

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Steuerung für einen Elektromotor.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] In einem System, wie zum Beispiel einer Werkzeugmaschine, welches jede der Antriebsachsen unter Verwendung eines Elektromotors antreibt, verändert sich die Trägheit eines angetriebenen Körpers, wie zum Beispiel eines Werkstück, eines Arbeitstisches auf welchem das Werkstück befestigt ist, oder dergleichen, entsprechend dem Werkstück, welches ein Ziel der Bearbeitung ist. Daher ist es notwendig, die Trägheit des angetriebenen Körpers exakt zu kennen, um jede der Achsen in einer solchen Werkzeugmaschine exakt steuern zu können. Eine Werkzeugmaschine mit der Fähigkeit, die Trägheit des angetriebenen Körpers zu schätzen, ist vorgeschlagen worden (zum Beispiel Patentschrift 1, Patentschrift 2 und Patentschrift 3).

[LISTE DER ZITATE]

[PATENTLITERATUR]

Patentschrift 1: JP 2010-148178 A

Patentschrift 2: JP 2014-007816 A

Patentschrift 3: JP 2016-181193 A

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[TECHNISCHES PROBLEM]

[0003] Da die Bestimmung der Trägheit erfordert, dass die Werkzeugmaschine bestimmte Vorgänge stabil ausführt, nimmt die Ausführung der Trägheitsbestimmungsfunktion in der Regel einige Zeit in Anspruch. Im Allgemeinen wird die Aktivierung der Trägheitsbestimmungsfunktion häufig nach dem Ermessen eines Betreibers vorgenommen. Eine Steuerung, welche in der Lage ist, die Notwendigkeit der Aktivierung der Trägheitsbestimmungsfunktion automatisch zu ermitteln, wird angestrebt.

[LÖSUNG DES PROBLEMS]

[0004] Ein Aspekt der vorliegenden Offenbarung ist eine Steuerung für einen Elektromotor, welche eine erste Trägheitsschätzeinheit, welche dafür eingerichtet ist, basierend auf ersten Informationen in Zusammenhang mit einem Betriebsprogramm oder einer Betriebseinstellung einer Vorrichtung, welche mit dem Elektromotor ausgerüstet ist, zweiten Informationen erlangt von einer Erfassungsvorrichtung, welche dafür eingerichtet ist, eine Form des angetriebe-

nen Körpers, welcher durch den Elektromotor angetrieben wird, zu erfassen, und/oder dritten Informationen, welche einen Betriebszustand des Elektromotors darstellen, zu ermitteln, ob sich die Trägheit eines angetriebenen Körpers verändert hat, und eine zweite Trägheitsschätzeinheit, welche dafür eingerichtet ist, die Trägheit des angetriebenen Körpers zu schätzen, wenn die erste Trägheitsschätzeinheit festgestellt hat, dass sich die Trägheit des angetriebenen Körpers verändert hat, aufweist.

[WIRKUNGEN DER ERFINDUNG]

[0005] Im Einklang mit der obenstehenden Ausgestaltung kann die Trägheitsbestimmungsfunktion aktiviert werden, indem automatisch festgestellt wird, ob sich die Trägheit verändert hat.

[0006] Aus der ausführlichen Beschreibung einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht in den begleitenden Zeichnungen werden diese Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung, sowie andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der Erfindung offensichtlicher.

Figurenliste

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, welches eine Ausgestaltung eines Systems, welches eine Steuerung für einen Elektromotor im Einklang mit einer Ausführungsform aufweist, darstellt.

Fig. 2 ist ein Diagramm zum Beschreiben einer Situation, in welcher sich eine Spannvorrichtung in einer Werkzeugmaschine verändert hat.

Fig. 3 ist ein Diagramm zum Beschreiben einer Situation, in welcher sich ein Programm in einer Werkzeugmaschine verändert hat.

Fig. 4 ist ein Diagramm zum Beschreiben einer Situation vom Ende eines Programms zum Start des nächsten Programms in einer Werkzeugmaschine.

Fig. 5 ist ein Diagramm, welches eine Situation darstellt, in welcher ein Werkstück durch einen Bildsensor in einer Werkzeugmaschine fotografiert wird.

Fig. 6 ist ein Diagramm, welches eine Situation darstellt, in welcher eine Spannvorrichtung durch einen Bildsensor in einer Werkzeugmaschine fotografiert wird.

Fig. 7 ist ein Diagramm zum Beschreiben des Unterschieds der Anzahl an Bearbeitungsarten aufgrund des Unterschieds in einem Werkstück.

Fig. 8 ist ein Diagramm zum Beschreiben eines Vorgangs zum Schätzen einer Änderung der Trägheit eines angetriebenen Körpers während

eines Nicht-Bearbeitungs-Zustands oder dergleichen.

Fig. 9 ist ein Diagramm zum Beschreiben eines Vorgangs zum Schätzen einer Änderung der Trägheit eines angetriebenen Körpers während eines konstanten Beschleunigungsvorgangs einer Vorschubachse.

Fig. 10 ist ein Diagramm, welches ein Beispiel des zeitlichen Übergangs von Beschleunigung und Drehmoment einer Vorschubachse darstellt.

Fig. 11A ist ein Diagramm zum Beschreiben einer Situation, in welcher Werkstücke mit unterschiedlicher Trägheit für eine Werkzeugmaschine verwendet werden.

Fig. 11B ist ein Diagramm zum Beschreiben einer Situation, in welcher Werkstücke mit unterschiedlicher Trägheit für eine Werkzeugmaschine verwendet werden.

Fig. 12A ist ein Diagramm, welches eine Zeitwellenform eines Drehmomentbefehls in der Situation von **Fig. 11A** darstellt.

Fig. 12B ist ein Diagramm, welches eine Zeitwellenform eines Drehmomentbefehls in der Situation von **Fig. 11B** darstellt.

Fig. 13A ist ein Diagramm, welches eine Frequenzkennlinie der Zeitwellenform des Drehmomentbefehls von **Fig. 12A** darstellt.

Fig. 13B ist ein Diagramm, welches eine Frequenzkennlinie der Zeitwellenform des Drehmomentbefehls von **Fig. 12B** darstellt.

BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0007] Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung werden nun unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. In den Zeichnungen, auf welche Bezug genommen wird, sind dieselben Komponenten oder Funktionen mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet worden. Zum leichteren Verständnis sind diese Zeichnungen entsprechend skaliert worden. Die in den Zeichnungen dargestellte Ausführungsform ist ein Beispiel zum Ausführen der vorliegenden Erfindung, und die vorliegende Erfindung ist nicht auf die in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsformen beschränkt.

[0008] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm, welches eine Ausgestaltung eines Systems, welches eine Steuerung 10 für einen Synchronmotor im Einklang mit einer Ausführungsform aufweist, darstellt. Die Steuerung 10 für einen Synchronmotor im Einklang mit der vorliegenden Ausführungsform (nachfolgend einfach als „Steuerung“ bezeichnet) betreibt einen Synchronmotor 41 (nachfolgend als ein Elektromotor 41 bezeichnet), welcher einen angetriebenen Körper

51 mit einer vorher festgelegten zugewiesenen Geschwindigkeit antreibt, indem sie einen Verstärker 30 basierend auf einem Positionsbefehl von einer Hauptsteuerung 20, wie zum Beispiel einer computergestützten numerischen Steuerung (CNC) ansteuert. Der Elektromotor 41 kann zum Beispiel zum Antreiben und Steuern einer Spindelachse oder einer Vorschubachse in einer Werkzeugmaschine dienen, oder kann die Gelenkachse eines Roboters drehen. Der angetriebene Körper 51 des Elektromotors 41 kann einen Tisch, einen Arm und ein an diesen angebrachtes oder von diesen abgelöstes Werkstück oder einen betätigenden Abschnitt des Elektromotors 41 selbst umfassen.

[0009] Nachfolgend wird das in **Fig. 1** beschriebene System derart beschrieben, als stelle es eine Werkzeugmaschine 1 dar. Die Position, die Geschwindigkeit und das Drehmoment des Elektromotors 41 werden durch die Steuerung 10 gesteuert, welche eine Servosteuerung ausführt. Die Hauptsteuerung 20 kann mit entsprechenden Steuerungen 10 für jede der Achsen verbunden sein.

[0010] In der Ausgestaltung von **Fig. 1** wird der Positionsbefehl, welcher durch die Befehlsberechnung in der Hauptsteuerung 20 erzeugt worden ist, zur Steuerung 10 gesendet und von einer Positionssteuereinheit 2 empfangen. Die Positionssteuereinheit 2 sendet einen Geschwindigkeitsbefehl basierend auf dem empfangenen Positionsbefehl an eine Geschwindigkeitssteuereinheit 3. Die Geschwindigkeitssteuereinheit 3 sendet einen Strombefehl basierend auf dem empfangenen Geschwindigkeitsbefehl an eine Stromsteuereinheit 4. Die Stromsteuereinheit 4 sendet einen Spannungsbefehl an eine Stromverstärkerschaltung 31, welche den Verstärker 30 zum Antreiben des Elektromotors 41 darstellt. Der Elektromotor 41 arbeitet mit einer vorher festgelegten zugewiesenen Geschwindigkeit durch den Strom, welcher vom der Stromverstärkerschaltung 31 eingespeist wird, um den angetriebenen Körper 51 anzutreiben.

[0011] Der Elektromotor 41 ist mit einem Sensor 42 zum Erfassen der Geschwindigkeit und Position des Elektromotors 41 ausgestattet. Daten in Zusammenhang mit der durch den Sensor 42 erfassten Geschwindigkeit und Position werden jeweils zur Positionssteuereinheit 2, zur Geschwindigkeitssteuereinheit 3 und zu einer ersten Trägheitsschätzeinheit 11 und einer zweiten Trägheitsschätzeinheit 12 in der Steuerung 10 zurückgespeist.

[0012] Die erste Trägheitsschätzeinheit 11 schätzt basierend auf ersten Informationen in Zusammenhang mit einem Betriebsprogramm (Bearbeitungsprogramm) oder einer Betriebseinstellung der Werkzeugmaschine 1, zweiten Informationen erlangt von einer Erfassungsvorrichtung (externer Sensor 52)

zum Erfassen einer Form eines angetriebenen Körpers, welcher vom Elektromotor 41 angetrieben wird, und/oder dritten Informationen, welche einen Betriebszustand des Elektromotors 41 darstellen, ob sich die Trägheit eines angetriebenen Körpers verändert hat. Die zweite Trägheitsschätzeinheit 12 nimmt eine Bestimmung der Trägheit des angetriebenen Körpers vor, wenn durch die erste Trägheitsschätzeinheit 11 geschätzt worden ist, dass sich die Trägheit des angetriebenen Körpers verändert hat.

