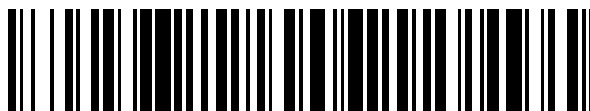


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 749 856**

51 Int. Cl.:

B23Q 17/12 (2006.01)
B23B 1/00 (2006.01)
B23Q 5/50 (2006.01)
B23Q 15/013 (2006.01)
G05B 19/4093 (2006.01)
G05B 19/404 (2006.01)
G05B 19/402 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.11.2014** **PCT/JP2014/081271**
 87 Fecha y número de publicación internacional: **02.06.2016** **WO16084171**
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2014** **E 14906737 (3)**
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019** **EP 3225355**

54 Título: **Aparato de control numérico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.03.2020

73 Titular/es:

mitsubishi electric corporation (33.3%)
7-3, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo
100-8310
Tokyo 100-8310 , JP;
CITIZEN WATCH CO., LTD. (33.3%) y
CITIZEN MACHINERY CO., LTD. (33.3%)

72 Inventor/es:

WATANABE, MITSUO;
SAGASAKI, MASAKAZU;
MATSUMOTO, HITOSHI;
SHINOHARA, TAKANORI;
SANNOMIYA, KAZUHIKO y
HIRATA, YUKI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 749 856 T3

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

DESCRIPCIÓN

Aparato de control numérico

Campo

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de control numérico para controlar el movimiento relativo entre una pieza de trabajo y una herramienta para mecanizar la pieza de trabajo.

Antecedentes

10 Convencionalmente, en relación con el torneado, se propone un dispositivo de control numérico que incluye un mecanismo de alimentación de herramienta de corte para hacer que una herramienta de corte realice una operación de alimentación con respecto a una pieza de trabajo, y un mecanismo de control para controlar un motor de accionamiento de alimentación de la herramienta de corte mientras aplica una vibración de baja frecuencia a la herramienta de corte (ver la Literatura de Patentes 1 a 3). En este dispositivo de control numérico, el mecanismo de control incluye: una unidad de operación para realizar varios tipos de ajustes; una unidad de almacenamiento de información de corte por vibración que almacena una tabla preparada por adelantado al menos en lo que respecta a la cantidad de avance, la cantidad de retroceso, la velocidad de avance y la velocidad de retroceso del mecanismo de alimentación de la herramienta de corte, de acuerdo con una característica mecánica, tal como la inercia del eje de alimentación o una característica del motor, en el que la tabla se almacena como datos que permiten que la herramienta de corte funcione a una frecuencia baja de 25 Hz o superior para realizar una operación de alimentación en un estado de sincronización, de acuerdo con un número de revolución de la pieza de trabajo o una cantidad de alimentación de la herramienta de corte por rotación de la herramienta de corte, que ha sido establecida por la unidad de operación; y una unidad de control de motor para controlar el motor de accionamiento de alimentación de la herramienta de corte, en base a los datos almacenados en la unidad de almacenamiento de información de corte por vibración. Con esta disposición, la vibración de baja frecuencia se genera repitiendo las operaciones de avance y retroceso a lo largo de un trayecto de interpolación.

Lista de citas

25 **Literatura de Patentes**

Literatura de patente 1: Patente japonesa número 5033929

Literatura de patente 2: Patente japonesa número 5139591

Literatura de patente 3: Patente japonesa número 5139592

Sumario

30 **Problema técnico**

35 Las publicaciones de Literatura de patente 1 a 3 que se han enumerado más arriba describen un método de accionamiento del motor mediante el uso de un comando de movimiento generado al superponer la vibración en la dirección del movimiento sobre un comando de movimiento especificado desde un programa. Sin embargo, si la vibración de baja frecuencia dada al comando de movimiento especificado desde un programa tiene una frecuencia que produce resonancia mecánica, la máquina puede empezar a oscilar. Por consiguiente, es necesario evitar la superposición de la vibración de baja frecuencia que cae en una banda de frecuencia que produzca resonancia mecánica.

40 El documento EP 1 762 305 (A2) describe un aparato de mecanizado por vibración que utiliza un mecanizado asistido por vibración que permite el mecanizado de material que previamente no podía ser torneado con diamante de un solo punto debido al calentamiento excesivo de la punta del diamante. La máquina incluye una herramienta de corte y una etapa de movimiento acoplada a una de las herramientas de corte o a la pieza de trabajo para mover la herramienta de corte en relación con la pieza de trabajo. Una tangente a el trayecto de una máquina y una normal a la superficie de la pieza de trabajo definen un plano de vibración. El aparato incluye además una primera unidad vibratoria acoplada a una de entre la herramienta de corte o a la pieza de trabajo para hacerla vibrar a lo largo de una primera dirección vibratoria, sustancialmente en el plano de vibración, y una segunda unidad vibratoria acoplada a una de entre la herramienta de corte o a la pieza de trabajo para hacer vibrar la herramienta de corte o la pieza de trabajo acoplada a la segunda unidad vibratoria a lo largo de una segunda dirección vibratoria, diferente de la primera dirección y sustancialmente en el plano de vibración. Las unidades vibratorias, pueden ser bobinas móviles, transductores de desplazamiento lineal o unidades vibratorias piezoeléctricas que proporcionan una frecuencia de operación en un rango de aproximadamente 100 Hz a 50 KHz. La frecuencia de operación de las unidades vibratorias puede estar limitada por la frecuencia de resonancia basada en las masas respectivas que se mueven y las elasticidades de los componentes acoplados a estas masas en movimiento. Pueden ser deseables diferentes orientaciones basadas en las masas relativas de los diversos com-

ponentes porque se pueden lograr frecuencias operativas más altas con una orientación particular. Al reducir la cantidad de masa movida por cualquier unidad vibratoria, se puede lograr una frecuencia de operación más alta.

5 La presente invención se ha realizado en vista de lo anterior, y un objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo de control numérico que pueda seleccionar automáticamente las condiciones de vibración óptimas para el corte por vibración de baja frecuencia.

Solución al problema

El objeto anterior se resuelve mediante la combinación de características de las reclamaciones independientes. Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

La invención está definida en las reivindicaciones.

10 Para resolver los problemas anteriores y lograr el objeto, un dispositivo de control numérico para mecanizar un objeto de mecanizado moviendo una herramienta y el objeto de mecanizado una con respecto al otro a lo largo de un trayecto de movimiento mientras se aplica la vibración, por el uso de ejes de accionamiento provistos para la herramienta o para el objeto de mecanizado, de acuerdo con la presente invención incluye: una unidad de almacenamiento que contiene una región de frecuencia no válida; y una unidad de determinación de la condición
15 de vibración para determinar una frecuencia para la vibración, basada en una velocidad de rotación de un árbol principal para rotar el objeto de mecanizado, un número de vibraciones de la vibración en cada rotación del árbol principal y la región de frecuencia no válida.

Efectos ventajosos de la invención

20 El dispositivo de control numérico de acuerdo con la presente invención tiene un efecto capaz de seleccionar automáticamente las condiciones de vibración óptimas para el corte por vibración de baja frecuencia.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de control numérico de acuerdo con una forma básica.

25 La figura 2 incluye vistas ilustrando esquemáticamente cada una de las cuales una configuración de ejes en el dispositivo de control numérico de acuerdo con la forma básica, en la que la figura 2(a) es una vista de un caso en el que solo se mueve una herramienta en las direcciones del eje Z y del eje X, y la figura 2(b) es una vista de un caso en el que un objeto de mecanizado se mueve en la dirección del eje Z, y una herramienta se mueve en la dirección del eje X.

30 La figura 3 es una vista para explicar los cambios en la cantidad de movimiento dependiendo del número periódico del proceso, en un trayecto superpuesto de vibración de acuerdo con la forma básica.

La figura 4 es una vista que ilustra esquemáticamente cambios en la cantidad de movimiento en unidades del período de proceso, en la que las cantidades de movimiento indicadas en los ejes verticales de la figura 3 están alineadas en la dirección del eje horizontal.

35 La figura 5 es una vista que ilustra un ejemplo de condiciones de vibración, bajo el número de vibraciones por rotación = 1,5 (número de veces / r), de acuerdo con la forma básica.

La figura 6 es una vista que ilustra un ejemplo de condiciones de vibración, bajo el número de vibraciones por rotación = 0,5 (número de veces / r), de acuerdo con la forma básica.

La figura 7 es una vista que ilustra un ejemplo de condiciones de vibración, bajo el número de vibraciones por rotación = 2,5 (número de veces / r), de acuerdo con la forma básica.

40 La figura 8 es una vista que ilustra un ejemplo de condiciones de vibración, bajo el número de vibraciones por rotación = 0,5, 1,5 y 2,5 (número de veces / r), de acuerdo con la forma básica.

La figura 9 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de control numérico de acuerdo con una primera realización.

45 La figura 10 es una vista que ilustra un ejemplo concreto de una región de frecuencia no válida de acuerdo con la primera realización.

La figura 11 es una vista que ilustra una región de frecuencia no válida de acuerdo con la primera realización, con una trama sombreada del ejemplo la figura 5.

La figura 12 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de control numérico de acuerdo con una segunda realización.

La figura 13 es una vista que ilustra un ejemplo concreto de regiones de frecuencias no válidas para los ejes respectivos, de acuerdo con la segunda realización.

La figura 14 es una vista que ilustra las regiones de frecuencias no válidas para los ejes respectivos al disponerlos de acuerdo con la segunda realización.

- 5 La figura 15 es una vista que ilustra una región de frecuencia no válida de acuerdo con la segunda realización, con una trama sombreada del ejemplo de la figura 5.

La figura 16 es una vista que ilustra una región de frecuencia no válida de acuerdo con la segunda realización, con una trama sombreada del ejemplo de la figura 8)

- 10 La figura 17 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de control numérico de acuerdo con una tercera realización.

Descripción de realizaciones

Las realizaciones ejemplares de un dispositivo de control numérico de acuerdo con la presente invención se explicarán a continuación en detalle con referencia a los dibujos que se acompañan. La presente invención no está limitada a las realizaciones que siguen.

- 15 Antes de las explicaciones de las realizaciones de la presente invención, se dará una explicación de una forma básica que sirve como una tecnología de premisa relacionada con la presente invención. La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de control numérico 1 de acuerdo con la forma básica relacionada con la presente invención. El dispositivo de control numérico 1 incluye una unidad de accionamiento 10, una unidad de operación de entrada 20, una unidad de visualización 30 y una unidad aritmética de control 40.

