

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. Juni 2006 (22.06.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/063945 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G05B 19/416 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/056454

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. Dezember 2005 (05.12.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 059 966.1
13. Dezember 2004 (13.12.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): PAPIERNIK, Wolfgang [DE/DE]; Im See 21, 91077 Neunkirchen (DE). HOFFMANN, Walter [DE/DE]; Henkestr. 20, 91054 Erlangen (DE). SAUER, Tomas [DE/DE]; Röthenbacher Str. 56, 90537 Feucht (DE).

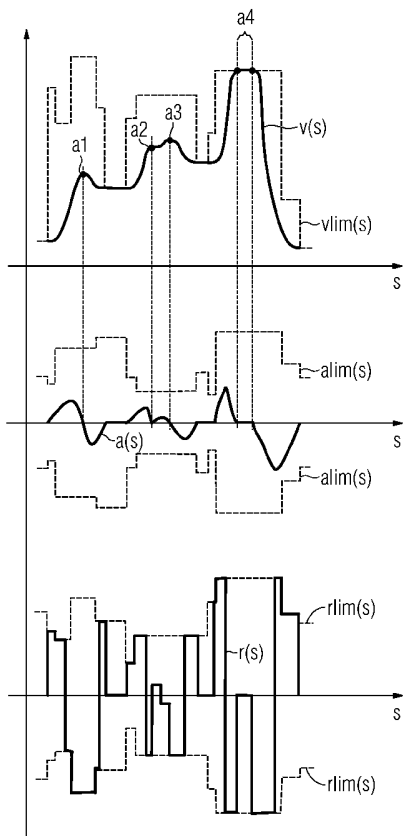
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR GUIDING THE MOVEMENT OF A MOVING MACHINE ELEMENT ON A NUMERICALLY CONTROLLED MACHINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR BEWEGUNGSFÜHRUNG EINES BEWEGBAREN MASCHINENELEMENTS EINER NUMERISCH GESTEUERTEN MASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for guiding the movement of a moving machine element on a numerically controlled machine, whereby maximum possible track speed, maximum possible track acceleration, and maximum possible track jerk are defined by means of given restrictions on track axes. The local minima for the maximum possible track speed are determined, whereby for each local minimum a corresponding left-sided and right-sided track speed segment is determined, whereby, for track values for the displacement track to the left and right of a given minimum, the resulting track speed is determined by using the maximum possible track jerk and the maximum possible track acceleration until the track speed exceeds the maximum possible track speed to the left and right of the minimum, a track jerk curve for the movement guidance is hence determined. According to the invention, a simple method and a simple device for movement guidance of a moving machine element on a numerically controlled machine are achieved, with as good as possible a usage of the restrictions on machine axes of the machine.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Verfahren und eine Einrichtung zur Bewegungsführung eines bewegbaren Maschinenelements einer numerisch gesteuerten Maschine, wobei anhand von vorgegebenen Restriktionen von Maschinenachsen eine maximal mögliche Bahngeschwindigkeit, eine maximal mögliche Bahnbeschleunigung und ein maximal möglicher Bahnruck gegeben sind, wobei die lokalen Minima der maximal möglichen Bahngeschwindigkeit bestimmt werden, wobei für jedes lokale Minimum jeweils ein zugehöriges links- und rechtsseitiges Bahngeschwindigkeitssegment bestimmt wird, indem für Bahnwerte der Bewegungsbahn links und rechts eines jeweiligen Minimums unter Ausnutzung des maximal möglichen Bahnrucks und der maximal möglichen Bahnbeschleunigung die resultierende Bahngeschwindigkeit solange bestimmt wird, bis die Bahngeschwindigkeit die maximal mögliche Bahngeschwindigkeit links und rechts

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/063945 A1



LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

von dem Minimum überschreitet, wobei solchermaßen ein Bahnruckverlauf für die Bewegungsführung ermittelt wird. Die Erfindung schafft ein einfaches Verfahren und eine einfache Einrichtung zur Bewegungsführung eines bewegbaren Maschinenelements einer numerisch gesteuerten Maschine, bei der die Restriktion der Maschinenachsen der Maschine möglichst gut ausgenutzt werden.

Beschreibung

Verfahren und Einrichtung zur Bewegungsführung eines bewegbaren Maschinenelements einer numerisch gesteuerten Maschine

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Bewegungsführung eines bewegbaren Maschinenelements einer numerisch gesteuerten Maschine, wobei eine Bewegungsbahn des Maschinenelements in aufeinander folgenden Bewegungsabschnitte aufgelöst ist, wobei anhand von vorgegebenen Restriktionen von Maschinenachsen eine maximal mögliche Bahngeschwindigkeit, eine maximal mögliche Beschleunigung und ein maximal möglicher Bahnruck gegeben sind.

10

15

In FIG 1 ist in Form eines Blockschaltbildes ein üblicherweise verwendetes elektrisches Antriebssystem einer Werkzeugmaschine, einer Produktionsmaschine und/oder eines Roboters dargestellt. Eine Steuerung 1 steuert, bei der in FIG 1 beispielhaft dargestellten zweiachsigen Maschine, die beiden Maschinenachsen 6a und 6b der Maschine. Die Maschinenachse 6a setzt sich dabei aus einer Regelung 2a, einem Umrichter 3a, einem Antriebsmotor 4a und einer mit dem Antriebsmotor 4a verbundenen Mechanik 5a zusammen. Die Maschinenachse 6b setzt sich aus einer Regelung 2b, einem Umrichter 3b, einem Antriebsmotor 4b und einer an den Antriebsmotor 4b angeschlossenen Mechanik 5b zusammen. Die Steuerung 1 gibt der Regelung 2a und der Regelung 2b für jede Maschinenachse getrennt Lage-sollwerte entsprechend einer vorgegebenen Bewegungsbahn eines mittels der Maschinenachsen 6a und 6b bewegbaren Maschinenelementes vor. Die Regelung 2a bzw. 2b regelt über den Umrichter 3a bzw. 3b den jeweilig zugehörigen Motorlagewinkel des Motors 4a bzw. 4b entsprechend den Sollvorgaben von der Steuerung, so dass mit Hilfe der an den jeweiligen Antriebsmotor 4a bzw. 4b angeschlossenen Mechanik 5a bzw. 5b die vorgegebene Bewegungsbahn des Maschinenelementes ausgeführt wird. Unter einem Maschinenelement ist dabei z.B. während des

20

25

30

35

Bearbeitungsprozesses sowohl ein Werkzeug wie z.B. ein Fräskopf als auch ein Werkstück zu verstehen.

In FIG 2 ist beispielhaft eine solche Bewegungsbahn S für die
5 zweiachsige Maschine gemäß FIG 1 dargestellt. Dabei wird ein
als Fräskopf ausgebildetes Maschinenelement 8 auf der Bewe-
gungsbahn S geführt. Die Maschinenachse 6a aus FIG 1 ist da-
bei für die Verfahrbewegung in x -Richtung verantwortlich,
während die Maschinenachse 6b für die Verfahrbewegung in y -
10 Richtung verantwortlich ist.

