

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-503003
(P2004-503003A)

(43) 公表日 平成16年1月29日(2004.1.29)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G05D 3/12	G05D 3/12 305L	5H303
H02P 6/08	H02P 6/00 321P	5H560

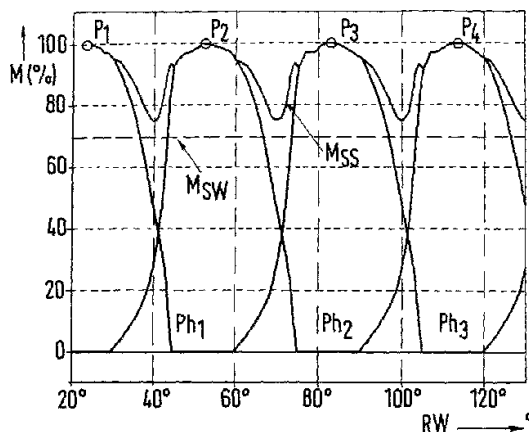
審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 26 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2002-508156 (P2002-508156)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成13年5月22日 (2001.5.22)</p> <p>(85) 翻訳文提出日 平成15年1月6日 (2003.1.6)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/DE2001/001605</p> <p>(87) 国際公開番号 W02002/003154</p> <p>(87) 国際公開日 平成14年1月10日 (2002.1.10)</p> <p>(31) 優先権主張番号 100 31 920.3</p> <p>(32) 優先日 平成12年6月30日 (2000.6.30)</p> <p>(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)</p> <p>(81) 指定国 EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR) , JP, KR, US</p>	<p>(71) 出願人 390023711 ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト ミット ベシユレンクテル ハフツング ROBERT BOSCH GMBH ドイツ連邦共和国 シュツツガルト (番地なし) Stuttgart, Germany</p> <p>(74) 代理人 100061815 弁理士 矢野 敏雄</p> <p>(74) 代理人 100114890 弁理士 アインゼル・フェリックス=ラインハルト</p> <p>(74) 代理人 230100044 弁護士 ラインハルト・アインゼル</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	--

(54) 【発明の名称】 電動機を有する調整駆動装置

(57) 【要約】

本発明は、位置依存性の合計トルクによって動作する電子整流子電動機を有する調整駆動装置に関する。この場合、前記電動機はトルク制御回路および制御区間によって、連続的に上昇するトルク 時間特性曲線に従って、設定可能なトルク依存性の目標値に調整することができる。調整信号を導出するため、トルク制御回路には目標値の他に電動機のトルク依存性の瞬時値も供給される。トルク制御回路には位置制御回路が後置されており、合計トルクの最大値の間の最小値を迅速かつ確実に通過し、電動機を最大値の領域で停止できるように構成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

位置依存性の合計トルクによって動作する電子整流子電動機を有する調整駆動装置であって、

前記電動機はトルク制御回路および制御区間によって、連続的に上昇するトルク 時間特性曲線に従ってトルク依存性の設定可能な目標値に調整され、

調整信号を導出するため、前記トルク制御回路には前記目標値の他に、電動機のトルク依存性の瞬時値が供給される形式のものにおいて、

前記トルク制御回路 (RM) は目標位置 ($\theta_{s o l 1}$) としての前記調整信号を送出し、後置された位置制御回路 (RP) へ供給し、

電動機の最大トルク ($M_{s s}$) より小さい所定のトルク閾値 ($M_{s w}$) に到達するまで、前記目標位置 ($\theta_{s o l 1}$) は位置制御回路 (RP) へ変更されずに供給され、電動機の瞬時位置 ($\theta_{i s t}$) とともに、制御区間 (S) のための調整信号 (u) を導出するために使用され、

【外 1】

トルク閾値 ($M_{s w}$) を超えた後、前記目標位置 ($\theta_{s o l 1}$) は位置制御回路 (RP) へ変更目標位置 ($\tilde{\theta}_{s o l 1}$) として、予め設定された目標位置に到達するまで供給され、

前記変更目標位置 ($\tilde{\theta}_{s o l 1}$) は、上昇する合計トルク ($M_{s s}$) の、後続のピーク値 (P1~P4) に相応して、複数回跳躍的に上昇される