- 20 La unidad de accionamiento 10 es un mecanismo para accionar uno o ambos de entre el objeto de mecanizado y una herramienta en al menos dos direcciones axiales. La unidad de accionamiento 10 incluye: servomotores 11 para mover el objeto o herramienta de mecanizado en las direcciones axiales respectivas definidas en el dispositivo de control numérico 1; detectores 12 para detectar la posición y la velocidad de los servomotores respectivos 11; y una unidad de servocontrol del eje X, 13X, y una unidad de servocontrol del eje Z, 13Z, para controlar la posición y la velocidad del objeto o herramienta de mecanizado en las direcciones axiales respectivas, en base a la posición y a la velocidad detectadas por los detectores 12. El dispositivo de control numérico 1 de acuerdo con la forma básica usa estos ejes de accionamiento provistos para que la herramienta o el objeto de mecanizado mueva la herramienta y el objeto de mecanizado una con relación al otro a lo largo del trayecto de movimiento mientras aplica vibración entre ellos, y de ese modo realizar el mecanizado del objeto de mecanizado.

- 30 Además, la unidad de accionamiento 10 incluye: un motor 14 del árbol principal para rotar un árbol principal que contiene el objeto de mecanizado; un detector 15 para detectar la posición y el número de revoluciones del motor 14 del árbol principal; y una unidad de control 16 del árbol principal para controlar la rotación del árbol principal, en base a la posición y el número de revoluciones detectados por el detector 15.

- 35 La unidad de operación de entrada 20 está formada por una unidad de entrada, tal como un teclado, botones o un ratón, y es utilizada por un usuario para introducir un comando para el dispositivo de control numérico 1 o para introducir un programa o parámetro de mecanizado. La unidad de visualización 30 está formada por una unidad de visualización, tal como un dispositivo de visualización de cristal líquido, y se usa para mostrar información procesada por la unidad aritmética de control 40.

- 40 La unidad aritmética de control 40 incluye una unidad de control de entrada 41, una unidad de establecimiento de datos 42, una unidad de almacenamiento 43, una unidad de procesamiento de pantalla 44, una unidad de procesamiento de análisis 45, una unidad de procesamiento de señal de control de máquina 46, una unidad de circuito de PLC (Controlador Lógico Programable) 47, una unidad de procesamiento de interpolación 48, una unidad de procesamiento de aceleración y desaceleración 49, y una parte de salida de datos de eje 50.

- 45 La unidad de control de entrada 41 recibe entrada de información desde la unidad de operación de entrada 20. La unidad de establecimiento de datos 42 hace que la unidad de almacenamiento 43 almacene la información recibida por la unidad de control de entrada 41. Por ejemplo, cuando el contenido de entrada es la edición de un programa de mecanizado 432, la unidad de control de entrada 41 refleja el contenido de edición en el programa de mecanizado 432 almacenado en la unidad de almacenamiento 43. Cuando se introduce un parámetro, la unidad de control de entrada 41 hace que una región de almacenamiento de un parámetro 431 de la unidad de almacenamiento 43 almacene el parámetro.

- 50 La unidad de almacenamiento 43 almacena información, tal como el parámetro 431 que se utilizará para procesar la unidad aritmética de control 40, un programa principal 432 que se debe ejecutar y los datos de visualización de pantalla 433 que se visualizarán en la unidad de pantalla 30. Además, la unidad de almacenamiento 43 incluye un área de compartición 434 para almacenar datos usados temporalmente distintos del parámetro 431 y el pro-

grama de mecanizado 432. La unidad de procesamiento de pantalla 44 realiza controles para visualizar los datos de visualización de pantalla 433 de la unidad de almacenamiento 43 en la unidad de visualización 30.

La unidad de procesamiento de análisis 45 incluye: una unidad de generación de comando de movimiento 451 para generar un comando de movimiento para instruir un movimiento en un trayecto de movimiento en cada bloque, leyendo el programa de mecanizado 432 que incluye uno o más bloques y analizando el programa de mecanizado de lectura para cada bloque; y una unidad de análisis del comando de vibración 452 para analizar el programa de mecanizado 432 con respecto a si se incluye un comando de vibración para el mecanizado de corte por vibración, y generar condiciones de vibración que se incluirán en el comando de vibración si se incluye el comando de vibración. Las condiciones de vibración generadas por la unidad de análisis del comando de vibración 452 incluyen la amplitud.

Cuando la unidad de procesamiento de análisis 45 lee un comando auxiliar que es un comando para operar la máquina diferente del comando para operar los ejes de accionamiento que sirven como ejes de control numérico, la unidad de procesamiento de señal de control de la máquina 46 da aviso de la emisión del comando auxiliar a la unidad de circuito del PLC 47. Al recibir la notificación de emisión del comando auxiliar emitido desde la unidad de procesamiento de señal de control de la máquina 46, la unidad de circuito del PLC 47 realiza un proceso correspondiente al comando auxiliar emitido.

La unidad de procesamiento de interpolación 48 incluye: una unidad de cálculo de cantidad de movimiento de comando 481 para calcular una cantidad de movimiento de comando que es una cantidad de movimiento de un movimiento que se debe realizar durante un período de proceso utilizado como un período de control del dispositivo de control numérico 1, mediante el uso de un comando de movimiento analizado por la unidad de procesamiento de análisis 45; una unidad de cálculo de cantidad de movimiento de vibración 482 para calcular una cantidad de movimiento de vibración que es una cantidad de movimiento que se debe realizar durante el período de proceso para hacer vibrar la herramienta o el objeto de mecanizado en base a las condiciones de vibración; una unidad de superposición de cantidad de movimiento 483 para calcular una cantidad de movimiento superpuesto superponiendo la cantidad de movimiento de vibración sobre la cantidad de movimiento de comando por período de proceso; y una unidad de determinación de condición de vibración 484 para determinar una frecuencia de vibración que es una de las condiciones de vibración. La unidad de cálculo de la cantidad de movimiento de vibración 482 calcula la cantidad de movimiento de vibración, en base a las condiciones de vibración generadas por la unidad de análisis de comando de vibración 452 y la unidad de determinación de la condición de vibración 484. Aquí, el período de proceso también se puede denominar como "período de interpolación".

La unidad de procesamiento de aceleración y desaceleración 49 transforma la cantidad de movimiento superpuesto para cada eje de accionamiento, que se ha emitido desde la unidad de procesamiento de interpolación 48, en un comando sobre un movimiento por período de proceso en consideración de la aceleración y desaceleración, de acuerdo con los patrones de aceleración y desaceleración que han sido especificados de antemano. La unidad de salida de datos del eje 50 emite el comando sobre un movimiento por período de proceso procesado por la unidad de procesamiento de aceleración y desaceleración 49 a cada una de la unidad de servocontrol del eje X, 13X, la unidad de servocontrol del eje Z, 13Z y la unidad de control principal de árbol 16 para controlar los ejes de accionamiento respectivos.

Con el fin de realizar el mecanizado mientras se hace vibrar la herramienta o el objeto de mecanizado, se puede dar un movimiento relativo entre el objeto de mecanizado y la herramienta durante el mecanizado, como se ha descrito más arriba. La figura 2 es un dibujo que ilustra esquemáticamente una configuración de ejes en el dispositivo de control numérico 1 de acuerdo con la forma básica para realizar el torneado. Como se ilustra en la figura 2, se proporcionan un eje Z y un eje X que se cruzan ortogonalmente uno con el otro en el papel. La figura 2(a) es una vista de un caso en el que un objeto de mecanizado 61 está fijo y solo una herramienta 62, que es una herramienta de torneado para realizar el torneado, por ejemplo, se mueve en la dirección del eje Z y en la dirección del eje X. Además, la figura 2(b) es una vista de un caso en el que un objeto de mecanizado 61 se mueve en la dirección del eje Z, y una herramienta 62 se mueve en la dirección del eje X. En cualquiera de estos casos, si uno de los dos objetos de mecanizado 61 y la herramienta 62 que se debe mover están provistos ya sea de uno o ambos servomotor 11 y motor del árbol principal 14, se puede realizar un proceso que se describe a continuación

La figura 3 es un dibujo para explicar los cambios en la cantidad de movimiento dependiendo de los números periódicos del proceso, en un trayecto superpuesto de vibración. En la figura 3, el eje horizontal indica el número periódico del proceso, y los ejes verticales indican respectivamente las cantidades de movimiento en (1) "trayecto de comando de programa", (2) "trayecto de vibración" y (3) "trayecto superpuesto de vibración", en un estado separado. El (3) "trayecto superpuesto de vibración" se forma superponiendo el (1) "trayecto de comando del programa" y el (2) "trayecto de vibración" uno con el otro. La cantidad de movimiento en el (1) "trayecto de comando del programa" se calcula mediante la unidad de cálculo de la cantidad de movimiento de comando 481. La cantidad de movimiento en el (2) "trayecto de vibración" se calcula mediante la unidad de cálculo de la cantidad de movimiento de vibración 482. La cantidad de movimiento en el (3) "trayecto superpuesto de vibración" se calcula mediante la unidad de superposición de cantidad de movimiento 483. La figura 4 es una vista que ilustra esquemáticamente los cambios en la cantidad de movimiento en unidades del período de proceso, en el que las

cantidades de movimiento indicadas en los ejes verticales del (1) "trayecto de comando de programa", el (2) "trayecto de vibración" y el (3) "trayecto superpuesto de vibración" en la figura 3 están alineados en la dirección axial horizontal.

5 Como se ilustra en la figura 3, la unidad de procesamiento de interpolación 48 crea un comando de movimiento compuesto superponiendo un comando de movimiento de vibración sobre un comando de movimiento para cada período de proceso. En el ejemplo de (2) "trayecto de vibración" que se ilustra en la figura 3, puesto que se utilizan dos períodos de proceso para cada avance y retroceso de la vibración para el corte por vibración, se requieren cuatro períodos de proceso para un período de vibración. Teniendo en cuenta el hecho de que cada avance y retroceso de la vibración para el corte por vibración necesita al menos un período de proceso, el valor mínimo de un período de la vibración para el corte por vibración es de dos períodos de proceso. En la presente memoria descriptiva, los tiempos utilizados para el avance y la retirada de la vibración respectivamente para el corte por vibración no necesariamente tienen que ser el mismo tiempo. Si el avance usa dos períodos de proceso y la retirada usa un período de proceso, un período de la vibración se convierte en tres períodos de proceso. En consecuencia, un período de la vibración puede convertirse en el período de proceso multiplicado por un número impar.