Die numerische Steuerung 1 gemäß FIG 1 verarbeitet hierzu
Teileprogramme, die z.B. mit einem CAD/CAM-System erstellt
worden sind. In der Steuerung 1 sind die geometrischen Daten
15 z.B. für die Bearbeitung eines Werkstückes hinterlegt. Die
Aufgabe der Steuerung 1 besteht nun darin, Sollgrößen für die
Maschinenachsen der Maschine so zu erzeugen, dass das Maschi-
nenelement 8 auf der gewünschten Bewegungsbahn S geführt
wird. Hierzu sind zusätzliche technologische Informationen,
20 insbesondere die Kenntnis der Eigenschaften der Maschine,
notwendig. Diese Eigenschaften wie z.B. die maximalen Dreh-
zahlen der Antriebe, die maximale mögliche Beschleunigung der
Antriebe bzw. die maximalen Antriebsmomente der Antriebsmoto-
ren sind in Maschinendaten hinterlegt und der Steuerung 1 be-
25 kannt. Die Bewegungsführung muss nun von der Steuerung 1 so
geplant werden, dass keine der oben genannten vorgegebenen
Restriktionen (wie z.B. maximale mögliche Beschleunigung ei-
nes Antriebs) verletzt wird. Die hieraus resultierenden Bewe-
gungsprofile der Antriebsmotoren der einzelnen Maschinenach-
30 sen der Maschine müssen realisierbar sein. Die Planung der
Bewegungsführung verwendet hierzu handelsüblich die zeitli-
chen Ableitungen der Bahnlänge s .

Die prinzipielle Planung einer solchen Bewegungsführung eines
35 Maschinenelements ist in FIG 3 schematisch dargestellt. Ent-
sprechend der vorgegebenen Bewegungsbahn S , mit der vom Ma-
schinenelement 8 durchfahrenen Bahnlänge s , wird von der Be-

wegungsführung der Bahnru \ddot{c} k \ddot{r} ($\ddot{r}=r(s)$) berechnet, der die dreifache zeitliche Ableitung der Bahnlänge s darstellt und der dem in FIG 3 dargestellten so genannten Dreispeichermodell als Eingangsgröße zugeführt wird. Der Bahnru \ddot{c} k \ddot{r} ist in
5 der Integrierkette, die aus den Integrieren 9a, 9b und 9c gebildet wird, die höchste zeitliche Ableitung. Aus dem Bahnru \ddot{c} k \ddot{r} wird eine Bahnbeschleunigung \ddot{a} ($\ddot{a}=a(s)$) berechnet, durch weitere Integration wird aus der Bahnbeschleunigung \ddot{a} eine Bahngeschwindigkeit \dot{v} ($\dot{v}=v(s)$) berechnet und durch
10 weitere Integration wird aus der Bahngeschwindigkeit \dot{v} die Bahnlänge s berechnet.

Aus der Bahnlänge s , der Bahngeschwindigkeit \dot{v} , der Bahnbeschleunigung \ddot{a} und dem Bahnru \ddot{c} k \ddot{r} lassen sich, gemäß der für
15 die jeweilige Maschinenkinematik gültigen, dem Fachmann bekannten spezifischen kinematischen Transformation, für jeden an der Bewegung beteiligten Motor der Maschine der zugehörige Motorlagesollwinkel φ_{MS} , die zugehörige Motorsollwinkelgeschwindigkeit $\dot{\varphi}_{MS}$, die zugehörige Motorsollwinkelbeschleunigung $\ddot{\varphi}_{MS}$ sowie der zugehörige Motorsollwinkelru \ddot{c} k $\ddot{\varphi}_{MS}$ berechnen. Der jeweilige Motorlagesollwinkel φ_{MS} bildet den jeweiligen Sollwert für den jeweilig zugehörigen Lageregelkreis der zuständigen Regelung 2a oder 2b gemäß FIG 1 (Pro Maschinenachse wird ein zugehöriger Motorlagesollwinkel φ_{MS} übergeben d.h. die in FIG 3 dargestellte Schaltung existiert
25 getrennt für jede Maschinenachse der Maschine). Diese hat sicherzustellen, dass die aktuelle Lage (Position) des Maschinenelementes (z.B. eines Fräskopfes oder eines anderen Werkzeuges oder auch eines Werkstückes) dem vorgegebenen Sollwert
30 folgt.

Durch gezielte Vorgabe der Eingangsgröße Bahnru \ddot{c} k \ddot{r} können alle anderen Größen (Bahnbeschleunigung \ddot{a} , Bahngeschwindigkeit \dot{v} und Bahnlänge s) von einem Zustand über geeignete Zwischenwerte in einen anderen durch Integration überführt werden, so dass alle Grenzen überprüft und eingehalten werden können. Die Grenzen legen eine kleinste Zeitdauer des Bear-
35

5 beitungsvorganges fest. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die Bewegungsführung nur dann zeitoptimal sein kann, wenn zu jedem Zeitpunkt mindestens eine Größe ihren möglichen Maximalwert erreicht. Die Restriktionen, die bei der Bewegungsführung berücksichtigt werden müssen, haben eine Entsprechung an der realen Maschine. So ergeben z.B. die maximalen Drehzahlen der Antriebe zusammen mit Getriebeübersetzungen und Spindelsteigungen von z.B. Kugelrollspindeln, die maximal mögliche Bahngeschwindigkeit als Grenze.

10

Anhand der oben beschriebenen vorgegebenen Restriktionen der Maschinenachsen wird nach dem Stand der Technik für die vorgegebene Bewegungsbahn S , die maximal mögliche Bahngeschwindigkeit $v_{lim}(s)$, die maximal mögliche Bahnbeschleunigung $a_{lim}(s)$ und der maximal mögliche Bahnruck $r_{lim}(s)$ für die vorgegebene Bewegungsbahn S , die zur Bestimmung in aufeinanderfolgende Bewegungsabschnitte aufgelöst ist, bestimmt. Dies ist Stand der Technik.

15

20 In FIG 4 sind die Verläufe der maximal möglichen Bahngeschwindigkeit $v_{lim}(s)$, der maximal möglichen Bahnbeschleunigung $a_{lim}(s)$ und des maximal möglichen Bahnrucks $r_{lim}(s)$ über der Bahnlänge s der Bewegungsbahn S dargestellt. Unter dem Begriff der maximal möglichen Bahnbeschleunigung $a_{lim}(s)$ wird dabei sowohl die maximal mögliche Bahnbeschleunigung $a_{lim}(s)$ in positiver Richtung d.h. für positive Werte der Bahnbeschleunigung, als auch die maximal möglichen Bahnbeschleunigung $a_{lim}(s)$ in negativer Richtung d.h. für negative Werte der Bahnbeschleunigung, verstanden. Unter dem Begriff des maximal möglichen Bahnrucks $r_{lim}(s)$ wird dabei sowohl der maximal mögliche Bahnruck $r_{lim}(s)$ in positiver Richtung d.h. für positive Werte des Bahnrucks, als auch der maximal möglicher Bahnruck $r_{lim}(s)$ in negativer Richtung d.h. für negative Werte des Bahnrucks, verstanden.