ことを特徴とする調整駆動装置。

【請求項 2】

前記トルク閾値 ($M_{s w}$) は、前記電動機の最大トルクの約 70% に相応する、請求項 1 記載の調整駆動装置。

【請求項 3】

【外 2】

前記変更目標位置 ($\tilde{\theta}_{s o l 1}$) がそれぞれ跳躍的に上昇された後、前記変更目標位置の値は、合計トルクの後続の最大値 ($M_{s s}$) に所属する一定の目標位置 ($\theta_{s o l 1}$) に到達するまで保持され、その後再び跳躍的に変更される、

請求項 1 または 2 記載の調整駆動装置。

【請求項 4】

【外 3】

前記変更目標位置 ($\tilde{\theta}_{s o l 1}$) は、前記トルク制御回路 (RM) の位置信号 ($\theta_{s o l 1}$)、トルク依存性の所定の目標値 ($M_{s o l 1}$) および所定のトルク閾値 ($M_{s w}$) の関数である、

請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項記載の調整駆動装置。

【請求項 5】

前記トルク制御回路 (RM) と前記位置制御回路 (RP) との間には計算器回路 (RS) が挿入されており、

前記計算器回路 (RS) には、目標位置 ($\theta_{s o l 1}$) としての前記トルク制御回路 (RM) の調整信号と目標値 ($M_{s o l 1}$) とが供給され、

【外 4】

前記計算器回路 (RS) は、目標位置 ($\theta_{s o l l}$) と目標値 ($M_{s o l l}$) とに依存し、かつトルク閾値 ($M_{s w}$) を考慮して、前記目標位置 ($\theta_{s o l l}$) を変更目標位置 ($\hat{\theta}_{s o l l}$) に換算して前記位置制御回路 (RP) へ供給する、

請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項記載の調整駆動装置。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】

本発明は、位置依存性の合計トルクによって動作する電子整流子電動機を有する調整駆動装置に関する。この場合の電動機は、トルク制御回路と、連続的に上昇するトルク 時間特性曲線による制御区間とによって、設定可能なトルク依存性の目標値に調整可能であり、調整信号を導出するためにトルク制御回路へ、この目標値の他に、トルク依存性の電動機瞬時値も供給することができる。

【0002】

位置に依存するモータトルクを有する電動機の場合、ちょうど相のオーバーラップ領域で、合計トルクの低下が生じる。この低下は、電動機がスイッチトリラクタンスマータとして構成されている場合、ある特定のトルクレベルからは相電流の上昇によって補償することがもはやできなくなる。他の電動機相の場合、モータトルク 位置特性曲線は最小値および最大値を交代で示し、最大値は、電動機のうち、その都度電流の流れている唯一の相の位置に生じる。

20

【0003】

最小値は、電流が流れる 2 つの連続した相のオーバーラップ領域に存在する。この場合両相には電流が流れているが、これらの相を介して、1 つの相によって生じる最大モータトルクよりも合計が小さいモータトルクが形成されてしまう。

【0004】

電動機ロータの位置が徐々に連続的に変化すると、調整された最終位置で、モータトルク 位置特性曲線の最小値と停止位置とが一致する。最小値のこの位置からの電動機始動は、負荷トルクが高くて静止摩擦力が大きいと、もはや安全に実行することができなくなる。

30

【0005】

さらに、目標トルクが高く、かつ調整過程中にトルクが緩慢に変化する場合、合計トルクの最小値を通過する際に、負荷トルクおよび摩擦が原因で電動機が停止するおそれが生じる。

【0006】

本発明の課題は、冒頭に述べた形式の電動機を有する調整駆動装置において、負荷トルクが高く、かつ静止摩擦力が大きくても、新たに駆動する際に調整駆動装置のより安全な始動が保証される最終位置が常に得られることを保証することである。

40

【0007】

この課題は本発明によれば、次のことによって解決される。すなわち、トルク制御回路が調整信号を目標位置として送出し、この信号を、トルク制御回路に後置された位置制御回路へ供給し、電動機の最大トルクより小さい所定のトルク閾値に到達するまで、目標位置が位置制御回路へ変更せずに供給され、この目標位置が電動機の瞬時位置とともに、制御区間のための調整信号を導出するために使用され、トルク閾値を超えた後目標位置は位置制御回路へ変更目標位置 ($g e a e n d e r t e S o l l p o s i t i o n$) として、予め設定された目標位置に到達するまで供給され、前記変更目標位置は、上昇する合計トルクの後続のピーク値の上昇に相応して複数回跳躍的に上昇することによって解決される。