15 La figura 5 es una vista que ilustra un ejemplo de condiciones de vibración, que se puede tomar cuando el período de proceso que se ha descrito más arriba dentro del dispositivo de control numérico 1 es de 1,0 (ms). La figura 5 ilustra el número periódico de proceso necesario por vibración para el corte por vibración, el tiempo necesario (ms) por vibración, la frecuencia de vibración (Hz), el número de vibraciones por rotación (número de veces / r) que significa el número de vibraciones en cada rotación del árbol principal y la velocidad de rotación del árbol principal (r / min), mientras aumenta el número periódico necesario del proceso en una vibración, uno por uno, desde el valor mínimo 2. que se ha descrito más arriba. La unidad (r / min) de la velocidad de rotación del árbol principal indica el número de revoluciones (r) del árbol principal por minuto. Todas las condiciones que se ilustran en la figura 5 corresponden a un caso en el que el número de vibraciones por rotación, lo que significa el número de vibraciones en cada rotación del árbol principal, es 1,5 (número de veces / r).

20 Cuando el período de proceso es suficientemente corto, la frecuencia de vibración se determina sustancialmente a partir de la velocidad de rotación del árbol principal y el número de vibraciones por rotación que significa el número de vibraciones en cada rotación del árbol principal. Por ejemplo, si el número de vibraciones por rotación = 1,5 (número de veces / r) y la velocidad de rotación del árbol principal = 4000 (r / min) se dan como condiciones de corte por vibración como se ilustra en el caso número 9 de la figura 5, la unidad de determinación de la condición de vibración 484 determina que la frecuencia de vibración es 100 (Hz) mediante el siguiente cálculo.

$$4000 \text{ (r / min)} \times 1,5 \text{ (número de veces / r)} / 60 \text{ (s)} = 100 \text{ (Hz)}$$

30 Aquí, la velocidad de rotación del árbol principal se describe en el programa principal 432 en general, y la unidad de procesamiento de análisis 45 lo lee y lo escribe en el área de compartición 434. La unidad de determinación de la condición de vibración 484 lee la velocidad de rotación principal del eje desde el área de compartición 434. Además, el número de vibraciones por rotación se mantiene en el parámetro 431 de la unidad de almacenamiento 43 en general, pero se puede describir en el programa de mecanizado 432 y ser leído por la unidad de determinación de la condición de vibración 484 por medio del área de compartición 434, igual que la velocidad de rotación del árbol principal.

35 Como se ha descrito más arriba, cuando el período de proceso es suficientemente pequeño y, por lo tanto no necesita ser considerado, la unidad de determinación de la condición de vibración 484 puede determinar de manera única la frecuencia de vibración para el corte por vibración a partir de valores arbitrariamente dados de la velocidad de rotación del árbol principal (r / min) y el número de vibraciones por rotación (número de veces / r)

40 En la práctica, como se ilustra en la figura 5, en la que el período de proceso dentro del dispositivo de control numérico 1 no es suficientemente pequeño, la frecuencia de vibración puede tomar solo un valor discreto debido a la circunstancia de que el número periódico de proceso necesario por vibración puede tomar solo un valor de un múltiplo entero de dos veces o más el período de proceso. En consecuencia, incluso si se da un valor de la velocidad de rotación del árbol principal (r / min) en una situación predeterminada en la que el número de vibraciones por rotación es 1,5 (número de veces / r) como se ilustra en la figura 5, la unidad de determinación de la condición de vibración 484 necesita mantener la condición de obligatoriedad de que el número periódico de proceso necesario por vibración puede tomar solo un valor de un múltiplo entero de dos veces o más del período de proceso. Por lo tanto, la unidad de determinación de la condición de vibración 484 tiene que seleccionar un valor de la velocidad de rotación del árbol principal (r / min) en la figura 5, que está más cerca del valor dado de la velocidad de rotación del árbol principal (r / min).

45 Por ejemplo, bajo el número de vibraciones por rotación = 1,5 (número de veces / r), cuando el programa de mecanizado 432 ordena la velocidad de rotación del árbol principal = 3000 (r / min), la unidad de determinación de la condición de vibración 484 selecciona automáticamente una frecuencia de 76,9 (Hz) en las condiciones del número 12, que incluyen la velocidad de rotación del árbol principal = 3076 (r / min) más cercana a la velocidad de rotación del árbol principal = 3000 (r / min), para realizar el corte por vibración. En este caso, la unidad de

determinación de la condición de vibración 484 cambia automáticamente la velocidad de rotación del árbol principal de acuerdo con el número de vibraciones por rotación, pero se puede usar un valor de la velocidad de rotación del árbol principal ordenado por el programa de mecanizado 432 para realizar la operación, si es aceptable un desacuerdo en el número de vibraciones por rotación. En otras palabras, para mantener la velocidad de rotación del árbol principal = 3000 (r / min), el número de vibraciones por rotación (número de veces / r) se puede establecer en un valor que se desvía de 1,5 en una cierta extensión. En cualquier caso, se mantiene una condición de este tipo en la que el número periódico necesario del proceso por una vibración para el corte por vibración puede tomar solo un valor de un múltiplo entero de dos veces o más el período de proceso.

En la descripción anterior, se ha dado una explicación bajo el número de vibraciones por rotación = 1,5 (número de veces / r). La figura 6 es una vista que ilustra las condiciones de vibración, bajo el número de vibraciones por rotación 0,5 (número de veces / r). La figura 7 es una vista que ilustra las condiciones de vibración, bajo el número de vibraciones por rotación 2,5 (número de veces / r). Por consiguiente, en el ejemplo que se ilustra en la figura 6, bajo el número de vibraciones por rotación = 0,5 (número de veces / r), la frecuencia de vibración puede tomar solo un valor discreto, como en el caso que se ha descrito más arriba. En el ejemplo que se ilustra en la figura 7, bajo el número de vibraciones por rotación = 2,5 (número de veces / r), la frecuencia de vibración puede tomar solo un valor discreto, como en el caso que se ha descrito más arriba.

Además, la figura 8 es una vista que ilustra las condiciones de vibración en una situación en la que tres valores de 0,5, 1,5 y 2,5 son aceptables como número de vibraciones por rotación (número de veces / r), clasificándolos en el orden de valores de la velocidad de rotación del árbol principal, debajo de la velocidad de rotación del árbol principal = 4000 (r / min) o menos. En la situación que se ilustra en la figura 8 en la que tres valores de 0,5, 1,5 y 2,5 son aceptables como número de vibraciones por rotación (número de veces / r), cuando el programa de mecanizado 432 ordena que la velocidad de rotación del árbol principal = 3000 (r / min), las condiciones de vibración que se deben seleccionar de la figura 8 son los de cualquiera de los números 17 y 18, incluida la condición más cercana a 3000 (r / min). Para seleccionar cualquiera de ellos, por ejemplo, puede haber una regla predeterminada "para seleccionar uno con el valor mayor del número de vibraciones por rotación".

Cuando el programa de mecanizado 432 indica un valor de la velocidad de rotación del árbol principal distinto de los valores de la velocidad de rotación del árbol principal enumerados en la figura 8, el valor de la velocidad de rotación del árbol principal (r / min) a seleccionar es el que es más cercano al valor instruido de la velocidad de rotación del árbol principal. Alternativamente, para mantener el valor instruido de la velocidad de rotación del árbol principal, el número de vibraciones por rotación (número de veces / r) se puede establecer en un valor que se desvíe de los tres valores de 0,5, 1,5 y 2,5 en cierta medida. Como se ha descrito más arriba, el dispositivo de control numérico 1 puede establecer una frecuencia apropiada para el corte por vibración de baja frecuencia.

Primera realización.

La figura 9 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de control numérico 2 de acuerdo con una primera realización. El dispositivo de control numérico 2 incluye una región de frecuencia no válida 4311 que indica una región de una frecuencia que no puede ser establecido como la frecuencia de vibración por el parámetro 431 de la unidad de almacenamiento 43. Aparte de lo anterior, los componentes del bloque denotados por los mismos símbolos de referencia que los de la figura 1 tiene las mismas funciones que las que se han descrito más arriba, por lo que se omitirá su descripción.

Cuando una frecuencia ordenada por el dispositivo de control numérico como la frecuencia de vibración para el corte por vibración de baja frecuencia es una frecuencia que coincide con una frecuencia de resonancia o frecuencia de anti - resonancia de la máquina, o una frecuencia aproximada a una frecuencia de este tipo, puede haber un caso en el que la vibración ordenada es acompañada con la generación de una resonancia mecánica, un exceso en el que la amplitud de la retroalimentación se hace mayor que el comando, o una atenuación de la vibración en la que la amplitud de la retroalimentación se hace más pequeña que el comando. Por consiguiente, es necesario realizar una selección para la frecuencia de vibración, mientras se evita que una frecuencia caiga en la banda de frecuencia de resonancia mecánica y la banda de frecuencia de anti - resonancia de la máquina. De acuerdo con la primera realización, la unidad de almacenamiento 43 almacena una banda de frecuencia de vibración a evitar, tal como la región de frecuencia no válida 4311. La figura 10 es una vista que ilustra un ejemplo concreto de la región de frecuencia no válida 4311 que sirve como una región de frecuencia no válida de propiedad común en el sistema.

Por ejemplo, se asume un caso en el que el programa de mecanizado 432 ordena la velocidad de rotación del árbol principal = 3000 (r / min), bajo el número de vibraciones por rotación = 1,5 (número de veces / r). En este momento, si la región de frecuencia no válida 4311 se ha establecido como un parámetro para establecer una región de frecuencia no válida de propiedad común en el sistema como se ilustra en la figura 10, las condiciones de cada uno de los números 11 a 13 provistos de trama sombreada como se ilustra en la figura 11 no se pueden seleccionar, a diferencia del ejemplo que se ilustra en la figura 5 en el que el período de proceso es 1,0 (ms).

Específicamente, puesto que las condiciones del número 12 seleccionables en el caso de la forma básica terminan siendo incluidas en la región de frecuencia no válida 4311, la unidad de determinación de la condición de

vibración 484 no puede seleccionar estas condiciones. En base a un valor de la velocidad de rotación del árbol principal ordenada por el programa de mecanizado 432 y la región de frecuencia no válida 4311, la unidad de determinación de la condición de vibración 484 selecciona una frecuencia de 66,7 (Hz) en las condiciones del número 14, que incluyen la velocidad de rotación del árbol principal = 2666 (r / min) que está más cerca del valor ordenado de la velocidad de rotación del árbol principal = 3000 (r / min), entre aquellos fuera de la región de frecuencia no válida 4311. Aquí, puesto que puede haber un caso en el que una pluralidad de frecuencias de resonancia o de frecuencias de anti - resonancia están presentes para un eje de accionamiento, se puede almacenar una pluralidad de bandas de frecuencia como la región de frecuencia no válida 4311. Como se ha descrito más arriba, el dispositivo de control numérico 2 puede establecer una frecuencia óptima para el corte por vibración de baja frecuencia, mientras que se evita una frecuencia de resonancia o frecuencia de anti - resonancia de la máquina.

