdida de fricción durante la transición de la fase de aceleración a la fase de desaceleración del incremento de giro. Teniendo en cuenta este aspecto, la curva de aceleración rotacional teórica se puede optimizar de manera que la fase de aceleración y/o la fase de deceleración puedan diseñarse aún más "suaves".

- 40 También se prefiere que el par de frenado por pérdida de fricción de la estación de giro y/o una corriente de alimentación correspondiente a la pérdida de fricción se determinen antes de calcular el par de frenado teórico y/o una corriente de alimentación de frenado teórica del servomotor y se tengan debidamente en cuenta al calcular el par de frenado teórico y/o la corriente de alimentación de frenado teórica del servomotor.

- 45 En otra forma de realización preferida más del procedimiento, la curva de aceleración rotacional teórica de la estación de giro se determina de manera que la desaceleración rotacional teórica en la fase de desaceleración del incremento de giro es numéricamente menor que la aceleración rotacional teórica en la fase de aceleración del incremento de giro. Esto favorece la amortiguación de posibles oscilaciones al final del incremento de giro.

Ventajosamente, el par de frenado por pérdida de fricción de la estación de giro o la corriente de alimentación correspondiente al par de frenado por pérdida de fricción se determina con un funcionamiento de prueba en el que la estación de giro se hace girar con el servomotor a una velocidad angular preferiblemente uniforme, moviéndola especialmente hacia delante y hacia atrás, en concreto en un ángulo de giro que corresponde al ángulo de giro de la estación de giro por incremento de giro. De este modo, al determinar el par de frenado por pérdida de fricción de la estación de giro o la corriente de alimentación correspondiente al par de frenado por pérdida de fricción prevalecen unas condiciones de funcionamiento realistas.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a una prensa punzonadora con una herramienta de formación de paquetes y con una estación de giro accionada por un servomotor, presentando la prensa punzonadora un sistema de control para el accionamiento de la estación de giro de acuerdo con el procedimiento descrito anteriormente según el primer aspecto de la invención.

En este caso se prefiere que el sistema de control para el accionamiento de la estación de giro esté integrado en el sistema de control de la prensa. De esta manera se puede obtener un sistema uniforme y coherente, y las funciones de control ya disponibles para el control de la prensa se pueden utilizar también para el control de la estación de giro.

Breve descripción de los dibujos

Otras formas de realización preferidas de la invención resultan de las reivindicaciones dependientes y de la siguiente descripción a la vista de las figuras. Se muestra en la:

Fig. 1 una representación simplificada de la parte inferior de una herramienta punzonadora consecutiva de una sola pista para la fabricación de tres paquetes de chapas diferentes para un motor eléctrico;

Fig. 2 los tres paquetes de chapas producidos con la herramienta punzonadora consecutiva según la figura 1, vistos desde arriba;

Fig. 3 un corte vertical transversal a la dirección de paso de la banda por la herramienta punzonadora consecutiva de la figura 1 en la zona de una de las estaciones de giro;

Fig. 4 las curvas de aceleración rotacional especificadas en forma de velocidad angular de las estaciones de giro a lo largo de todo el incremento de giro;

Fig. 5 las curvas de las velocidades angulares de las estaciones de giro a lo largo del tiempo durante los recorridos de aceleración de referencia;

Fig. 6 muestra las curvas de los pares de frenado por pérdida de fricción de las estaciones de giro a lo largo del tiempo durante los recorridos de prueba para determinarlos;

Fig. 7 la velocidad angular de la curva de aceleración rotacional teórica especificada de la primera estación de giro 5 a lo largo de todo el incremento de giro, teniendo en cuenta el par de frenado por pérdida de fricción determinado;

Fig. 8 la velocidad angular de la curva de aceleración rotacional teórica especificada de la segunda estación de giro 6 a lo largo de todo el incremento de giro, teniendo en cuenta el par de frenado por pérdida de fricción determinado;

Fig. 9 la velocidad angular de la curva de aceleración rotacional teórica especificada de la tercera estación de giro 7 a lo largo de todo el incremento de giro, teniendo en cuenta el par de frenado por pérdida de fricción determinado.

Formas de realización de la invención

La figura 1 muestra una representación simplificada de la parte inferior de una herramienta punzonadora consecutiva 1 de una sola pista para la fabricación de los tres paquetes de chapas diferentes 2, 3, 4 para un motor eléctrico, que se representan en la figura 2 en una vista en planta. El primer paquete de chapas 2 forma el rotor del motor, el segundo paquete de chapas 3 forma la estrella del estator del motor y el tercer paquete de chapas 4 forma el anillo del estator del motor.

La una herramienta punzonadora consecutiva 1 presenta tres estaciones de giro identificadas con los números de referencia 5, 6 y 7. La dirección de paso de la banda A por la herramienta 1 discurre en este caso de izquierda a derecha.

El proceso de fabricación en la herramienta 1 comienza con la pieza más pequeña. Por consiguiente, en la primera estación de giro 5 se apilan los paquetes de chapas del rotor 2, en la segunda estación de giro 6 se apilan los paquetes de chapas de la estrella del estator 3 y en la tercera estación de giro 7 los paquetes de chapas del anillo del estator 4.

La conexión entre una chapa y otra se lleva a cabo mediante el así llamado procedimiento de clinchado, que el experto en la materia conoce, por lo que no es necesario describirlo aquí con más detalle. Alternativamente, las distintas chapas también se podrían unir mediante soldadura láser, barniz de coacción o pegamento.

La figura 3 muestra un corte vertical transversal a la dirección de paso de la banda por la herramienta punzonadora consecutiva 1 en la zona de la tercera estación de giro 7.

Un giro de los paquetes de chapas 2, 3, 4 durante el apilamiento es necesario, ya que a través de la anchura de la banda de chapa a procesar pueden existir diferencias en el grosor de la chapa, lo que daría lugar a pilas de chapas

torcidas si se apilaran siempre en el mismo punto. Con el giro de los paquetes de chapas, estas supuestas diferencias de grosor de las chapas se desplazan en círculo y el resultado es un paquete cilíndrico.