50

【0008】

このような付加的な位置調整によって、電動機は常に、トルク 位置特性曲線の最大値の領域内にあり、かつ後続の再スイッチオン時にはほぼ最大モータトルクで始動される最終位置に移行することができる。したがって、高い負荷トルクと大きな静止摩擦力は確実に克服され、電動機の確実な始動が保証される。

【0009】

さらに、変更目標位置が跳躍的に変化することにより、所定のトルク閾値から目標値が上昇すると最小合計トルクを迅速かつ確実に通過し、目標値に相応する最終位置に最終的に到達するまで、合計トルクの後続の最大値の次の位置を調整することができる。

【0010】

この調整駆動装置は、電動機によって操作される自動車の制動において典型的に適用される。この場合の電動機は、高いトルクがもたらされ、かつ制動力が徐々に上昇する動作点から始動される。ブレーキパッドを調整する電動機はこの場合、すでに高くなっている制動対抗トルクに対して、このブレーキパッドを徐々に押して閉鎖する。本発明による調整によって、最終応力を約8%高めることができ、同時に自動車の車載電気系からの電流消費を約1/3減少させることができる。

10

【0011】

1つの実施形態では、電動機の最大トルクの約70%のトルク閾値が選択されている。

【0012】

トルク閾値を超えた後の変更目標位置のさらなる上昇は、前記変更目標位置が跳躍的に上昇されるたびに、合計トルクの後続の最大値に所属する一定の目標位置に到達するまで、この目標位置の値を保持し、前記目標位置に到達した後再び跳躍的に変更されるように構成されている。

20

【0013】

それゆえ変更目標位置は、トルク制御回路の位置信号、所定のトルク閾値およびトルクに依存する目標値の関数である。

【0014】

有利には調整回路は次のように構成されている。すなわち、トルク制御回路と位置制御回路との間に計算器回路が挿入されており、この計算器回路には、目標位置としてのトルク制御回路の調整信号と目標値とが供給され、計算器回路はこの目標位置および目標値に依存し、かつトルク閾値を考慮して、目標位置を、変更目標位置に換算し、位置制御回路へ供給するように構成されている。

30

【0015】

本発明を、図面に概略的に示された実施例に基づいてより詳細に説明する。

【0016】

図面

図1 電流が一定である場合の、ロータ角に依存した、4極を有する三相電動機の合計トルクである。

【0017】

図2 電動機のトルク 時間特性曲線である。

40

【0018】

図3 トルク制御回路の調整信号としての所属の目標位置を時間に依存して示した図である。

【0019】

図4 計算器回路によって時間およびトルクに依存して変更され、かつ位置制御回路へ供給される目標位置を示した図である。

【0020】

図5 トルク制御器と計算器回路と位置制御回路と制御区間とを有する電動機の調整回路である。

【0021】

50

図1は、4極および3相を有するスイッチトリラクタンスモータの、位置依存性のトルク位置特性曲線を示している。このモータポロジータでは、隣接する相 $P h_1$ と $P h_2$ との間のオーバーラップ領域における合計トルク M_{s_s} 、 $P h_3$ と $P h_4$ との間などのオーバーラップ領域における合計トルクが、明らかに低下している。すなわち、ある特定のトルクからは相電流を上昇してももはや補償することのできない最小トルクを示している。他のモータポロジータ、たとえば6極および4相を有するモータ相では、2つの相のオーバーラップ領域における合計トルクは、1つの相にのみ電流が流れる場所で最大トルクおよび最小トルクを示す。このことは、合計トルクによって動作する位置依存性の電動機では必ず起こる。

【0022】

ここに選択された実施例の場合、最大合計トルク M_{s_s} は、位置 $P_1 \sim P_4$ のうち、電流が流れる1つの相にのみ存在する。これらの最大トルクの間には最小トルクが存在し、このことは図1に示されたトルク位置特性曲線に示されている。図内に示されたトルク閾値 M_{s_w} は、最大ピークトルク $M_{100\%}$ の約70%になるように選択される。