Segunda realización.

La figura 12 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de control numérico 3 de acuerdo con una segunda realización. En el dispositivo de control numérico 3, la unidad de procesamiento de interpolación 48 incluye además una unidad compuesta de región de frecuencia no válida 485 para combinar regiones de frecuencias no válidas para los respectivos ejes de accionamiento. Aparte de lo anterior, los componentes del bloque denotados por los mismos símbolos de referencia que los de la figura 9 de acuerdo con la primera realización tienen las mismas funciones que las que se han descrito más arriba, por lo que se omitirá su descripción.

Como en la primera realización, la unidad de almacenamiento 43 del dispositivo de control numérico 3 también incluye la región de frecuencia no válida 4311 que indica una región de una frecuencia que no se puede establecer como la frecuencia de vibración. Sin embargo, en general, la frecuencia de resonancia y la frecuencia de anti - resonancia con respecto a una frecuencia ordenada como la frecuencia de vibración para el corte por vibración de baja frecuencia difieren en cada eje de accionamiento. Como consecuencia, la región de frecuencia no válida 4311 contiene regiones de frecuencias no válidas para los ejes de accionamiento respectivos. Aquí, la unidad de creación de región de frecuencia no válida compuesta 485 combina las regiones de frecuencias no válidas para todos los ejes de accionamiento para el corte por vibración de baja frecuencia.

Por ejemplo, cuando los ejes de accionamiento utilizados para el corte por vibración de baja frecuencia son el eje X y el eje Z, y la unidad de procesamiento de interpolación 48 realiza la interpolación en la dirección del eje X y en la dirección del eje Z, el parámetro 431 de la unidad de almacenamiento 43 incluye la región de frecuencia no válida 4311. La región de frecuencia no válida es una región de una frecuencia que no se puede establecer como la frecuencia de vibración. La región de frecuencia no válida 4311 que se ilustra en la figura 13 incluye regiones de frecuencias no válidas para cada uno de los ejes X y Z. La figura 14 es una vista que ilustra la región de frecuencia no válida 4311 de la figura 13 al disponer (1) una región de frecuencia no válida para el eje X, (2) una región de frecuencia no válida para el eje Z y (3) una región de frecuencia no válida para el eje X y el eje Z combinados, en el que el eje horizontal indica la frecuencia.

En base a que la región de frecuencia no válida 4311 incluye aquellas para los ejes X y eje Z respectivos, la unidad de creación de región de frecuencia no válida compuesta 485 crea una región de frecuencia no válida compuesta que combina la región de frecuencia no válida para el eje X con la región de frecuencia no válida para el eje Z, como se ilustra en (3) de la figura 14.

Cuando la región de frecuencia no válida compuesta se ha establecido como se ilustra en (3) en la figura 14, las condiciones de cada uno de los números 7 a 9, 11 a 13, 18 y 19 provistos de trama sombreada como se ilustra en la figura 15 no se pueden seleccionar, a diferencia del ejemplo que se ilustra en la figura 5. Por ejemplo, con el número de vibraciones por rotación = 1,5 (número de veces / r), cuando el programa de mecanizado 432 ordena la velocidad de rotación del árbol principal = 3000 (r / min), las condiciones de cada uno de los números 11 a 13 no se pueden seleccionar.

En base a un valor de la velocidad de rotación del árbol principal ordenada por el programa de mecanizado 432 y la región de frecuencia compuesta no válida, la unidad de determinación de condición de vibración 484 selecciona una frecuencia de 66,7 (Hz) en las condiciones del número 14, que incluyen la velocidad de rotación del árbol principal = 2666 (r / min) que está más cerca del valor ordenado de la velocidad de rotación del árbol principal = 3000 (r / min), entre aquellos fuera de la región de frecuencia no válida compuesta. Aquí, una pluralidad de bandas de frecuencia puede ser almacenadas como la región de frecuencia no válida compuesta.

Cuando el período de proceso es suficientemente pequeño, no hay necesidad de considerar la circunstancia de que el número periódico de proceso por vibración necesario puede tomar solo un valor de un múltiplo entero de dos veces o más del período de proceso como se ilustra en la figura 15. En consecuencia, cuando el período de proceso es suficientemente pequeño y las condiciones de la velocidad de rotación del árbol principal son 3000 (r / min) y el número de vibraciones por rotación 1,5 (número de veces / r), se realiza el siguiente cálculo.

$$3000 \text{ (r / min)} \times 1,5 \text{ (número de veces / r)} / 60 \text{ (s)} = 75 \text{ (Hz)}$$

Sin embargo, con el fin de seleccionar una frecuencia lo más aproximada posible mientras se evita la región de frecuencia no válida compuesta, si hay una condición en la que la velocidad de rotación del árbol principal se cambia en unidades de 1 (r / min), se utiliza la velocidad de rotación del árbol principal = 2799 (r / min), y se selecciona 69,98 (Hz) por la unidad de determinación de la condición de vibración 484.

5 Además, la figura 16 es una vista que ilustra condiciones con una frecuencia incluida en la región de frecuencia no válida compuesta, con tramas sombreadas de tales condiciones de la figura 8, que ilustra las condiciones de vibración en una situación en la que tres valores de 0,5, 1,5 y 2,5 son aceptables como número de vibraciones por rotación (número de veces / r), clasificándolos en el orden de valores de la velocidad de rotación del árbol principal, bajo la velocidad de rotación del árbol principal = 4000 (r / min) o menos. En la situación en la que tres valores de 0,5, 1,5 y 2,5 son aceptables como número de vibraciones por rotación (número de veces / r), la unidad de determinación de la condición de vibración 484 determina como frecuencia de corte por vibración, una frecuencia en las condiciones con un valor de la velocidad de rotación del árbol principal lo más aproximado posible a un valor de la velocidad de rotación del árbol principal ordenada por el programa de mecanizado 432, mientras evita la región de frecuencia no válida compuesta. Por ejemplo, cuando se ordena la velocidad de rotación del árbol principal = 3000 (r / min), puesto que las condiciones del número 18 caen en la región de frecuencia compuesta no válida, se selecciona la frecuencia en las condiciones del número 17. Como se ha descrito más arriba, el dispositivo de control numérico 3 puede establecer una frecuencia óptima, evitando todas las frecuencias de resonancia o las frecuencias anti - resonancia para los ejes de accionamiento respectivos que sirven como ejes de alimentación en el mecanizado de corte por vibración de baja frecuencia.

20 Tercera realización.

La figura 17 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de control numérico 4 de acuerdo con una tercera realización. En el dispositivo de control numérico 4, la unidad de procesamiento de interpolación 48 incluye además una unidad de detección de eje de corte por vibración 486 para detectar ejes de accionamiento utilizados como ejes de alimentación para el corte por vibración. Además, la unidad de accionamiento 10 incluye: servomotores 11 para mover el objeto o herramienta de mecanizado en las direcciones axiales respectivas definidas en el dispositivo de control numérico 4; detectores 12 para detectar la posición y la velocidad de los servomotores respectivos 11; y una unidad de servocontrol del eje X1, 13X1, una unidad de servocontrol del eje X2, 13X2, una unidad de servocontrol del eje Y1, 13Y1, una unidad de servocontrol del eje Z1, 13Z1 y una unidad de servocontrol del eje Z2, 13Z2, que son para controlar la posición y la velocidad del objeto o herramienta de mecanizado en las direcciones axiales respectivas, en base a la posición y la velocidad detectadas por los detectores 12. Aparte de lo anterior, los componentes del bloque denotados por los mismos símbolos de referencia que los de la figura 12 de acuerdo con la segunda realización tienen las mismas funciones que las que se han descrito más arriba, por lo que se omitirá su descripción.

En el mecanizado de corte, los programas de mecanizado están presentes respectivamente para los sistemas, cada uno de los cuales trata una pluralidad de ejes de accionamiento como un objeto de control, y las operaciones de los sistemas respectivos se pueden realizar en paralelo unas con las otras. Por ejemplo, se supone una configuración de dos sistemas con cinco ejes, en los que los ejes de accionamiento que pertenecen a un sistema 1 son un eje X1, un eje Z1 y un eje Y1, y los ejes de accionamiento que pertenecen a un sistema 2 son un eje X2 y un eje Z2. Además, se supone que los ejes de accionamiento utilizables para el corte por vibración son el eje X1, el eje Z1, el eje X2 y el eje Z2.

En el momento en el que se inicia el mecanizado de corte por vibración mediante el uso del sistema 1, incluso si se ha dado un comando de movimiento solo para uno de los ejes X1 y Z1, la unidad de detección del eje de corte por vibración 486 detecta tanto el eje X1 como el eje Z1, que son utilizables para el corte por vibración, de los ejes de accionamiento que pertenecen al sistema 1. Los ejes de accionamiento utilizables para el corte por vibración se configuran en el parámetro 431, por ejemplo. La región de frecuencia no válida 4311 contiene regiones de frecuencias no válidas para los ejes de accionamiento respectivos, de la misma manera que en la segunda realización, y la unidad de creación de región de frecuencia no válida compuesta 485 combina las regiones de frecuencias no válidas de todos los ejes de accionamiento detectados. La unidad de determinación de la condición de vibración 484 selecciona una frecuencia fuera de la región de frecuencia no válida compuesta.

En un caso en el que los ejes de movimiento son conmutados entre bloques de comando de alimentación de corte por vibración continuos unos con los otros, si las condiciones de vibración necesitan cambiarse entre los bloques, el tiempo de mecanizado termina siendo prolongado porque un tiempo de espera es generado, por ejemplo, para la convergencia de vibraciones debido a la espera de una comprobación de desaceleración y un cambio del número de revoluciones del árbol principal. Con el fin de evitar que ocurra este problema, incluso si se ha dado un comando de movimiento solo para uno de los ejes X1 y Z1, la unidad de creación de región de frecuencia no válida compuesta 485 combina las regiones de frecuencias no válidas. En consecuencia, incluso cuando el mecanizado de corte por vibración utiliza el eje X1 al principio y a continuación utiliza el eje Z1 a mitad de camino, no es necesario realizar una operación para cambiar las frecuencias para evitar regiones de frecuencias no válidas.