En el paquete de chapas del rotor 2 se aprecia un paso de 10. Por consiguiente, para este paquete de chapas 2 resulta por incremento de giro D un ángulo de giro de 36° . La estrella del estator 3 y para el paquete de chapas del anillo del estator 4 asociado un ángulo de giro por incremento de giro D de 30° . Las estaciones de giro 5, 6, 7 se giran respectivamente por medio de servomotores 10 a través de una transmisión por correa dentada. Los servomotores 10 tienen respectivamente una potencia de por ejemplo, 3000 W y un par nominal de 19,1 Nm. La altura de los paquetes se supervisa y controla mediante el recuento de las chapas individuales y el grosor de banda medido. Cuando el paquete alcanza la altura suficiente, se cortan con punzones, que se pueden conectar adicionalmente, los huecos para el procedimiento de clinchado, antes de comenzar con el apilamiento del siguiente paquete. Los paquetes terminados, en el caso de la situación representada en la figura 3, se trata de los paquetes de chapas de anillo de estator 4, caen sobre cintas transportadoras 8, que los alejan de la herramienta 1 transversalmente con respecto a la dirección de desplazamiento de la banda.

Las estaciones de giro 5, 6, 7 sirven además de freno de los paquetes de chapas. Deben ofrecer la resistencia necesaria cuando se unen las distintas chapas. Una importante característica de calidad de los paquetes de chapas acabados 2, 3, 4 es su fuerza de retención. Ésta se comprueba repetidamente durante el proceso de producción en curso utilizando muestras tomadas al azar.

En el presente caso, la herramienta de punzonado consecutivo 1 está montada en una prensa punzonadora automática que funciona a 480 carreras por minuto. Para el giro de las estaciones de giro 5, 6, 7 se dispone de una ventana a través de un ángulo de manivela de 300° . De forma correspondiente, se dispone por incremento de giro D de 36° o de 30° de un tiempo de giro teórico t de 104 ms. Para garantizar que al final del movimiento de giro quede tiempo suficiente para desmagnetizar o desconectar el motor de accionamiento 10 y para la atenuación de eventuales oscilaciones, de modo que uno o varios pernos de retención puedan realizar el ajuste de precisión de la estación de giro, el tiempo de giro t teóricamente disponible por incremento de giro D de 104 ms se reduce en un lapso de tiempo t_{idle} de 4 ms, y para la determinación de las curvas de aceleración teórica de las estaciones de giro 5, 6, 7 se parte de un tiempo de giro disponible t por incremento de giro D de 100 ms.

Los servomotores 10 deben acelerar en un amplio rango diferentes inercias de masa externas. Estas dependen de los radios exteriores de las estaciones de giro a la cuarta potencia.

Para la determinación de los parámetros teórico, las curvas de aceleración rotacional teórica de las estaciones de giro 5, 6, 7 se establecen de manera correspondiente. A fin de conseguir un giro que energéticamente sea lo más eficiente y además respetuoso con el material de los paquetes de chapa con las estaciones de giro 5, 6, 7, el tiempo de giro disponible t de 100 ms se divide uniformemente entre la fase de aceleración A y la fase de deceleración B del incremento de giro D de forma que éstas se sucedan directamente. En otras palabras, la aceleración debe tener lugar en la primera mitad del respectivo ángulo de giro por incremento de giro D y la deceleración en la segunda mitad. De esta forma, se evitan aceleraciones y desaceleraciones innecesariamente fuertes.

Las curvas de aceleración rotacional teórica para las estaciones de giro 5, 6, 7 determinadas de esta manera se muestran en la figura 4 a la vista de la velocidad angular $\omega_{teórica}$ (s^{-1}) a través del tiempo de giro t, $t_{teórico}$ (ms). Como se puede observar, el tiempo de aceleración t_A es de 50 ms, el tiempo de deceleración t_B también de 50 ms y el tiempo de estabilización t_{idle} es de 4 ms. Como se puede apreciar igualmente, se debe alcanzar en la primera estación de giro 5 para los paquetes de chapas del rotor 2, tras un tiempo de giro de 50 ms o tras un ángulo de giro de 18° , una velocidad angular $\omega_{teórica}$ de $12.6 s^{-1}$, mientras que en la segunda estación de giro 6 para los paquetes de chapas de la estrella del estator 3 y en la tercera estación de giro 7 para los paquetes de chapas del anillo de estator 4 se debe alcanzar, tras un tiempo de giro de 50 ms o tras un ángulo de giro de 15° , respectivamente una velocidad angular $\omega_{teórica}$ idéntica de $10.5 s^{-1}$. La aceleración y deceleración para las chapas del rotor 2 deben ser correspondientemente mayores en la primera estación de giro 5. Esto se debe al mayor ángulo de giro por incremento de giro de 36° en lugar de 30° . Dado que las curvas de aceleración rotacional teórica especificadas son simétricas con respecto a las fases de aceleración A y deceleración B, se obtienen para las fases de deceleración B lógicamente parámetros teóricos inversos a los de las fases de aceleración A.

Con las estaciones de giro 5, 6, 7 completamente dotadas y llenadas respectivamente por completo con paquetes de chapas 2, 3, 4, se realizan sendos recorridos de aceleración de referencia a través de un ángulo de giro de referencia que corresponde a la mitad del ángulo de giro de la estación de giro por incremento de giro D. Por consiguiente, el ángulo de giro de referencia para la primera estación de giro 5 es de 18° y para la segunda estación de giro 6 y la tercera estación de giro 7 respectivamente de 15° . Las estaciones de giro 5, 6, 7 son accionadas por los servomotores 10 respectivamente con el par nominal de 19,1 Nm y las velocidades angulares de referencia ω_{ref} y los tiempos de giro de referencia t_{ref} se registran cuando se alcanzan los ángulos de giro de referencia.