[0013] Nachfolgend wird die Trägheitsbestimmung durch die zweite Trägheitsschätzeinheit 12 beschrieben. Beim Empfangen eines Signals (Startanweisung), welches eine Änderung der Trägheit des angetriebenen Körpers anzeigt, von der ersten Trägheitsschätzeinheit 11 gibt die zweite Trägheitsschätzeinheit 12 einen Beschleunigungs-/Verzögerungsbefehl an den Elektromotor 41 aus, um einen spezifischen Vorgang auszuführen, und schätzt die Trägheit des angetriebenen Körpers 51 basierend auf einem Geschwindigkeitswert, welcher vom Elektromotor 41 zurückgespeist wird, und einem Stromwert, welcher vom Verstärker 30 zurückgespeist wird. Die Trägheit J [kgm^2] des angetriebenen Körpers 51 kann durch die folgende Gleichung unter Verwendung eines Stromwerts I [A], eines Beschleunigungswerts a [rad/s^2], eines Geschwindigkeitswerts ω [rad/s] und einer Drehmomentkonstante K_t des Synchronmotors berechnet werden.

$$J = K_t \times I / a = K_t \times I / (d\omega / dt) \quad (1)$$

[0014] Nachfolgend wird ein Berechnungsverfahren für die Beschleunigung $a = d\omega/dt$ in Gleichung (1) beschrieben. Man gehe davon aus, dass der Geschwindigkeitswert $\omega(t)$ zu einem bestimmten Zeitpunkt t vom Sensor 42 in einem Abtastzeitraum T zurückgespeist wird. Die Beschleunigung a zu diesem Zeitpunkt kann als $a = (\omega(t) - \omega(t-T))/T$ berechnet werden, indem der Unterschied zwischen dem Geschwindigkeitswert $\omega(t)$, welcher zu einem bestimmten Zeitpunkt t zurückgespeist wird, und dem Geschwindigkeitswert $\omega(t-T)$, welcher zu einem Zeitpunkt $(t-T)$, welcher um einen Abtastzeitraum vor dem Zeitpunkt t liegt, zurückgespeist worden ist, verwendet wird.

[0015] Um die Trägheit unter Verwendung des Rückmeldungssignals wie oben beschrieben genau zu schätzen, ist es notwendig, die Bestimmung durchzuführen, nachdem sich das als Reaktion auf die Beschleunigung/Verzögerung erzeugte Drehmoment stabilisiert hat, weswegen es einige Zeit in Anspruch nimmt, die Trägheit zu schätzen. Die durch die zweite Trägheitsschätzeinheit 12 geschätzte Trägheit wird dazu verwendet, die Zeitkonstante des Beschleunigungs-/Verzögerungsbefehls zu ermitteln und die Geschwindigkeitsregelverstärkung zum Bestimmen der

Reaktionsgeschwindigkeit der Geschwindigkeitssteuerung zu berechnen.

[0016] Nachfolgend wird ein spezifisches Vorgangsbeispiel beschrieben, wobei die erste Trägheitsschätzeinheit 11 schätzt, ob sich die Trägheit eines angetriebenen Körpers geändert hat. Spezifische Vorgangsbeispiele umfassen folgende Element.

(1) Wenn sich die Spannvorrichtung verändert hat (Bestimmung basierend auf den zweiten Informationen)

(2) Wenn sich das Programm verändert hat (Bestimmung basierend auf den ersten Informationen)

(3) Zeitabstand des Programms (Bestimmung basierend auf den ersten Informationen)

(4) Zweidimensionales Bild vom Bildsensor (Bestimmung basierend auf den zweiten Informationen)

(5) Dreidimensionale Koordinaten vom Bildsensor (Bestimmung basierend auf den zweiten Informationen)

(6) Anzahl an Bearbeitungsarten (Bestimmung basierend auf den ersten Informationen)

(7) Messung während des Nicht-Bearbeitungs-Betriebs, etc. (Bestimmung basierend auf den dritten Informationen)

(8) Messung während einer konstanten Beschleunigung (Bestimmung basierend auf den dritten Informationen)

(9) Bestimmung aus der Drehmomentwellenform (Bestimmung basierend auf den dritten Informationen)

[0017] In den obigen Vorgangsbeispielen sind die Vorgangsbeispiele von (1) bis (6) Prozesse, welche hauptsächlich ausgeführt werden, bevor das Programm oder der Prozess startet, und die Beispiele von (7) bis (9) sind Prozesse, welche während des Betriebs des Bearbeitungsprogramms ausgeführt werden können. Im Fall der Vorgangsbeispiele (4) und (5) unter Verwendung des Bildsensors können die Prozesse ausgeführt werden, während das Bearbeitungsprogramm läuft.

(1) Wenn sich die Spannvorrichtung verändert hat

[0018] Wenn sich die Spannvorrichtung zum Befestigen des Werkstücks verändert hat, kann auch die Form des Werkstücks als verändert betrachtet werden. Auf dieser Grundlage erfasst die erste Trägheitsschätzeinheit 11, ob sich die Spannvorrichtung, welche das Werkstück fixiert, verändert hat. Wenn sich die Spannvorrichtung verändert hat, schätzt die erste Trägheitsschätzeinheit 11, dass sich die Trägheit des angetriebenen Körpers aufgrund einer

Änderung der Form des Werkstücks verändert hat. **Fig. 2** stellt eine Spannvorrichtung an der Werkzeugmaschine 1, ein an der Spannvorrichtung befestigtes Werkstück und einen Spindelträger 101 dar. Im Fall des vorliegenden Vorgangsbeispiels ist ein Träger zum Speichern von Identifikationsinformationen (Strichcode, IC-Etikett, ID-Chip, etc.), welcher spezifische Identifikationsinformationen über die Spannvorrichtung enthält, an der Spannvorrichtung angebracht. Auf der linken Seite von **Fig. 2** ist eine Situation dargestellt, in welcher eine Spannvorrichtung 71 als die Spannvorrichtung zum Befestigen eines Werkstücks W1 in der Werkzeugmaschine 1 verwendet worden ist, und eine Bearbeitung durch ein Werkzeug, welches am Spindelträger 101 angebracht ist, vorgenommen wird. Auf der rechten Seite von **Fig. 2** ist eine Situation dargestellt, in welcher eine Spannvorrichtung 72, welche sich von der Spannvorrichtung 71 unterscheidet, dazu verwendet worden ist, das Werkstück W2, welches eine andere Form aufweist als das Werkstück W1, an der Werkzeugmaschine 1 zu befestigen.

[0019] Ein Träger zum Speichern von Identifikationsinformationen 91 zum Speichern der Identifikationsinformationen der Spannvorrichtung 71 ist an der Spannvorrichtung 71 angebracht. Ein Träger zum Speichern von Identifikationsinformationen 92 zum Speichern der Identifikationsinformationen der Spannvorrichtung 72 ist an der Spannvorrichtung 72 angebracht. In diesem Fall ist ein externer Sensor 52 eine Lesevorrichtung zum Einlesen der Identifikationsinformationen, welche durch die Träger 91 und 92 zum Speichern der Identifikationsinformationen gespeichert sind. Wenn die Träger 91 und 92 zum Speichern von Identifikationsinformationen zum Beispiel Strichcodes sind, so ist der externe Sensor 52 eine Strichcode-Lesevorrichtung. Die Strichcode-Lesevorrichtung ist zum Beispiel an einer Position im Spindelträger 101 der Werkzeugmaschine 1 angebracht, an welcher die Träger 91 und 92 zum Speichern von Identifikationsinformationen ausgelesen werden können.

[0020] Die erste Trägheitsschätzeinheit 11 veranlasst den externen Sensor 52 dazu, die Identifikationsinformationen, welche im Träger 91 (oder 92) zum Speichern von Identifikationsinformationen gespeichert sind, zu einem vorher festgelegten Zeitpunkt, zum Beispiel vor dem Beginn der Ausführung des Bearbeitungsprogramms, einzulesen. Wenn sich die zu diesem Zeitpunkt eingelesenen Identifikationsinformationen der Spannvorrichtung 72 von den am vorherigen Zeitpunkt eingelesenen Identifikationsinformationen der Spannvorrichtung 71 unterscheiden, dann schätzt die erste Trägheitsschätzeinheit 11, dass sich die Trägheit aufgrund der Änderung der Form des Werkstücks verändert hat, und veranlasst die zweite Trägheitsschätzeinheit 12 dazu, die Bestimmung der Trägheit durchzuführen.

[0021] Das vorliegende Vorgangsbeispiel ist ein Verfahren zum indirekten Erfassen, dass sich die Form des Werkstücks verändert hat, indem die Form der Spannvorrichtung erfasst wird. Daher ergibt sich ein Vorteil in einer Situation, in welcher das Werkstück von der Position des externen Sensors 52 aus nicht direkt eingesehen werden kann.

(2) Wenn sich das Programm verändert hat

[0022] Wenn sich das Bearbeitungsprogramm verändert, kann dies als der Fall angesehen werden, in welchem sich die Form des Werkstücks, welches das Ziel der Bearbeitung ist, verändert. Auf dieser Grundlage schätzt die erste Trägheitsschätzeinheit 11, dass sich die Trägheit des angetriebenen Körpers aufgrund einer Änderung der Form des Werkstücks verändert hat, wenn sich das Bearbeitungsprogramm verändert hat. Auf der linken Seite von **Fig. 3** ist eine Situation dargestellt, in welcher das Ziel der Bearbeitung durch ein Programm A in der Werkzeugmaschine 1 ein Werkstück W 11 ist. Auf der rechten Seite von **Fig. 3** ist eine Situation dargestellt, in welcher das Ziel der Bearbeitung durch ein Programm B in der Werkzeugmaschine 1 ein Werkstück W12 ist, welches sich hinsichtlich seiner Form vom Werkstück W 11 unterscheidet. **Fig. 3** stellt einen Fall dar, in welchem dieselbe Spannvorrichtung und dasselbe Werkzeug beim Bearbeiten durch das Programm A und das Programm B verwendet werden.

[0023] In diesem Fall erlangt die erste Trägheitsschätzeinheit 11 Informationen (Programmname, etc.) zum Identifizieren des Bearbeitungsprogramms von der Hauptsteuerung 20. Dann schätzt die erste Trägheitsschätzeinheit 11, dass sich die Trägheit aufgrund einer Änderung der Form des Werkstücks verändert hat, wenn sich die erlangten Identifikationsinformationen des Programms von den Identifikationsinformationen des zuletzt ausgeführten Programms unterscheiden. Als nächstes veranlasst die erste Trägheitsschätzeinheit 11 die zweite Trägheitsschätzeinheit 12 dazu, die Bestimmung der Trägheit durchzuführen.

[0024] Ob sich das Programm geändert hat, kann zum Beispiel nicht nur aus dem Programmnamen ermittelt werden, sondern auch durch die folgenden Verfahren.

