



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 007 601 B4 2010.06.17**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 007 601.2**
 (22) Anmeldetag: **13.02.2007**
 (43) Offenlegungstag: **14.08.2008**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **17.06.2010**

(51) Int Cl.⁸: **G06F 9/45 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**SEW-EURODRIVE GmbH & Co. KG, 76646
 Bruchsal, DE**

(74) Vertreter:

**Hubert Ermel & Dr. Eberhard Tüngler, 76646
 Bruchsal**

(72) Erfinder:

**Müller, Markus, Dr.-Ing., 76863 Herxheimweyher,
 DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

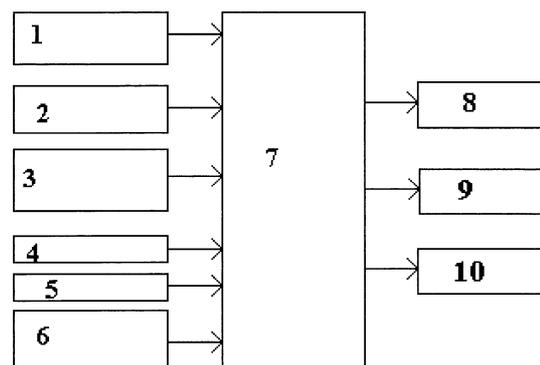
WO 2005/1 20 883 A1

**EROL, N.A. et al.: Open System Architecture
 Modular Tool Kit for Motion and Machine
 Process Control. In: IEEE/ASME Transactions
 on Mechatronics, Vol. 5, No. 3, Sept. 2000, pp.
 281-291**

**Ma, C.C.H. et al.: Rapid tracking with automatic
 trajectory optimization for speed. In: Journal of
 Dynamic Systems, Measurement, and Control,
 Dec. 1999, Vol. 121, pp. 697-702**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Optimierung eines Steuerprogramms und mehrachsige Maschine**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Optimieren eines Steuerprogramms zum Betreiben einer Maschine mit mehreren Antrieben, die rückspeisefähig mit einem Energiepuffer verbunden sind, wobei das Steuerprogramm aus Funktionsmodulen aufgebaut wird, deren kompilierte Form eine Steuerung der Maschine beim Abfahren einer Bahnkurve bewirkt, wobei in einem ersten Schritt die Funktionsmodule ausgewählt und aneinandergereiht werden, wobei die Funktionsmodule jeweils ein Bahnkurvensegment beschreiben, wobei in einem weiteren Schritt eine Optimierung von veränderbaren Parametern der Funktionsmodule durch ein Rechnersystem ausgeführt wird, wobei bei der Optimierung als Optimierungskriterium (i) die Begrenzung der Zufuhr der elektrischen Leistung und/oder (ii) die Kapazitätsgrenze oder Leistungsgrenze des Energiepuffers berücksichtigt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Optimieren eines Steuerprogramms und eine mehrachsige Maschine

[0002] Aus der IEC 61131-3 und der Veröffentlichung „Function blocks for motion control“ (Version 1.1, 9.4.2005) der Nutzerorganisation PLCopen (Technical Committee 2) sind Funktionsmodule für Bahnkurvensteuerungen bekannt.

[0003] Aus der Veröffentlichung Erol, N. A. et al.: Open System Architecture Modular Toll Kit for Motion and Machine Process Control in IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 5 No. 3, Sept. 2000 pp. 281–291 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Überwachungsprogramms für die Bewegung von Achsen einer Maschine bekannt.

[0004] Aus der Veröffentlichung Ma, C. C. H. et al.: Rapid tracking with automatic trajectory optimization for speed im Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, Dec. 1999, vol. 121, pp. 697–702 ist eine Optimierung für Trajektorien bekannt, bei der Stützpunkte näher aneinander oder weiter auseinander gewählt werden abhängig von der Geschwindigkeit.

[0005] Aus der WO 2005/120883 A1 ist ein Energiemanagementsystem für eine Transportvorrichtung bekannt.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Inbetriebnahme bei Anlagen zu vereinfachen und den Betrieb der Anlage zu verbessern.

[0007] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und durch eine mehrachsige Maschine nach Anspruch 10 gelöst.