Las curvas de aceleración de referencia determinadas de este modo para las estaciones de giro 5, 6, 7 se muestran en la figura 5 a la vista de la velocidad angular ω_{ref} (s^{-1}) a través del tiempo de giro t_{ref} (ms).

Como se puede observar, la primera estación de giro 5 para los paquetes de chapas del rotor 2 alcanza el ángulo de giro de referencia después de un tiempo de giro de referencia t_{ref} de 8.6 ms y presenta con el ángulo de giro de referencia una velocidad angular de referencia ω_{ref} de $73.1 s^{-1}$, mientras que la segunda estación de giro 6 para los paquetes de chapas de la estrella del estator 3 requiere para ello un tiempo de giro de referencia t_{ref} de 34.6 ms y

alcanza una velocidad angular de referencia ω_{ref} de 15.1 s^{-1} y la tercera estación de giro 7 para los paquetes de chapas del anillo del estator 3 requiere un tiempo de giro de referencia t_{ref} de 40.7 ms y alcanza una velocidad angular de referencia ω_{ref} de 12.9 s^{-1} .

Con las relaciones conocidas por las curvas de aceleración de referencia entre las velocidades angulares de referencia ω_{ref} y los tiempos de giro de referencia t_{ref} de las estaciones de giro 5, 6, 7 y los pares de accionamiento de referencia de los servomotores 10 asociados de 19.1 Nm, se calculan después los pares de accionamiento teórico de los servomotores 10, con los que resultan las respectivas velocidades angulares teóricas $\omega_{teórica}$ o los tiempos de giro teóricos $t_{teórico}$.

Para ello, los respectivos parámetros teóricos $\omega_{teórica}$, $t_{teórico}$ y los parámetros de referencia ω_{ref} , t_{ref} se relacionan entre sí y el par de accionamiento de referencia se multiplica por esta relación, que se muestra a continuación como ejemplo para la primera estación de giro 5.

La velocidad angular teórica $\omega_{teórica}$ determinada para la estación de giro 5 tras un ángulo de giro de 18° es de 12.6 s^{-1} . La velocidad angular de referencia ω_{ref} determinada con el recorrido de aceleración de referencia de esta estación de giro 5 tras un ángulo de giro de 18° es de 73.1 s^{-1} . Como relación entre la velocidad angular teórica determinada $\omega_{teórica}$ y la velocidad angular de referencia determinada ω_{ref} se obtiene un factor de 0.172. Si éste se multiplica por el par de accionamiento de referencia del servomotor 10 de 19.1 Nm, resulta un par de accionamiento teórico para la primera estación de giro 5 para los paquetes de chapas del rotor 2 de 3.28 Nm. El mismo resultado se obtiene si el tiempo de giro de referencia t_{ref} de 8.6 ms determinado para la primera estación de giro 5 se pone en relación con el tiempo de giro teórico $t_{teórico}$ determinado de 50 ms para un ángulo de giro de 18° , lo que, multiplicado por esta cifra, da una relación de 0.172, y el par de accionamiento de referencia del servomotor 10 de 19.1 Nm.

Para la segunda estación de giro 6 de los paquetes de chapas de la estrella del estator 3, este cálculo da como resultado un par de accionamiento de referencia del servomotor 10 de 13.23 Nm y para la tercera estación de giro 7 de los paquetes de chapas del anillo del estator 4, un par de accionamiento de referencia del servomotor 10 de 15.54 Nm. Los pares de accionamiento de referencia calculados para las fases de aceleración A representan también los pares de frenado de referencia para las fases de deceleración B, simplemente con el sentido de la fuerza invertido.

En una variante de la operación de "aprendizaje" descrita anteriormente, se realizan, además de los recorridos de aceleración de referencia, otros recorridos de prueba para determinar los pares de frenado por pérdida de fricción (pares de fricción) M (Nm) de las distintas estaciones de giro 5, 6, 7, que se tienen en cuenta al determinar las curvas de aceleración rotacional teórica de las estaciones de giro 5, 6, 7.

Para ello, las estaciones de giro 5, 6, 7 se giran con sus servomotores 10 respectivamente de forma lenta hacia delante y hacia atrás en la mitad del ángulo de giro. Durante este proceso se determina el par de fricción M registrando la corriente de alimentación o el par de accionamiento del servomotor. En el caso del registro de la corriente de alimentación, el par de accionamiento o de fricción resulta de la relación conocida entre la corriente de alimentación y el par de accionamiento del servomotor 10.

La figura 6 muestra las curvas de los pares de frenado por pérdida de fricción M (Nm) de las estaciones de giro 5, 6, 7 determinadas durante los recorridos de prueba a lo largo del tiempo t (s).

Los pares de fricción M determinados de este modo, a saber 0.5 Nm para la primera estación de giro 5, 1.4 Nm para la segunda estación de giro 6 y 1.2 Nm para la tercera estación de giro 7, se restan ahora doblemente de los pares de aceleración y se emplean como pares de deceleración. A través de las relaciones conocidas de los recorridos de aceleración de referencia, estos pares de deceleración se pueden convertir en velocidades angulares para determinar una curva de aceleración rotacional teórica según la figura 4 y deducirse de forma correspondiente en las fases de deceleración B.

Las figuras 7 a 9 muestran las curvas de aceleración rotacional teórica determinadas de este modo teniendo en cuenta los pares de frenado por pérdida de fricción M especificados de las distintas estaciones de giro 5, 6, 7 a lo largo de todo el incremento de giro D . Como se puede observar, en estas curvas de aceleración rotacional teórica la fase de deceleración B es incluso más suave que en las curvas mostradas en la figura 4. Al calcular los pares de frenado teórico respectivos, los pares de frenado de pérdida de fricción M se pueden deducir de las curvas de aceleración rotacional teórico. En el cálculo del respectivo par de frenado teórico para la fase de deceleración B, el respectivo par de frenado por pérdida de fricción M se tiene debidamente en cuenta, partiendo de una velocidad angular teórica ω_{soil} reducida en el doble del componente de velocidad angular respectivamente determinado en la transición de la fase de aceleración A a la fase de deceleración B.