【0023】

図2に示されているように、目標値 $M_{s_{o11}}$ には、連続的に上昇する目標値時間特性曲線が割り当てられている。この目標値時間特性曲線は、調整駆動の調整動作時の時間的経過、すなわち電動機の駆動の時間的経過を再現している。この場合、時間 t_1 後に所定のトルク閾値 M_{s_w} に到達する。

【0024】

【外5】

図3には、相応の時間経過の場合に、位置制御回路のための調整信号として、トルク制御回路から出力された目標位置 $\theta_{s_{o11}}$ が経過する様子が示されている。最後に、図4は、時点 t_1 から、つまり所定のトルク閾値 M_{s_w} を超えた後に、目標位置 $\theta_{s_{o11}}$ が、変更目標位置 $\hat{\theta}_{s_{o11}}$ へ移行する様子を示している。トルク閾値 M_{s_w} に到達すると、変更目標位置 $\hat{\theta}_{s_{o11}}$ は跳躍的に、最大トルク P_1 に所属する値に変更される。このようにして、後続の最小合計トルクを迅速かつ確実に通過することができる。変更目標位置 $\hat{\theta}_{s_{o11}}$ の上昇された値は、位置 P_2 に到達するまで維持される。その後、変更目標位置 $\hat{\theta}_{s_{o11}}$ は、最終的に所定の目標値 $M_{s_{o11}}$ に相応する位置 P_1 、 P_2 、 P_3 または P_4 に到達し、かつ電動機が停止されるまで繰り返し跳躍的に変更される。この場合、合計トルクがさらに上昇しても最大トルクは上昇し、図4に示された特性曲線の跳躍的な変化を知ることができる様子が理解できる。

【0025】

【外6】

10

20

30

40

電動機のための調整回路全体は図5に概略的に示されている。トルク依存性の目標値 $M_{s o l 1}$ は、トルク依存性の瞬時値 $M_{i s t}$ とともにトルク制御回路RMへ供給され、このトルク制御回路RMは目標位置 $\theta_{s o l 1}$ を調整信号として、後続の計算器回路RSへ出力する。この調整信号は、図3に示された特性曲線に従う。目標値 $M_{s o l 1}$ は計算器回路RSへも供給され、計算器回路RSはトルク閾値 $M_{s w}$ を考慮して、特性曲線を、図4による変更目標位置 $\tilde{\theta}_{s o l 1}$ のための変更特性曲線へ移行させる。図3の特性曲線と図4の特性曲線とを比較すると、時点 t_1 でトルク閾値 $M_{s w}$ に到達するまで、変更目標位置 $\tilde{\theta}_{s o l 1}$ の特性曲線が、図3による、目標位置 $\theta_{s o l 1}$ の特性曲線に対して、変更されずに追従するのが理解できる。しかしこの後、変更目標位置 $\tilde{\theta}_{s o l 1}$ は跳躍的に変更される。この跳躍的な変更は計算器回路RSによって、合計トルクの後続の上昇する最大値 $M_{s s}$ に相応するように設定される。こうすることによって、最大トルク P_1 と P_2 との間に生じる最小トルクを迅速かつ確実に通過することができる。図4による特性曲線に示されているように、変更目標位置 $\tilde{\theta}_{s o l 1}$ は、最小トルクを通過するたびに、電動機が位置 P_1 から P_4 のうち1つで目標値 $M_{s o l 1}$ に到達して停止されるまで、繰り返しこのように跳躍的に変更される。

10

20

30

40

【図面の簡単な説明】

【図1】

電流が一定である場合の、ロータ角に依存した、4極を有する三相電動機の合計トルクである。

【図2】

電動機のトルク 時間特性曲線である。

【図3】

トルク制御回路の調整信号としての所属の目標位置を時間に依存して示した図である。

【図4】

計算器回路によって時間およびトルクに依存して変更され、かつ位置制御回路へ供給される目標位置を示した図である。

【図5】

トルク制御器と計算器回路と位置制御回路と制御区間とを有する電動機の調整回路である。

【国際公開パンフレット】

(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
10. Januar 2002 (10.01.2002)

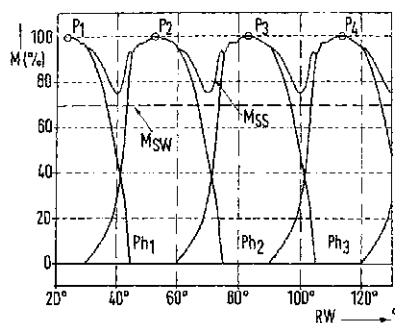
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/03154 A1