[0008] Von Vorteil ist dabei, dass durch den Benutzer eine Bahnkurve nach seinem Ermessen erstellbar ist und er nur diejenigen Parameter mit Werten beschreiben muss, die keine anderen Werte haben dürfen. Bei Parametern, bei denen der Benutzer zu Beginn keinen festen Wert vorgeben muss, ist es ihm ermöglicht anstatt selbst eine Optimierung zu versuchen, die Vorrichtung die Optimierung ausführen zu lassen. Wenn der Benutzer selbst die Optimierung versuchen würde, würde er Werte eingeben und dann die sich daraus ergebenden Bahnkurven samt der relevanten Größen bestimmen. In einem nächsten Schritt würde er die Werte der Parameter verändern und wiederum neu die Bahnkurve samt der relevanten Größen bestimmen. Auf diese Weise dauert es sehr lange, bis ein Optimum gefunden wird, oder es ist in der Praxis sogar unmöglich.

[0009] Die erfindungsgemäßen Mittel zum Optimie-

ren ermöglichen ein schnelles Bestimmen von zumindest lokal oder sogar global optimalen Werten von Parametern. Somit wird es ermöglicht ein eigentlich unfertiges Steuerprogramm einem Mittel zu übergeben, welches das Steuerprogramm eigenständig fertig stellt und somit den Herstellprozess für das Steuerprogramm ergänzt und beendet.

[0010] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung sind die Optimierungsmittel derart angeordnet, dass sie vor oder alternativ nach der Kompilierung wirksam sind. Insbesondere wird die Optimierung vor oder nach Kompilierung der Struktur ausgeführt. Von Vorteil ist bei der ersten Alternative, dass von den Optimierungsmitteln vor der Kompilierung in übersichtlicher Weise auf die Parameter zugreifbar ist. Somit ist die Optimierung vorzugsweise offline, also ohne Bewegung der Maschine, ausführbar. In der zweiten Alternative werden die Optimierungsmittel erst nach der Kompilierung wirksam. Dies bedeutet, dass die Kompilierung derart geschieht, dass nach der Kompilierung eine Variable zur Verfügung steht, die vom Optimierungsmittel beschreibbar ist und das gesamte Steuerprogramm damit dann abarbeitbar ist. Somit ist die Optimierung entweder offline, also ohne Bewegung der Maschine, oder online, also bei schon frei gegebener Maschine, ausführbar.

[0011] Von Vorteil ist bei der mehrachsigen Maschine, dass die Mittel zur Herstellung des Steuerprogramms direkt verbindbar oder sogar integriert vorgesehen sind. Somit sind Parameter der Maschine auslesbar, wie beispielsweise Typenschilddaten der Antriebe oder andere technischen Informationen, beispielsweise das maximale erzeugbare Drehmoment, die maximal zulässige Drehzahl oder der Leistungsverbrauch jedes Antriebs.

[0012] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist mittels der Maschine ein Objekt auf einer Bahnkurve bewegbar, wobei die Bahnkurve beim Ausführen des Steuerprogramms von der Maschine erzeugt wird. Von Vorteil ist dabei, dass die Maschine eine beliebige kinematische Kette aufweisen darf. Insbesondere sind auch Roboter oder Portale oder sonstige Handling-Maschinen verwendbar.

[0013] Das Verfahren ist bei einer Vorrichtung einsetzbar, wobei den Funktionsmodulen zumindest teilweise Parameter nicht fest vorgegeben werden, mittels Ausführen, insbesondere mittels Kompilieren oder Interpretieren, der aus den Funktionsmodulen zusammengesetzten Struktur das Steuerprogramm erzeugt wird, wobei den nicht fest vorgegebenen Parametern Werte entsprechend Optimierungskriterien zugeordnet werden.

[0014] Von Vorteil ist dabei, dass die Optimierungskriterien nicht fest gelegt sind und somit auch Rand-

bedingungen berücksichtigbar sind. Darüber hinaus treffen die vorgenannten Vorteile zu. Insbesondere ist nun ein Herstellverfahren für ein Steuerprogramm erreicht, bei dem der Benutzer nur ein teilweises Fertigstellen des Steuerprogramms ausführen muss und den Rest einer Vorrichtung überlässt. Die Vorgaben des Benutzers, beispielsweise über Art und Reihenfolge der Funktionsmodule wird beibehalten. Außerdem muss der Benutzer die von ihm gewünschten Wertebereiche dem Optimiermittel nennen. Je nach Optimiermittel ist er auch in der Lage, die Rechenzeit für das Arbeiten der Optimiermittel vorzuschreiben.

