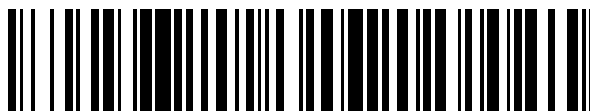


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 122**

51 Int. Cl.:

G01B 21/04 (2006.01)

G05B 19/401 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2015** E 15380021 (4)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2018** EP 3101384

54 Título: **Método de calibración de los ejes de accionamiento de una máquina herramienta**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.04.2018

73 Titular/es:

**IDEKO, S.COOP. (100.0%)
Poligono Industrial de Arriaga, 2
20870 Elgoibar, Guipuzcoa, ES**

72 Inventor/es:

**PÉREZ DE NANCLARES FERNÁNDEZ, AITOR;
AGUIRRE REJADO, GORKA y
URRETA PRIETO, HARKAITZ**

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 663 122 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

Método de calibración de los ejes de accionamiento de una máquina herramienta

5 Sector de la técnica

La presente invención está relacionada con la calibración de los ejes de accionamiento de máquina herramienta, proponiendo un método que permite realizar la calibración de una manera rápida y sencilla empleando la información aportada por las reglas de captación asociadas a los propios ejes de accionamiento de la máquina herramienta, así como la información aportada por un medidor que se dispone en el cabezal de la máquina herramienta y que está configurado para referenciar el centro de unas esferas de precisión que se disponen en la zona de trabajo de la máquina.

15 Estado de la técnica

La calibración de las máquinas herramienta es un proceso necesario para la optimización de los procesos productivos en las industrias. En la actualidad, se conocen diferentes sistemas de medición para la calibración de los ejes de accionamiento de máquina herramienta que se basan en el empleo de esferas de precisión. En estos sistemas, en el cabezal de la máquina herramienta se dispone un medidor, mientras que en la zona de trabajo de la máquina se dispone un conjunto de esferas de precisión. Con esta disposición, el cabezal de la máquina va recorriendo las esferas mientras que el medidor va referenciando el centro de cada una de dichas esferas, para con esta información, poder calibrar los ejes de accionamiento de la máquina herramienta.

Dentro de este tipo de sistemas de medición, las sondas de contacto, comúnmente conocidas como palpadores, son los medidores más ampliamente utilizados en la industria. El palpador se dispone en el cabezal de la máquina y mediante una serie de movimientos manuales, o programados, se aproxima el palpador hasta hacer contacto con la esfera de precisión. El contacto entre el palpador y la esfera provoca que el palpador salga de su posición de equilibrio, momento en el cual el palpador envía una señal al control de la máquina herramienta, registrándose las coordenadas del punto de contacto entre el palpador y la esfera de acuerdo con la posición en la que se encuentra el cabezal dentro de la zona de trabajo de la máquina. La posición del cabezal se puede obtener de un sistema de medición que incorpore la máquina herramienta, como por ejemplo las reglas de captación de la máquina.

Con este tipo de medición se adquieren las coordenadas (x, y, z) del punto de contacto en la superficie de la esfera, no obstante, para establecer una correcta calibración de los ejes de accionamiento de la máquina, no es suficiente con referenciar un punto de la superficie de la esfera, sino que es necesario referenciar su centro, para lo cual se requieren medir al menos tres puntos de la superficie de la esfera, y generalmente más de tres. Posteriormente, esa información de los diferentes puntos de la superficie de la esfera debe ser procesada para obtener las coordenadas del centro de la esfera. Todo este proceso de referencia hace que la calibración de los ejes de accionamiento de la máquina se haga lenta y tediosa.

Por otro lado, son conocidos los medidores de alta precisión basados en tres sensores de desplazamiento ortogonales que se disponen en el cabezal de la máquina herramienta. En la calibración que emplea este tipo de medidores de alta precisión, el control de la máquina herramienta envía un orden para desplazar el cabezal que porta el medidor hacia las coordenadas nominales en la que se estima que se encuentre la esfera de precisión, de manera que cuando se alcanzan dichas coordenadas nominales, el medidor registra la distancia real entre la esfera de precisión y cada uno de los tres sensores de desplazamiento. Posteriormente, mediante un modelo matemático se convierten las distancias medidas por los sensores de desplazamiento en una diferencia entre las coordenadas nominales a la que se estimaba que estuviera la esfera y sus coordenadas reales, en direcciones de ejes de accionamiento de la máquina, de manera que con dicha diferencia se puede realizar la calibración de los ejes de accionamiento de la máquina.

