



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 327 724**

51 Int. Cl.:
G05B 19/416 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03025520 .2**

96 Fecha de presentación : **07.11.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1447729**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.08.2004**

54 Título: **Método para la orientación de un husillo.**

30 Prioridad: **11.02.2003 DE 103 05 396**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.11.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.11.2009

73 Titular/es: **Dr. Johannes Heidenhain GmbH**
Postfach 12 60
83292 Traunreut, DE

72 Inventor/es: **Brakelmann, Michael y**
Fauser, Matthias

74 Agente: **Ungría López, Javier**

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

Método para la orientación de un husillo.

5 La invención se refiere a un procedimiento para la orientación del husillo de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. Un procedimiento de este tipo permite detener un husillo que gira rápidamente por ejemplo de una máquina herramienta en muy poco tiempo en una posición definida, por ejemplo para sustituir una herramienta en el husillo.

10 En las máquinas herramientas modernas, se emplean husillos, que trabajan con números de revoluciones cada vez más altos. Para el llamado corte a alta velocidad se utilizan cabezas de fresas, que son accionadas, por ejemplo, a 60000 rpm. De esta manera, se pueden elevar las velocidades de mecanización en comparación con husillos de herramientas más lentos y, por lo tanto, reducir los tiempos de mecanización. Con ello se incrementa claramente la productividad de una máquina herramienta.

15 Durante un proceso de mecanización es siempre de nuevo necesario frenar el husillo de su número de revoluciones alto y detenerlo en una posición angular o posición definida. Esto puede ser necesario, por ejemplo, en un cambio de herramienta, cuando una herramienta solamente se puede utilizar en una orientación determinada con relación al husillo.

20 En una máquina herramienta controlada por control numérico, se supervisa el movimiento del eje del husillo por un control numérico. Por medio de una estructura de regulador en cascada formada por regulador de la posición, regulador del número de revoluciones y regulador de la corriente o bien del par motor, se puede controlar muy exactamente el husillo al menos con números de revoluciones bajos, predeterminando para el regulador de la posición la posición angular deseada en cada caso como valor teórico de la posición. Pero para números de revoluciones muy altos, no se puede realizar ya una regulación de la posición por los motivos explicados más adelante. Por lo tanto, es habitual llevar los husillos que giran muy rápidamente por medio de una regulación del número de revoluciones al número de revoluciones deseado. A tal fin se desactiva el regulador de la posición y se conecta un valor teórico del número de revoluciones directamente al regulador del número de revoluciones.

30 Si la mecanización de una pieza de trabajo requiere la parada frecuente del husillo en una posición definida, entonces el tiempo necesario para ello es un factor importante para el rendimiento de una máquina herramienta de este tipo. Por lo tanto, ya se conocen procedimientos que permiten una orientación del husillo lo más rápida posible también a partir de números de revoluciones altos. Todos estos procedimientos tienen en común que en primer lugar, bajo el control de un regulador del número de revoluciones, se reduce el número de revoluciones alto hasta el punto de que se consigue un número de revoluciones que se puede dominar también a través de un regulador de la posición.

40 Así, por ejemplo, el documento EP 0.580.866 B1 describe un procedimiento de este tipo para la orientación del husillo. De acuerdo con este procedimiento, después de la generación de una instrucción de orientación del husillo, se reduce en primer lugar, bajo el control del regulador del número de revoluciones, el número de revoluciones a un número de revoluciones límite N1, predeterminando al regulador del número de revoluciones precisamente este número de revoluciones límite N1. Solamente cuando se ha alcanzado este número de revoluciones límite N1, se calculan parámetros, que permiten a continuación, bajo regulación de la posición, adoptar la posición de reposo deseada sobre una trayectoria optimizada en el tiempo.