(51) Internationale Patentklassifikation: G05B 19/25
 (72) Erfinder; und
 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHUMACHER, Axel
 [DE/DE], Amalie Müller Strasse 14a, 77815 Bühl (DE).
 (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/01605
 (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.
 (22) Internationales Anmeldedatum: 22. Mai 2001 (22.05.2001)
 (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LC, MC, NL, PT, SP, TR).
 (25) Einreichungssprache: Deutsch
 (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
 Veröffentlichlich:
 — mit internationalem Recherchenbericht
 — vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen
 (30) Angaben zur Priorität: 100 31 920 3 30. Juni 2000 (30.06.2000) DE
 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH (DE/DE); Postfach 50 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
 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.

(54) Title: ACTUATOR WITH AN ELECTRIC MOTOR

(54) Bezeichnung: STELLANTRIEB MIT ELEKTROMOTOR



(57) Abstract: The invention relates to an actuator comprising an electronically commuted electric motor, working with a position dependent total moment, which may be regulated to a pre set, torque dependent value, by means of a torque regulator and a control system. Following a continuously rising torque-time curve. A torque-dependent actual value for the electric motor is supplied to the torque regulator along with the set value for derivation of a control signal. The torque control has an underlying position control which ensures that the minima, between the maxima of the total moment, are quickly and reliably passed through and that the electric motor stops in the region of a maximum.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 02/03154 A1

WO 02/03154

WO 02/03154 A1

PCT/DE01/01605



(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Selbsttrieb mit einem mit positionabhängigen Summenmoment arbeitenden elektronisch kommutierten Elektromotor, der mittels eines Momenten-Reglers und einer Regelstrecke nach einer sich kontinuierlich ansteigenden Moment-Zeit-Kennlinie auf einen vorgebaren drehmomentabhängigen Sollwert einregelbar ist, wobei dem Momenten-Regler zur Ableitung eines Regelsignals neben dem Sollwert ein drehmomentabhängiger Istwert des Elektromotors zufführbar ist. Der Momenten-Regelung wird eine Positions-Regelung unterlagert, die dafür sorgt, dass die Minimas zwischen den Maximas des Summenmomentes schnell und sicher durchfahren und der Elektromotor im Bereich eines Maximums stillgesetzt werden.

WO 02/03154

PCT/DE01/01605

Stand der Technik

Stellantrieb mit Elektromotor

Die Erfindung betrifft einen Stellantrieb mit einem mit positionsabhängigem Summenmoment arbeitenden, elektronisch kommutierten Elektromotor, der mittels eines Momenten-Reglers und einer Regelstrecke nach einer sich kontinuierlich ansteigenden Moment-Zeit-Kennlinie auf einen vorgebbaren drehmomentabhängigen Sollwert einregelbar ist, wobei dem Momenten-Regler zur Ableitung eines Regelsignals neben dem Sollwert ein drehmomentabhängiger Istwert des Elektromotors zuführbar ist.

Bei Elektromotoren mit positionsabhängigem Motordrehmoment ist gerade im Überlappungsbereich der Phasen eine Absenkung des Summendrehmomentes gegeben, die ab einem bestimmten Drehmomentenniveau durch Erhöhung des Phasenstromes nicht mehr kompensiert werden kann, wenn der Elektromotor als geschalteter Reluktanzmotor ausgelegt ist. Bei anderen Motortopologien zeigt die Motordrehmoment-Positions-Kennlinie abwechselnd Minima und Maxima, wobei

WO 02/03154

PCT/DE01/01605

2

die Maxima an den Positionen auftreten, bei denen jeweils nur eine Phase des Elektromotors bestromt wird.

Die Minima liegen in den Überlappungsbereichen zweier nacheinander bestromter Phasen, wobei beide Phasen bestromt werden, über die Phasen jedoch Motordrehmomente erzeugt werden, deren Summe kleiner ist als das von einer Phase erzeugte maximale Motordrehmoment.