Los pasos del proceso descritos anteriormente se llevan a cabo automáticamente por el sistema de control de la prensa punzonadora automática cuando se demanda una función de "aprendizaje" correspondiente. Durante el funcionamiento normal de la prensa punzonadora automática, las estaciones de giro 5, 6, 7 de la herramienta punzonadora consecutiva 1 se activan a continuación de manera que los servomotores 10 para el giro de las estaciones de giro 5, 6, 7 proporcionen los respectivos pares de accionamiento teóricos y los pares de frenado teóricos.

También está previsto que, después del propio "aprendizaje", se determine constantemente el tiempo de giro t disponible por incremento de giro D , que depende del número de carreras de la prensa, se adapten de forma correspondiente las curvas de aceleración rotacional teórica y se calculen y utilicen para el control los nuevos pares

de accionamiento teórico y los pares de frenado teórico. De este modo, las estaciones de giro 5, 6, 7 se pueden optimizar automáticamente para cada número de carreras de la prensa punzonadora automática.

5 Mientras que en la presente solicitud se describen formas de realización preferidas de la invención, conviene destacar claramente, que la invención no se limita a las mismas y que la invención también se puede poner en práctica de otras maneras dentro del alcance de las reivindicaciones que se indican a continuación.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de una estación de giro (5, 6, 7) accionada por un servomotor (10) de una herramienta de formación de paquetes para una prensa punzonadora, que comprende los pasos de:
 - a) determinación de una curva de aceleración rotacional de referencia de la estación de giro (5, 6, 7) en la fase de aceleración (A) del incremento de giro (D);
 - b) realización de un recorrido de aceleración de referencia de la estación de giro (5, 6, 7), en el que el servomotor (10) proporciona un par de accionamiento de referencia específico o el servomotor (10) es alimentado con una corriente de alimentación de referencia específica;
 - c) determinación de uno o varios de los siguientes parámetros de referencia del recorrido de aceleración de referencia:
 - c1) la aceleración rotacional de referencia de la estación de giro (5, 6, 7) o del servomotor (10) alcanzada en un rango de giro específico;
 - c2) la velocidad angular de referencia (ω_{ref}) de la estación de giro (5, 6, 7) o del servomotor (10) cuando se alcanza un ángulo de giro específico;
 - c3) el tiempo de giro de referencia (t_{ref}) transcurrido hasta alcanzar un ángulo de giro específico;
 - c4) el ángulo de giro de referencia una vez transcurrido un tiempo de giro determinado;
 - d) determinación de uno o varios de los siguientes parámetros teóricos a partir de la curva de aceleración rotacional teórica:
 - d1) la aceleración rotacional teórica, que debe registrarse en un rango de giro específico;
 - d2) la velocidad angular teórica ($\omega_{teórica}$), que se debería registrar al alcanzar un ángulo de giro específico;
 - d3) el tiempo de giro teórico ($t_{teórico}$), que debe haber transcurrido cuando se alcanza un ángulo de giro determinado;
 - d4) el ángulo de giro teórico que se debe registrar al alcanzar un tiempo de giro específico;
 - e) cálculo de un par de accionamiento de referencia y/o de una corriente de alimentación de referencia del servomotor, con el que resultan la aceleración rotacional de referencia, la velocidad angular de referencia ($\omega_{teórica}$), el tiempo de giro de referencia ($t_{teórico}$) y/o el ángulo de giro de referencia, a partir de la relación conocida por el recorrido de aceleración de referencia entre la aceleración rotacional de referencia, la velocidad angular de referencia (ω_{ref}), el tiempo de giro de referencia (t_{ref}) y/o el ángulo de giro de referencia y el par de accionamiento del servomotor (10) y/o la corriente de alimentación del servomotor (10); y, a continuación
 - f) aceleración de la estación de giro (5, 6, 7) con el servomotor (10) en funcionamiento normal de producción en la fase de aceleración (A) del incremento de giro (D) mientras que el servomotor (10) proporciona el par de accionamiento de referencia o el servomotor (10) es alimentado con la corriente de alimentación de referencia.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, especificándose una curva de aceleración rotacional de referencia, según la cual la estación de giro (5, 6, 7) se acelera de manera sustancialmente uniforme en la fase de aceleración (A) del incremento de giro (D).
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, realizándose el recorrido de aceleración de referencia proporcionándose el par de accionamiento nominal del servomotor (10) como par de accionamiento de referencia o suministrando al servomotor (10) la corriente de alimentación nominal como corriente de alimentación de referencia.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones determinándose el ángulo de giro de la estación de giro por incremento de giro (D) y realizándose el recorrido de aceleración de referencia a través de una determinada parte del ángulo de giro, en particular, a través de la mitad del ángulo de giro.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, determinándose el tiempo de giro disponible por incremento de giro (D) y realizándose el recorrido de aceleración de referencia a través de una determinada parte del tiempo de giro, en particular, a través de la mitad del tiempo de giro disponible.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, determinándose el tiempo de giro disponible por incremento de giro (D) y el ángulo de giro de la estación de giro por incremento de giro (D), y especificándose una curva de aceleración rotacional de referencia, según la cual el ángulo de giro medio se alcanza al transcurrir o después de transcurrir la mitad del tiempo de giro disponible.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, especificándose una curva de aceleración rotacional teórica, según la cual la fase de aceleración del incremento de giro (D) se completa al alcanzar o después de alcanzar la mitad del ángulo de giro.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 7, determinándose el tiempo de giro disponible por incremento de giro (D) de manera que el tiempo de giro teóricamente disponible por incremento de giro se reduzca en un lapso de tiempo (t_{idle}) previsto al final del movimiento de giro para la estabilización del sistema.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 8, determinándose el tiempo de giro disponible por incremento de giro (D) o el tiempo de giro teóricamente disponible por incremento de giro (D) en función del número teórico de carreras la prensa o en función del número actual de carreras de la prensa.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, determinándose la curva de aceleración rotacional teórica de la estación de giro a lo largo de todo el incremento de giro (D), especialmente de manera que la fase de desaceleración (B) comience directamente después de la fase de aceleración (A).