50 El documento DE 195 38 491 A1 describe otro procedimiento para la orientación del husillo. De acuerdo con este procedimiento se reduce en primer lugar de la misma manera en el funcionamiento regulador en el número de revoluciones el número de revoluciones a un número de revoluciones de conexión n_{einsch} . Después de la consecución del número de revoluciones de conexión n_{einsch} , se conecta adicionalmente una regulación de la posición, con lo que el husillo se detiene exactamente en la posición teórica deseada. Además, se define un número de revoluciones límite n_{max} por encima del número de revoluciones de conexión. Con la consecución del número de revoluciones límite n_{max} se inicia una sincronización del husillo durante el funcionamiento regulado en el número de revoluciones. Para reducir al mínimo los tiempos muertos durante el proceso de posicionamiento, se calcula en el funcionamiento regulado en el número de revoluciones del husillo en cualquier momento un control previo del número de revoluciones, cuyos valores de partida no son, sin embargo, procesados. A continuación, se activa el control previo del número de revoluciones junto con la conexión adicional de la regulación de la posición, de manera que en el instante del proceso de conexión no se produce ningún error de arrastre y ningún proceso transitorio.

60 En los procedimientos de este tipo es un inconveniente que el husillo después de alcanzar el número de revoluciones límite, en el que debe realizarse la conmutación de la regulación del número de revoluciones a la regulación de la posición, debe moverse en primer lugar algún tiempo con el número de revoluciones límite, para realizar los cálculos necesarios para la conmutación a la regulación de la posición. Esto significa una pérdida de tiempo considerable para la orientación del husillo, puesto que en este tiempo no tiene lugar ningún frenado adicional del husillo. En los procedimientos conocidos es habitual, además, conmutar, cuando se alcanza el número de revoluciones límite desde el retardo máximo a un número de revoluciones constante. La desviación de tiempo de la aceleración, el tirón, se incrementa de esta manera mucho, de donde resulta una carga alta de la mecánica.

ES 2 327 724 T3

Por lo tanto, el cometido de la invención es indicar un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1. Los detalles ventajosos del procedimiento se deducen a partir de las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1.

Ahora se propone retrasar un husillo que gira rápidamente en una primera fase desde un número de revoluciones de arranque a un primer número de revoluciones límite, y en una segunda fase activar, bajo regulación de la posición, una posición de reposo definida. Ya durante esta primera fase se prepara una conmutación estable en la posición y/o en el número de revoluciones al regulador de posición. Si se consigue entonces el primer número de revoluciones límite, se conmuta de forma estable en la posición y/o en el número de revoluciones a la regulación de la posición, de manera que se mantiene un número de revoluciones que cae de forma estrechamente monótona. Después de la conmutación al regulador de posición se posiciona el husillo en la posición de reposo definida.

De manera especialmente ventajosa, se realiza el proceso de frenado en la primera fase, en el que se utiliza una corriente máxima y, por lo tanto, un par motor máximo para el frenado. Este par motor puede ser en este caso más alto que un par motor permitido en el funcionamiento normal del husillo, puesto que tales procesos de frenado solamente aparecen en ocasiones y durante corto espacio de tiempo, de manera que no hay que temer una sobrecarga del accionamiento del husillo. Por ejemplo, es posible predeterminedar para el frenado del husillo un número teórico de revoluciones de cero, y hacer limitar la corriente generada por un regulador de corriente (que es sobre la constante del motor proporcional al par motor a frenar) solamente a través de una unidad de supervisión, que supervisa la temperatura de la electrónica de accionamiento y/o del accionamiento del husillo. De esta manera se impide una sobrecarga del accionamiento del husillo y, sin embargo, se frena con corriente máxima. De este modo, la primera fase es lo más corta posible.