Este tipo de medidores, debido a su gran precisión de posicionamiento, son capaces de realizar un referenciado del centro de una esfera de precisión de una manera rápida y precisa, sin requerir una comunicación entre el medidor y el control de la máquina herramienta, ya que el valor de la medición del centro de la esfera de precisión se obtiene de los tres sensores de desplazamiento del medidor, sin embargo, el alto coste de este tipo de medidores de gran precisión es un factor limitante para su aplicación industrial. El artículo de Trapet E. et al, "Self-centering probes with parallel kinematics to verify machine-tools" está relacionado con una sonda de autocentrado para verificar la actuación de máquinas herramienta que emplean artefactos de bola.

Se hace por tanto necesario un sistema alternativo para la calibración de los ejes de accionamiento de la máquina herramienta que permita realizar la calibración de una manera rápida, sencilla y empleando instrumental de bajo coste.

65 Objeto de la invención

La presente invención propone un método de calibración según la reivindicación 1. Con este método de calibración,

no se hace necesario emplear medidores de alta precisión como en las soluciones del estado de la técnica, sino que se pueden emplear medidores basados en tres sensores ortogonales de bajo coste con una menor precisión, pero una buena repetibilidad, como por ejemplo sondas de final de carrera, ya que el método propuesto emplea el sistema de medición de la máquina herramienta para determinar la ubicación espacial del medidor en la zona de trabajo de la máquina. De esta manera, mientras que el método del estado de la técnica requiere que el sistema de medición sea preciso y repetitivo en la medición de la distancia a la esfera de precisión, el método propuesto por la invención solo requiere que la medición sea repetitiva.

De acuerdo con todo ello se obtiene un método de calibración de gran precisión de los ejes de accionamiento de una máquina herramienta, el cual no requiere emplear un medidor de gran precisión, y puede ser llevado a cabo empleando medidores de bajo coste, puesto que la precisión en el posicionamiento de los ejes se consigue empleando el sistema de medición que incorpora la máquina herramienta.

Descripción de las figuras

La figura 1 muestra una vista esquemática de una máquina herramienta de tipo fresadora mediante la cual se lleva a cabo el método de calibración de la invención.

Las figuras 2 y 3 muestran un diagrama de la función de respuesta de uno de los sensores de desplazamiento lineales del medidor con el que se determina el centro de una esfera de precisión.

Descripción detallada de la invención

En la figura 1 se muestra un ejemplo de realización de una máquina herramienta de tipo fresadora cuyos ejes de accionamiento pueden ser calibrados mediante el método de la presente invención. La máquina herramienta comprende una mesa de trabajo (1), un bastidor (2) sobre el que se dispone una columna (3) y la mesa de trabajo (1), un carnero (4) que va montado en la columna (3), y un cabezal (5) que va montado en el carnero (4) y que en su extremo incorpora un medidor (6) configurado para detectar el centro de unas esferas de precisión (7) que se disponen sobre la mesa de trabajo (1). Para poder llevar a cabo una calibración precisa, las esferas de precisión (7) empleadas deben ser de alta dureza y disponer una superficie esférica pulida con baja rugosidad y bajo error de redondez.

La máquina herramienta está provista de al menos de tres ejes de accionamiento lineales representados por los ejes "x, y, z". Mediante estos ejes de accionamiento se desplaza horizontalmente la columna (3) sobre el bastidor (2) en el eje "x", y se desplaza verticalmente el carnero (4) respecto de la columna (3) en el eje "y", y horizontalmente en el eje "z". Sin carácter limitativo los ejes de accionamiento pueden ser husillos a bolas, engranajes piñón-cremallera, motores lineales, u otros sistemas de accionamiento similares comúnmente empleados en el sector de la máquina herramienta.

Los ejes de accionamiento de la máquina herramienta se controlan mediante el sistema de medición de la propia máquina, el cual, como se muestra en la figura 1, está compuesto por unas reglas de captación (8), una para cada eje de accionamiento de la máquina, de manera que mediante dichas reglas de captación (8) se controla el desplazamiento relativo de la columna (3) y el carnero (4) respecto de la mesa de trabajo (1), pudiéndose determinar por tanto en todo momento la ubicación espacial del cabezal (5) en la zona de trabajo de la máquina por medio de las lecturas de posición aportadas por dichas reglas de captación (8) (en la vista mostrada en la figura 1 sólo se representan las reglas de captación (8) asociadas a los ejes "z" e "y").