11. Procedimiento según la reivindicación 10, que comprende además los pasos de:

g) determinación de una deceleración rotacional teórica que debe registrarse en la fase de deceleración (B) de acuerdo con la curva de aceleración rotacional teórica;

h) cálculo de un par de frenado de referencia y/o de una corriente de alimentación de frenado de referencia del servomotor (10), con la que se obtiene la deceleración rotacional de referencia, a partir de la relación entre la aceleración rotacional de referencia, la velocidad angular de referencia (ω_{ref}), el tiempo de giro de referencia (t_{ref}) y/o el ángulo de giro de referencia y el par de accionamiento del servomotor (10) y/o la corriente de alimentación del servomotor (10) conocidos por el recorrido de aceleración de referencia; e

i) desaceleración de la rotación de la estación de giro (5, 6, 7) con el servomotor (10) en la fase de desaceleración (B) del incremento de giro (D) mientras el servomotor (10) suministra el par de frenado de referencia o mientras se suministra al servomotor (10) la corriente de alimentación de frenado de referencia.

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 11, determinándose, en particular antes de especificar la curva de aceleración rotacional deseada de la estación de giro (5, 6, 7), el par de frenado por pérdida de fricción de la estación de giro (5, 6, 7) y/o una corriente de alimentación correspondiente al par de frenado por pérdida de fricción y considerando en la especificación de la curva de aceleración rotacional teórica de la estación de giro (5, 6, 7) especialmente de manera que, como consecuencia del par de frenado por pérdida de fricción, se produzca durante la transición de la fase de aceleración (A) a la fase de deceleración (B) del incremento rotativo (D) una caída repentina de la velocidad angular.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 12, determinándose el par de frenado por pérdida de fricción de la estación de giro (5, 6, 7) y/o una corriente de alimentación correspondiente a la pérdida de fricción de antemano para calcular el par de frenado teórico y/o una corriente de alimentación de freno teórica del servomotor (10) y considerándolos en el cálculo del par de frenado teórico y/o de la corriente de alimentación de freno teórica del servomotor.

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 13, determinándose la curva de aceleración rotacional teórica de la estación de giro (5, 6, 7) de manera que la deceleración rotacional teórica en la fase de deceleración (B) del incremento de giro (D) sea numéricamente menor que la aceleración rotacional teórica en la fase de aceleración del incremento de giro (D).

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 14, determinándose el par de frenado por pérdida de fricción de la estación de giro (5, 6, 7) y/o la corriente de alimentación correspondiente al par de frenado por pérdida de fricción con un funcionamiento de prueba, en el que la estación de giro (5, 6, 7) se mueve con el servomotor (10) a una velocidad angular uniforme, moviéndola especialmente hacia delante y hacia atrás, en concreto en un ángulo de giro que corresponde a la mitad del ángulo de giro de la estación de giro (5, 6, 7) por incremento de giro (D).

16. Prensa punzonadora con una herramienta para la formación de paquetes con una estación de giro (5, 6, 7) accionada por un servomotor (10), presentando la prensa punzonadora un sistema de control para el accionamiento de la estación de giro (5, 6, 7) de acuerdo con el procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.

17. Prensa punzonadora según la reivindicación 16, integrándose el sistema de control para el accionamiento de la estación de giro (5, 6, 7) en el sistema de control de la prensa.