El asunto que se ha descrito más arriba también es cierto en un caso en el que: el mecanizado se realiza en primer lugar bajo un estado usando una configuración de dos sistemas con cinco ejes, en el que los ejes de accionamiento que pertenecen a un sistema 1 son el eje X1, el eje Z1 y el eje Y1, y los ejes de accionamiento que pertenecen a un sistema 2 son el eje X2 y el eje Z2; y a continuación las configuraciones de eje de los sistemas respectivos se alteran mediante un intercambio de ejes entre el eje Z1 y el eje Z2, de modo que los ejes de accionamiento que pertenecen al sistema 1 son el eje X1, el eje Z2 y el eje Y1, y los ejes de accionamiento que pertenecen al sistema 2 son el eje X2 y el eje Z1. Como en el caso que se ha descrito más arriba, en el momento en que se inicia el mecanizado de corte por vibración mediante el uso del sistema 1 después del intercambio de ejes, incluso si se ha dado una orden de movimiento solo para uno de los ejes X1 y Z2, la unidad de detección del eje de corte por vibración 486 detecta tanto el eje X1 como el eje Z2, que son utilizables para el corte por vibración, de los ejes de accionamiento que pertenecen al sistema 1. Además, la unidad de creación de región de frecuencia no válida compuesta 485 combina las regiones de frecuencias no válida de todos los ejes de accionamiento detectados. La unidad de creación de región de frecuencia no válida compuesta 485 crea una región de frecuencia no válida compuesta para los ejes de accionamiento utilizables para el corte por vibración en el sistema 1 después del intercambio de ejes. Posteriormente, la unidad de determinación de la condición de vibración 484 selecciona una frecuencia fuera de la región de frecuencia no válida compuesta. En la tercera realización, el sistema 1 se toma como un ejemplo para la explicación, pero el sistema 2 se puede tratar con la misma manera de selección de una frecuencia como en el sistema 1. Como se ha descrito más arriba, el dispositivo de control numérico 4 puede establecer una frecuencia óptima, evitando todas las frecuencias de resonancia o las frecuencias anti - resonancia para los ejes de accionamiento respectivos, incluso si hay un intercambio de ejes de accionamiento que sirven como ejes de alimentación en el mecanizado de corte por vibración de baja frecuencia.

Las configuraciones ilustradas en las realizaciones anteriores son meros ejemplos de los contenidos de la presente invención, y pueden combinarse con otras técnicas conocidas. Además, las configuraciones pueden omitirse o cambiarse en parte sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

25 **Lista de signos de referencia**

1, 2, 3, 4 dispositivo de control numérico, 10 unidad de accionamiento, 11 servomotor, 12, 15 detector, 13X1 unidad de servocontrol del eje X1, 13X2 unidad de servocontrol del eje X2, 13Y1 unidad de servocontrol del eje Y1, 13Z1 unidad de servocontrol del eje Z1, 13Z2 unidad de servocontrol del eje Z2, 14 motor del árbol principal, 16 unidad de control del árbol principal, 20 unidad de operación de entrada, 30 unidad de visualización, 40 unidad de aritmética de control, 41 unidad de control de entrada, 42 unidad de configuración de datos, 43 unidad de almacenamiento, 44 unidad de procesamiento de pantalla, 45 unidad de procesamiento de análisis, 46 unidad de procesamiento de señal de control de máquina, 47 unidad de circuito PLC, 48 unidad de procesamiento de interpolación, 49 unidad de procesamiento de aceleración y desaceleración, 50 unidad de salida de datos de ejes, 61 objeto de mecanizado, 62 herramienta, 431 parámetro, 432 programa de mecanizado, 433 datos de visualización en pantalla, 434 área de compartición, 451 unidad generadora de comando de movimiento, 452 unidad de análisis de comando de vibración, 481 unidad de cálculo de cantidad de movimiento de comando, 482 unidad de cálculo de cantidad de movimiento de vibración, 483 unidad de superposición de cantidad de movimiento, 484 unidad de determinación de la condición de vibración, 485 unidad de creación de región de frecuencia no válida compuesta, 486 unidad de detección de eje de corte por vibración, 4311 región de frecuencia no válida.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de control numérico (2, 3, 4) para mecanizar un objeto de mecanizado (61) moviendo una herramienta (62) y el objeto de mecanizado (61) uno en relación con el otro a lo largo de un trayecto de movimiento mientras se aplica vibración, mediante el uso de ejes de transmisión provistos para la herramienta (62) o el objeto de mecanizado (61), comprendiendo el dispositivo (2, 3, 4):

una unidad de almacenamiento (43) adaptada para almacenar datos que especifican una región de frecuencia no válida (4311), siendo la región frecuencia no válida (4311) una banda de frecuencia de vibración que debe ser evitada; y

una unidad de determinación de la condición de vibración adaptada para obtener una velocidad de rotación dada de un árbol principal para rotar el objeto de mecanizado (61), un número dado de vibraciones a aplicar por rotación del árbol principal, y un período de proceso para generar un comando de movimiento para los ejes de accionamiento, siendo el período de proceso la duración de tiempo mínima que puede ser controlada por el dispositivo de control numérico (1), y adaptada para cambiar la velocidad de rotación del árbol principal o el número de vibraciones por rotación del árbol principal de tal manera que una frecuencia de la vibración que debe ser aplicada evite la región de frecuencia no válida (4311), en base a la velocidad de rotación dada, el número dado de vibraciones y el período de proceso.

2. Un dispositivo de control numérico (3, 4) para mecanizar un objeto de mecanizado (61) moviendo una herramienta (62) y el objeto de mecanizado (61) una en relación con el otro a lo largo de un trayecto de movimiento mientras se aplica vibración, mediante el uso de ejes de accionamiento provistos para la herramienta (62) o el objeto de mecanizado (61), comprendiendo el dispositivo (3, 4):

una unidad de almacenamiento (43) adaptada para almacenar datos que especifican una pluralidad de regiones de frecuencias no válidas (4311) para los ejes de accionamiento respectivos con respecto a la vibración, siendo las regiones de frecuencias no válidas (4311) bandas de frecuencia de vibración que se deben evitar;

una unidad de creación de región de frecuencia no válida compuesta (485) para crear una región de frecuencia no válida compuesta componiendo las regiones de frecuencias no válidas (4311) para los ejes de accionamiento respectivos; y

una unidad de determinación de la condición de vibración (484) adaptada para

cambiar una velocidad de rotación de un árbol principal o

para cambiar un número de vibraciones en base a

una velocidad de rotación dada del árbol principal para rotar el objeto de mecanizado (61) y

un número dado de vibraciones de la vibración en cada rotación del árbol principal y

un período de proceso para formar un comando de movimiento a los ejes de accionamiento, siendo el período de proceso la duración de tiempo mínima que puede ser controlada por el dispositivo de control numérico (1), de tal manera, que una frecuencia de la vibración evita la región de frecuencia no válida compuesta.

3. El dispositivo de control numérico (3, 4) de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además una unidad de detección de eje de corte por vibración para detectar los ejes de accionamiento utilizables como ejes de alimentación para generar la vibración, en el que la unidad de creación de región de frecuencia no válida compuesta (485) está adaptada para crear la región de frecuencia no válida compuesta componiendo las regiones de frecuencias no válidas (4311) para los ejes de accionamiento respectivos detectados por la unidad de detección del eje de corte por vibración.

4. El dispositivo de control numérico (2, 3, 4) de acuerdo con la reivindicación 1, 2 o 3, en el que la unidad de determinación de la condición de vibración (484) está adaptada para determinar una frecuencia para la vibración, bajo una condición en la que un período de la vibración es un múltiplo entero del período de proceso.