El medidor (6) que va dispuesto en el cabezal (5) consiste en tres sensores de desplazamiento lineales (6.1) con una disposición ortogonal entre sí y que son empleados para determinar el centro de una esfera de precisión (7). Los sensores de desplazamiento lineales (6.1) son unos sensores de bajo coste, como por ejemplo unas sondas de final de carrera, las cuales dan una señal de tensión de salida que es función de la distancia a la que se encuentran de la esfera de precisión (7). En la figura 2 se observa la función de respuesta de uno de los sensores de desplazamiento lineales (6.1) del medidor (6), en donde en el eje de ordenadas de la función representa los valores de tensión de salida, y en el eje de abscisas se representan los valores de distancia. Los tres sensores de desplazamiento lineales (6.1) del medidor (6) se configuran de acuerdo con una distancia de referencia (setpoint) que se corresponde con una tensión de salida de referencia (Vout). Así, cuando los tres sensores de desplazamiento lineales (6.1) proporcionan la misma tensión de salida de referencia (Vout), esto quiere decir que el medidor (6) ha determinado el centro de la esfera de precisión (7), encontrándose los tres sensores de desplazamiento lineales (6.1) a la misma distancia del centro de la esfera de precisión (7).

La máquina herramienta dispone de una unidad de control (9), que se ha previsto que sea control numérico CNC de la máquina, así como un controlador (10) del medidor (6) provisto de una tarjeta de adquisición de datos. El controlador (10) está configurado para recibir los valores de tensión de los sensores de desplazamiento lineales (6.1) del medidor (6), mientras que la unidad de control (9) es la encargada de comandar los ejes de accionamiento de la máquina y recibir las lecturas de posición de las reglas de captación (8). Como se observa en la figura 1, el controlador (10) está comunicado con la unidad de control (9) de máquina, para recibir la información de la lectura

de los sensores de desplazamiento lineales (6.1), no obstante, el controlador (10) podría estar directamente integrado en la unidad de control, siendo por tanto el control numérico CNC de la máquina el que procesase toda la información

5 En la figura 1 se ha representado el medidor (6) dispuesto en el cabezal (5) de la máquina herramienta, y las esferas de precisión (7) dispuestas sobre la mesa de trabajo (1), si bien pudiese emplearse una disposición contraria, en donde el cabezal (5) incorporase una esfera de precisión (7) y sobre la mesa de trabajo (1) se dispusieran uno o varios medidores (6), cada uno provisto de tres sensores de desplazamiento lineales (6.1).

10 Con esta disposición de máquina, la invención permite determinar errores en el posicionamiento de los ejes de accionamiento de la máquina a partir de la información de posición dada por las reglas de captación (8) y del medidor (6) que va montado en el cabezal (5) de la máquina. El método de calibración de la invención comprende las siguientes etapas:

15 Etapa A:

Sobre el cabezal (5) de la máquina se dispone el medidor (6) que está provisto de los tres sensores de desplazamiento lineales (6.1). Los tres sensores de desplazamiento lineales (6.1) tienen una disposición ortogonal entre sí para poder determinar el centro de la esfera de precisión (7).

20 Etapa B:

Sobre la mesa de trabajo (1) se dispone al menos una esfera de precisión (7) cuyo centro se requiere determinar para detectar el error de posicionamiento de los ejes de accionamiento de la máquina.

25 Etapa C:

30 En la unidad de control (9) de la máquina se introduce la posición estimada de los ejes de accionamiento de la máquina de acuerdo a una posición de referencia estimada en la que se espera que se encuentre el centro de la esfera de precisión (7) que se dispone sobre la mesa de trabajo (1); es decir, en el control numérico CNC de la máquina se codifica la posición espacial en la que se estima que se encuentra el centro de la esfera de precisión (7) según coordenadas (x,y,z) de los ejes de accionamiento de máquina.

35 Etapa D:

La unidad de control (9) envía una orden a los ejes de accionamiento de la máquina para desplazar el cabezal (5) que porta el medidor (6) hasta la posición de referencia estimada, determinada en la etapa C, en la que se ha estimado que se encuentra el centro de la esfera de precisión (7).