[0015] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung werden die Funktionsmodule vom Bediener und/oder von einem Rechnersystem ausgewählt und nacheinander angeordnet, insbesondere wobei den fest vorgegebenen Parametern und den nicht fest vorgegebenen Parametern Werte zugeordnet werden. Von Vorteil ist dabei, dass die Werte der fest vorgegebenen Parameter unverändert belassen werden und die nicht fest vorgegebenen Parameter veränderbar sind vom Optimiermittel. Der Benutzer muss hierzu nur die Parameter kennzeichnen, die er dem Optimiermittel freigeben will.

[0016] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung beeinflusst die Optimierung die Auswahl und das Anordnen der Funktionsmodule und ihrer fest vorgegebenen Parameter nicht. Von Vorteil ist dabei, dass der Benutzer spezifische Gegebenheiten der Anlage berücksichtigen kann durch seine Auswahl. Außerdem ist die Erfindung somit bei völlig verschiedenen Anlagen und Maschinen verwendbar. Denn es steht ein Baukasten von Funktionsmodulen zur Verfügung, der für die jeweilige Anlage eine Bahnkurvensteuerung ausführbar macht. Zwar würde für jede Anlage auch eine spezifische optimale Bahn bestimmbar sein, dies würde aber enormen Aufwand für das Bestimmen erfordern. Bei der vorliegenden Erfindung lassen sich jedoch aus einem stets gleichen Baukasten von Funktionsmodulen verschiedenartige Bahnkurven herstellen, insbesondere für jede Anlage eine eigene.

[0017] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung umfassen die Optimierungskriterien Dynamikparameter der Bahnkurve. Von Vorteil ist dabei, dass Bahngeschwindigkeit, Bahnbeschleunigung, Ruck und weitere Größen berücksichtigbar sind, insbesondere deren Begrenzungen.

[0018] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird die Optimierung offline ausgeführt. Von Vorteil ist dabei, dass nur ein Rechner notwendig ist zum Bestimmen der optimalen Bahnkurve.

[0019] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung umfassen die Optimierungskriterien maschinenspezifische Kennwerte und Arbeitsbereiche von Koordinaten und

Dynamikparameter der Bahnkurve. Von Vorteil ist dabei, dass die durch die Art der Antriebe vorgegebenen Grenzwerte und Wertebereiche einhaltbar sind. Somit werden durch die Steuerung von den Antrieben nicht über ihrem Leistungsvermögen liegende Leistungen angefordert. Schwingverhalten und Ausgleichvorgänge werden vermieden oder zumindest reduziert.

[0020] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung werden bei der Optimierung verfügbare Ressourcen berücksichtigt. Von Vorteil ist dabei, dass beispielsweise die Energieressourcen geschont werden, die Begrenzung der Zufuhr der elektrischen Leistung berücksichtigbar ist und/oder die für das Arbeiten des Optimiermittels maximal zur Verfügung stehende Zeit vorgebar ist. Außerdem sind auch die Kapazitätsgrenzen bei einer Versorgung eines oder mehrerer Antriebe aus einem Energiepuffer oder Energiespeicher berücksichtigbar. Insbesondere gilt dies auch für Maschinen mit mehreren Antrieben, die rückspeisefähig mit diesem Energiepuffer oder Energiespeicher verbunden sind. Wenn also einer der Antriebe im generatorischen Betrieb arbeitet, ist ein anderer der Antriebe daraus versorgbar. Je nach Art der Bahnkurve ist die Kapazitätsgrenze oder Leistungsgrenze des Puffers oder Speichers zu beachten.

[0021] Wichtige Merkmale bei der Graphische Benutzerschnittstelle sind, dass sie für ein Verfahren zur Herstellung eines Steuerprogramms aus Funktionsmodulen vorgesehen ist, denen Parameter zugeordnet sind.