(a1) Die Ausgangsposition des Werkstücks, welche im Programm definiert ist, wird am Beginn des Programms gemessen. Wenn der Unterschied zwischen der am Beginn des aktuellen Programms gemessenen Ausgangsposition und der beim zuletzt ausgeführten Programm gemessenen Ausgangsposition einen Grenzwert überschreitet, wird bestimmt, dass sich das Programm verändert hat.

(a2) Wenn ein Koordinatensystem, welches im letzten Programm nicht verwendet worden ist, als ein

Koordinatensystem (G54 bis G59) des G-Codes zum Auswählen des Werkstückkoordinatensystems verwendet wird, wird festgestellt, dass sich das Programm unterscheidet. Man nehme zum Beispiel an, dass das im letzten Programm verwendete Werkstückkoordinatensystem nur G54 des G-Codes ist (das heißt, die Definition des Bearbeitens nur einer Fläche). Man nehme andererseits an, dass das im aktuellen Programm definierte Werkstückkoordinatensystem G54, G55 und G56 des G-Codes ist (das heißt, die Definition des Bearbeitens von drei Flächen). In diesem Fall kann die erste Trägheitsschätzeinheit 11 aus dem Unterschied des verwendeten Werkstückkoordinatensystems ermitteln, dass sich das Programm unterscheidet. Diese Punkte, (a1) und (a2), können auch als Informationen in Zusammenhang mit der Betriebseinstellung der Werkzeugmaschine 1 bezeichnet werden.

(3) Zeitabstand des Programms

[0025] In der Regel wird dasselbe Bearbeitungsprogramm fortlaufend ohne irgendeinen zeitlichen Abstand ausgeführt. Wenn ein bestimmter Zeitabstand zwischen dem Ende einer Ausführung eines bestimmten Bearbeitungsprogramms und dem Start des nächsten Bearbeitungsprogramms besteht, kann davon ausgegangen werden, dass es sich um eine Situation handelt, bei welcher eine andere Bearbeitung vorgenommen wird (zum Beispiel eine Situation, in welcher das Bearbeitungsprogramm ein anderes ist), und einen Fall, in welchem eine Änderung der Form des Werkstücks eintritt. Man gehe von der Situation aus, welche in **Fig. 4** dargestellt ist. In **Fig. 4** endet in der Werkzeugmaschine 1 das Bearbeiten des Werkstücks W41 durch das Programm A zum Zeitpunkt T1, und das Bearbeiten des Werkstücks W42 durch das nächste Programm B startet zum Zeitpunkt T2. Die erste Trägheitsschätzeinheit 11 stellt fest, dass sich die Form des Werkstücks verändert hat, wenn der Abstand zwischen dem Bearbeitungszeitpunkt T1 des letzten Programms A und der Startzeitpunkt T2 des aktuellen Bearbeitungsprogramms B einen voreingestellten Sollwert überschreitet. Dieser Sollwert kann zum Beispiel durch eine Bedienerschnittstelle der Hauptsteuerung 20 von einem Benutzer eingestellt und in die Steuerung 10 eingegeben werden. Da dieser Sollwert vom Typ der Werkzeugmaschine, dem Typ der Bearbeitung, dem Typ des Zielwerkstücks, etc. abhängt, legt der Benutzer den Sollwert unter Berücksichtigung dieser Aspekte fest, bevor er ihn eingibt.

[0026] Die erste Trägheitsschätzeinheit 11 erlangt die Zeitinformationen von der internen Uhr in der Steuerung 10, speichert die Endzeit des letzten Programms A, und erlangt die Startzeit des aktuellen Programms B. Die erste Trägheitsschätzeinheit 11 vergleicht den Zeitabstand vom Endzeitpunkt T1 des letzten Programms A bis zum Startzeitpunkt T2

des aktuellen Programms B mit dem voreingestellten Sollwert. Wenn der Zeitabstand größer als der Sollwert ist, so stellt die erste Trägheitsschätzeinheit 11 fest, dass sich die Trägheit des angetriebenen Körpers 51 aufgrund einer Änderung der Form des Werkstücks verändert hat, und veranlasst die zweite Trägheitsschätzeinheit 12 dazu, die Bestimmung der Trägheit vorzunehmen.

(4) Zweidimensionales Bild vom Bildsensor

[0027] Als nächstes wird ein Beispiel des Bestimmungsvorgangs durch die erste Trägheitsschätzeinheit 11 beschrieben, wenn ein Bildsensor 110 (Kamera) als der externe Sensor 52 verwendet wird. Wie in den **Fig. 5** und **Fig. 6** dargestellt, ist der Bildsensor 110 oben auf dem Spindelträger 101 in einer Art und Weise befestigt, dass er in der Lage ist, einen Bearbeitungsbereich, welcher mindestens einen Teil des angetriebenen Körpers (zum Beispiel das Werkstück oder die Spannvorrichtung) aufweist, zu erfassen.

[0028] Auf der linken Seite von **Fig. 5** ist eine Situation dargestellt, in welcher das Bearbeiten des Werkstücks W51 durch die Werkzeugmaschine 1 erfolgt. Auf der rechten Seite von **Fig. 5** ist eine Situation dargestellt, in welcher das Bearbeiten des Werkstücks W52, welches eine andere Form aufweist als das Werkstück W51, durch die Werkzeugmaschine 1 erfolgt. Im Fall von **Fig. 5** ist der Bildsensor 110 an einer Position angebracht, von welcher aus das Werkstück W51 (W52) fotografiert werden kann. Die erste Trägheitsschätzeinheit 11 erlangt ein Bild, in welchem der Bildsensor 110 zum Beispiel einen Bereich, welcher das Werkstück am Beginn der Bearbeitung aufweist, erfasst hat. Die erste Trägheitsschätzeinheit 11 vergleicht das Bild des Werkstücks W51, welches bei der letzten Bearbeitung erlangt worden ist, mit dem Bild des Werkstücks W52, welches bei der aktuellen Bearbeitung erlangt wird, um zu ermitteln, ob sich die Form des Werkstücks verändert hat. Hierbei kann die Form des Werkstücks in dem Bild spezifiziert und verglichen werden, indem zum Beispiel ein Bereich aufweisend einen für das Werkstück spezifischen Farbton vom erlangten Bild extrahiert wird. Andere Bildererkennungstechniken können dazu verwendet werden, Merkmale vom Bild zu extrahieren und das Werkstück in dem Bild zu identifizieren.

[0029] Wenn durch den Vergleich unter Verwendung des zweidimensionalen Bilds des Werkstücks festgestellt wird, dass eine Änderung der Form des Werkstücks vorliegt, so veranlasst die erste Trägheitsschätzeinheit 11 die zweite Trägheitsschätzeinheit 12 dazu, die Bestimmung der Trägheit vorzunehmen.

[0030] Fig. 6 ist ein Diagramm zum Beschreiben eines Beispiels des Erfassens der Form der Spannvorrichtung durch den Bildsensor 110. Auf der linken Seite von Fig. 6 ist eine Situation dargestellt, in welcher das Bearbeiten durch die Werkzeugmaschine 1 am Werkstück W61, welches an der Spannvorrichtung 171 befestigt ist, erfolgt. Auf der rechten Seite von Fig. 6 ist eine Situation dargestellt, in welcher das Bearbeiten durch die Werkzeugmaschine 1 am Werkstück W62, welches an der Spannvorrichtung 172 befestigt ist, erfolgt. In dem Fall von Fig. 6 ist der Bildsensor 110 an einer Position angeordnet, von welcher aus mindestens ein Teil der Spannvorrichtung 171 (Spannvorrichtung 172) fotografiert werden kann. Die erste Trägheitsschätzeinheit 11 erlangt ein vom Bildsensor 110 erfasstes Bild, welches die Spannvorrichtung aufweist. Die erste Trägheitsschätzeinheit 11 vergleicht das Bild der Spannvorrichtung 171, welches bei der letzten Bearbeitung erfasst worden ist, mit dem Bild der Spannvorrichtung 172, welches bei der aktuellen Bearbeitung erfasst wird, um zu ermitteln, ob sich die Form der Spannvorrichtung verändert hat. Hierbei kann die Form der Spannvorrichtung in dem Bild spezifiziert und verglichen werden, indem zum Beispiel ein Bereich aufweisend einen für die Spannvorrichtung spezifischen Farbton vom erlangten Bild extrahiert wird. Andere Bilderkennungstechniken können verwendet werden, um Merkmale vom Bild zu extrahieren und die Spannvorrichtung in dem Bild zu identifizieren.

[0031] Wenn durch den Vergleich unter Verwendung des zweidimensionalen Bilds der Spannvorrichtung ermittelt wird, dass sich die Form der Spannvorrichtung verändert hat, geht die erste Trägheitsschätzeinheit 11 davon aus, dass sich die Form des Werkstücks verändert hat, und stellt fest, dass sich die Trägheit des angetriebenen Körpers verändert hat. Als nächstes veranlasst die erste Trägheitsschätzeinheit 11 die zweite Trägheitsschätzeinheit 12 dazu, die Bestimmung der Trägheit vorzunehmen. Das vorliegende Vorgangsbeispiel ist ein Verfahren zum indirekten Erfassen, dass sich die Form des Werkstücks verändert hat, indem die Form der Spannvorrichtung erfasst wird. Daher ergibt sich ein Vorteil in einer Situation, in welcher das Werkstück von der Position des Bildsensors 110 aus nicht direkt eingesehen werden kann.

(5) Dreidimensionale Koordinaten vom Bildsensor

[0032] Als nächstes wird ein Vorgangsbeispiel in dem Fall beschrieben, in welchem ein dreidimensionaler Sensor (eine Stereokamera, etc.), welcher in der Lage ist, dreidimensionale Informationen eines Zielobjekts zu erlangen, als der Bildsensor 110 verwendet wird. Man gehe davon aus, dass dreidimensionale Koordinateninformationen (ein dreidimensionales Bild) eines Bereichs, welcher das Werkstück

W51 und das Werkstück W52 aufweist, in der Situation von Fig. 5 unter Verwendung eines dreidimensionalen Sensors als der Bildsensor 110 erfasst wird. In diesem Fall identifiziert die erste Trägheitsschätzeinheit 11 das Werkstück zum Beispiel als eine Masse eines Objekts, welches in dem dreidimensionalen Bild auf dem Arbeitstisch vorhanden ist. Die erste Trägheitsschätzeinheit 11 vergleicht die auf diese Weise identifizierten dreidimensionalen Forminformationen des Werkstücks W51 und des Werkstücks W52. Somit kann die erste Trägheitsschätzeinheit 11 exakter erkennen, ob sich die Form (zum Beispiel das Volumen) des Werkstücks verändert hat. Andere Bildverarbeitungstechniken können dazu verwendet werden, das Werkstück basierend auf dem Umfang von Merkmalen im dreidimensionalen Bild zu spezifizieren.