40 Etapa E:

45 Cuando el cabezal (5) alcanza la posición de referencia estimada en la que se espera que se encuentre el centro de la esfera de precisión (7), los tres sensores de desplazamiento lineales (6.1) del medidor (6) quedan dispuestos sobre la esfera de precisión (7). En ese momento, se comienza a ejecutar de forma iterativa un algoritmo por el cual se comandan los ejes de accionamiento de la máquina hasta que los tres sensores de desplazamiento lineales (6.1) del medidor (6) referencien adecuadamente el centro de la esfera de precisión (7).

50 Así, una vez que los sensores de desplazamiento lineales (6.1) del medidor (6) están posicionados sobre la esfera de precisión (7), según se indica en la etapa D, cada uno de los sensores de desplazamiento lineales (6.1) envía una señal de tensión a la tarjeta de adquisición de datos del controlador (10), correspondiéndose dicha señal de tensión con un valor de distancia del sensor de desplazamiento lineal (6.1) al centro de la esfera, tal y como se observa en la función de respuesta de los sensores (6.1) de la figura 2.

55 El medidor (6) ha sido previamente calibrado para detectar el centro de una esfera de precisión (7) cuando se cumple la condición de que los tres sensores de desplazamiento lineales (6.1) del medidor (6) proporcionan una misma tensión de salida de referencia (vout) que se corresponde con una distancia de referencia (setpoint), es decir, el medidor (6) ha sido previamente calibrado para determinar el centro de la esfera de precisión (7) cuando los tres sensores de desplazamiento lineales (6.1) se encuentran a la misma distancia del centro de la esfera de precisión (7).

60 Cuando esta condición no se cumple, se actúa sobre los ejes de accionamiento de la máquina para ir desplazando el cabezal (5) hasta que se cumpla la condición. Concretamente, como se observa en la figura 3, cuando los sensores de desplazamiento lineales (6.1) detectan una diferencia de distancia (Δx) respecto a la distancia de referencia (setpoint), envían al controlador (10) una tensión de salida diferente a la tensión de salida de referencia (Vout), esa diferencia de tensión de salida (ΔV) es procesada por el controlador (10) y transformada en un desplazamiento en coordenadas (x,y,z) de los ejes de accionamiento de máquina. De acuerdo con ello, se comanda

los ejes de accionamiento de la máquina para desplazar el cabezal (5) y reducir esa diferencia en la tensión de salida (ΔV).

5 Este proceso se realiza de forma iterativa realizando pequeños desplazamientos del cabezal (5) por medio de los ejes de accionamiento de la máquina, hasta que los tres sensores de desplazamiento lineales (6.1) envían al controlador (10) la tensión de salida de referencia (V_{out}) que se corresponde con la distancia de referencia (setpoint).

10 Etapa F:

Cuando los tres sensores de desplazamiento lineales (6.1) del medidor (6) han referenciado el centro de la esfera de precisión (7) se registra la posición real de los ejes de accionamiento de la máquina de acuerdo a la lectura tomada por las reglas de captación (8).

15 Etapa G:

Por último, se compara la posición real de los ejes de accionamiento de la máquina tomada por las reglas de captación (8) en la etapa F con la posición estimada de los ejes de accionamiento establecidos en la etapa C, para calcular en función de dicha diferencia el error de posicionamiento de los ejes de accionamiento.

20 El método de calibración es aplicable a máquinas herramientas de tres, cuatro o cinco ejes de accionamiento, es decir, los tres ejes de accionamiento lineales representados por los ejes "x, y, z", y dos ejes de accionamiento angulares de la mesa de trabajo (1).

25 El método permite la calibración volumétrica de máquinas de tres ejes de accionamiento lineales. Para ello se hace uso de un patrón de esferas de precisión (7) calibrado. El patrón contiene un número de esferas de precisión (7) alineadas entre sí, y la distancia entre ellas es conocida ya que se ha calibrado previamente. El patrón de las esferas de precisión (7) se coloca sobre la mesa de trabajo (1) en diferentes orientaciones cubriendo la zona de trabajo que se requiere calibrar.

30 Para cada orientación, se miden las coordenadas de los centros de todas las esferas de precisión (7) empleando el método descrito en las etapas A a G. Para acelerar la medición, se miden las dos esferas de precisión (7) de los extremos del patrón colocando el cabezal (5) de la máquina con movimientos controlados en modo manual y acercando el medidor (6) a la esfera de precisión (7) correspondiente hasta introducir en rango los tres sensores de desplazamiento lineales (6.1).