Para poder posibilitar ahora, cuando se alcanza el primer número de revoluciones límite, una conmutación estable en la posición y en el número de revoluciones, en general, sobre el regulador de posición, hay que comenzar ya antes de la consecución del primer número de revoluciones con los cálculos necesarios para la conmutación. Para que a tal fin permanezca durante la primera fase también tiempo suficiente, se verifica en primer lugar si el número de revoluciones de arranque está por encima de un segundo número de revoluciones límite, que se puede seleccionar más alto que el primer número de revoluciones límite. El periodo de tiempo desde la consecución del segundo número de revoluciones límite hasta la consecución del primer número de revoluciones límite debe ser suficientemente grande para posibilitar las preparaciones necesarias para la conmutación al regulador de posición. Por lo tanto, el procedimiento descrito solamente se aplica cuando el número de revoluciones arranque está por encima del segundo número de revoluciones límite.

Durante el cálculo de la previsión para el regulador de posición en la segunda fase se puede prever finalmente un movimiento de retorno. Con esta condición marginal y la posición del husillo en el instante de la conmutación así como la posición de reposo requerida se puede calcular una curva óptima de la trayectoria en el sentido del tiempo más corto posible para el husillo.

Otras ventajas así como detalles de la presente invención se deducen a partir de la siguiente descripción de un procedimiento preferido para la orientación del husillo con la ayuda de las figuras. En este caso:

La figura 1 muestra un dispositivo para controlar un husillo.

La figura 2 muestra un diagrama del número de revoluciones y el tiempo del husillo.

La figura 3 muestra un procedimiento para la orientación del husillo.

La figura 1 muestra un dispositivo para el control de un husillo 6.2. Un control numérico 1 emite opcionalmente valores teóricos de la posición x_{soll} a un regulador de la posición 2 o valores teóricos del número de revoluciones n_{soll} a un regulador del número de revoluciones 4. Por lo tanto, por medio de un conmutador 3 el control numérico 1 puede conmutar entre la regulación de la posición y la regulación del número de revoluciones. En ambos casos, el regulador del número de revoluciones 4 genera un par motor teórico m_{soll} y una corriente teórica i_{soll} (los dos valores teóricos son proporcionales entre sí sobre la constante del motor) para el regulador de corriente en la electrónica de accionamiento 5 siguiente. La corriente del motor ajustada por la electrónica de accionamiento 5 para el accionamiento del husillo 6.1 decide en último término sobre la aceleración del husillo 6.2. Un transmisor del número de revoluciones 7 y un transmisor de la posición 6 cierran los bucles de regulación, transmitiendo un valor real del número de revoluciones n_{ist} y un valor real de la posición x_{ist} al regulador del número de revoluciones 4 o bien al regulador de posición 2. Naturalmente, el valor real del número de revoluciones n_{ist} se puede obtener también a través de derivación a partir del valor real de la posición x_{ist} .

Para prevenir una sobrecarga de la electrónica de accionamiento 5 o bien del accionamiento del husillo 6.1, es habitual aplicar un parámetro en el control numérico 1, que limita la corriente adicional máxima. Adicionalmente se puede prever una unidad de supervisión 9, que supervisa la temperatura en la electrónica de accionamiento 5 y/o en el accionamiento del husillo 6.2 y en caso de temperaturas demasiado altas, provoca un movimiento de la corriente del motor y, por lo tanto, del par motor.

En el husillo 6.2 se trata con preferencia de un husillo 6.2 accionado directamente, pero el procedimiento descrito o bien el dispositivo descrito se puede aplicar también para husillos 6.2 accionados indirectamente.

ES 2 327 724 T3

Con la ayuda de las figuras 2 y 3 se describe ahora el procedimiento, que permite una orientación del husillo más rápida frente al estado de la técnica.

El punto de partida es un husillo, que gira con un número de revoluciones de arranque alto, que es mayor que un primer número de revoluciones límite Ng1. El número de revoluciones de arranque Ns es especialmente tan alto que no es posible ya una regulación de la posición, puesto que en virtud del ciclo de regulación de la posición no discrecionalmente corto del control numérico 1 por cada revolución del husillo no se pueden evaluar ya suficientemente valores de la posición del transmisor de la posición 8. De acuerdo con el teorema de exploración el requerimiento mínimo para una regulación de la posición es la evaluación de dos valores de la posición por cada revolución del husillo. Con un ciclo de regulación de la posición típico para un control numérico de 3 ms, resulta un número de revoluciones de 10000 rpm, que se puede dominar precisamente todavía con la regulación de la posición.