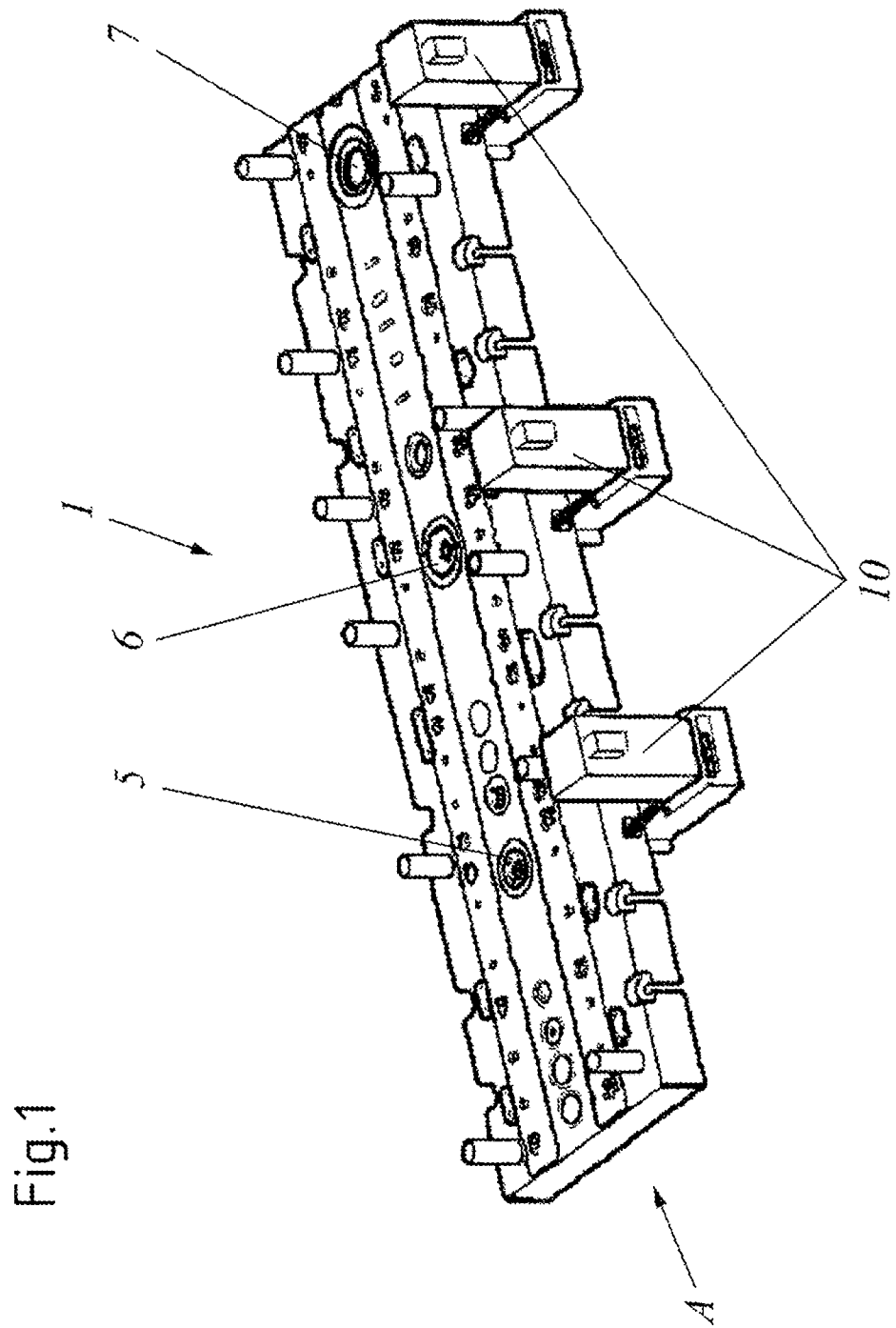


Fig.1

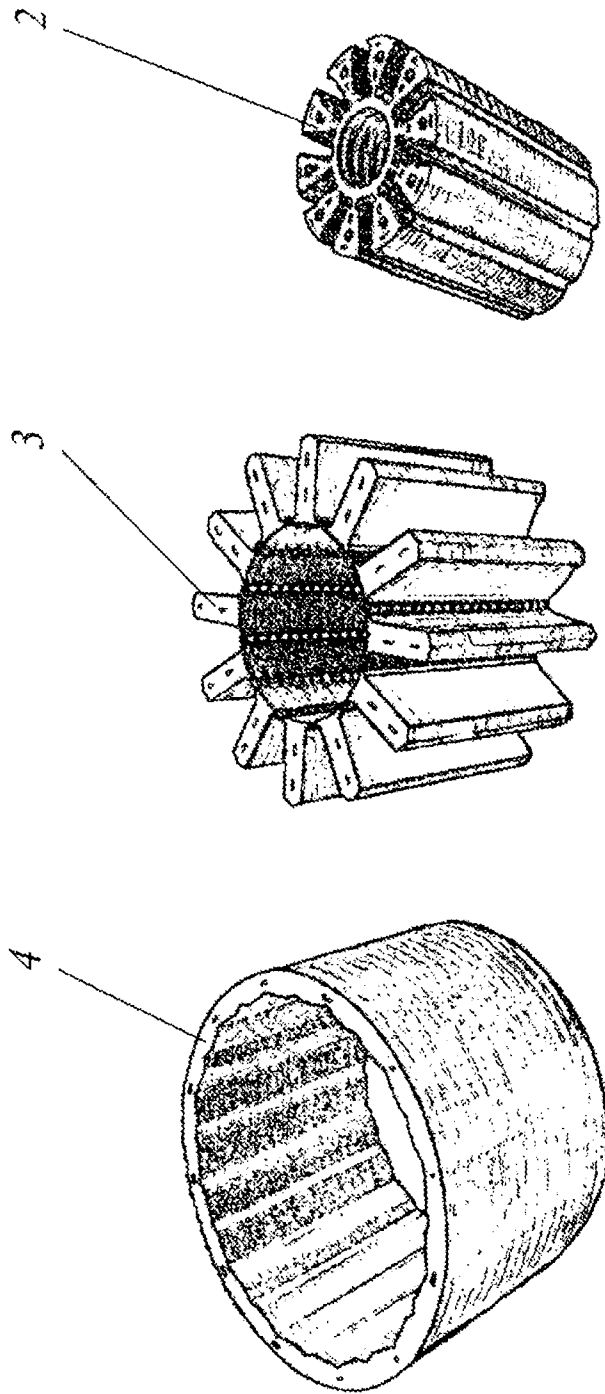


Fig.2

Fig.3

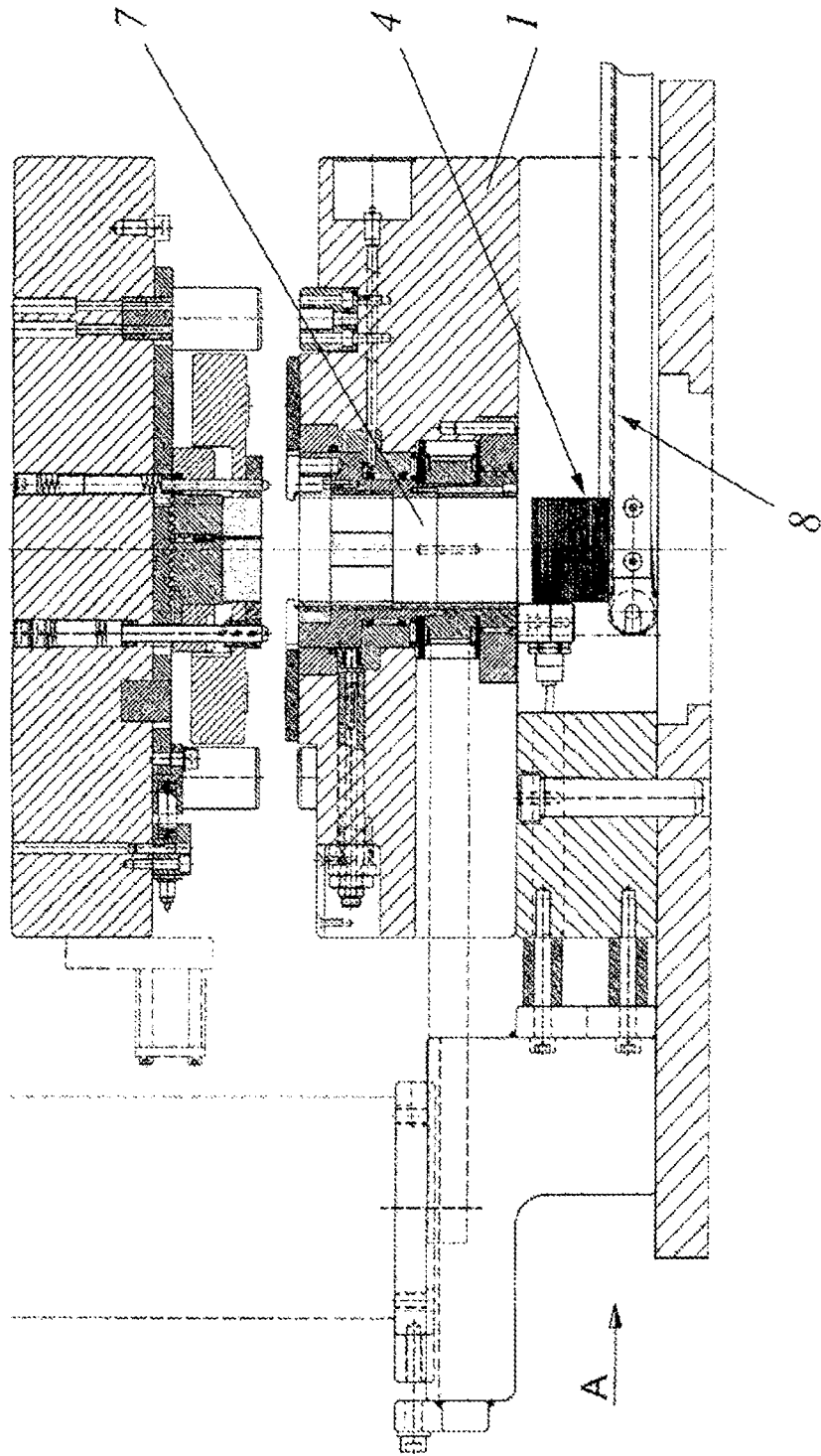