25

30

35

Innerhalb dieser vorgegebenen Grenzen soll nun die Bewegungsführung entlang Bewegungsbahn S so gestaltet werden, dass

diese zeitoptimal, d.h. mit möglichst hoher Bahngeschwindigkeit $v(s)$ durchgeführt wird. Handelsüblich wird hierzu die Bewegungsführung so durchgeführt, dass der maximal mögliche Bahnrick $r_{lim}(s)$ voll ausgenutzt wird. Der Ruckverlauf für
5 den Bahnrick $r(s)$ schwankt somit innerhalb eines Bewegungsabschnitts (in FIG 4 sind die Anfänge und Enden der Bewegungsabschnitte durch senkrechte gestrichelte Linien angedeutet) zwischen den beiden Maximalwerten hin und her, wobei beim
10 Stand der Technik als zusätzliche Bedingung eingehalten werden muss, dass am Ende jedes Bahnabschnitts die Bahnbeschleunigung $a(s)$ einen Wert von Null annimmt. Dies ist deshalb notwendig, da die gefundene Lösung zweimal stetig nach der Zeit differenzierbar sein sollte, damit später die Bewegungsbahn S keine Unstetigkeiten aufweist. Dabei wird nach dem
15 Stand der Technik bewusst in Kauf genommen, dass das solchermaßen ermittelte Bewegungsprofil nicht zeitoptimal ist, d.h. dass insbesondere die maximal mögliche Bahnbeschleunigung $a_{lim}(s)$ und die maximal mögliche Bahngeschwindigkeit $v_{lim}(s)$ nur unzureichend ausgeschöpft werden. Da die Bahnlänge s
20 selbst wiederum eine Funktion der Zeit t ist, stellen im mathematischen Sinne die Bahngeschwindigkeit $v(s)$, die Bahnbeschleunigung $a(s)$ und der Bahnrick $r(s)$ so genannte Trajektorien dar und die Darstellung gemäß FIG 4 stellt eine Darstellung in der so genannten Phasenebene dar.

25

Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 199 44 607 A1 ist ein Verfahren zur satzübergreifenden Geschwindigkeitsführung bei einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine oder einem Roboter bekannt.

30

Aus der deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 103 219 70.6 ist ein Verfahren zur Bewegungsführung eines bewegbaren Maschinenelements einer numerisch gesteuerten Werkzeug- oder Produktionsmaschine bekannt.

35

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein einfaches Verfahren und eine einfache Einrichtung zur Bewegungsführung ei-

nes bewegbaren Maschinenelements einer numerisch gesteuerten Maschine zu schaffen, bei der die Restriktion der Maschinenachsen der Maschine möglichst gut ausgenutzt werden.

- 5 Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Bewegungsführung eines bewegbaren Maschinenelements einer numerisch gesteuerten Maschine,
- wobei eine Bewegungsbahn des Maschinenelements in aufeinander folgende Bewegungsabschnitte aufgelöst ist,
 - 10 - wobei anhand von vorgegebenen Restriktionen von Maschinenachsen eine maximal mögliche Bahngeschwindigkeit, eine maximal mögliche Bahnbeschleunigung und ein maximal möglicher Bahnruck gegeben sind,
 - wobei die lokalen Minima der maximal möglichen Bahngeschwindigkeit bestimmt werden,
 - 15 - wobei für jedes lokale Minimum jeweils ein zugehöriges links- und rechtsseitiges Bahngeschwindigkeitssegment bestimmt wird, indem für Bahnwerte der Bewegungsbahn links und rechts eines jeweiligen Minimums unter Ausnutzung des maximal möglichen Bahnrucks und der maximal möglichen
 - 20 Bahnbeschleunigung die resultierende Bahngeschwindigkeit solange bestimmt wird, bis die Bahngeschwindigkeit die maximal mögliche Bahngeschwindigkeit links und rechts von dem Minimum überschreitet, wobei solchermaßen ein Bahn-
 - 25 ruckverlauf für die Bewegungsführung ermittelt wird.

- Weiterhin wird diese Aufgabe gelöst durch eine Einrichtung zur Bewegungsführung eines bewegbaren Maschinenelements einer numerisch gesteuerten Maschine, wobei eine Bewegungsbahn des
- 30 Maschinenelements in aufeinander folgende Bewegungsabschnitte aufgelöst ist, wobei die Einrichtung aufweist,
- Mittel zur Vorgabe einer maximal mögliche Bahngeschwindigkeit, einer maximal mögliche Bahnbeschleunigung und eines maximal möglichen Bahnrucks anhand von vorgegebenen Re-
 - 35 striktionen von Maschinenachsen,
 - Mittel zur Bestimmung der lokalen Minima der maximal möglichen Bahngeschwindigkeit,

- Mittel zur Bestimmung ein für jedes lokale Minimum jeweils zugehörige links- und rechtsseitiges Bahngeschwindigkeitssegment, indem für Bahnwerte der Bewegungsbahn links und rechts eines jeweiligen Minimums unter Ausnutzung des maximal möglichen Bahnrucks und der maximal möglichen Bahnbeschleunigung die resultierende Bahngeschwindigkeit solange bestimmt wird, bis die Bahngeschwindigkeit die maximal mögliche Bahngeschwindigkeit links und rechts von dem Minimum überschreitet.

10

Für die Erfindung erweist es sich als vorteilhaft, wenn einander benachbarte Bahngeschwindigkeitssegmente zweier benachbarter Minima unter Einhaltung des maximal möglichen Bahnrucks und der maximal möglichen Bahnbeschleunigung derart miteinander verbunden werden, dass in mindestens einem Verbindungspunkt die Bahnbeschleunigung einen Wert von Null annimmt. Dies stellt eine besonders einfache Möglichkeit dar, die Bahngeschwindigkeitssegmente miteinander zu verbinden und die geforderte Bedingung nach zweifacher stetiger Differenzierbarkeit der Bahnlänge s nach der Zeit t einzuhalten.

20

Weiterhin erweist es sich als vorteilhaft, wenn in mindestens zwei Verbindungspunkten die Bahnbeschleunigung einen Wert von Null annimmt.

25

Ferner erweist es sich als vorteilhaft, wenn in mehr wie zwei Verbindungspunkten die Bahnbeschleunigung einen Wert von Null annimmt.

30

Ferner erweist es sich als vorteilhaft, wenn die Maschine als Werkzeugmaschine, Produktionsmaschine und/oder als Roboter ausgebildet ist, da auf diesen technischen Gebieten in besonderen Maße Verfahren zur Bewegungsführung von bewegbaren Maschinenelementen gefordert werden.

35

Weiterhin erweist es sich als vorteilhaft, dass die Einrichtung Mittel zur Ermittlung eines Ruckverlaufs für die Bewe-

gungsführung aufweist, wobei einander benachbarte Bahngeschwindigkeitssegmente zweier benachbarter Minima unter Einhaltung des maximal möglichen Bahnrucks und der maximal möglichen Bahnbeschleunigung derart miteinander verbunden werden, dass in mindestens einem Verbindungspunkt die Bahnbeschleunigung einen Wert von Null annimmt. Dies stellt eine besonders einfache Möglichkeit dar, die Bahngeschwindigkeitssegmente miteinander zu verbinden und die geforderte Bedingung nach zweifacher stetiger Differenzierbarkeit der Bahnlänge s nach der Zeit t einzuhalten.

Ferner erweist es sich als vorteilhaft, wenn die Einrichtung als Steuerungseinrichtung zur Steuerung der Maschine ausgebildet ist. Wenn die Einrichtung als Steuerungseinrichtung zur Steuerung der Maschine ausgebildet ist, wird keine separate Steuerungseinrichtung zur Steuerung der Maschine benötigt.

Ferner erweist es sich als vorteilhaft, dass ein Computerprogrammprodukt für die erfindungsgemäße Einrichtung vorgesehen ist, dass Codeabschnitte enthält mit der das erfindungsgemäße Verfahren ausführbar ist.