FIG.1

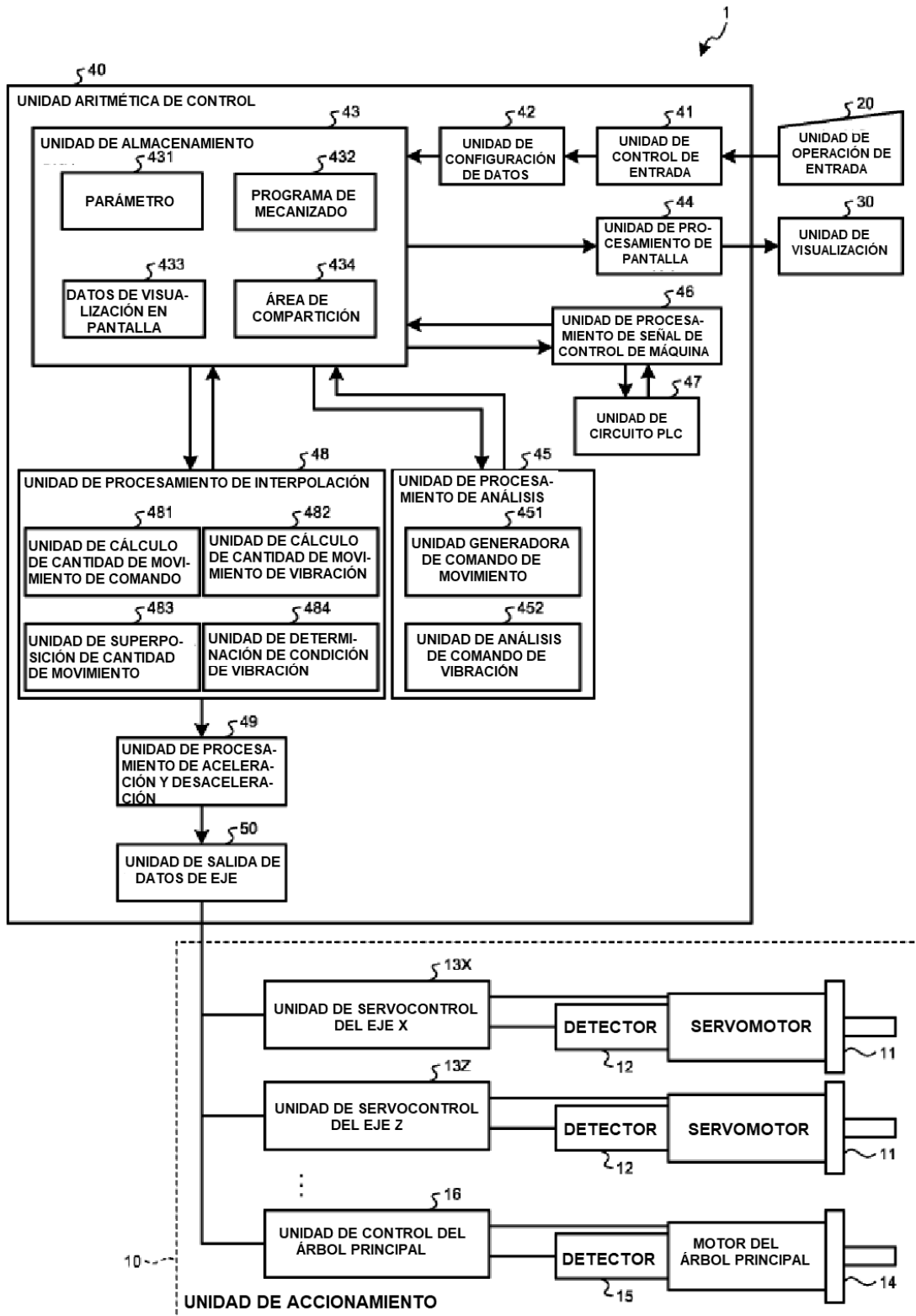


FIG.2

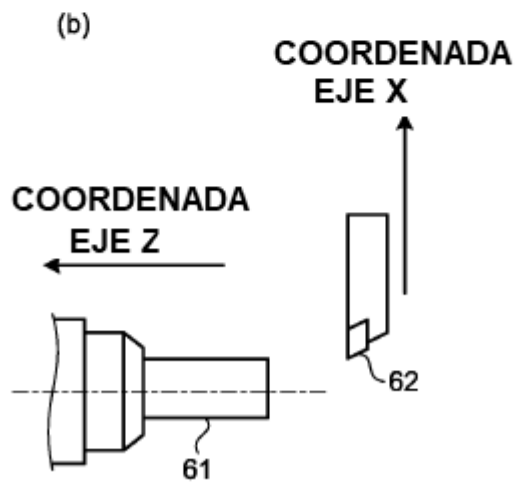
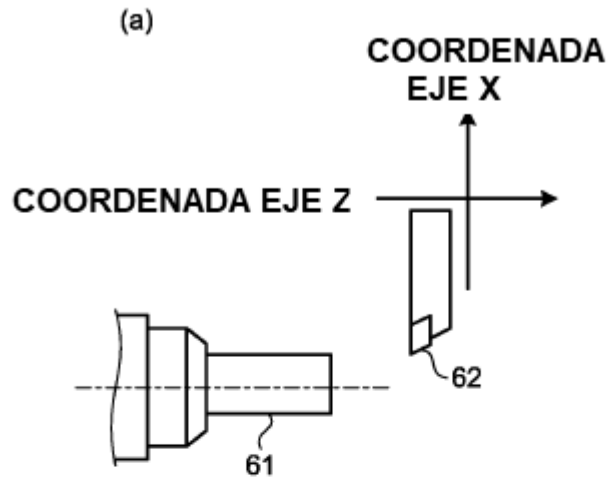
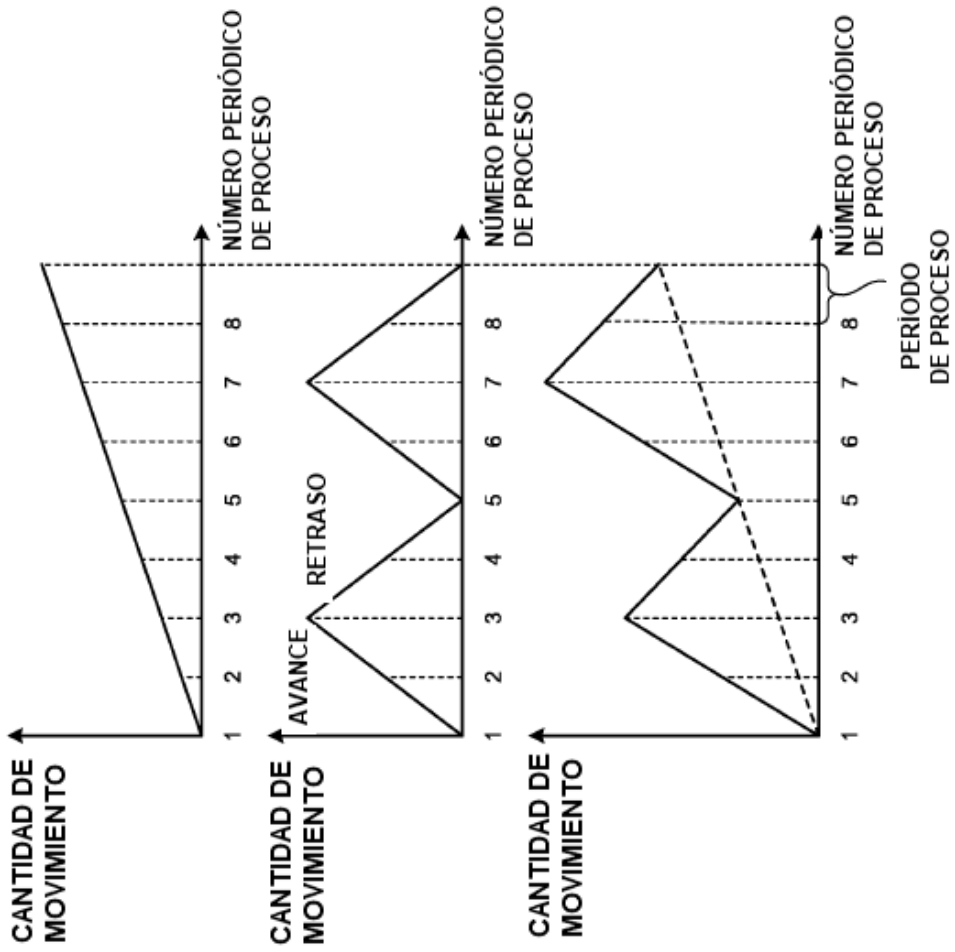


FIG.3



(1) TRAYECTO COMANDO DE PROGRAMA

(2) TRAYECTO DE VIBRACIÓN

(3) TRAYECTO SUPERPUESTO DE VIBRACIÓN
((1) + (2))

FIG.4

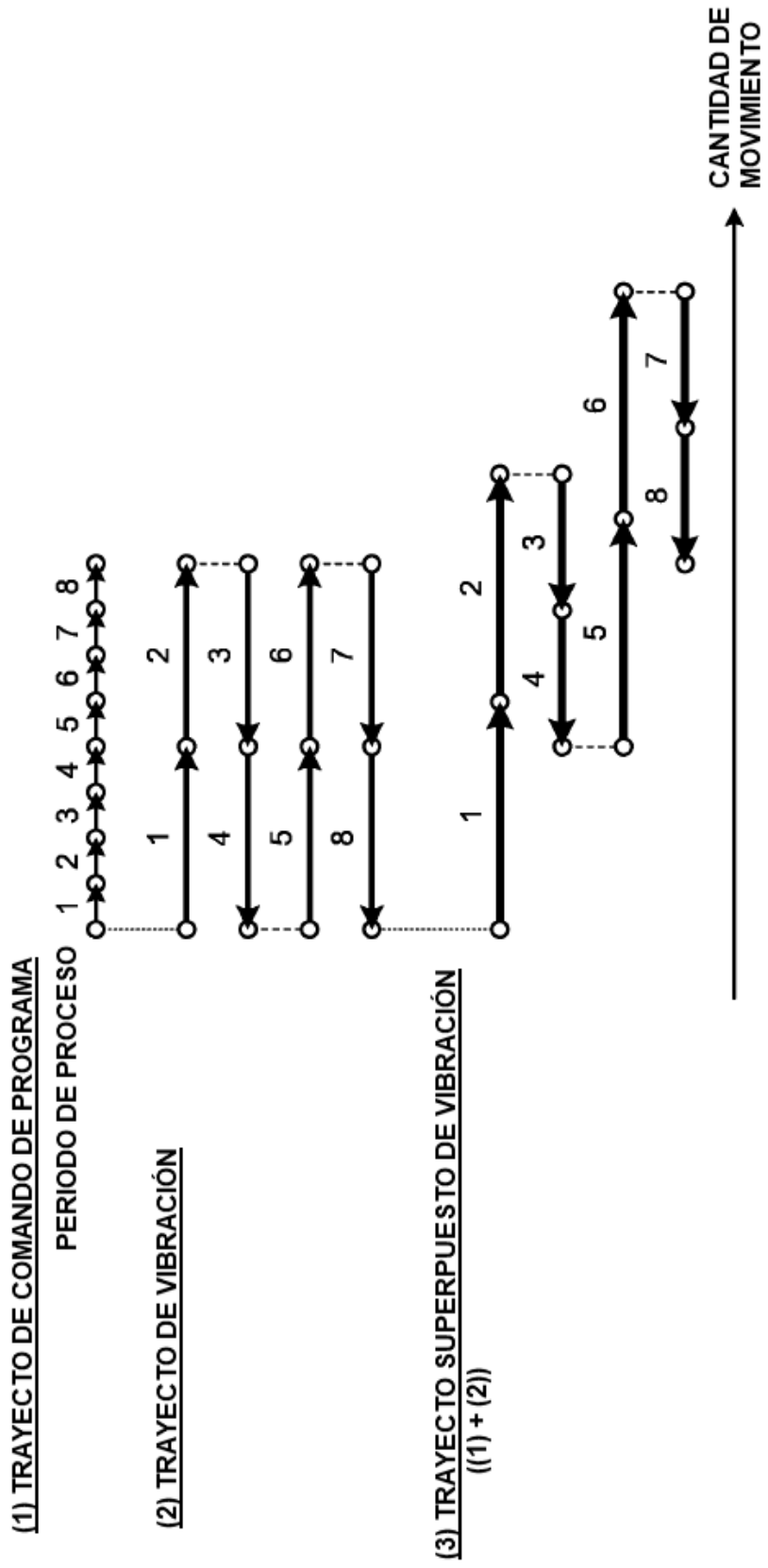


FIG.5

Núm.	NÚMERO PERIÓDICO DE PROCESO POR VIBRACIÓN NECESARIO	TIEMPO (ms) POR VIBRACIÓN NECESARIO	FRECUENCIA (Hz)	NÚMERO DE VIBRACIONES POR ROTACIÓN (num.veces/r)	VELOCIDAD ROTACIONAL DEL ÁRBOL PRINCIPAL (r/min)
1	2	2.0	500	1.5	20000
2	3	3.0	333.3	1.5	13333
3	4	4.0	250	1.5	10000
4	5	5.0	200	1.5	8000
5	6	6.0	166.7	1.5	6666
6	7	7.0	142.9	1.5	5714
7	8	8.0	125	1.5	5000
8	9	9.0	111.1	1.5	4444
9	10	10.0	100	1.5	4000
10	11	11.0	90.9	1.5	3636
11	12	12.0	83.3	1.5	3333
12	13	13.0	76.9	1.5	3076
13	14	14.0	71.4	1.5	2857
14	15	15.0	66.7	1.5	2666
15	16	16.0	62.5	1.5	2500
16	17	17.0	58.8	1.5	2352
17	18	18.0	55.6	1.5	2222
18	19	19.0	52.6	1.5	2105
19	20	20.0	50	1.5	2000
∴	∴	∴	∴	∴	∴