[0022] Von Vorteil ist dabei, dass der Benutzer geführt wird und dabei in einem ersten Schritt die Struktur erstellen kann und erst in einem nachfolgenden Schritt die Optimiermittel aktivieren und am Ende erst das so erzeugte Steuerprogramm ausführen kann. Somit werden auch Fehler reduzierbar. Die Auswahlmittel sind als Menu-Struktur realisierbar, insbesondere als aktive Baumstruktur. Die aktivierten Mittel zum Zusammensetzen der Funktionsmodule sind in einem ersten Fenster an einem Bildschirm des Rechnersystems darstellbar. Die Optimiermittel sind in einem zweiten Fenster anzeigbar und erst nach Erstellen der Struktur im ersten Fenster öffentbar. Somit ist die Übersichtlichkeit erhöhbar.

[0023] Weitere Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----------|--|
| 1 | Struktur von Funktionsmodulen |
| 2 | Maschinenmodell, umfassend Grenzwerte |
| 3 | Arbeitsbereiche für Start-, Stütz- und Zielkoordinaten |
| 4 | Arbeitsbereiche für Dynamikparameter |
| 5 | Optimierungskriterien |

- 6 Verfügbare Ressourcen
- 7 Mittel zum Optimieren
- 8 optimierte Parameter
- 9 Optimierte Stützpunkt-Koordinaten
- 10 Optimierte Dynamikparameter
- 20 Menu
- 21 Mittel zum Zusammensetzen einer Struktur aus Funktionsmodulen
- 22 Optimiermittel

[0024] Die Erfindung wird nun anhand von Abbildungen näher erläutert:

[0025] In der [Fig. 1](#) ist die erfindungsgemäße Vorrichtung und das entsprechende Verfahren näher dargestellt.

[0026] Die Bahnkurve für das von der mehrachsigen Maschine, beispielsweise Industrieroboter, Portal, Scara, Delta und/oder Knickarm, zu transportierende Objekt, wie Last und/oder Werkzeug, wird von einem Rechner bestimmt.

[0027] Dabei werden zunächst die Funktionsmodule zu einer Struktur **1** zusammengesetzt, die insbesondere nach IEC 61131-3 gefertigt sind. Eines oder mehrere der Funktionsmodule beschreiben beispielsweise einen Bahnkurvenabschnitt, beispielsweise einen Geradenabschnitt oder einen Kreisbogenabschnitt. Der gesamten Bahnkurve sind also mehrere solcher Funktionsmodule zugeordnet, insbesondere zeitlich nacheinander auszuführende.

[0028] Funktionsmodule weisen dabei fest vorgegebene Parameter auf, wie beispielsweise Zielpositionswerte, und nicht fest vorgegebene Parameter, wie beispielsweise Bahngeschwindigkeit.

[0029] Beispielsweise ist eine Struktur **1**, umfassend ein einen Geradenabschnitt erzeugendes Funktionsmodul, ein einen nachfolgenden Kreisbogenabschnitt erzeugendes Funktionsmodul und ein einen darauf auszuführenden Geradenabschnitt erzeugendes Funktionsmodul, durch den Programmierer vorgebar. Die Struktur **1** besteht dann also aus drei nacheinander angeordneten Funktionsmodulen.

[0030] Im Rechner wird das Programm, bestehend aus der Struktur **1** und den zugehörigen Parametern, dann kompiliert oder interpretiert und somit in eine von der Maschine ausführbare Anweisungsfolge übersetzt. Somit wird beim Ausführen dann das Objekt auf einem Geradenabschnitt, gefolgt von einem Kreisbogenabschnitt und nachfolgend wieder auf einem Geradenabschnitt bewegt. Dabei wird in jedem Abschnitt die vorgegebene Bahngeschwindigkeit ausgeführt.

[0031] Bei der Erfindung ist es nun ermöglicht, dass die Struktur **1** vor der Ausführung durch die Maschi-

ne, also beispielsweise Kompilierung oder Interpretierung, einem Mittel zum Optimieren zugeführt und von diesem bearbeitet wird. Dabei werden die nicht fest vorgegebenen Parameter verändert, nicht jedoch die fest vorgegebenen.

[0032] Das Mittel zum Optimieren erkennt entweder automatisch die nicht fest vorgegebenen Parameter oder der Benutzer übergibt und/oder kennzeichnet diese entsprechend. Außerdem ist das Mittel zum Optimieren in der Lage, gegebenenfalls vom Benutzer eingegebene Wertebereiche zu berücksichtigen.