Vorteilhafte Ausbildungen der Einrichtung ergeben sich analog zu vorteilhaften Ausbildungen des Verfahren und umgekehrt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im Folgenden näher erläutert. Dabei zeigen:

- 30
- FIG 1 ein Antriebssystem einer Maschine mit zwei Maschinenachsen,
 - FIG 2 eine Bewegungsbahn eines Maschinenelements,
 - FIG 3 ein Dreispeichersystem zur Bestimmung der Bewegungsführung,
 - 35 FIG 4 eine Bestimmung des Bahnrucks gemäß dem Stand der Technik,

FIG 5 eine Bestimmung von Bahngeschwindigkeitssegmenten gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Einrichtung und

5 FIG 6 eine Bestimmung des Bahnruckverlaufs gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Einrichtung.

In FIG 5 und FIG 6 ist das erfindungsgemäße Verfahren dargestellt.

10

In FIG 5 und 6 sind hierzu die maximal mögliche Bahngeschwindigkeit $v_{lim}(s)$, die maximal mögliche Bahnbeschleunigung $a_{lim}(s)$ und der maximal mögliche Bahnruck $r_{lim}(s)$, die dem Verfahren als Grenzwerte vorgegeben werden, über der Bahnlänge s aufgetragen. In einem Verfahrensschritt werden zunächst die lokalen Minima der maximal möglichen Geschwindigkeit $v_{lim}(s)$ bestimmt. Die lokalen Minima sind in FIG 5 mit M1, M2, M3 und M4 bezeichnet. Unter lokalen Minima sind dabei Bereiche zu verstehen, bei denen links und rechts von diesen

15 Bereiche, die maximal mögliche Geschwindigkeit $v_{lim}(s)$ wieder ansteigt. Dabei gelten Anfangs- und Endpunkt der maximal möglichen Geschwindigkeit $v_{lim}(s)$ ebenfalls als lokale Minima.

20

25 Anschließend werden links und rechts von einem jeden Minimum ein so genanntes, dem jeweiligen Minimum zugehöriges links- und rechtseitiges Bahngeschwindigkeitssegment, d.h. ein segmentweiser Bahngeschwindigkeitsverlauf $v(s)$, bestimmt. Es ergibt sich somit zu jedem Minimum eine links des jeweiligen

30 Minimum befindliches Bahngeschwindigkeitssegment, nachfolgend linksseitiges Bahngeschwindigkeitssegment genannt und zu jedem Minimum eine rechts des Minimums befindliche zugehöriges Bahngeschwindigkeitssegment nachfolgend rechtsseitiges Bahngeschwindigkeitssegment genannt. Für den in FIG 5 beispielsweise

35 dargestellt Ausschnitt des Bewegungsvorgangs entlang dem Bewegungsbahn S mit der Bahnlänge s ergeben sich somit die linksseitigen Bahngeschwindigkeitssegmente $tr_2(s)$, $tr_4(s)$

und $tr_6(s)$ und die rechtsseitigen Bahngeschwindigkeitssegmenten $tr_1(s)$, $tr_3(s)$ und $tr_5(s)$.

Es wird somit für jedes lokale Minimum M_1 , M_2 , M_3 und M_4 jeweils eine zugehörige links- und rechtsseitiges Bahngeschwindigkeitssegment $tr_1(s)$ bis $tr_6(s)$ für die einzelnen Bahnwerte der Bahnlänge s links und rechts eines jeweiligen Minimums M_1 bis M_4 unter Ausnützung des maximal möglichen Bahnrucks $r_{lim}(s)$ und der maximal möglichen Bahnbeschleunigung $a_{lim}(s)$ bestimmt, wobei die resultierende Bahngeschwindigkeit $v(s)$, d.h. die jeweiligen Bahngeschwindigkeitssegmente $tr_1(s)$ bis $tr_6(s)$ solange bestimmt werden, bis die Bahngeschwindigkeit $v(s)$ die maximal mögliche Bahngeschwindigkeit $v_{lim}(s)$ links und rechts von dem jeweiligen Minimum überschreitet. Die Stellen an denen die jeweiligen Bahngeschwindigkeitssegmente $tr_1(s)$ bis $tr_6(s)$, d.h. die Bahngeschwindigkeit $v(s)$ die maximal mögliche Bahngeschwindigkeit $v_{lim}(s)$ überschreitet, sind in FIG 5 mit \ddot{U}_1 bis \ddot{U}_6 bezeichnet.

Die Berechnung des jeweiligen Bahngeschwindigkeitssegments $tr_1(s)$ bis $tr_6(s)$ erfolgt dabei, wie schon gesagt, unter Ausnützung des maximal möglichen Bahnrucks $r_{lim}(s)$ und der maximal möglichen Bahnbeschleunigung $a_{lim}(s)$. Die Bahngeschwindigkeitssegmente $tr_1(s)$ bis $tr_6(s)$ werden bestimmt, in dem für jedes Bahngeschwindigkeitssegment ein optimierter jeweils zugehöriger Ruckverlauf $r_1(s)$ bis $r_6(s)$ bestimmt wird. Hierzu wird als erstes Optimierungskriterium ein möglichst großer Bahnruck gewählt, d.h. es wird die Bewegung mit dem maximal möglichen Bahnruck $r_{lim}(s)$ ausgeführt. Durch Integration der Bahnruckverläufe $r_1(s)$ bis $r_6(s)$ über der Zeit t , ergeben sich sie jeweilig zugehörigen Bahnbeschleunigungsverläufe $a_1(s)$ bis $a_6(s)$. Aus dem Verlauf des Bahnrucks $r_1(s)$ ergibt sich beispielsweise die Bahnbeschleunigung $a_1(s)$, wobei sich durch nochmalige Integration über der Zeit t aus der Bahnbeschleunigung $a_1(s)$ das zugehörige Bahngeschwindigkeitssegment $tr_1(s)$ ergibt.

Da wie schon oben gesagt die Bahnlänge s selbst wiederum eine Funktion der Zeit t ist, entspricht in den Figuren 4, 5 und 6 die Integration über der Zeit t einer Integration über der Bahnlänge s .

5

Bei der Ermittlung des jeweiligen Bahnrickverlaufs $r_1(s)$ bis $r_6(s)$ wird dabei beachtet, dass die jeweilig zugehörige Bahnbeschleunigung $a_1(s)$ bis $a_6(s)$, der Bahngeschwindigkeitssegmente $tr_1(s)$ bis $tr_6(s)$, die maximal mögliche Bahnbeschleunigung $a_{lim}(s)$ nicht überschreitet. So wird z.B. der Bahnrick $r_3(s)$ sofort auf einen Wert von Null abgesenkt, wenn die zugehörige Bahnbeschleunigung $a_3(s)$ für die Bahngeschwindigkeitssegmente $tr_3(s)$, z.B. an der Stelle ST1 droht in unzulässiger Weise überschritten zu werden. Auf diese Art und

10 Weise werden durch zweimalige Integration für bestimmte Bewegungsabschnitte aus jedem Ruckverlauf $r_1(s)$ bis $r_6(s)$ ein jeweilig zugehöriges Bahngeschwindigkeitssegment $tr_1(s)$ bis $tr_6(s)$ bestimmt.

20 Für Bahnwerte der Bahnlänge s im Bereich der Minima M1, M2, M3 und M4 wird dabei der zugehörige Bahnrick $r(s)$ als Null angenommen, was in FIG 5 der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt ist, da dort der Übersichtlichkeit halber nur die Verläufe im Bereich der Bahngeschwindigkeitssegmente dargestellt sind.