Fig.4

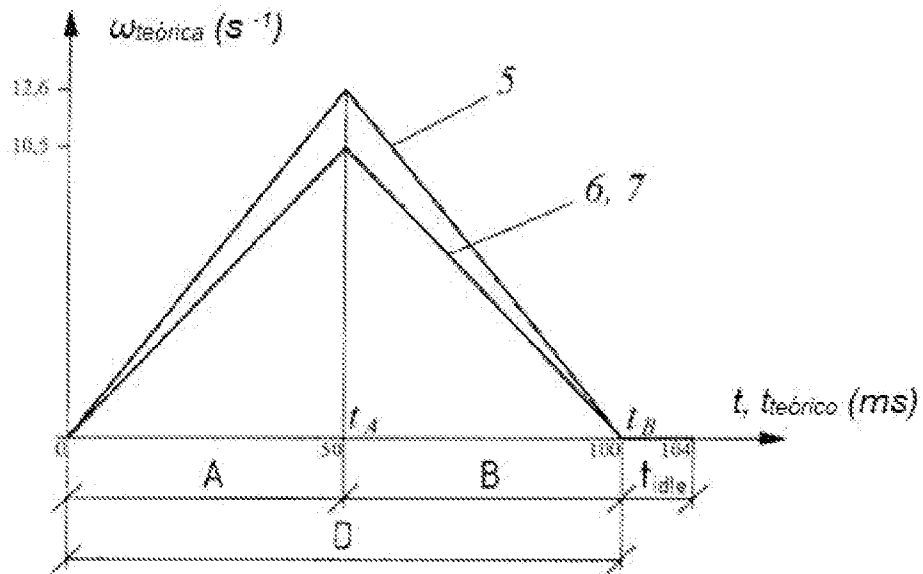


Fig.5

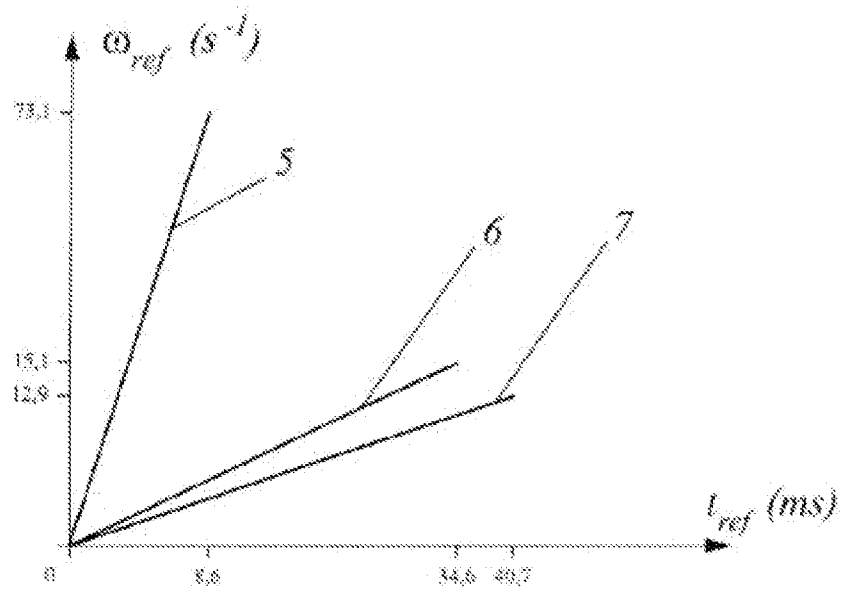


Fig.6