El primer número de revoluciones límite Ng1 debería seleccionarse, por lo tanto, más bajo que el número de revoluciones que puede ser dominado todavía por el regulador de la posición 2, puesto que de acuerdo con el procedimiento descrito, cuando se alcanza este primer número de revoluciones límite Ng1 se conmuta desde la regulación del número de revoluciones a la regulación de la posición.

En el procedimiento descrito, durante una primera fase P1, que está entre el instante del arranque Ts y el instante T1, en el que se alcanza el primer número de revoluciones límite Ng1, se retrasa o bien se frena con par motor máximo bajo regulación del número de revoluciones. No tiene ningún sentido aplicar el procedimiento descrito cuando el número de revoluciones de arranque Ns se encuentra solamente un poco por encima del primer número de revoluciones límite Ng1, puesto que todavía durante la primera fase P1 en una etapa A se prepara una conmutación estable en la posición y/o en el número de revoluciones. Esta preparación requiere un cierto tiempo, que no está disponible cuando el número de revoluciones de arranque Ns se encuentra apenas por encima del primer número de revoluciones límite Ng1. por lo tanto, de una manera preferida, en una etapa A solamente se pone en marcha el procedimiento cuando el número de revoluciones inicial Ns se encuentra también por encima de un segundo número de revoluciones límite Ng2. En otro caso, se emplean procedimientos convencionales para la orientación del husillo.

Puesto que de acuerdo con el procedimiento descrito en una etapa B en el instante T1, es decir, cuando el número de revoluciones del husillo alcanza el primer número de revoluciones límite Ng1, se conmuta de manera estable en la posición y/o en el número de revoluciones desde la regulación del número de revoluciones a la regulación de la posición y, por lo tanto, se inicia la segunda fase P2, deben realizarse ya antes del instante T1 ciertas preparaciones en el control numérico 1. Así, por ejemplo, para una conmutación estable en la posición en al menos dos instantes antes de la conmutación deben calcularse los valores reales de la posición x_ist, que posibilitan una extrapolación de la posición del husillo en el instante T1. Esta posición extrapolada del husillo se necesita durante la conmutación a la regulación de la posición como valor teórico de la posición x_soll.

De la misma manera, para una conmutación estable en el número de revoluciones es necesario el cálculo de al menos dos valores reales del número de revoluciones n_ist, que posibilitan una extrapolación del número de revoluciones en el instante T1. Este número de revoluciones se necesita bajo la regulación de la posición como valor de control previo para el regulador del número de revoluciones 84. Es necesario un gasto adicional cuando debe realizarse todavía una conmutación estable en la aceleración. No obstante, en la práctica, se ha mostrado que, en general, es tolerable un salto pequeño en la aceleración. El tirón grande desfavorable en el estado de la técnica cuando se alcanza el número de revoluciones límite Ng1 se evita ya porque el retardo se puede mantener durante la conmutación, aunque no necesariamente sin modificación repentina en absoluto.

Para realizar los cálculos mencionados, se requiere un cierto tiempo, de manera que un periodo de tiempo ΔT entre la consecución del segundo número de revoluciones límite Ng2 (en el instante T2) y la consecución del primer número de revoluciones límite Ng1 (en el instante t1) no debe exceder este tiempo. En la sección de Ng2 debería tenerse en cuenta, además, que la primera fase P1 debería ser al menos tan larga que se frene el husillo 6.2 con retardo máximo. Pero al comienzo de la primera fase P1, el retraso no es todavía máximo, como se puede leer en el gradiente reducido de la curva en la figura 2 poco después del instante de arranque Ts.