[0033] Als weitere Eingangsinformationen beim Optimieren wird ein Maschinenmodell **2** verwendet, umfassend Grenzwerte, wie beispielsweise Achsan-schlagspositionen, maximal erzeugbare Drehzahl und dergleichen. Somit wird schon offline, also beim Optimieren durch die Optimiermittel, die Bahnkurve als Gesamtes bestimmt und simuliert. Dabei werden vom Optimiermittel auch die Rückwirkungen auf die Einzelachsenantriebe bestimmt.

[0034] Auf diese Weise wird beispielsweise erkannt, dass ein gewisser Einzelantrieb einen Ruck ausführen müsste, den er nicht erzeugen kann. Oder es ist ein anderer Wert einer physikalischen Größe von ihm zu erzeugen, obwohl dies außerhalb seines Leistungsvermögens liegt. In solchen Fällen werden dann die nicht fest vorgegebenen Parameter derart verändert, dass die physikalischen Größen Werte im zulässigen Bereich aufweisen, also auch die Antriebe im Bereich ihres Leistungsvermögens betreibbar sind.

[0035] Darüber hinaus ist auch die Wirkung der Bahnkurve vom Optimiermittel als Ganzes bestimmbar. Beispielsweise wird ein für das Objekt unerlaubt hoher Ruckwert oder Beschleunigungswert an einem Bahnkurvenpunkt ermittelt oder die zum Ausführen der Bahnkurve notwendige gesamte Energieaufnahme hinsichtlich Überschreitung der erlaubten Werte überprüft.

[0036] Ein weiteres Beispiel ist auch der Wertebereich von beispielsweise Start- und Zielkoordinaten. Dabei überprüft das Optimiermittel **7**, ob für die Arbeitsbereiche **3** für Start-, Stütz- und Zielkoordinaten die vorgegebenen Grenzwerte des Maschinenmodells **2** eingehalten bleiben – gegebenenfalls mit einem Sicherheitsabstand.

[0037] Des Weiteren werden die Arbeitsbereiche **4** für Dynamikparameter vom Optimiermittel **7** überprüft.

[0038] Das Optimiermittel **7** berücksichtigt bei der Bestimmung auch weitere Optimierungskriterien **5**, wie beispielsweise eine stets gleichverlaufende Bahnkurve bei verschiedenen großen Lasten und auch

das Einhalten der genannten Grenzen bei verschiedenen großen Lasten.

[0039] Das Optimiermittel **7** verändert die nicht fest vorgegebenen Parameterwerte derart, dass die entsprechend optimalen oder zumindest optimierten Werte eingesetzt werden. Allerdings bleiben die Funktionsmodule in ihrer Reihenfolge angeordnet. Es wird auch nichts verändert an den fest vorgegebenen Parameterwerten.

[0040] Somit ergibt sich im Ergebnis ein neues optimiertes Programm für die Ausführung optimierter Bahnkurven mit optimierten Parametern **8**, optimierten Stützpunkt-Koordinaten **9** und optimierten Dynamikparametern **10**.

[0041] Es werden optional bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen auch die verfügbaren Ressourcen **6** beim Bestimmen der optimierten Parameter durch das Optimiermittel **7** berücksichtigt, wie die obengenannte Energieaufnahme, thermische Gesamt-Entwärmungsstromgrenzwerte und dergleichen.

[0042] Abhängig von der speziellen Anforderung der jeweiligen Maschine oder Anlage mag es sein, dass die Optimierung der Bahnkurven weiter verbessert wäre, wenn die verwendeten Funktionsmodule gegen andere ausgetauscht würden und auch die Anzahl verändert würde. Selbstverständlich ist es prinzipiell ermöglicht, eine für eine Maschine optimale Bahnkurve unter Berücksichtigung aller Optimierungskriterien zu bestimmen.

[0043] Davon unterscheidet sich allerdings die Erfindung, weil nämlich nur ein Teil der Parameter der Funktionsmodule optimierte Parameter erhält, die Funktionsmodule an sich jedoch belassen werden, also auch nicht ausgetauscht werden.