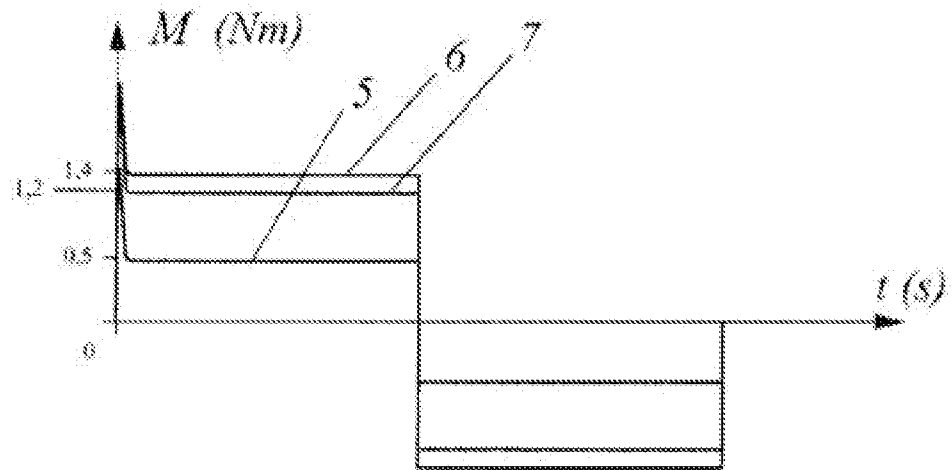


Fig.7

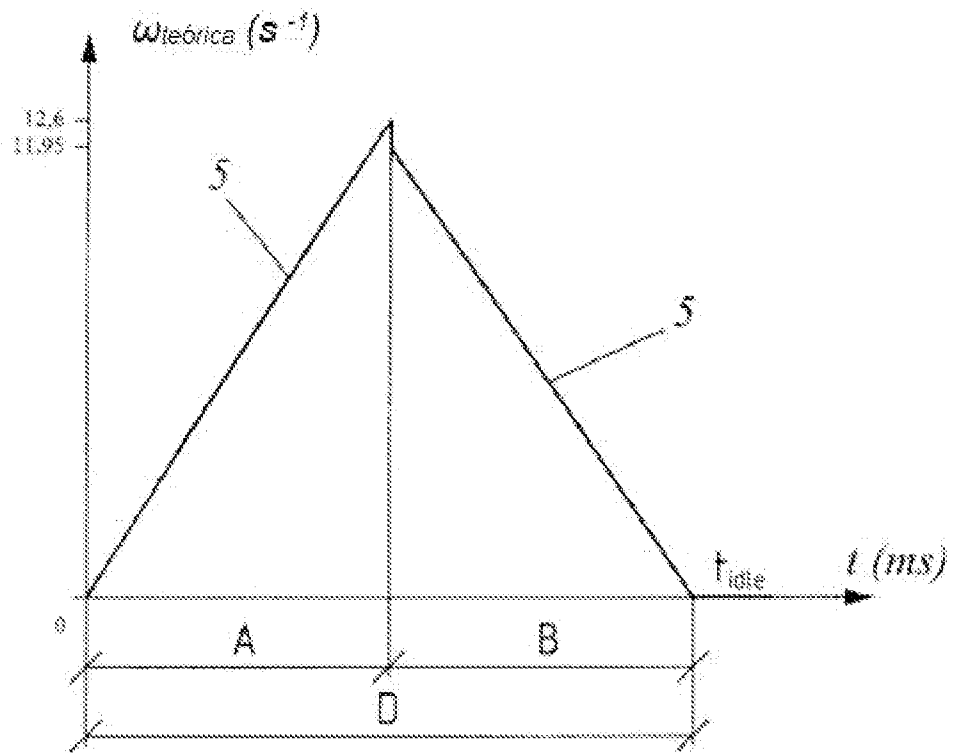


Fig.8

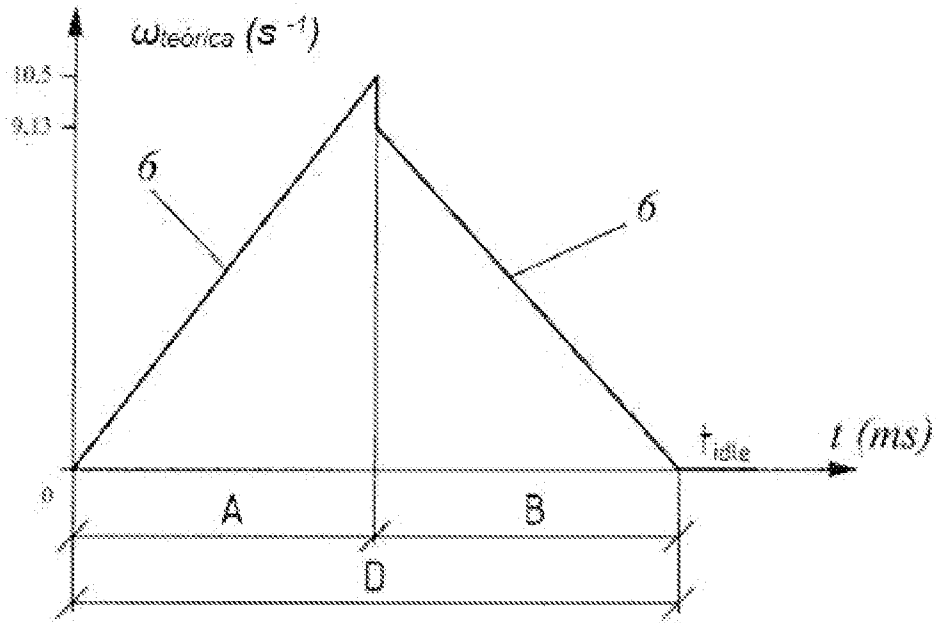


Fig.9