In einem weiteren Schritt werden nun einander benachbarte Bahngeschwindigkeitssegmente zweier benachbarter Minima unter Einhaltung des maximal möglichen Bahnricks $r_{lim}(s)$ und der

30 maximal möglichen Bahnbeschleunigung $a_{lim}(s)$ derart miteinander verbunden, dass in mindestens einem Verbindungspunkt die Bahnbeschleunigung einen Wert von Null annimmt. Eine Verbindung zwischen benachbarten Bahngeschwindigkeitssegmenten zweier benachbarter Minima besteht dabei aus einer Vielzahl

35 aufeinanderfolgender Verbindungspunkte.

In FIG 5 oben, sind die Verbindungen VB1, VB2 und VB3 punktiert dargestellt. In dem Ausführungsbeispiel sind die Bahngeschwindigkeitssegmente $tr1(s)$ und $tr2(s)$ zueinander benachbart. Weiterhin sind die Bahngeschwindigkeitssegmente $tr3(s)$ und die Bahngeschwindigkeitssegmente $tr4(s)$ zueinander benachbart und es sind die Bahngeschwindigkeitssegmente $tr5(s)$ und die Bahngeschwindigkeitssegmente $tr6(s)$ zueinander benachbart. Die jeweiligen Verbindungen VB1 bis VB3 müssen dabei durch Bestimmung eines geeigneten Bahnrickverlaufs $r(s)$ so bestimmt werden, dass in mindestens einem Verbindungspunkt auf jeder Verbindung die Bahnbeschleunigung $a(s)$ einen Wert von Null annimmt. Hierdurch wird die Forderung nach zweifacher stetiger Differenzierbarkeit der Bahnlänge s nach der Zeit t erfüllt.

15

Ausgehend von dem im vorigen Schritt in FIG 5 unten dargestellten Verlauf des Bahnricks $r(s)$ für die einzelnen Bahngeschwindigkeitssegmente wird der Verlauf des Bahnricks $r(s)$ dermaßen angepasst, dass sich bei jeder Verbindung, in mindestens einem Verbindungspunkt der Verbindung, die Bahnbeschleunigung $a(s)$ einen Wert von Null annimmt.

20

In FIG 6 sind die entsprechenden resultierenden Verläufe der Bahngeschwindigkeit $v(s)$, der Bahnbeschleunigung $a(s)$ und des Bahnricks $r(s)$ dargestellt. Dabei wurden die benachbarten Bahngeschwindigkeitssegmente $tr1(s)$ und $tr2(s)$ derart miteinander verbunden, dass sich gemäß FIG 6 genau ein Verbindungspunkt $a1$ bei die Bahnbeschleunigung $a(s)$ einen Wert von Null annimmt, verbunden. Die benachbarten Bahngeschwindigkeitssegmente $tr3(s)$ und $tr4(s)$ wurden derart miteinander verbunden, dass in mindestens zwei Verbindungspunkten $a2$ und $a3$ die Bahnbeschleunigung $a(s)$ einen Wert von Null annimmt. Die benachbarten Bahngeschwindigkeitssegmente $tr5(s)$ und $tr6(s)$ sind im Ausführungsbeispiel derart miteinander verbunden das in mehr als zwei Verbindungspunkten die Bahnbeschleunigung $a(s)$ einen Wert von Null annimmt, was in FIG 6 durch einen Bereich $a4$ gekennzeichnet ist. Selbstverständlich muss der

30

35

Verlauf des Bahnruces $r(s)$ dabei so angepasst werden, dass die maximal mögliche Bahnbeschleunigung $a_{\text{lim}}(s)$ und maximal möglicher Bahnruck $r_{\text{lim}}(s)$ eingehalten werden.

- 5 Die Bestimmung des Verlaufs des Bahnruces $r(s)$, mit dem Ziel eine zweimal nach der Zeit stetig differenzierbaren Verbindung zwischen einander benachbarten Bahngeschwindigkeitssegmenten herzustellen, geschieht mit Hilfe dem Fachmann allgemein bekannter numerischer Lösungsverfahren wie z.B. dem Bisektionsverfahren. Bisektionsverfahren sind numerische Suchverfahren, die die Lösungen durch wiederholte Teilung in einem bestimmten Intervall näherungsweise bestimmen. In der Druckschrift „Numerische Mathematik 1, Lineare und nichtlineare Gleichungssysteme, Interpolation, numerische Integration; 10 Jochen Werner; Vieweg-Studium; Bd. 32: Aufbaukurs Mathematik; 1992“ sind Bisektionsverfahren beschrieben.

- Der Verlauf des Bahnruces $r(s)$ wird dabei vorzugsweise unter der weiteren Nebenbedingung so bestimmt, dass im Bereich der 20 Verbindung die Bahngeschwindigkeit $v(s)$ möglichst groß ist.

- Wie aus dem Verlauf der Bahngeschwindigkeit $v(s)$ von FIG 6 oben ersichtlich ist, ergibt sich ein Verlauf für die Bahngeschwindigkeit $v(s)$ der relativ nahe an dem maximal möglichen 25 Verlauf der maximal möglichen Bahngeschwindigkeit $v_{\text{lim}}(s)$ liegt. Die Bewegungsführung des bewegbaren Maschinenelementes der numerisch gesteuerten Maschine erfolgt somit mit möglichst hoher Geschwindigkeit. Der Optimierungsgrad des Verlaufs der Bahngeschwindigkeit $v(s)$ ist gegenüber dem mit dem 30 handelsüblichen Verfahren bestimmten und in FIG 4 dargestellte Verlaufs der Bahngeschwindigkeit $v(s)$, beim erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Einrichtung wesentlich erhöht.

- 35 Weiterhin ergibt sich auch ein gegenüber dem Stand der Technik glatteres Bewegungsprofil, da nicht in jedem Bewegungsabschnitt die Bahnbeschleunigung auf Null abgebaut werden muß.

Weiterhin weist das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil auf, dass die Güte des Ergebnisses nicht mehr in dem starken Maße, wie beim Stand der Technik von der Breite der Bewegungsabschnitte abhängt. Durch die Aufteilung der Gesamtoptimierung in mehrere kleine Optimierungen um die lokalen Minima herum, kann die Lösung des Problems relativ einfach berechnet werden.

Selbstverständlich ist es auch denkbar, dass die Verbindungen zwischen benachbarten Bahngeschwindigkeitssegmenten auch auf andere Art und Weise berechnet werden, insbesondere dermaßen berechnet werden, dass in keinem Verbindungspunkt die Bahnbeschleunigung einen Wert von Null annimmt. Es ergeben sich jedoch dann Nachteile hinsichtlich der Stetigkeit der ermittelten Bewegungsbahn s.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bewegungsführung eines bewegbaren Maschinenelements (8) einer numerisch gesteuerten Maschine,
- 5 - wobei eine Bewegungsbahn (S) des Maschinenelements (8) in aufeinanderfolgende Bewegungsabschnitte aufgelöst ist,
- wobei anhand von vorgegebenen Restriktionen von Maschinenachsen (6a, 6b) eine maximal mögliche Bahngeschwindigkeit ($v_{lim}(s)$), eine maximal mögliche Bahnbeschleunigung
- 10 ($a_{lim}(s)$) und ein maximal möglicher Bahnruck ($r_{lim}(s)$) gegeben sind,
- wobei die lokalen Minima (M1-M4) der maximal möglichen Bahngeschwindigkeit ($v_{lim}(s)$) bestimmt werden,
- wobei für jedes lokale Minimum (M1-M4) jeweils ein zugehöriges links- und rechtsseitiges Bahngeschwindigkeitssegment ($tr1(s)$ - $tr6(s)$) bestimmt wird, indem für Bahnwerte
- 15 (s) der Bewegungsbahn (S) links und rechts eines jeweiligen Minimums (M1-M4) unter Ausnutzung des maximal möglichen Bahnrucks ($r_{lim}(s)$) und der maximal möglichen Bahnbeschleunigung ($a_{lim}(s)$) die resultierende Bahngeschwindigkeit ($v(s)$) solange bestimmt wird, bis die Bahngeschwindigkeit ($v(s)$) die maximal mögliche Bahngeschwindigkeit ($v_{lim}(s)$) links und rechts von dem Minimum (M1-M4) überschreitet, wobei solchermaßen ein Bahnruckverlauf ($r(s)$)
- 20 für die Bewegungsführung ermittelt wird.
- 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass einander benachbarte Bahngeschwindigkeitssegmente ($tr1(s)$ - $tr6(s)$) zweier benachbarter Minima (M1-M4) unter Einhaltung des maximal möglichen Bahnrucks
- 30 ($r_{lim}(s)$) und der maximal möglichen Bahnbeschleunigung ($a_{lim}(s)$) derart miteinander verbunden werden, dass in mindestens einem Verbindungspunkt ($a1$ - $a4$) die Bahnbeschleunigung ($a(s)$) einen Wert von Null annimmt.
- 35
3. Verfahren nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass in mindestens zwei Verbindungspunk-