[0033] Man betrachte den Fall, in welchem dreidimensionale Koordinateninformationen eines Bereichs, welcher die Spannvorrichtung 171 und die Spannvorrichtung 172 aufweist, erlangt werden, wie in Fig. 6 dargestellt, indem ein dreidimensionaler Sensor als der Bildsensor 110 verwendet wird. In diesem Fall kann die erste Trägheitsschätzeinheit 11 zum Beispiel ein Objekt in einem vorher festgelegten Abstand vom Bildsensor 110 als die Spannvorrichtung spezifizieren, indem sie die dreidimensionalen Koordinateninformationen verwendet. Die erste Trägheitsschätzeinheit 11 vergleicht die auf diese Weise spezifizierten dreidimensionalen Forminformationen der Spannvorrichtung 171 und der Spannvorrichtung 172. Somit kann die erste Trägheitsschätzeinheit 11 exakter erkennen, ob sich die Form der Spannvorrichtung verändert hat. Andere Bildverarbeitungstechniken können dazu verwendet werden, die Spannvorrichtung basierend auf dem Umfang von Merkmalen im dreidimensionalen Bild zu spezifizieren. Dieses Vorgangsbeispiel ist eine Technik zum indirekten Erkennen, durch Erfassen der Form der Spannvorrichtung, dass sich die Form des Werkstücks verändert hat. Daher ergibt sich ein Vorteil in einer Situation, in welcher das Werkstück von der Position des Bildsensors 110 aus nicht direkt eingesehen werden kann.

(6) Anzahl an Bearbeitungsarten

[0034] In der Regel weist das Bearbeitungsprogramm der numerischen Steuerung (CNC) eine Ausgestaltung auf, in welcher ein Unterprogramm, welches eine spezifische Bearbeitung beschreibt, für jede Art von Bearbeitung unter einem Hauptablauf zum Steuern des gesamten Bearbeitungsablaufs bereitgestellt ist. Daher kann die Anzahl der Bearbeitungsarten durch Extrahieren der Anzahl an Unterprogrammen im Bearbeitungsprogramm erfasst werden. Die erste Trägheitsschätzeinheit 11 erlangt die Anzahl an Bearbeitungsarten aus dem in der Hauptsteuerung 20 gespeicherten Bearbeitungspro-

gramm. Die erste Trägheitsschätzeinheit 11 vergleicht die Anzahl an Bearbeitungsarten, welche aus dem beim letzten Mal ausgeführten Programm extrahiert worden ist, mit der Anzahl an Bearbeitungsarten, welche aus dem dieses Mal ausgeführten Programm extrahiert wird. Auf der linken Seite von **Fig. 7** ist eine Situation dargestellt, in welcher eine Bearbeitung des Werkstücks W71 unter Verwendung eines Programms durch die Werkzeugmaschine 1 vorgenommen wird. Auf der rechten Seite von **Fig. 7** ist eine Situation dargestellt, in welcher in der Werkzeugmaschine 1 eine Bearbeitung durch ein Programm, welches sich von jenem für das Werkstück W71 unterscheidet, am Werkstück W72, welches eine Form, welche sich von jener des Werkstücks W71 unterscheidet, aufweist, durchgeführt wird. Da sich die Form des Werkstücks unterscheidet, unterscheidet sich in diesem Fall der Inhalt der spezifischen Bearbeitung sowie auch die Anzahl an Bearbeitungsarten.

[0035] Wenn sich die Anzahl an Bearbeitungsarten im zuletzt verwendeten Programm von der Anzahl der Bearbeitungsarten im aktuellen Programm unterscheidet, so schätzt die erste Trägheitsschätzeinheit 11, dass sich die Trägheit des angetriebenen Körpers 51 aufgrund einer Änderung der Form des Werkstücks verändert hat. In diesem Fall veranlasst die erste Trägheitsschätzeinheit 11 die zweite Trägheitsschätzeinheit 12 dazu, die Bestimmung der Trägheit vorzunehmen.

(7) Messung während des Nicht-Bearbeitungs-Betriebs, etc.

[0036] Während der Ausführung des Bearbeitungsprogramms kann die erste Trägheitsschätzeinheit 11 derart eingerichtet sein, dass sie in der Lage ist, in einer Art und Weise, welche das Bearbeitungsprogramm oder dergleichen nicht unterbricht, zu schätzen, ob sich die Trägheit verändert hat. In einem ersten Beispiel eines solchen Vorgangs, in dem Fall, in welchem das Bearbeitungsprogramm ausgeführt wird und in einem Nicht-Bearbeitungs-Zustand, wenn eine Zielachse für die Trägheitsbestimmung angehalten worden ist oder sich mit einer konstanten Geschwindigkeit bewegt (während eines sogenannten Nicht-Bearbeitungs-Vorgangs), wird die Trägheit durch Vibrieren der Achse berechnet. **Fig. 8** stellt die Ausgestaltung der Werkzeugmaschine 1 dar. Wie in **Fig. 8** dargestellt, weist die Werkzeugmaschine 1 einen Spindelmotor M11 zum Antreiben der Spindelachse an der Spitze des Spindelträger 101 auf. Die Werkzeugmaschine 1 weist Vorschubachsenmotoren M12 und M13 zum Bewegen des Arbeitstisches, auf welchem das Werkstück W81 platziert ist, in der X-Achsenrichtung beziehungsweise in der Y-Achsenrichtung auf, wobei beide Richtungen lotrecht zur Spindelachse (Achse) verlaufen.

[0037] Man nehme zum Beispiel an, dass die Zielachse für die Trägheitsbestimmung die Achse in der X-Achsenrichtung ist. In diesem Fall erkennt die erste Trägheitsschätzeinheit 11 einen Zustand, in welchem der Vorschubachsenmotor M12 angehalten worden ist oder im Nicht-Bearbeitungs-Zustand mit einer konstanten Geschwindigkeit betrieben wird, zum Beispiel durch Verwendung von Rückmeldeinformationen vom Sensor 42. Wenn ein solcher Zustand erkannt wird, übt die erste Trägheitsschätzeinheit 11 eine Vibration auf die Vorschubachse aus und berechnet die Trägheit J [kgm²] durch die folgende Bewegungsgleichung (2) aus der Beschleunigung a [rad/s²] und dem Drehmoment T [Nm] zu diesem Zeitpunkt. Das Drehmoment T [Nm] kann durch Multiplizieren des Stromwerts, welcher von der Stromsteuereinheit 4 rückgespeist wird, mit einem Koeffizienten erlangt werden.

$$J a = T \quad (2)$$

[0038] Da der Zweck hierbei darin besteht, zu ermitteln, ob sich die Trägheit verändert hat, kann die Berechnung des Trägheitswerts in einer kürzeren Zeit als der Zeit, welche die zweite Trägheitsschätzeinheit 12 zum Schätzender Trägheit benötigt, vorgenommen werden. Wenn sich die durch den oben beschriebenen Vibrationsvorgang erfasste Trägheit von der Trägheit, welche beim letzten Mal durch einen solchen Vibrationsvorgang erfasst worden ist, unterscheidet (zum Beispiel wenn der Unterschied der Trägheit einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet), kann die erste Trägheitsschätzeinheit 11 das Bearbeitungsprogramm durch Benachrichtigen der Hauptsteuerung 20 unterbrechen und kann die zweite Trägheitsschätzeinheit 12 dazu veranlassen, die Trägheit genau zu schätzen.

(8) Messung während einer konstanten Beschleunigung

[0039] Ein zweites Beispiel eines Vorgangs, bei welchem es während der Ausführung des Bearbeitungsprogramms möglich ist, in einer Art und Weise, welche das Bearbeitungsprogramm nicht unterbricht, zu schätzen, ob sich die Trägheit verändert hat. In dem Fall, in welchem das Bearbeitungsprogramm ausgeführt wird, sowie in einem Nicht-Bearbeitungs-Zustand, wenn eine Achse als Ziel der Trägheitsbestimmung mit einer konstanten Beschleunigung arbeitet, berechnet in diesem Vorgangsbeispiel die erste Trägheitsschätzeinheit 11 die Trägheit in Bezug auf die Achse. **Fig. 9** stellt die Ausgestaltung der Werkzeugmaschine 1 dar. Wie in **Fig. 9** dargestellt, bewegt sich in der Werkzeugmaschine 1 der Arbeitstisch 75, auf welchem das Werkstück W91 platziert ist, durch einen Vorschubmechanismus angetrieben durch den Vorschubachsenmotor M12. **Fig. 10** stellt einen Zeitverlauf der Beschleunigung (Grafik 131) und einen Zeitverlauf des Drehmoments

(Grafik 132) als ein Beispiel der Antriebssteuerung des Vorschubachsenmotors M12 dar. Die erste Trägheitsschätzeinheit 11 verwendet zum Beispiel die Informationen vom Sensor 42 und erfasst einen Zustand konstanter Beschleunigung a (zum Beispiel eine Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten t_3 und t_4 in **Fig. 10**). Dann berechnet die erste Trägheitsschätzeinheit 11 die Trägheit der Zielachse durch die Bewegungsgleichung (2), wenn sich die Beschleunigung a in einem konstanten Zustand befindet.

[0040] Wenn sich die durch den oben beschriebenen Vorgang berechnete Trägheit von der Trägheit, welche beim letzten ähnlichen Vorgang berechnet worden ist, unterscheidet (zum Beispiel wenn der Unterschied der Trägheit einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet), kann die erste Trägheitsschätzeinheit 11 das Bearbeitungsprogramm durch Benachrichtigen der Hauptsteuerung 20 unterbrechen und kann die zweite Trägheitsschätzeinheit 12 dazu veranlassen, die Trägheit exakt zu schätzen.

(9) Bestimmung aus der Drehmomentwellenform

[0041] Ein drittes Beispiel eines Vorgangs, bei welchem es während der Ausführung des Bearbeitungsprogramms möglich ist, in einer Art und Weise, welche das Bearbeitungsprogramm nicht unterbricht, zu schätzen, ob sich die Trägheit verändert hat. Die erste Trägheitsschätzeinheit 11 kann dafür eingerichtet sein, basierend auf der Position der Frequenzspitze erlangt durch eine Frequenzanalyse der Zeitwellenform des Drehmomentbefehls für die Achse als Ziel für die Trägheitsschätzung zu schätzen, ob sich die Trägheit der Achse verändert hat (ob sich die Form des Werkstücks verändert hat). Die Position der Frequenzspitze erlangt durch die Frequenzanalyse der Zeitwellenform des Drehmomentbefehls verändert sich abhängig von der Resonanzfrequenz des mechanischen Systems. Wie in den **Fig. 11A** und **Fig. 11B** dargestellt, geht man von einer Situation aus, bei welcher das Werkstück W93 (Trägheit Ja) und das Werkstück W94 (Trägheit Jb), welche eine unterschiedliche Trägheit aufweisen, durch die Werkzeugmaschine 1 bearbeitet werden. Die Trägheit des angetriebenen Körpers der Vorschubachse (Vorschubachsenmotor M12) ohne das Werkstück wird als J_m bezeichnet und ist für beide Werkstücke gleich.