[0044] Die Vorteile der Erfindung liegen jedoch darin, dass eine Struktur aus Funktionsmodulen zusammenstellbar ist in einer vom Bediener vorgegebenen Weise. Insbesondere ist der Bediener in der Lage, spezifische Anforderungen der Anlage zu berücksichtigen und die entsprechenden Funktionsmodule auszuwählen und aneinander anzureihen. Das Optimiermittel verändert dann nur die nicht fest vorgegebenen Parameter. Somit bleiben die Funktionsmodule bestehen und werden nur mit verbesserten Parametern betrieben. Dabei werden die Parameter derart bestimmt, dass auch Arbeitsbereiche für die maschinenspezifischen Kennwerte, Arbeitsbereiche für die Dynamikparameter und Arbeitsbereiche für Start-, Stütz- und Zielpunktkoordinaten berücksichtigt werden.

[0045] Vorteiligerweise ist die Optimierung offline ausführbar, also ohne dass die reale Maschine wirk-

lich betrieben wird. Während der Optimierung ist aber bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen das Steuerungsprogramm schon betreibbar, also die kompilierte Struktur schon im Rechnersystem ausführbar.

[0046] Vorteil der Erfindung ist auch, dass die Rückwirkungen der Programmierung der Bahnkurve, also der ausgewählten und aneinander gereihten Funktionsmodule mit den zugehörigen ausgewählten Parametern, wie beispielsweise Bahngeschwindigkeitsparameter, auf die Einzelachsenantriebe der Maschine bestimmbar sind und gegebenenfalls die entsprechenden Parameter veränderbar sind durch das Optimiermittel **7**.

[0047] Das Optimiermittel ist auch in der Lage, für verschiedene Arbeitsbereiche der Maschine, wie beispielsweise verschiedene Zielkoordinaten, jeweils gegebenenfalls verschiedene oder auch für aller Arbeitsbereiche die gleichen, optimierten Parameterwerte zu bestimmen. Das heißt, dass die durch das Optimiermittel **7** optimierten Parameter abhängig sein können von den fest vorgegebenen Parametern und Arbeitsbereichen.

[0048] Die Erfindung stellt also eine zeit- und kostensparende Unterstützung bei der Erstellung eines Steuerprogramms einer mehrachsigen Maschine dar, die eine mehr oder weniger komplexe Kinematik aufweist.

[0049] Die Optimierungskriterien sind durch den Bediener vorgebar und/oder auswählbar.

[0050] Das Optimiermittel **7** umfasst bei weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ein neuronales Netz und/oder ein Mittel der künstlichen Intelligenz.

[0051] In [Fig. 2](#) ist die graphische Benutzerschnittstelle näher dargestellt. Dabei umfasst die Schnittstelle ein Menu **20** aus dem zu einer Vorrichtung zugehörige Mittel auswählbar sind.

[0052] Nach Aktivieren eines ersten Menueintrags wird das Mittel **21** zum Zusammensetzen einer Struktur aus Funktionsmodulen aktiviert und gestartet. Dort werden die Funktionsmodule, wie beispielsweise ein Funktionsmodul zur Erzeugung eines Geradenabschnitts, eines zur Erzeugung eines Kreisbogenabschnitts und weitere Module, zusammengesetzt. Dabei werden auch den Modulen Parameter zugewiesen, wobei die Möglichkeit besteht auch einigen Parametern keine Werte zuzuweisen sondern diese als Variable zu belassen.

[0053] Mittels Aktivieren eines zweiten Menueintrags wird nach Fertigstellen der Struktur Optimiermittel **22** aktiviert, die nach den oben beschriebenen

Randbedingungen und Optimierungskriterien optimierte Werte zuordnen. Dabei ist es dem Benutzer ermöglicht, zulässige Wertebereiche festzulegen. Diese werden dann von den Optimierungsmitteln **22** berücksichtigt.

[0054] Die Optimierung kann zu globalen oder auch nur lokalen Optima führen – abhängig vom verwendeten Optimierungsverfahren und der zugelassenen Rechenzeit, die wiederum selbst eine zusätzliche Randbedingung darstellt.