ten (a1-a4) die Bahnbeschleunigung (a(s)) einen Wert von Null annimmt.

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in mehr wie zwei Verbindungspunkten (a1-a4) die Bahnbeschleunigung (a(s)) einen Wert von Null annimmt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine als Werkzeugmaschine, als Produktionsmaschine und/oder als Roboter ausgebildet ist.

6. Einrichtung zur Bewegungsführung eines bewegbaren Maschinenelements einer numerisch gesteuerten Maschine, wobei eine Bewegungsbahn (S) des Maschinenelements in aufeinanderfolgende Bewegungsabschnitte aufgelöst ist, wobei die Einrichtung aufweist,

- Mittel zur Vorgabe einer maximal mögliche Bahngeschwindigkeit ($v_{lim}(s)$), einer maximal mögliche Bahnbeschleunigung ($a_{lim}(s)$) und eines maximal möglichen Bahnrucks ($r_{lim}(s)$) anhand von vorgegebenen Restriktionen von Maschinenachsen (6a, 6b),
- Mittel zur Bestimmung der lokalen Minima (M1-M4) der maximal möglichen Bahngeschwindigkeit ($v_{lim}(s)$),
- Mittel zur Bestimmung ein für jedes lokale Minimum (M1-M4) jeweils zugehörige links- und rechtsseitiges Bahngeschwindigkeitssegment ($tr1(s)$ - $tr6(s)$), indem für Bahnwerte (s) der Bewegungsbahn (S) links und rechts eines jeweiligen Minimums (M1-M4) unter Ausnutzung des maximal möglichen Bahnrucks ($r_{lim}(s)$) und der maximal möglichen Bahnbeschleunigung ($a_{lim}(s)$) die resultierende Bahngeschwindigkeit ($v(s)$) solange bestimmt wird, bis die Bahngeschwindigkeit ($v(s)$) die maximal mögliche Bahngeschwindigkeit ($v_{lim}(s)$) links und rechts von dem Minimum (M1-M4) überschreitet,

7. Einrichtung nach Anspruch 6, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass die Einrichtung Mittel zur
Ermittlung eines Ruckverlaufs $r(s)$ für die Bewegungsführung
aufweist, wobei einander benachbarte Bahngeschwindigkeitsseg-
5 mente $(tr1(s)-tr6(s))$ zweier benachbarter Minima (M1-M4) un-
ter Einhaltung des maximal möglichen Bahnrucks $(r_{lim}(s))$ und
der maximal möglichen Bahnbeschleunigung $(a_{lim}(s))$ derart
miteinander verbunden werden, dass in mindestens einem Ver-
bindungspunkt $(a1-a4)$ die Bahnbeschleunigung $(a(s))$ einen
10 Wert von Null annimmt.

8. Einrichtung nach Anspruch 6 oder 7, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass die Einrichtung als Steue-
15 rungseinrichtung zur Steuerung der Maschine ausgebildet ist.

9. Computerprogrammprodukt für eine Einrichtung, das Codeab-
schnitte enthält mit der ein Verfahren nach einem der Ansprü-
che 1 bis 5 ausführbar ist.

20

FIG 1
(Stand der Technik)

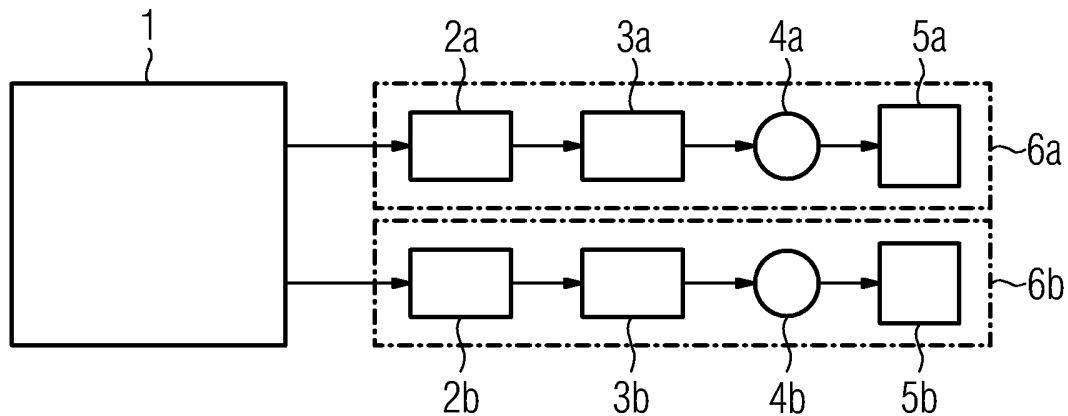


FIG 2
(Stand der Technik)

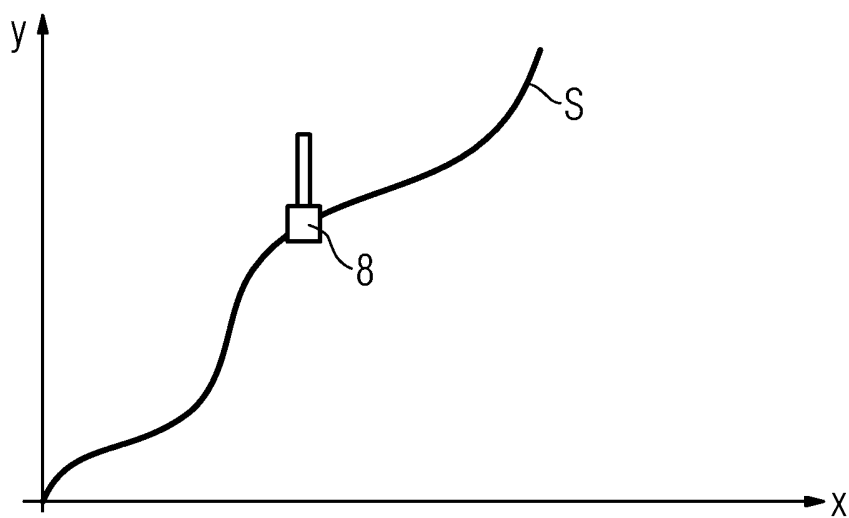


FIG 3
(Stand der Technik)