[0042] Die **Fig. 12A** und **Fig. 12B** stellen die Zeitwellenformen 141 und 142 des Vorschubachsen-Drehmomentbefehls in der Situation der **Fig. 11A** beziehungsweise 11B dar. Die **Fig. 13A** und **Fig. 13B** stellen Frequenzkennlinien 151 und 152 erlangt durch Fast-Fourier-Transformations-Frequenzanalyse (FFT-Frequenzanalyse) der Zeitwellenformen 141 und 142 von **Fig. 12A** beziehungsweise 12B dar. Wenn sich die Werkstücke

voneinander unterscheiden, wie in den **Fig. 13A** und **Fig. 13B** dargestellt, unterscheiden sich eine Frequenz F_1 und eine Frequenz F_2 der Frequenzspitze der Zeitwellenform des Drehmomentbefehls voneinander. Wenn sich die Frequenz F_1 der Frequenzspitzenposition bei der letzten Erfassung von der Frequenz F_2 der Frequenzspitzenposition bei der aktuellen Erfassung unterscheidet, so stellt die erste Trägheitsschätzeinheit 11 fest, dass sich die Trägheit verändert hat (das heißt, eine Situation, in welcher sich die Form des Werkstücks verändert hat), und veranlasst die zweite Trägheitsschätzeinheit 12 dazu, die Bestimmung der Trägheit vorzunehmen.

[0043] Wie oben beschrieben kann die Trägheitsbestimmungsfunktion im Einklang mit der vorliegenden Ausführungsform aktiviert werden, indem automatisch festgestellt wird, ob sich die Trägheit verändert hat.

[0044] Obwohl die vorliegende Erfindung unter Verwendung beispielhafter Ausführungsformen beschrieben worden ist, werden Fachleute verstehen, dass Abänderungen und verschiedenste andere Modifikationen, Auslassungen und Hinzufügungen von und zu jeder der obigen Ausführungsformen vorgenommen werden können, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

[0045] Die Ausgestaltung der Steuerung im Einklang mit den oben beschriebenen Ausführungsformen kann auf die Steuerung eines Roboters oder die Steuerung anderer industrieller Maschinen, unter anderem solcher, welche eine durch einen Elektromotor angetriebene Antriebsachse aufweisen, angewendet werden.

[0046] Die Ausgestaltung der Steuerung 10, welche in **Fig. 1** dargestellt ist, kann dadurch erzielt werden, indem die CPU der Steuerung 10 verschiedene Arten von Software, welche in einer Speichervorrichtung gespeichert sind, ausführt, oder kann durch eine Ausgestaltung erzielt werden, welche hauptsächlich aus Hardware zusammengesetzt ist, wie zum Beispiel eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC). Das Programm zum Ausführen des Steuerverfahrens im Einklang mit den oben beschriebenen Verarbeitungsinhalten, welches durch die erste Trägheitsschätzeinheit 11 und die zweite Trägheitsschätzeinheit 12 ausgeführt wird, kann auf verschiedenen für einen Computer lesbaren Aufzeichnungsmedien (welche zum Beispiel einen Halbleiterspeicher, wie zum Beispiel einen ROM, einen EEPROM, einen Flash-Speicher; ein magnetisches Aufzeichnungsmedium; eine optische Speicherplatte, wie zum Beispiel eine CD-ROM, eine DVD-ROM, etc. umfassen) aufgezeichnet sein.

Bezugszeichenliste

1	Werkzeugmaschine
2	Positionssteuereinheit
3	Geschwindigkeitssteuereinheit
4	Stromsteuereinheit
10	Steuerung
11	Erste Trägheitsschätzeinheit
12	Zweite Trägheitsschätzeinheit
20	Hauptsteuerung
30	Verstärker
31	Stromverstärkerschaltung
41	Elektromotor
42	Sensor
51	Angetriebener Körper
52	Externer Sensor
101	Spindelträger
110	Bildsensor

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2010148178 A [0002]
- JP 2014007816 A [0002]
- JP 2016181193 A [0002]

Patentansprüche

1. Steuerung für einen Elektromotor, aufweisend:

eine erste Trägheitsschätzeinheit, welche dafür eingerichtet ist, basierend auf ersten Informationen in Zusammenhang mit einem Betriebsprogramm oder einer Betriebseinstellung einer Vorrichtung, welche mit dem Elektromotor ausgerüstet ist, zweiten Informationen erlangt von einer Erfassungsvorrichtung, welche dafür eingerichtet ist, eine Form des angetriebenen Körpers, welcher vom Elektromotor angetrieben wird, zu erfassen, und/oder dritten Informationen, welche einen Betriebszustand des Elektromotors darstellen, zu schätzen, ob sich die Trägheit eines angetriebenen Körpers verändert hat; und

eine zweite Trägheitsschätzeinheit, welche dafür eingerichtet ist, die Trägheit des angetriebenen Körpers zu schätzen, wenn durch die erste Trägheitsschätzeinheit geschätzt worden ist, dass sich die Trägheit des angetriebenen Körpers verändert hat.

2. Steuerung für einen Elektromotor nach Anspruch 1, wobei

die zweiten Informationen ein zweidimensionales Bild oder dreidimensionale Koordinateninformationen mindestens eines Teils des angetriebenen Körpers erlangt durch einen Bildsensor als die Erfassungsvorrichtung sind, und

die erste Trägheitsschätzeinheit basierend auf dem zweidimensionalen Bild oder den dreidimensionalen Koordinateninformationen ermittelt, ob sich die Form des angetriebenen Körpers verändert hat, und schätzt, dass sich die Trägheit des angetriebenen Körpers verändert hat, wenn sie ermittelt hat, dass sich die Form des angetriebenen Körpers verändert hat.

3. Steuerung für einen Elektromotor nach Anspruch 1, wobei

die zweiten Informationen für den angetriebenen Körper spezifische Identifikationsinformationen sind, welche durch eine Lesevorrichtung als die Erfassungsvorrichtung von einem Träger zum Speichern von Identifikationsinformationen, welcher am angetriebenen Körper angebracht ist, ausgelesen werden, und

die erste Trägheitsschätzeinheit basierend auf den durch die Lesevorrichtung ausgelesenen Identifikationsinformationen des angetriebenen Körpers schätzt, ob sich die Trägheit des angetriebenen Körpers verändert hat.

4. Steuerung für einen Elektromotor nach Anspruch 1, wobei

die erste Trägheitsschätzeinheit, wenn sie basierend auf den ersten Informationen ermittelt, dass sich das Betriebsprogramm, welches zuletzt ausgeführt worden ist, vom Betriebsprogramm, welches

dieses Mal ausgeführt werden soll, unterscheidet, schätzt, dass sich die Trägheit des angetriebenen Körpers verändert hat.

5. Steuerung für einen Elektromotor nach Anspruch 1, wobei

die ersten Informationen in Zusammenhang mit einem Startzeitpunkt oder einem Endzeitpunkt des Betriebsprogramms sind, und wenn eine Zeitspanne zwischen dem Endzeitpunkt des zuletzt ausgeführten Betriebsprogramms und dem Startzeitpunkt des dieses Mal ausgeführten Betriebsprogramms eine vorher festgelegte Sollzeit überschreitet, die erste Trägheitsschätzeinheit schätzt, dass sich die Trägheit des angetriebenen Körpers verändert hat.

6. Steuerung für einen Elektromotor nach Anspruch 1, wobei

die ersten Informationen sind, welche die Anzahl der Bearbeitungsarten, welche im Betriebsprogramm definiert sind, angeben, und wenn sich die Anzahl an Bearbeitungsarten, welche im zuletzt ausgeführten Betriebsprogramm definiert sind, von der Anzahl an Bearbeitungsarten, welche im dieses Mal ausgeführten Betriebsprogramm definiert sind, unterscheidet, die erste Trägheitsschätzeinheit schätzt, dass sich die Trägheit des angetriebenen Körpers verändert hat.

7. Steuerung für einen Elektromotor nach Anspruch 1, wobei

die Vorrichtung eine Werkzeugmaschine ist, welche eine Spindelachse und eine Vorschubachse als Antriebsachsen aufweist,

die dritten Informationen Informationen sind, welche den Betriebszustand des Elektromotors, welcher an jeder der Antriebsachsen bereitgestellt ist, angeben, und

wenn sich die Werkzeugmaschine in einem Nicht-Bearbeitungs-Zustand befindet und eine Zielachse der Antriebsachsen angehalten worden ist oder mit einer konstanten Geschwindigkeit betrieben wird, die erste Trägheitsschätzeinheit durch Vibrieren der Zielachse und Messen der Trägheit in Bezug auf die Zielachse schätzt, ob sich die Trägheit des angetriebenen Körpers der Zielachse verändert hat.

8. Steuerung für einen Elektromotor nach Anspruch 1, wobei

die dritten Informationen sind, welche eine Beschleunigung des Elektromotors darstellen, und

wenn die Beschleunigung des Elektromotors konstant ist, die erste Trägheitsschätzeinheit schätzt, ob sich die Trägheit des angetriebenen Körpers verändert hat, indem sie die Trägheit des angetriebenen Körpers des Elektromotors misst.

9. Steuerung für einen Elektromotor nach Anspruch 1, wobei die dritten Informationen Informationen in Zusammenhang mit einer Wellenform des zeitlichen Übergangs eines Drehmomentbefehls an den Elektromotor sind, und wenn sich eine Position einer Frequenzspitze erlangt durch Frequenzanalyse der Wellenform geändert hat, die erste Trägheitsschätzeinheit schätzt, dass sich die Trägheit des angetriebenen Körpers verändert hat.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