35 Una vez conocidas las coordenadas de las dos esferas de precisión (7) de los extremos, y al estar las esferas de precisión (7) del patrón alineadas entre sí, se determina la posición de referencia estimada del resto de las esferas de precisión (7) del patrón, como se describe en la etapa C. Así, secuencialmente se va desplazando el cabezal (5) de la máquina hasta posicionar el medidor (6) sobre cada una de las esferas de precisión (7) del patrón, y para cada una de dichas esferas se repiten las etapas D a G del método. De esta manera, se obtienen las coordenadas reales del centro de cada esfera de precisión (7) del patrón, y con toda esa información se pueden extraer los errores paramétricos de los ejes de accionamiento lineales de la máquina (posicionamiento, rectitud, angulares, perpendicularidades).

40 El método de la invención también permite realizar la calibración completa de máquinas que incluyan al menos un eje de accionamiento giratorio de la mesa de trabajo (1), o del cabezal (5). Para ello, tras haber realizado la calibración de los tres ejes de accionamiento lineales y haber compensado sus errores, se procede a calibrar los ejes de accionamiento giratorio de la mesa de trabajo, o del cabezal (5), siguiendo el mismo método, basado en referenciado del centro de la esfera de precisión (7), que el descrito en las etapas A a G para los ejes de accionamiento lineales. En este caso, se realizan las mediciones respecto a una única esfera de precisión (7), y se realiza la medición de su error de posición para una serie de posiciones de los ejes de accionamiento giratorios, de manera que se desplazan los ejes de accionamiento lineales para que la posición relativa entre la esfera de precisión (7) y el medidor (6) no varíe. En cada posición de los ejes de accionamiento giratorios se mide el error respecto a la posición de referencia estimada del centro de la esfera de precisión (7), y de esta información se extraerán los errores paramétricos de los ejes de accionamiento giratorios de la máquina (posicionamiento, rectitud, angulares, perpendicularidades).

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Método de calibración de los ejes de una máquina herramienta, empleado para determinar errores de posicionamiento de los ejes de accionamiento de la máquina, que comprende una mesa de trabajo (1), un cabezal (5) y unas reglas de captación (8) configuradas para determinar la posición de los ejes de accionamiento, comprendiendo el método las etapas de:
- 10 A. disponer en el cabezal (5) un medidor (6) provisto de tres sensores de desplazamiento lineales (6.1) que presentan una disposición ortogonal entre sí,
- B. disponer en la mesa de trabajo (1) al menos una esfera de precisión (7),
- 15 C. establecer una posición de referencia estimada del centro de la esfera de precisión (7) de acuerdo a una posición estimada de los ejes de accionamiento de la máquina,
- D. desplazar el cabezal (5) hasta posicionar el medidor (6) sobre la esfera de precisión (7) de acuerdo a la posición de referencia estimada establecida en la etapa C, caracterizándose el método porque adicionalmente comprende las etapas de:
- 20 E. comandar de forma iterativa los ejes de accionamiento de la máquina en base a la información aportada por los tres sensores de desplazamiento lineales (6.1) del medidor (6) hasta que se encuentren a la misma distancia del centro de la esfera de precisión (7),
- 25 F. registrar mediante las reglas de captación (8) la posición real de los ejes de accionamiento de la máquina,
- G. comparar la posición real de los ejes de accionamiento registrados en la etapa F con la posición estimada de los ejes de accionamiento establecidos en la etapa C, para determinar en función de dicha diferencia el error de posicionamiento de los ejes de accionamiento.
- 30 2.- Método de calibración de los ejes de una máquina herramienta, según la primera reivindicación, caracterizado porque el método se emplea para la calibración volumétrica de máquinas de tres ejes de accionamiento lineales, en donde en la etapa B se disponen sobre la mesa de trabajo (1) un patrón de esfera de precisión (7) alineadas entre sí, y para cada una de las esferas de precisión (7) del patrón se repiten las etapas C a G del método.
- 35 3.- Método de calibración de los ejes de una máquina herramienta, según la primera reivindicación, caracterizado porque adicionalmente se el método se emplea para la calibración de al menos un eje de accionamiento giratorio de la mesa de trabajo (1), o del cabezal (5).