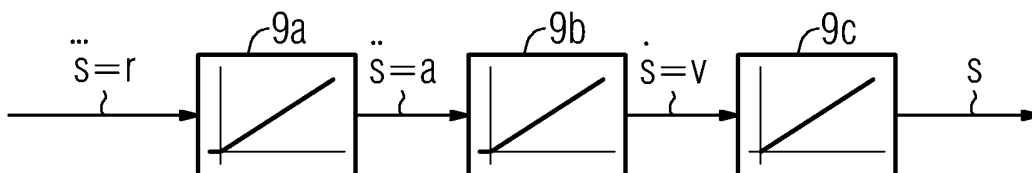


FIG 4

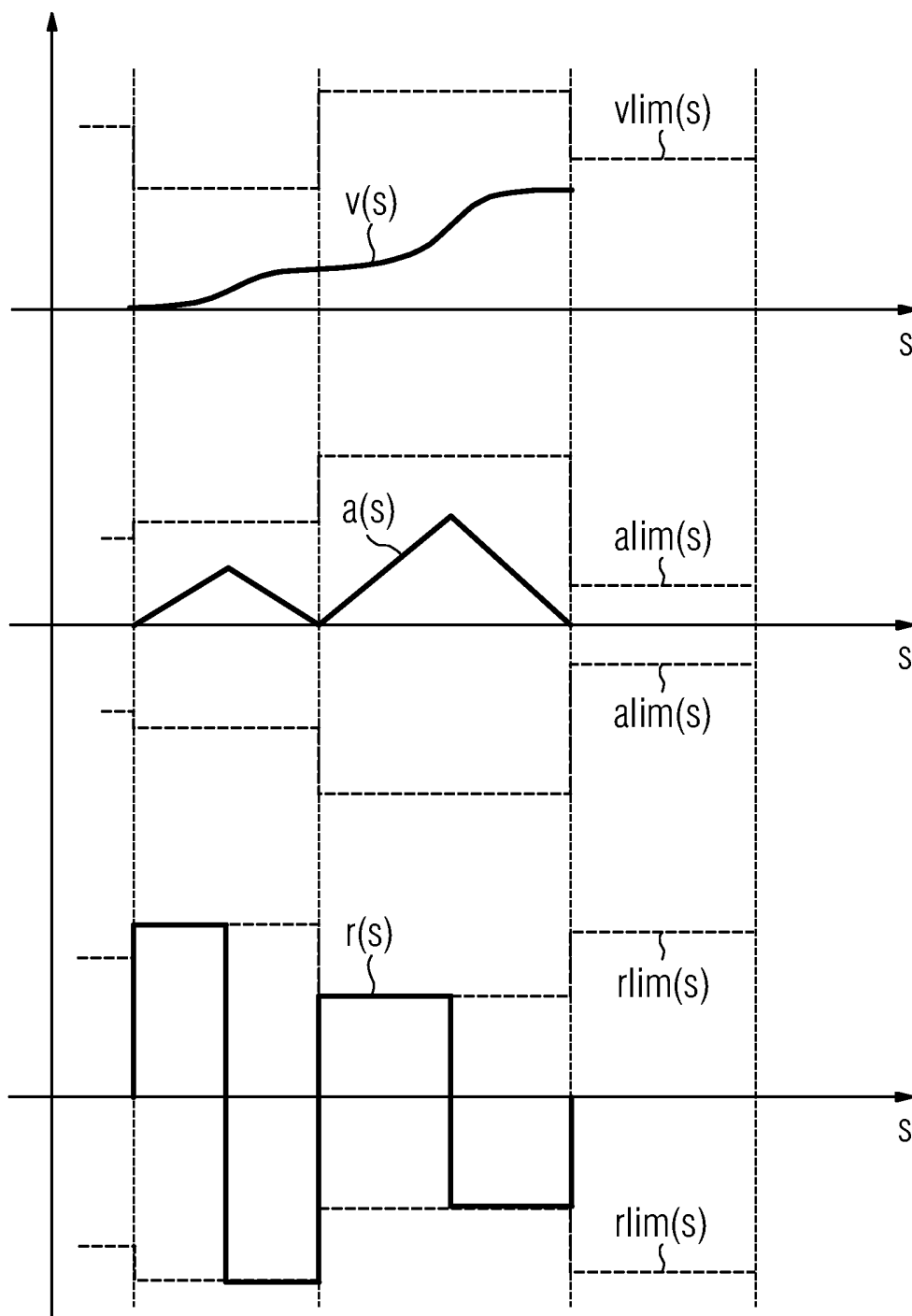


FIG 5

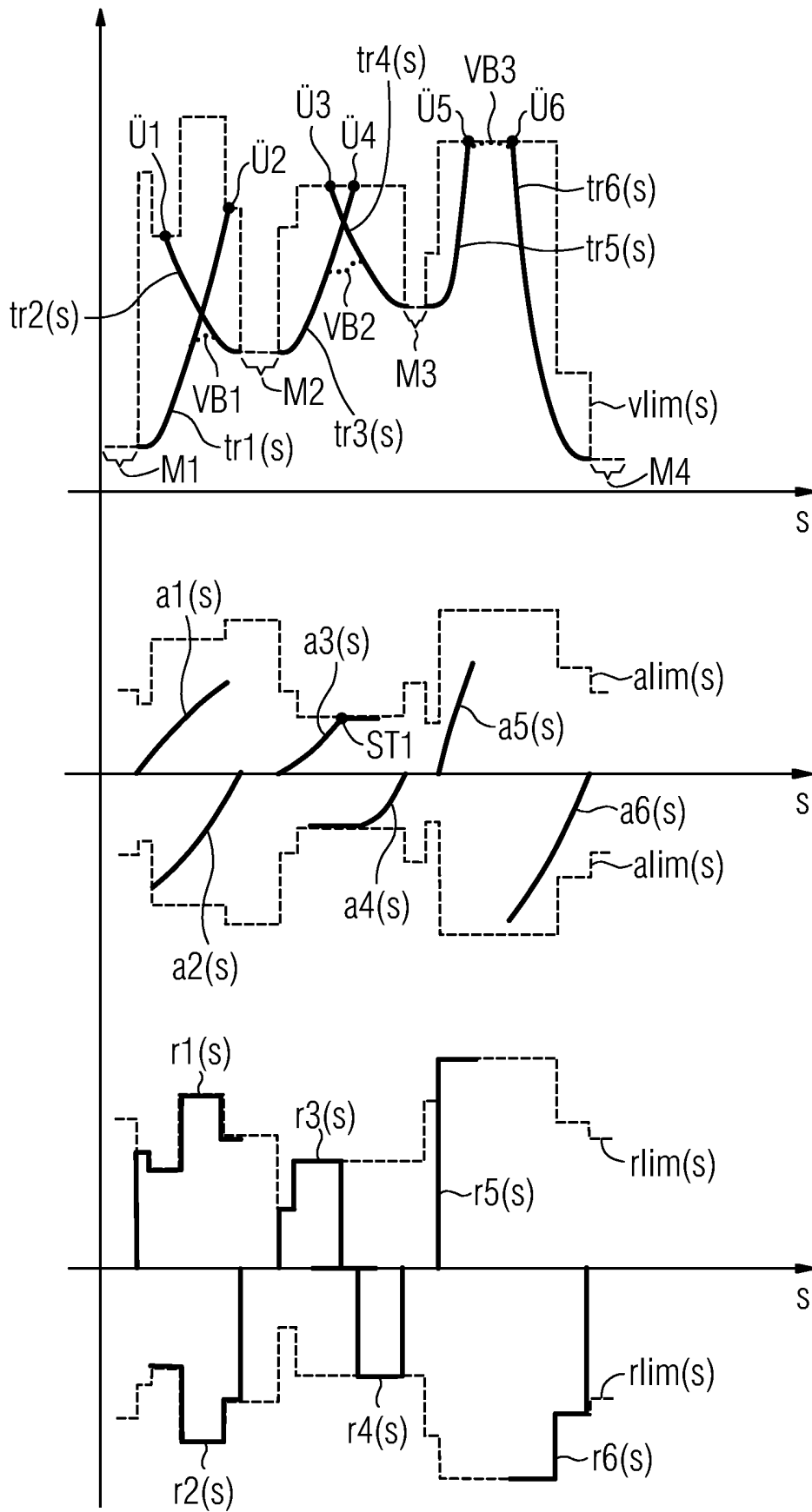
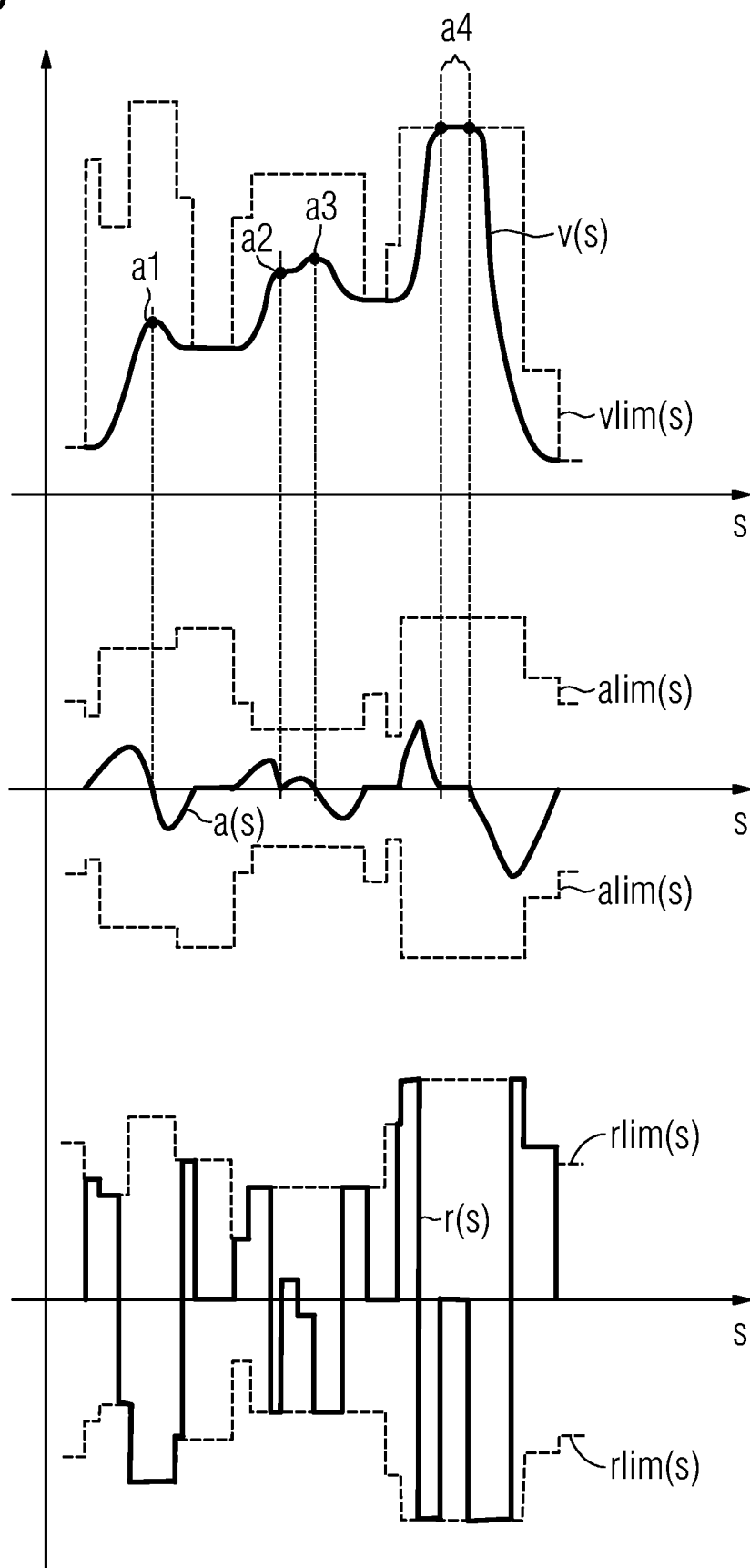


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2005/056454

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G05B19/416

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2004/102292 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; GEISSDOERFER, KLAUS; HAMM, CARSTEN; PAPIER) 25 November 2004 (2004-11-25) cited in the application the whole document	1-9
A	DE 199 44 607 A1 (ISG-INDUSTRIELLE STEUERUNGSTECHNIK GMBH) 22 March 2001 (2001-03-22) cited in the application the whole document	1-9
A	EP 0 289 150 A (GENERAL MOTORS CORPORATION) 2 November 1988 (1988-11-02) page 1 - page 13; figure 1	1-9
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 March 2006

Date of mailing of the international search report

13/03/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Morrish, I

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2005/056454

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 002 231 A (DIRKX ET AL) 14 December 1999 (1999-12-14) column 1 - column 12; figures 1-3 -----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2005/056454

Patent document cited in search report	A	Publication date	DE	Patent family member(s)	Publication date
WO 2004102292	A	25-11-2004	DE	10321970 A1	09-12-2004
DE 19944607	A1	22-03-2001	NONE		
EP 0289150	A	02-11-1988	DE	3872044 D1	23-07-1992
			DE	3872044 T2	07-01-1993
			JP	63284601 A	21-11-1988
			US	4769583 A	06-09-1988
US 6002231	A	14-12-1999	DE	69712304 D1	06-06-2002
			DE	69712304 T2	05-12-2002
			WO	9810340 A1	12-03-1998
			JP	11514774 T	14-12-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2005/056454