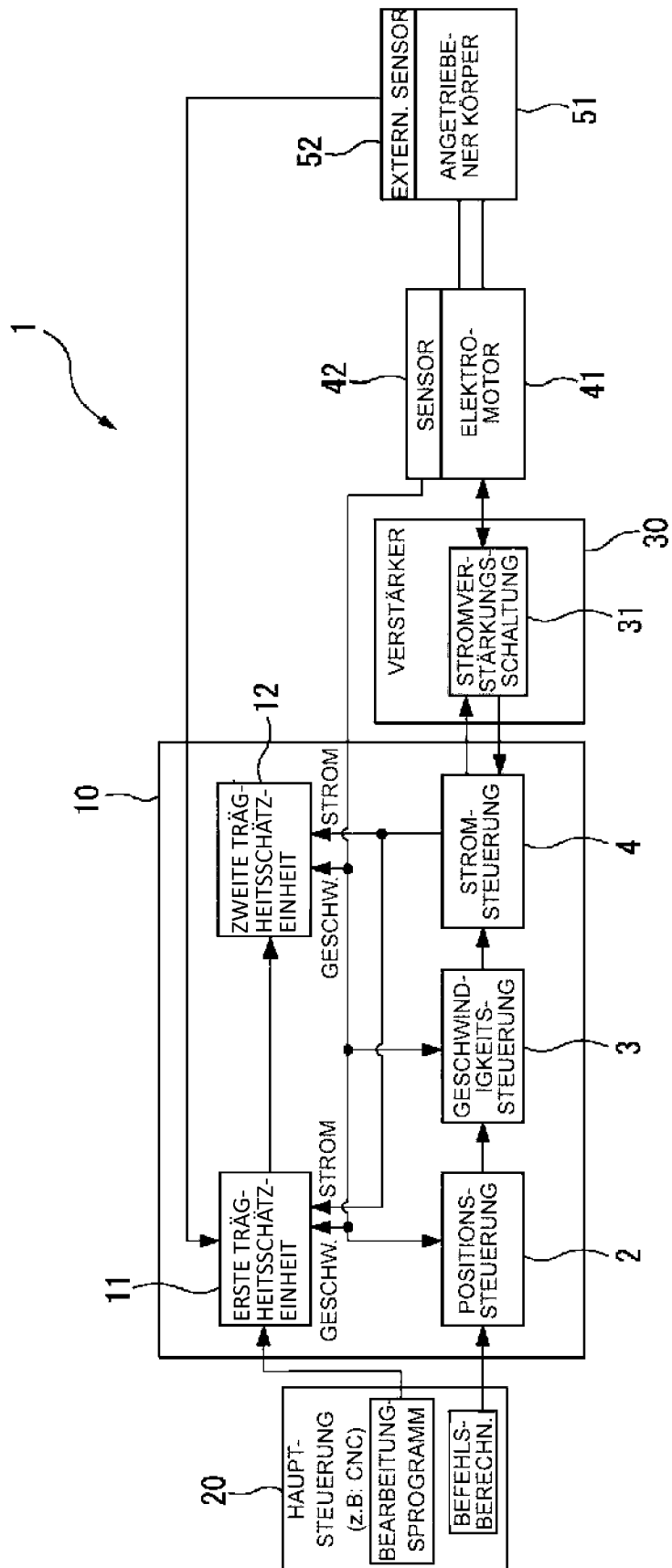


FIG. 2

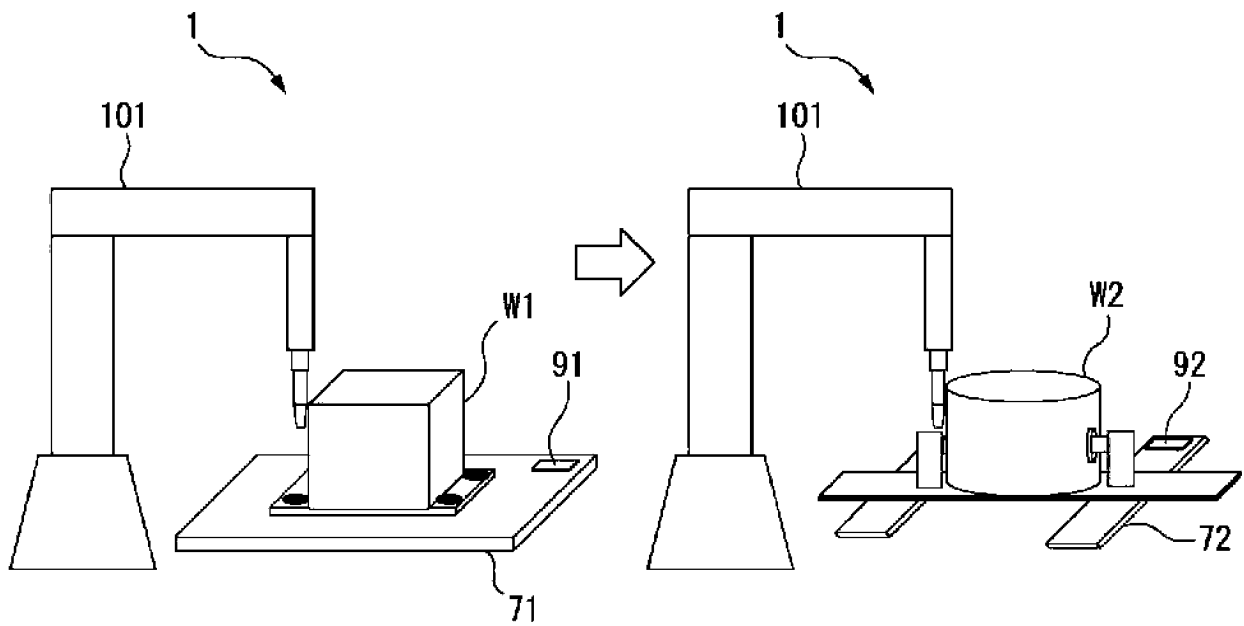


FIG. 3

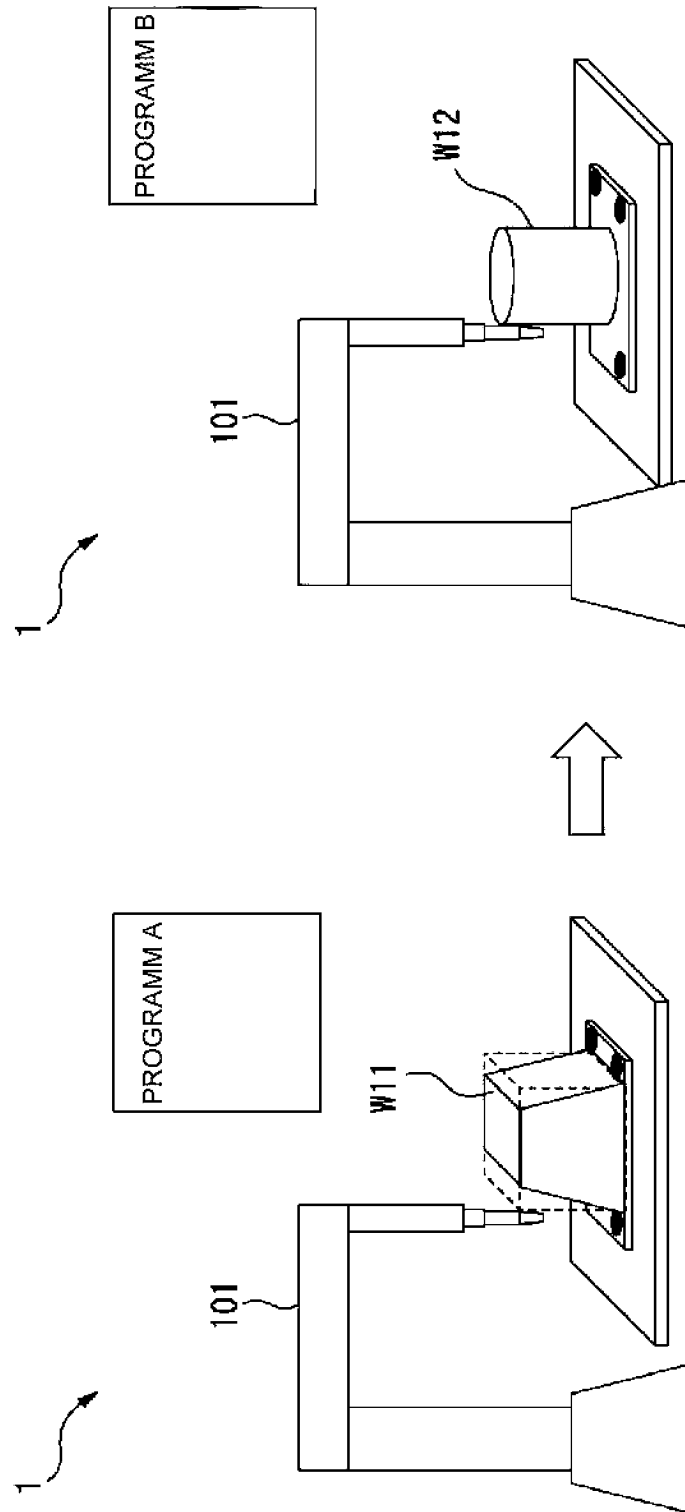


FIG. 4

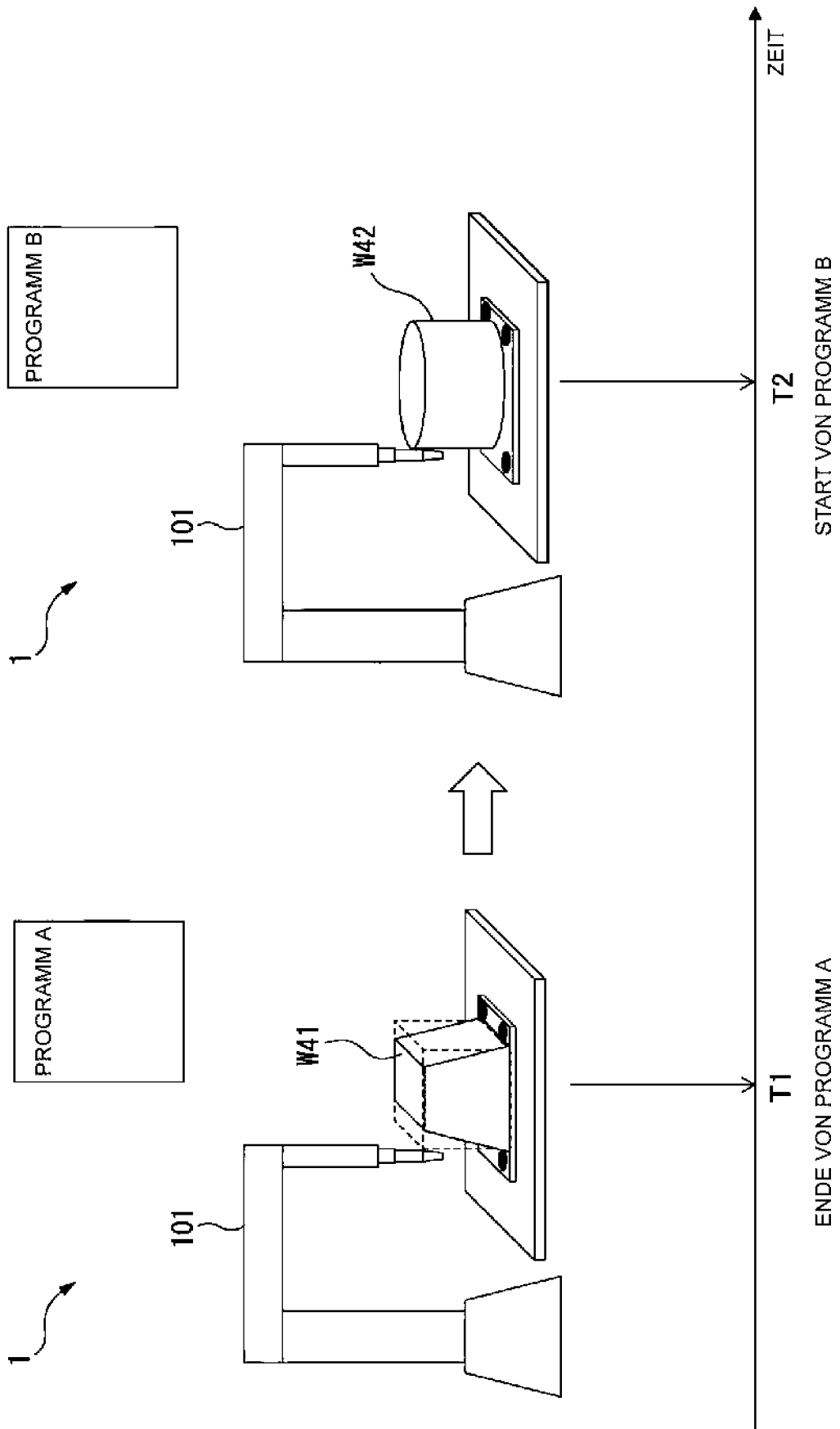


FIG. 5

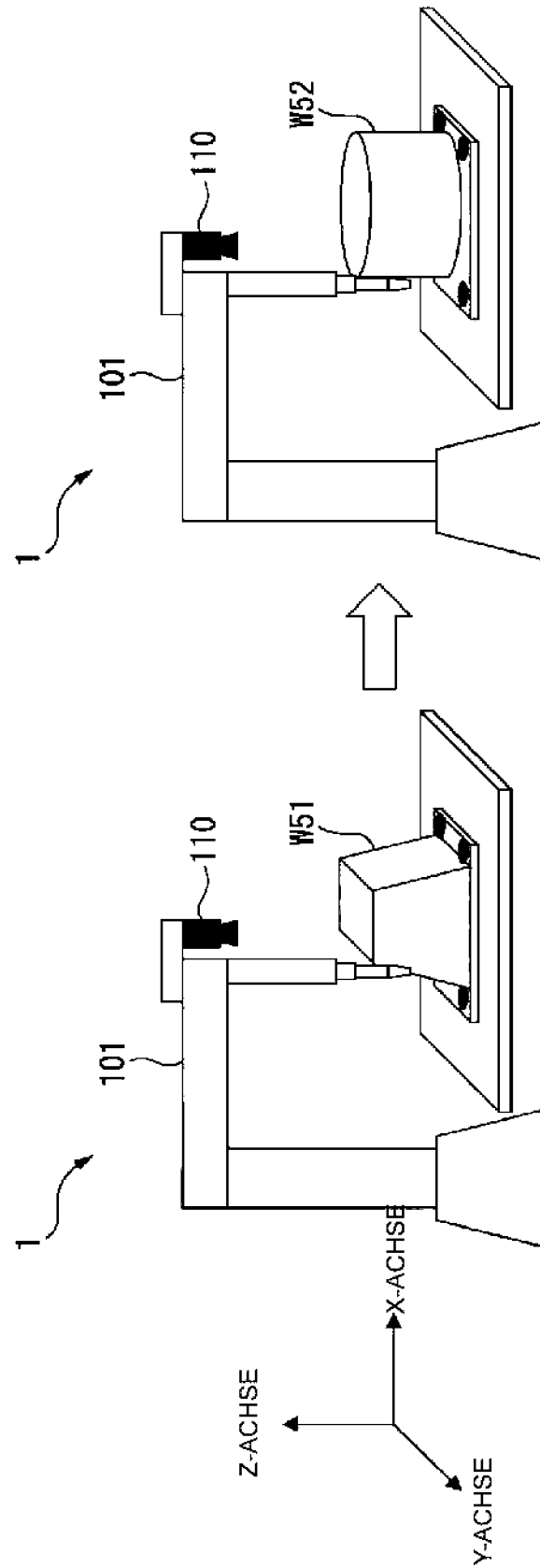


FIG. 6