FIG.6

Núm.	NÚMERO PERIÓDICO DE PROCESO POR VIBRACIÓN NECESARIO	TIEMPO (ms) POR VIBRACIÓN NECESARIO	FRECUENCIA (Hz)	NÚMERO DE VIBRACIONES POR ROTACIÓN (num.veces/r)	VELOCIDAD ROTACIONAL DEL ÁRBOL PRINCIPAL (r/min)
1	2	2.0	500	0.5	60000
2	3	3.0	333.3	0.5	40000
3	4	4.0	250	0.5	30000
4	5	5.0	200	0.5	24000
5	6	6.0	166.7	0.5	20000
6	7	7.0	142.9	0.5	17142
7	8	8.0	125	0.5	15000
8	9	9.0	111.1	0.5	13333
9	10	10.0	100	0.5	12000
10	11	11.0	90.9	0.5	10909
11	12	12.0	83.3	0.5	10000
12	13	13.0	76.9	0.5	9230
13	14	14.0	71.4	0.5	8571
14	15	15.0	66.7	0.5	8000
15	16	16.0	62.5	0.5	7500
16	17	17.0	58.8	0.5	7058
17	18	18.0	55.6	0.5	6666
18	19	19.0	52.6	0.5	6315
19	20	20.0	50	0.5	6000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

FIG.7

Núm.	NÚMERO PERIÓDICO DE PROCESO POR VIBRACIÓN NECESARIO	TIEMPO (ms) POR VIBRACIÓN NECESARIO	FRECUENCIA (Hz)	NÚMERO DE VIBRACIONES POR ROTACIÓN (num.veces/r)	VELOCIDAD ROTACIONAL DEL ÁRBOL PRINCIPAL (r/min)
1	2	2.0	500	2.5	12000
2	3	3.0	333.3	2.5	8000
3	4	4.0	250	2.5	6000
4	5	5.0	200	2.5	4800
5	6	6.0	166.7	2.5	4000
6	7	7.0	142.9	2.5	3428
7	8	8.0	125	2.5	3000
8	9	9.0	111.1	2.5	2666
9	10	10.0	100	2.5	2400
10	11	11.0	90.9	2.5	2181
11	12	12.0	83.3	2.5	2000
12	13	13.0	76.9	2.5	1846
13	14	14.0	71.4	2.5	1714
14	15	15.0	66.7	2.5	1600
15	16	16.0	62.5	2.5	1500
16	17	17.0	58.8	2.5	1411
17	18	18.0	55.6	2.5	1333
18	19	19.0	52.6	2.5	1263
19	20	20.0	50	2.5	1200
∴	∴	∴	∴	∴	∴

FIG.8

Núm.	NÚMERO PERIÓDICO DE PROCESO POR VIBRACIÓN NECESARIO	TIEMPO (ms) POR VIBRACIÓN NECESARIO	FRECUENCIA (Hz)	NÚMERO DE VIBRACIONES POR ROTACIÓN (num.veces/r)	VELOCIDAD ROTACIONAL DEL ÁRBOL PRINCIPAL (r/min)
1	30	30	33.3	0.5	4000
2	10	10	100	1.5	4000
3	6	6	166.7	2.5	4000
4	31	31	32.3	0.5	3870
5	32	32	31.3	0.5	3750
6	33	33	30.3	0.5	3636
7	11	11	90.9	1.5	3636
8	34	34	29.4	0.5	3529
9	35	35	28.6	0.5	3428
10	7	7	142.9	2.5	3428
11	36	36	27.8	0.5	3333
12	12	12	83.3	1.5	3333
13	37	37	27.0	0.5	3243
14	38	38	26.3	0.5	3157
15	39	39	25.6	0.5	3076
16	13	13	76.9	1.5	3076
17	40	40	25	0.5	3000
18	8	8	125	2.5	3000
19	41	41	24.4	0.5	2926
20	42	42	23.8	0.5	2857
21	14	14	71.4	1.5	2857
22	43	43	23.3	0.5	2790
23	44	44	22.7	0.5	2727
24	45	45	22.2	0.5	2666
25	15	15	66.7	1.5	2666
26	9	9	111.1	2.5	2666
27	46	46	21.7	0.5	2608
28	47	47	21.3	0.5	2553
29	48	48	20.8	0.5	2500
30	16	16	62.5	1.5	2500
31	49	49	20.4	0.5	2448
32	50	50	20	0.5	2400
33	10	10	100	2.5	2400

FIG. 9

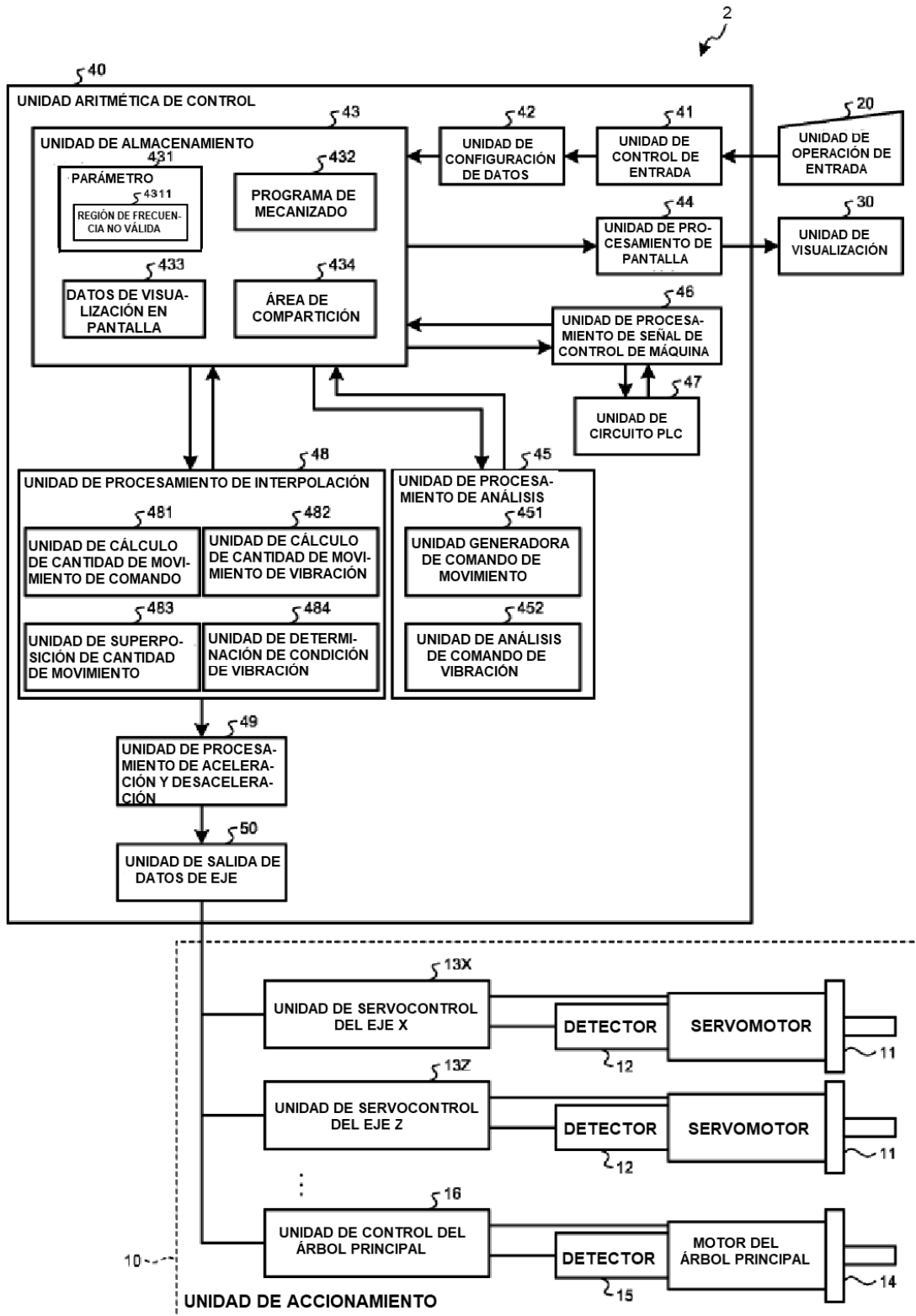


FIG.10

PARÁMETRO	VALOR DE CONFIGURACIÓN
VALOR MÍNIMO DE REGIÓN DE FRECUENCIA NO VÁLIDA	70
VALOR MÁXIMO DE REGIÓN DE FRECUENCIA NO VÁLIDA	90

FIG.11

Núm.	NÚMERO PERIÓDICO DE PROCESO POR VIBRACIÓN NECESARIO	TIEMPO (ms) POR VIBRACIÓN NECESARIO	FRECUENCIA (Hz)	NÚMERO DE VIBRACIONES POR ROTACIÓN (num.veces/r)	VELOCIDAD ROTACIONAL DEL ÁRBOL PRINCIPAL (r/min)
1	2	2.0	500	1.5	20000
2	3	3.0	333.3	1.5	13333
3	4	4.0	250	1.5	10000
4	5	5.0	200	1.5	8000
5	6	6.0	166.7	1.5	6666
6	7	7.0	142.9	1.5	5714
7	8	8.0	125	1.5	5000
8	9	9.0	111.1	1.5	4444
9	10	10.0	100	1.5	4000
10	11	11.0	90.9	1.5	3636
11	12	12.0	83.3	1.5	3333
12	13	13.0	76.9	1.5	3076
13	14	14.0	71.4	1.5	2857
14	15	15.0	66.7	1.5	2666
15	16	16.0	62.5	1.5	2500
16	17	17.0	58.8	1.5	2352
17	18	18.0	55.6	1.5	2222
18	19	19.0	52.6	1.5	2105
19	20	20.0	50	1.5	2000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