El segundo número de revoluciones límite debe seleccionarse, por lo tanto, para que la primera fase P1 permita tiempo suficiente para las preparaciones necesarias para la conmutación estable en la posición y/o en el número de revoluciones desde la regulación del número de revoluciones a la regulación de la posición en la etapa B. La primera fase P1 debería durar, además, el menor tiempo posible, para que el husillo 6.1 alcance el retraso máximo.

Gracias a los valores de transmisión calculados previamente es posible ahora, de acuerdo con el procedimiento descrito, mantener durante la conmutación en la etapa B un número de revoluciones de cae de forma estrictamente monótona. No es necesario, como en el estado de la técnica, accionar el husillo 6.2 durante un cierto periodo de tiempo antes de la conmutación a la regulación de la posición con un número de revoluciones constante y, por lo tanto, sin retardo, en su lugar se puede frenar continuamente. La supresión de una fase con número de revoluciones constante provoca una ganancia decisiva de tiempo. La carga de la mecánica implicada con el salto desde el retraso máximo hasta el número de revoluciones constante se puede evitar en la mayor medida posible, además, con un número de revoluciones que cae monótonamente o bien se puede evitar incluso totalmente con una conmutación estable en la aceleración.

ES 2 327 724 T3

Se consigue otra ganancia de tiempo a través del frenado con corriente máxima y, por lo tanto, con un par motor máximo durante la primera fase P1. Esta corriente máxima es generada en el caso más sencillo porque se predetermina para el regulador del número de revoluciones 4 a través del control numérico 1 un número de revoluciones teórico n_{soll} de cero (o en cualquier caso un valor muy pequeño claramente por debajo del primer número de revoluciones límite $Ng1$). Una corriente teórica i_{soll} generada por el regulador del número de revoluciones 4 será entonces tan grande que se frena el accionamiento del husillo en el límite de la corriente. Naturalmente, la corriente máxima se puede predeterminar también como valor teórico de la corriente i_{soll} directamente por el control numérico, cuando el control numérico 1 tiene un acceso correspondiente al regulador de corriente en la electrónica de accionamiento 5. No obstante, se recomienda en ambos casos el empleo de una unidad de supervisión 9, que supervisa las temperaturas en la electrónica de accionamiento 5 y/o en el accionamiento del husillo 6.1 y limita la corriente en caso de amenaza de recalentamiento.

Hasta ahora se ha descrito la primera fase P1 del procedimiento de acuerdo con la invención, incluyendo las características, que son necesarias en la etapa A, para conmutar en la etapa B desde la regulación del número de revoluciones a la regulación de la posición y, por lo tanto, la segunda fase P2.

Para segunda fase P2 (etapa C en la figura 3) se calcula ahora a través del control numérico 1 un perfil de movimiento, con cuya ayuda se pueden emitir los valores teóricos de posición x_{soll} para al regulador de posición 2. La condición marginal para este perfil de movimiento es en cualquier caso el punto de partida del movimiento, es decir, la posición del husillo al comienzo de la segunda fase P2 (instante $T1$) y en el caso de conmutación estable en el número de revoluciones en la etapa B también el número de revoluciones $Ng1$ en el instante $T1$ así como la posición de reposo definida en el instante final Te y el número de revoluciones final cero. Opcionalmente, se puede fijar como parámetro un tirón máximo, que limita hacia el final de la segunda fase P2 o también durante toda la segunda fase P2 el tirón máximo o bien la modificación máxima de la aceleración. Teniendo en cuenta todas las condiciones marginales se puede calcular un perfil de movimiento que pone fin a la segunda fase P2 en el tiempo más corto posible.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la orientación del husillo de un husillo (6.2) controlado numéricamente y que gira rápidamente, con el que se leva el husillo (6.2) desde un número de revoluciones de arranque (Ns) a una posición de reposo predeterminada, en el que el husillo (6.2) se frena en una primera fase (P1) a un primer número de revoluciones límite (Ng1), y en una segunda fase (P2) bajo regulación de la posición se activa la posición de reposo definida, en el que se selecciona un segundo número de revoluciones límite (Ng2) por encima del primer número de revoluciones límite (Ng1) de tal manera que entre la consecución del segundo número de revoluciones límite (Ng2) y la consecución del primer número de revoluciones límite (Ng1) transcurre un periodo de tiempo (ΔT), que permite una preparación del regulador de posición (2) para una conmutación estable en la posición y/o en el número de revoluciones desde una regulación del número de revoluciones a la regulación de la posición, en el que solamente se aplica el procedimiento para la orientación del husillo cuando el número de revoluciones de arranque (Ns) está por encima del segundo número de revoluciones límite (Ng2), **caracterizado** por las siguientes etapas:

- (A) inicio de un frenado en la primera fase (P1), durante la que se prepara la conmutación estable en la posición y/o en el número de revoluciones sobre un regulador de posición (2), en el que dentro del periodo de tiempo (ΔT) se calculan al menos dos valores reales de la posición (x_{ist}) y/o valores reales del número de revoluciones (n_{ist}), que permiten una extrapolación de la posición y/o del número de revoluciones del husillo (6.2) en un instante (T1) de la conmutación entre la regulación del número de revoluciones y la regulación de la posición,
- (B) conmutación estable en la posición y/o en el número de revoluciones sobre una regulación de la posición en el instante de la conmutación (T1) durante la transición desde la primera fase (P1) a la segunda fase (P2), de manera que durante la conmutación, el número de revoluciones (n) case de forma estrictamente monótona,
- (C) posicionamiento del husillo (6.2) por medio del regulador de posición (2) desde el instante de la conmutación (T1) hasta un instante (Te), en el que se alcanza la posición de reposo predeterminada, en la segunda fase (P2).

2. Procedimiento para la orientación de un husillo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque el frenado se realiza en la etapa (A) con una corriente máxima posible.

3. Procedimiento para la orientación de un husillo de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado** porque se predetermina la corriente máxima posible por una unidad de supervisión (9).

4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado** porque la unidad de supervisión (9) supervisa la temperatura del accionamiento del husillo (6.1) y/o de la electrónica de accionamiento (5) y en el caso de amenaza de recalentamiento, limita la corriente máxima.

5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el frenado se realiza en la etapa (A), siendo predeterminado para el regulador del número de revoluciones (4) un número de revoluciones teórico (n_{soll}) pequeño claramente por debajo del primer número de revoluciones límite (Ng1), con preferencia un número de revoluciones teórico (n_{soll}) de cero y porque el accionamiento del husillo es frenado en el límite de la corriente.

6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque en la segunda fase (P2) se predeterminan para el regulador de posición (2) valores teóricos de la posición (x_{soll}), de tal manera que se realiza un arranque limitado en la sacudida de la posición de reposo predeterminada.

7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado** porque se predetermina un tirón máximo para el arranque limitado en la sacudida de la posición de reposo predeterminada.