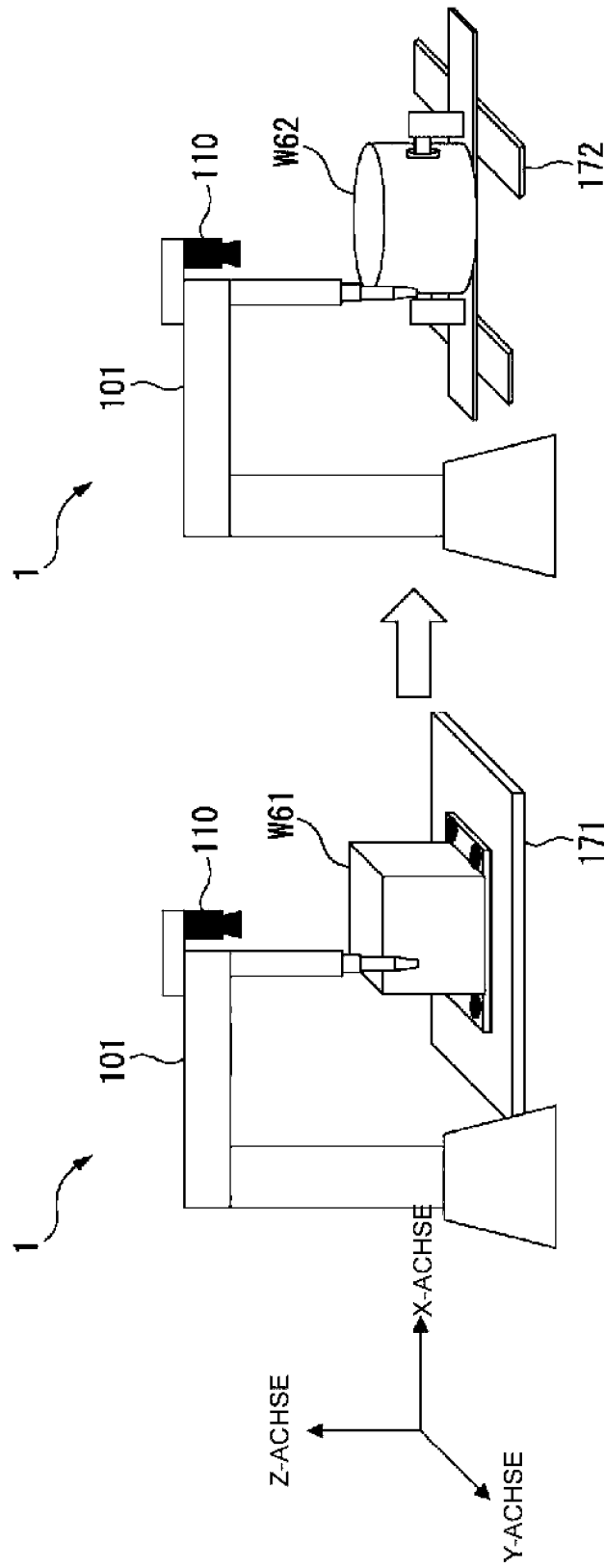


FIG. 7

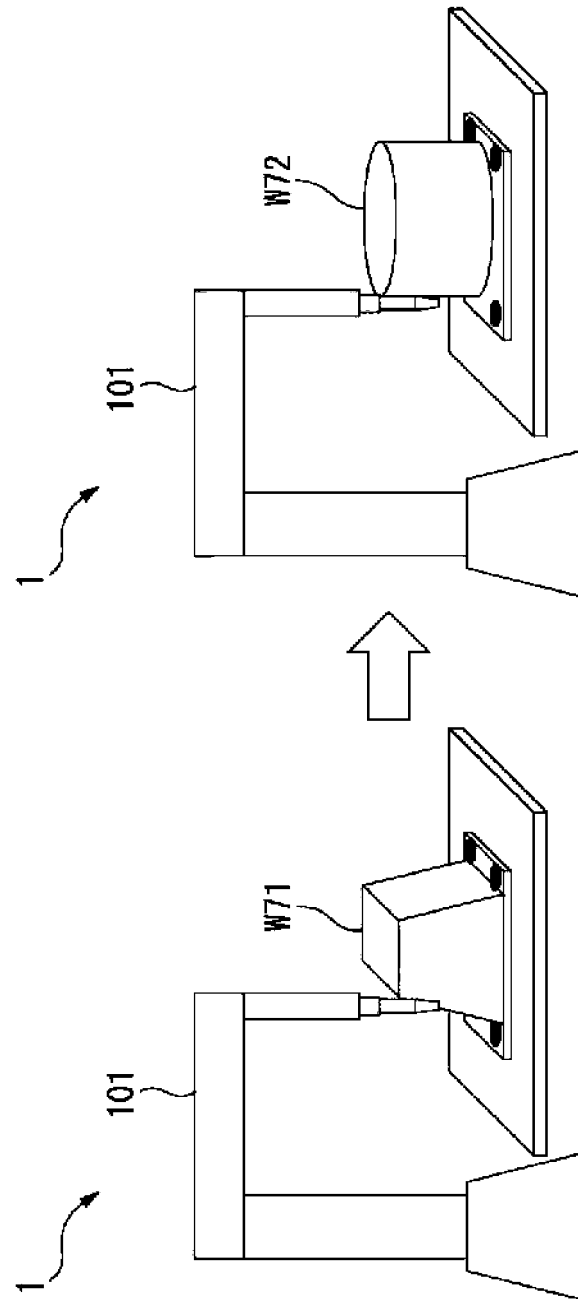


FIG. 8

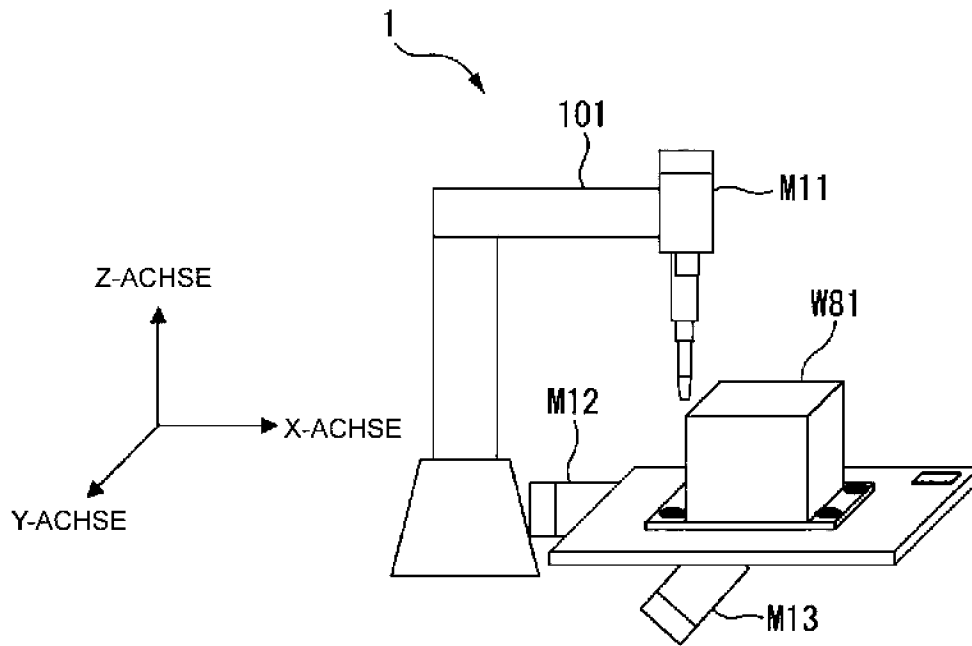


FIG. 9

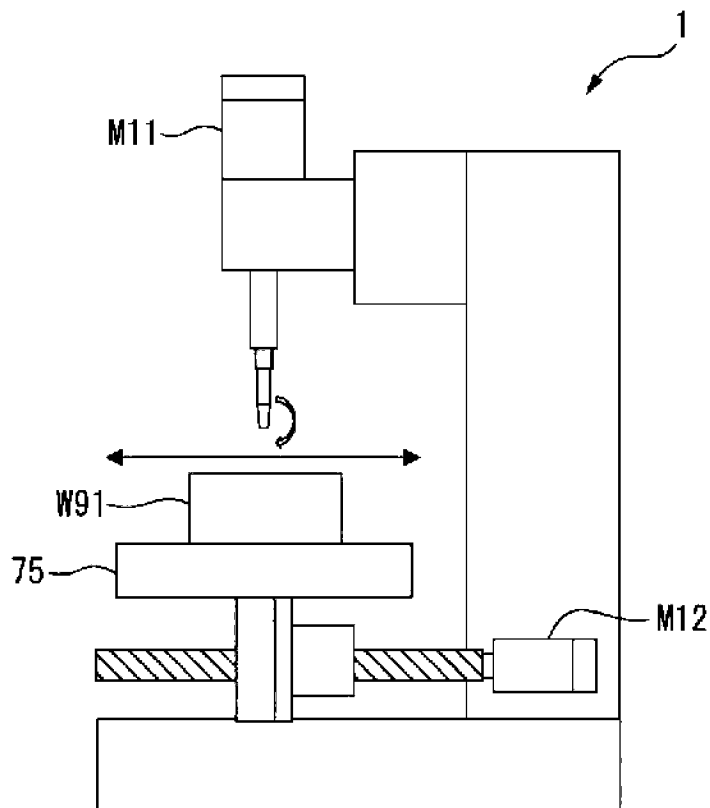


FIG. 10

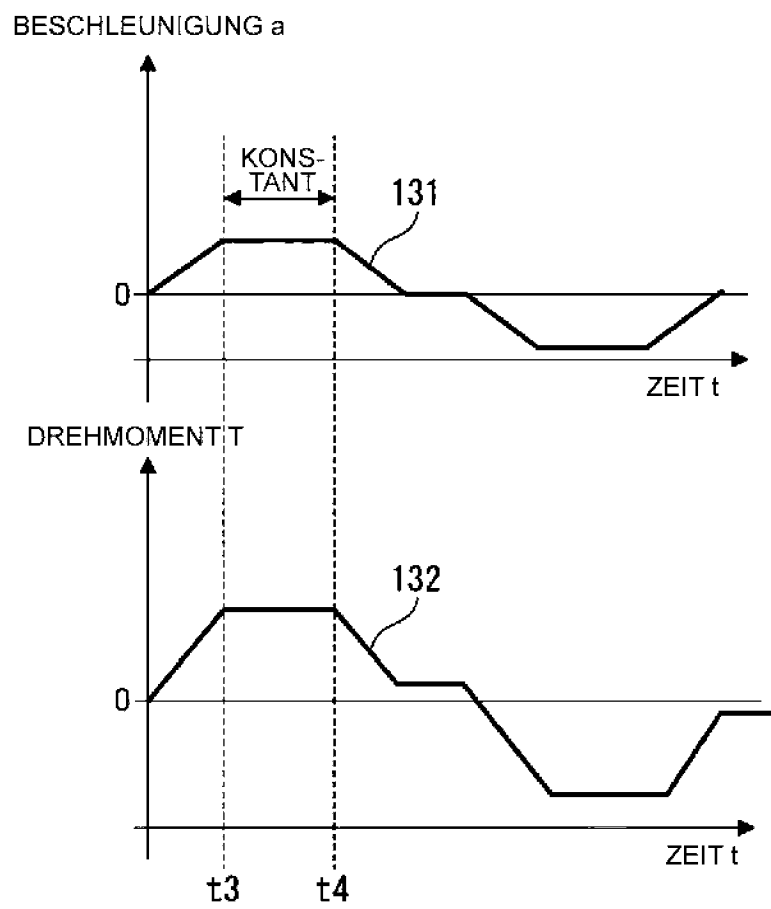


FIG. 11A