[0055] In Weiterbildung werden auch Informationen über Wertebereiche und/oder minimal oder maximal zulässige Werte automatisch von der Maschine an die Vorrichtung übermittelt oder von dieser ausgelesen. Somit muss der Bediener weniger Informationen an der graphischen Benutzerschnittstelle eingeben und es wird eine höhere Automatisierung bei der Herstellung des Steuerprogramms erreicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Optimieren eines Steuerprogramms zum Betreiben einer Maschine mit mehreren Antrieben, die rückspeisefähig mit einem Energiepuffer verbunden sind, wobei das Steuerprogramm aus Funktionsmodulen aufgebaut wird, deren kompilierte Form eine Steuerung der Maschine beim Abfahren einer Bahnkurve bewirkt, wobei in einem ersten Schritt die Funktionsmodule ausgewählt und aneinandergereiht werden, wobei die Funktionsmodule jeweils ein Bahnkurvensegment beschreiben, wobei in einem weiteren Schritt eine Optimierung von veränderbaren Parametern der Funktionsmodule durch ein Rechnersystem ausgeführt wird, wobei bei der Optimierung als Optimierungskriterium (i) die Begrenzung der Zufuhr der elektrischen Leistung und/oder (ii) die Kapazitätsgrenze oder Leistungsgrenze des Energiepuffers berücksichtigt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in dem weiteren Schritt mittels Ausführen, insbesondere mittels Kompilieren oder Interpretieren, der aus den Funktionsmodulen zusammengesetzten Struktur das Steuerprogramm erzeugt wird.

3. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass den veränderbaren Parametern, also nicht fest vorgegebenen Parametern, Werte entsprechend Optimierungskriterien zugeordnet werden.

4. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Optimierung die Auswahl und das Anordnen

der Funktionsmodule und ihrer fest vorgegebenen Parameter nicht beeinflusst.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Optimierung offline ausgeführt wird.

6. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Optimierung vor Kompilierung der Struktur ausgeführt wird.

7. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Optimierungskriterien maschinenspezifische Kennwerte und Arbeitsbereiche von Koordinaten und Dynamikparameter der Bahnkurve umfassen.

8. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Optimierung verfügbare Ressourcen berücksichtigt werden.

9. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsmodule nach IEC 61131-3 gefertigt sind.

10. Mehrachsige Maschine mit mehreren Antrieben, die rückspeisefähig mit einem Energiepuffer verbunden sind, wobei das Steuerprogramm der Maschine durch ein Optimierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 erzeugt ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