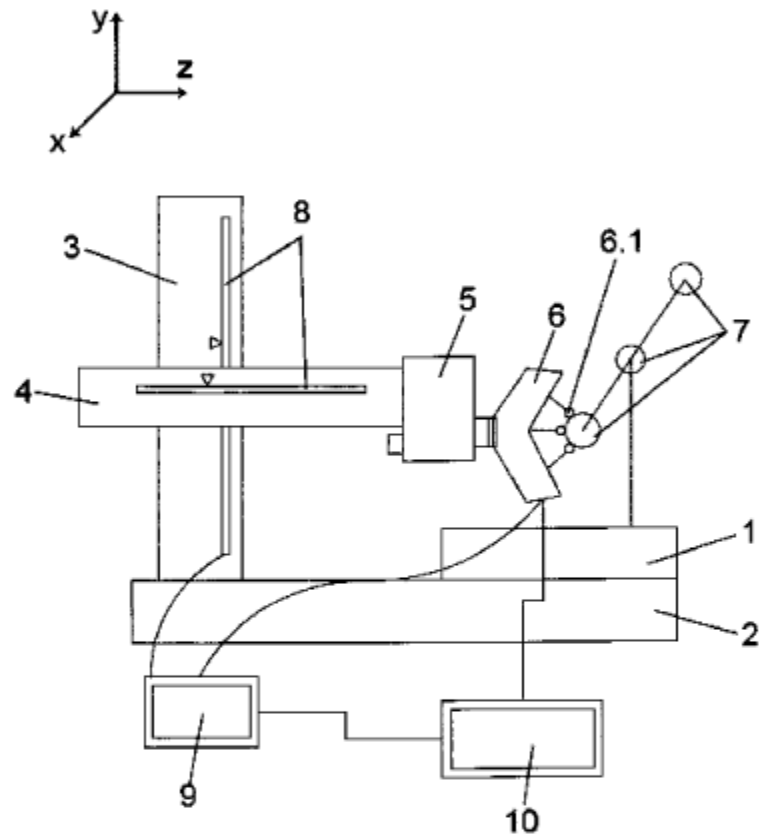


Fig. 1

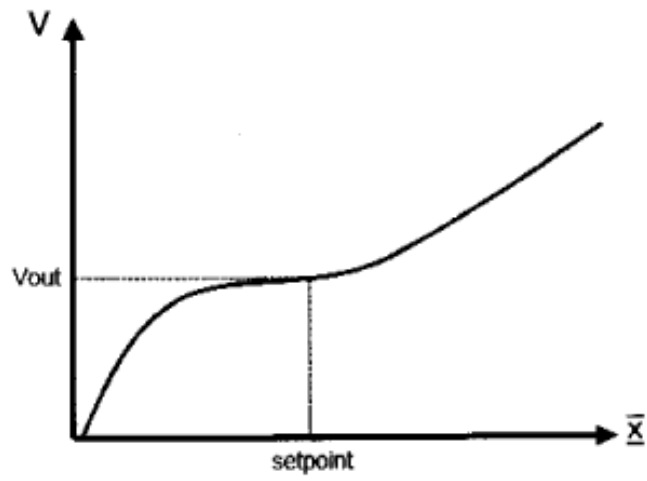


Fig. 2

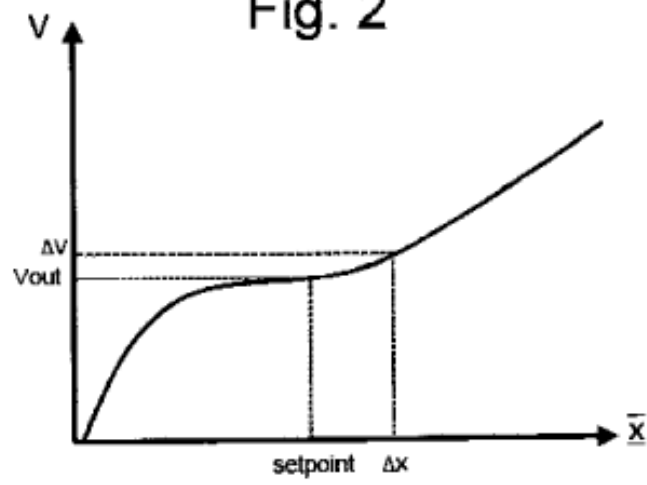


Fig. 3