8. Control numérico para una máquina herramienta, instalado para un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

FIG. 1

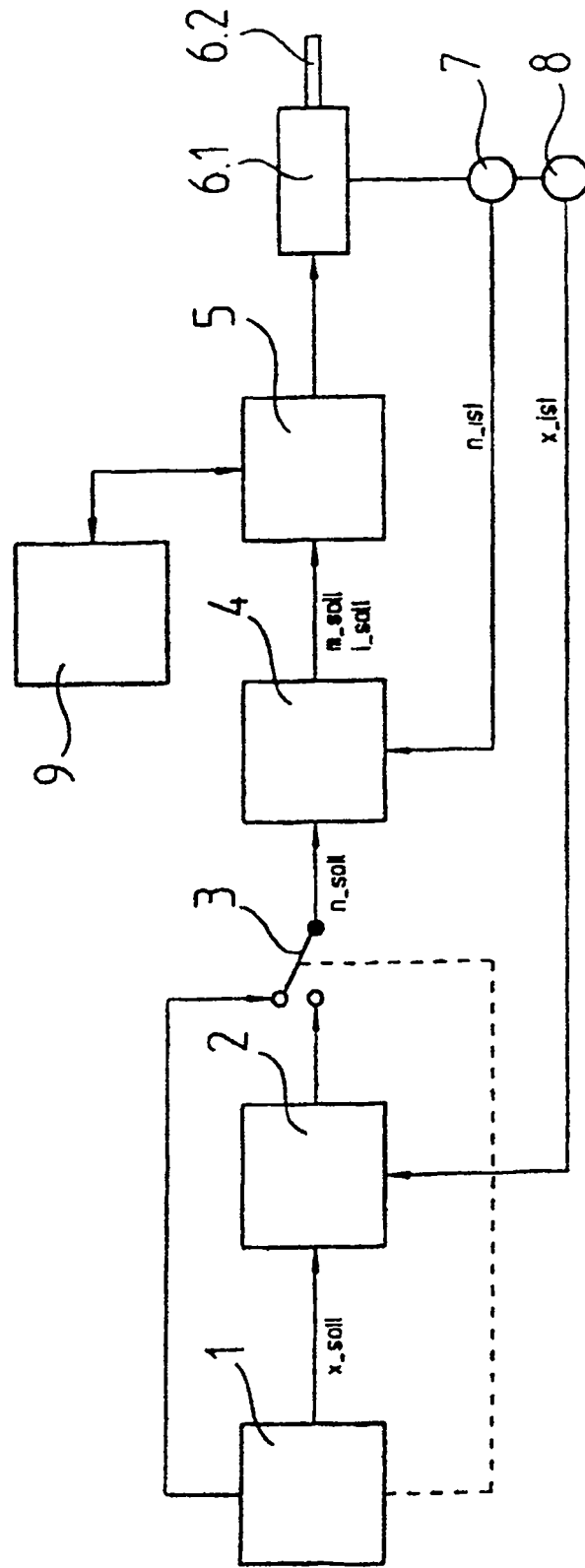


FIG. 2

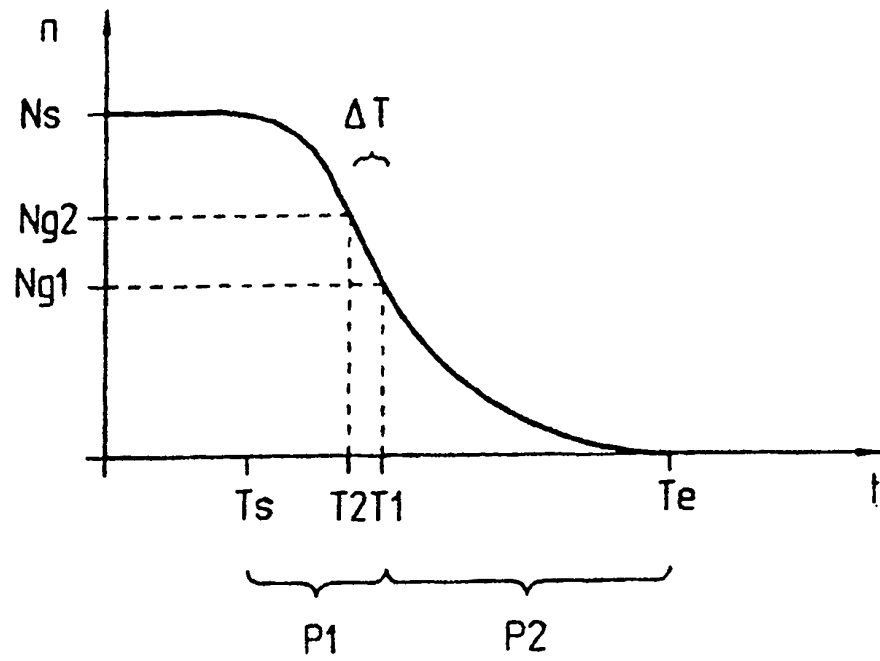


FIG. 3