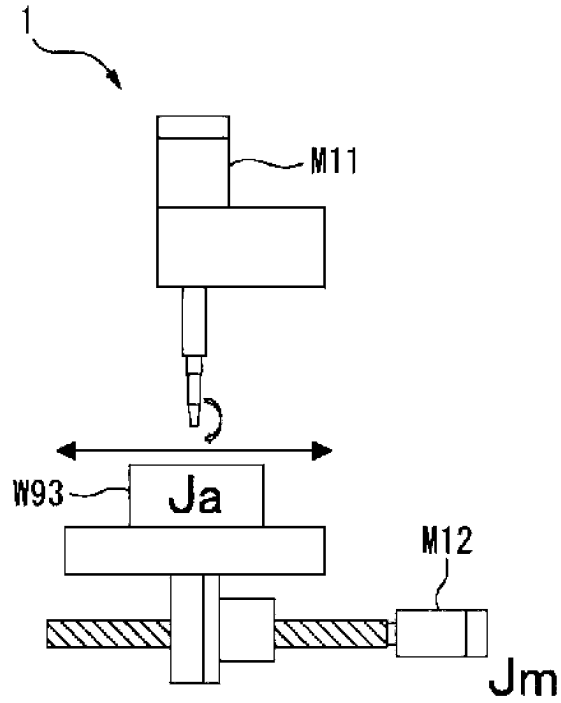


FIG. 11B

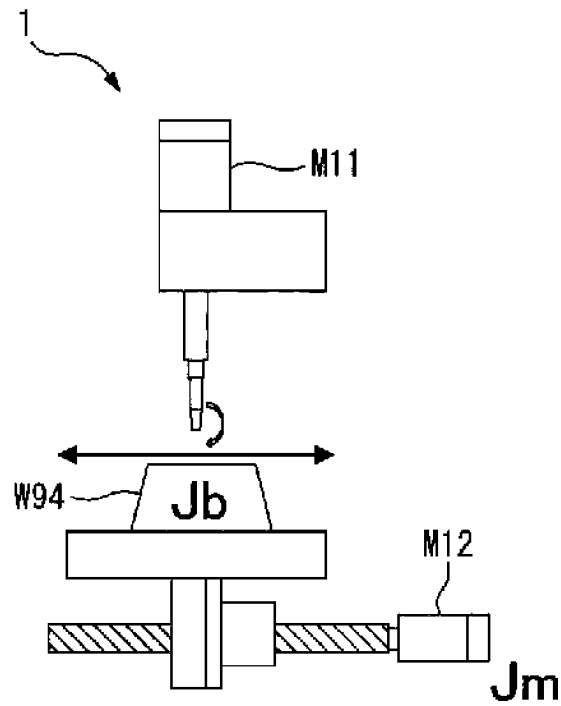


FIG. 12A

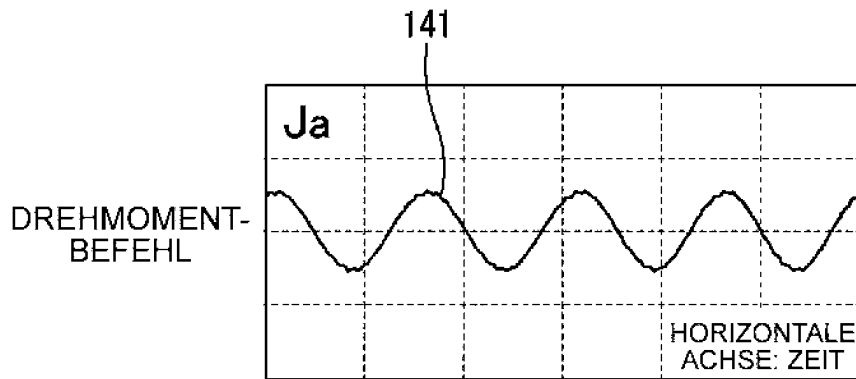


FIG. 12B

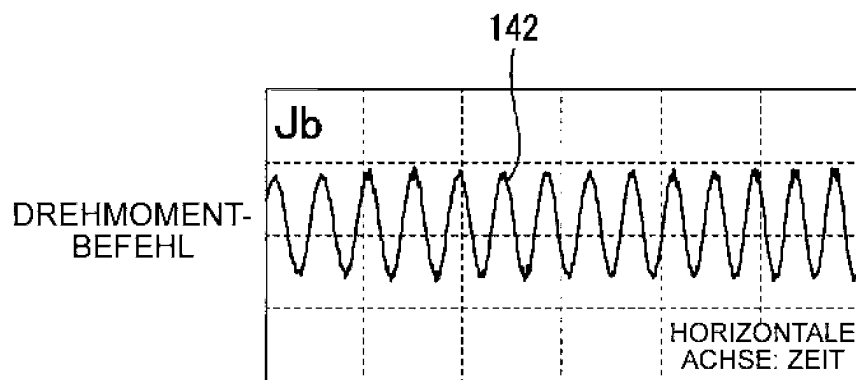


FIG. 13A

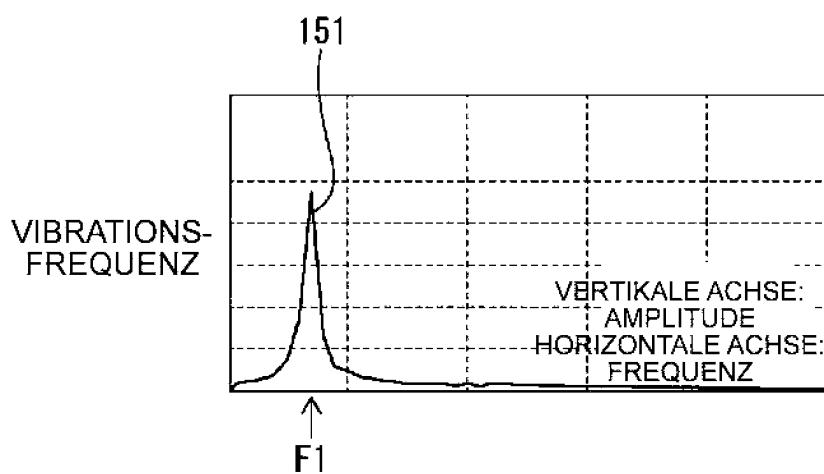


FIG. 13B