FIG.12

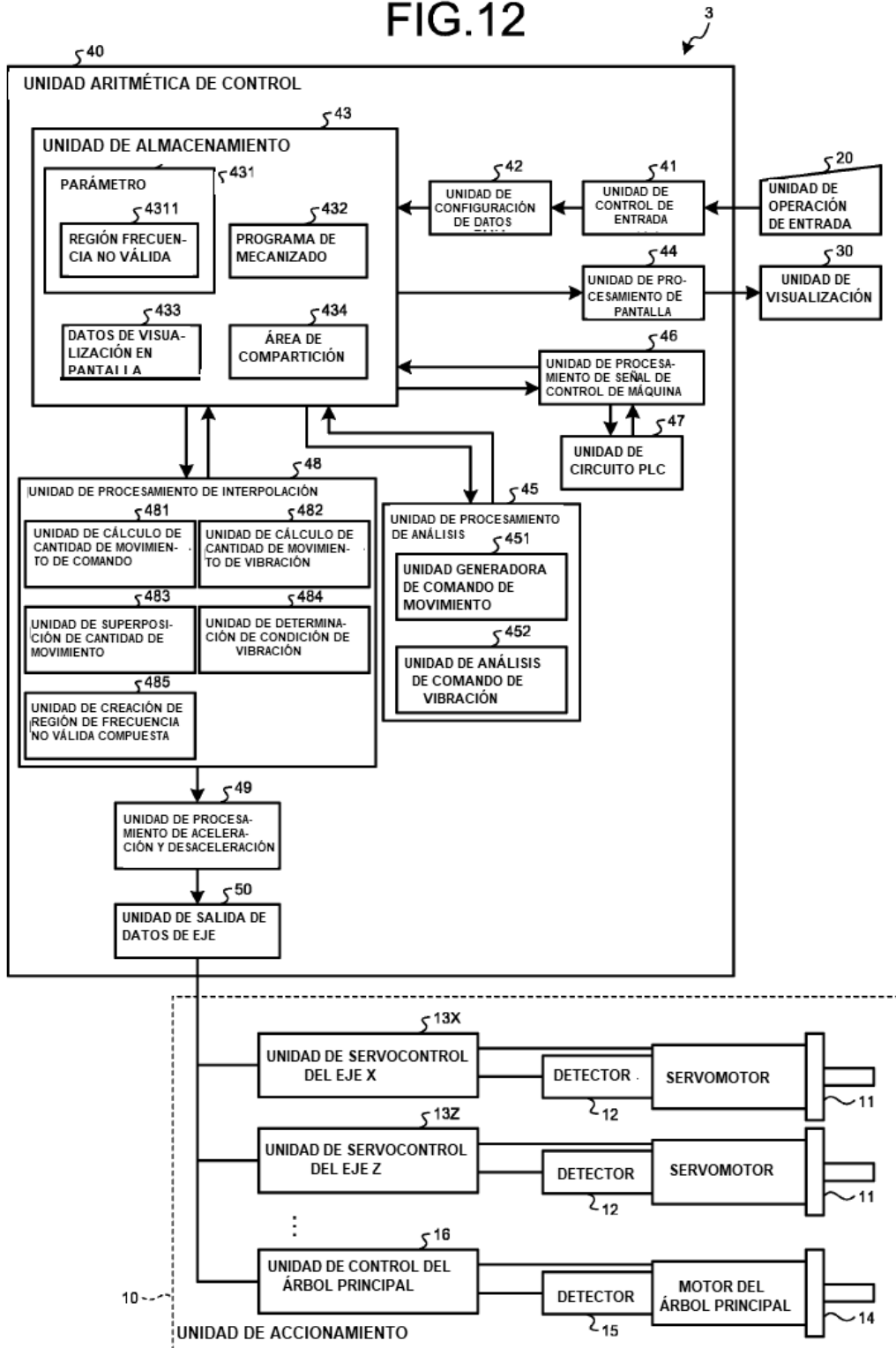


FIG.13

PARÁMETRO	VALOR CONFIGURADO DEL EJE X	VALOR CONFIGURADO DEL EJE Z
VALOR MÍNIMO DE REGIÓN DE FRECUENCIA NO VÁLIDA 1	50	75
VALOR MÁXIMO DE REGIÓN DE FRECUENCIA NO VÁLIDA 1	55	90
VALOR MÍNIMO DE REGIÓN DE FRECUENCIA NO VÁLIDA 2	70	0
VALOR MÁXIMO DE REGIÓN DE FRECUENCIA NO VÁLIDA 2	80	0
VALOR MÍNIMO DE REGIÓN DE FRECUENCIA NO VÁLIDA 3	100	0
VALOR MÁXIMO DE REGIÓN DE FRECUENCIA NO VÁLIDA 3	125	0

FIG.14

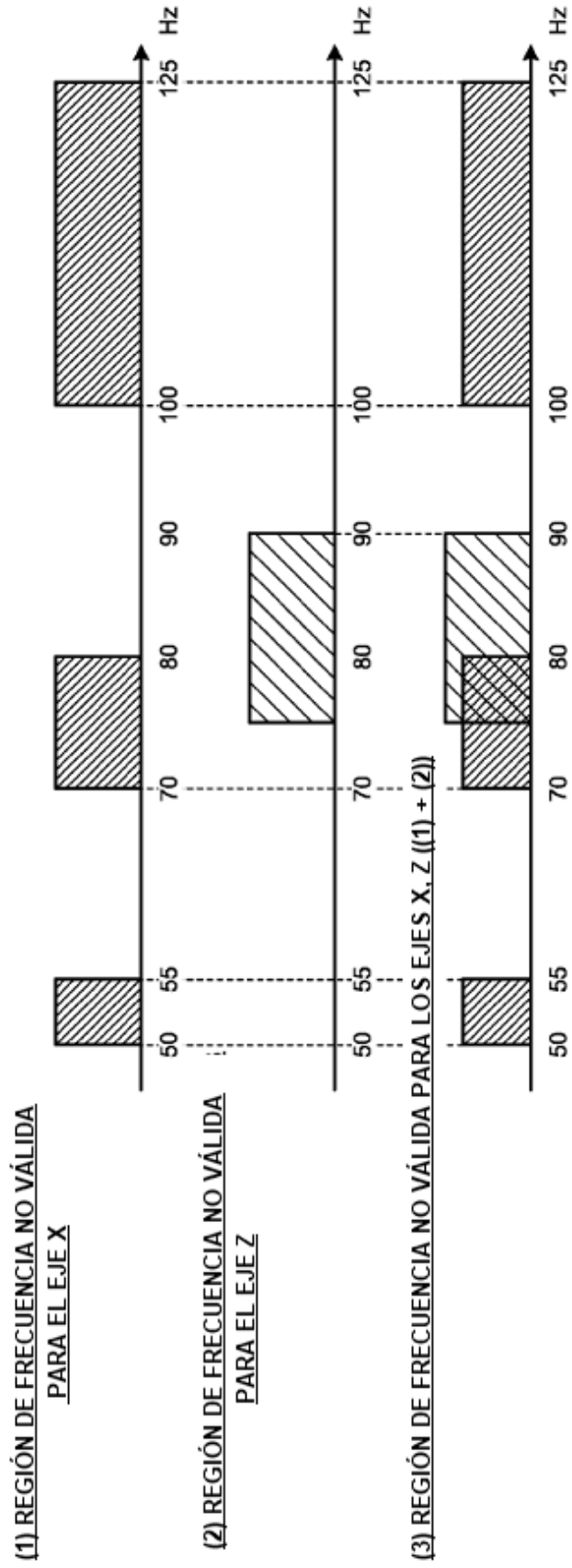


FIG. 15

Núm.	NÚMERO PERIÓDICO DE PROCESO POR VIBRACIÓN NECESARIO	TIEMPO (ms) POR VIBRACIÓN NECESARIO	FRECUENCIA _r (Hz)	NÚMERO DE VIBRACIONES POR ROTACIÓN (núm. veces/r)	VELOCIDAD ROTACIONAL DEL ÁRBOL PRINCIPAL (r/min)
1	2	2.0	500	1.5	20000
2	3	3.0	333.3	1.5	13333
3	4	4.0	250	1.5	10000
4	5	5.0	200	1.5	8000
5	6	6.0	166.7	1.5	6666
6	7	7.0	142.9	1.5	5714
7	8	8.0	125	1.5	5000
8	9	9.0	111.1	1.5	4444
9	10	10.0	100	1.5	4000
10	11	11.0	90.9	1.5	3636
11	12	12.0	83.3	1.5	3333
12	13	13.0	76.9	1.5	3076
13	14	14.0	71.4	1.5	2857
14	15	15.0	66.7	1.5	2666
15	16	16.0	62.5	1.5	2500
16	17	17.0	58.8	1.5	2352
17	18	18.0	55.6	1.5	2222
18	19	19.0	52.6	1.5	2105
19	20	20.0	50	1.5	2000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

FIG. 16

Núm.	NÚMERO PERIÓDICO DE PROCESO POR VIBRACIÓN NECESARIO	TIEMPO (ms) POR VIBRACIÓN NECESARIO	FRECUENCIA (Hz)	NÚMERO DE VIBRACIONES POR ROTACIÓN (num.veces/r)	VELOCIDAD ROTACIONAL DEL ÁRBOL PRINCIPAL (r/min)
1	30	30	33.3	0.5	4000
2	10	10	100	1.5	4000
3	6	6	166.7	2.5	4000
4	31	31	32.3	0.5	3870
5	32	32	31.3	0.5	3750
6	33	33	30.3	0.5	3636
7	11	11	90.9	1.5	3636
8	34	34	29.4	0.5	3529
9	35	35	28.6	0.5	3428
10	7	7	142.9	2.5	3428
11	36	36	27.8	0.5	3333
12	12	12	83.3	1.5	3333
13	37	37	27.0	0.5	3243
14	38	38	26.3	0.5	3157
15	39	39	25.6	0.5	3076
16	13	13	76.9	1.5	3076
17	40	40	25	0.5	3000
18	8	8	125	2.5	3000
19	41	41	24.4	0.5	2926
20	42	42	23.8	0.5	2857
21	14	14	71.4	1.5	2857
22	43	43	23.3	0.5	2790
23	44	44	22.7	0.5	2727
24	45	45	22.2	0.5	2666
25	15	15	66.7	1.5	2666
26	9	9	111.1	2.5	2666
27	46	46	21.7	0.5	2608
28	47	47	21.3	0.5	2553
29	48	48	20.8	0.5	2500
30	16	16	62.5	1.5	2500
31	49	49	20.4	0.5	2448
32	50	50	20	0.5	2400
33	10	10	100	2.5	2400

FIG.17