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES G05B19/416		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G05B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2004/102292 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; GEISSDOERFER, KLAUS; HAMM, CARSTEN; PAPIER) 25. November 2004 (2004-11-25) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-9
A	DE 199 44 607 A1 (ISG-INDUSTRIELLE STEUERUNGSTECHNIK GMBH) 22. März 2001 (2001-03-22) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-9
A	EP 0 289 150 A (GENERAL MOTORS CORPORATION) 2. November 1988 (1988-11-02) Seite 1 - Seite 13; Abbildung 1	1-9
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist		
E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		
L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)		
O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht		
P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist		
X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden		
Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist		
& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
3. März 2006		13/03/2006
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Morrish, I

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2005/056454

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 002 231 A (DIRKX ET AL) 14. Dezember 1999 (1999-12-14) Spalte 1 - Spalte 12; Abbildungen 1-3 -----	1-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/056454

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2004102292 A	25-11-2004	DE 10321970 A1	09-12-2004
DE 19944607 A1	22-03-2001	KEINE	
EP 0289150 A	02-11-1988	DE 3872044 D1	23-07-1992
		DE 3872044 T2	07-01-1993
		JP 63284601 A	21-11-1988
		US 4769583 A	06-09-1988
US 6002231 A	14-12-1999	DE 69712304 D1	06-06-2002
		DE 69712304 T2	05-12-2002
		WO 9810340 A1	12-03-1998
		JP 11514774 T	14-12-1999