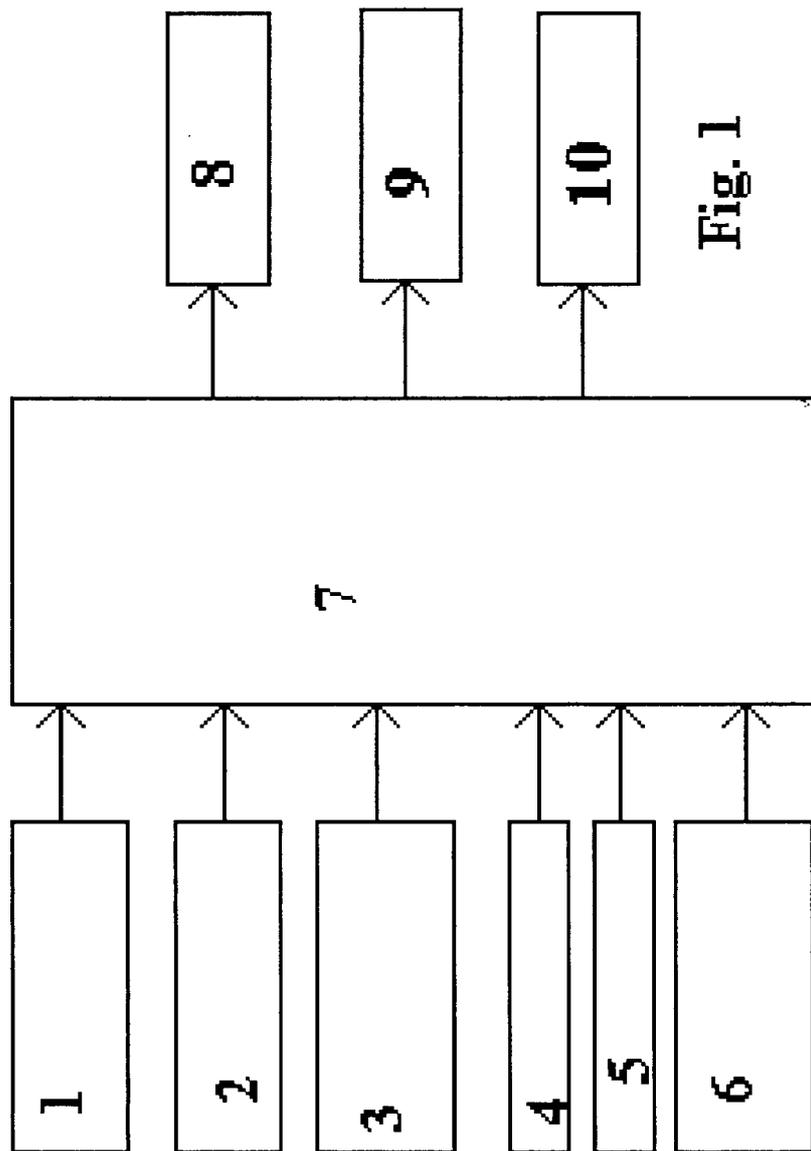


Fig. 1

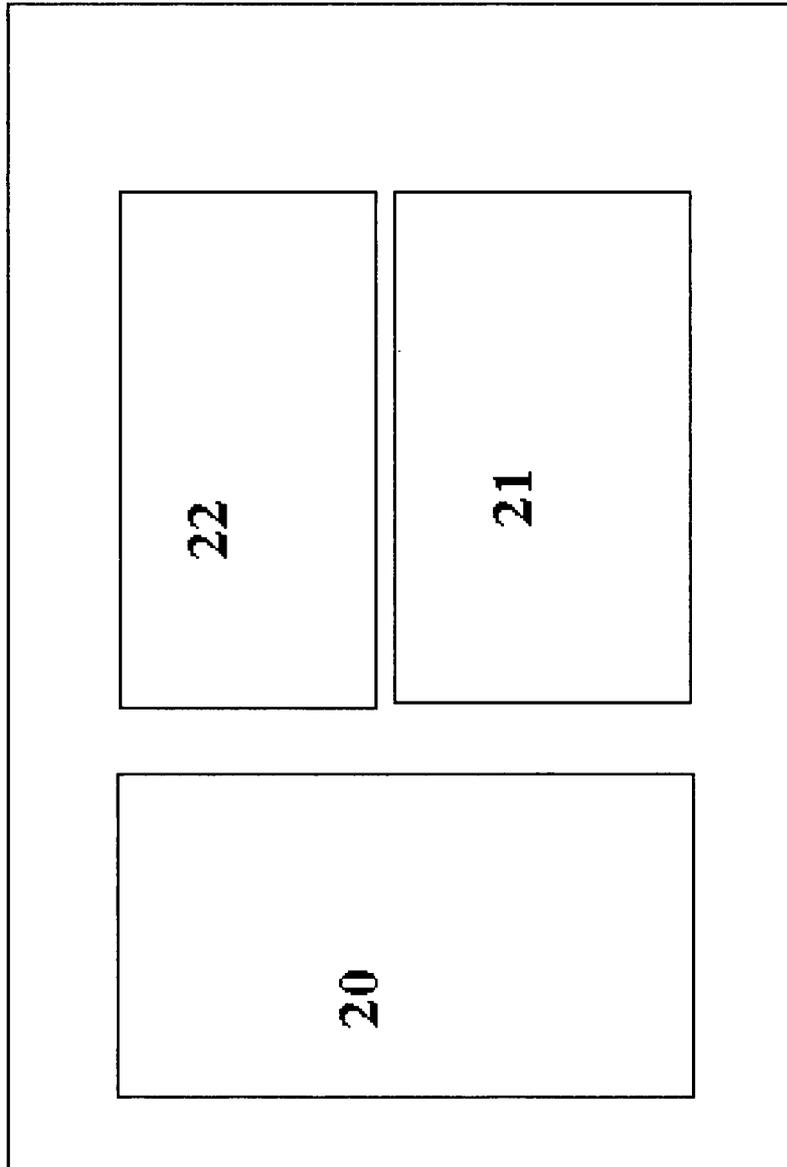


Fig. 2