Wird die Position des Motorrotors langsam und kontinuierlich verändert, dann kann in der eingeregeltten Endposition die Halteposition mit einem Minima der Motordrehmoment-Positions-Kennlinie zusammenfallen. Der Anlauf des Elektromotors aus dieser Position eines Minimums kann bei hohem Lastmoment und großer Haftreibung nicht mehr sicher erfolgen.

Bei großem Sollmoment und langsamer Veränderung des Momentes während des Stellvorganges besteht zudem die Gefahr, dass beim Durchfahren eines Minimums des Summenmomentes aufgrund des Lastmomentes und der Reibung der Elektromotor stehenbleibt.

Es ist Aufgabe der Erfindung, bei einem Stellantrieb mit Elektromotor der eingangs erwähnten Art sicherzustellen, dass stets eine Endposition erreicht wird, die ein sicheres Anlaufen des Stellantriebes bei erneuter Ansteuerung auch bei hohem Lastmoment und großer Haftreibung gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird nach der Erfindung dadurch gelöst, dass der Momenten-Regler das Regelsignal als Sollposition abgibt und einem nachgeordneten Positions-Regler zuführt, dass bis zum Erreichen eines vorgegebenen Schwellwert-Momentes, das kleiner als das Maximalmoment des Elektromotors, die Soll-

WO 02/03154

PCT/DE01/01605

3

position dem Positions-Regler unverändert zuführbar und mit der Istposition des Elektromotors zur Ableitung des Regelsignals für die Regelstrecke verwendet ist, und dass nach dem Überschreiten des Schwellwert-Momentes die Sollposition dem Positions-Regler als geänderte Sollposition bis zum Erreichen der vorgegebenen Sollposition zuführbar ist, wobei sich die geänderte Sollposition entsprechend dem Anstieg der nachfolgenden Spitzenwerte des zunehmenden Summenmomentes mehrmals sprunghaft erhöht.

Mit der zusätzlichen Positionsregelung wird erreicht, dass der Elektromotor stets in eine Endposition gebracht wird, die im Bereich eines Maximums der Moment-Positions-Kennlinie liegt und so bei einer folgenden Wiedereinschaltung auch mit annähernd maximalem Motordrehmoment gestartet wird. Hohes Lastmoment und große Haftreibung wird daher sicher überwunden und ein eindeutiger Anlauf des Elektromotors sichergestellt.

Durch die sprunghaftigen Änderungen der geänderten Sollposition wird zudem erreicht, dass ab dem vorgegebenen Schwellwert-Moment bei zunehmendem Sollwert die Minima des Summenmomentes schnell und sicher durchfahren werden und die nächste Position des folgenden Maximums eingeregelt wird, bis schließlich die dem Sollwert entsprechende Endposition erreicht ist.

Eine typische Anwendung des Steilantriebes ist bei einer elektromotorisch betätigten Bremse eines Kraftfahrzeuges gegeben. Der Elektromotor wird dabei aus einem Betriebspunkt gestartet, der ein hohes Moment erbringt und die Bremskraft langsam weiter erhöht wird. Der Elektromotor, der die Bremszange verstell, muss dabei gegen das bereits hohe Rückstellmoment der Bremse diese

WO 02/03154

PCT/DE01/01605

4

langsam weiter zudrücken. Mit der Regelung gemäß der Erfindung lässt sich die Endkraft um ca. 8 % erhöhen und gleichzeitig die Stromaufnahme aus dem Bordnetz des Kraftfahrzeuges um etwa ein Drittel verringern.

Nach einer Ausgestaltung ist das Schwellwert-Moment mit etwa 70 % des Maximalmomentes des Elektromotors gewählt.

Der weitere Anstieg der geänderten Sollposition nach dem Überschreiten des Schwellwert-Momentes ist dabei so ausgelegt, dass sich nach jeder sprungartigen Erhöhung der geänderten Sollposition ihr Wert bis zum Erreichen der dem nachfolgenden Maximum des Summenmomentes zugeordneten unveränderten Sollposition konstant bleibt und sich dann wieder sprunghaft ändert.

Die geänderte Sollposition ist daher eine Funktion des Positionssignals des Momenten-Reglers, des vorgegebenen Schwellwert-Momentes und des drehmomentabhängigen Sollwertes.

Der Regelkreis ist nach einer vorteilhaften Weise so aufgebaut, dass zwischen den Momenten-Regler und den Positions-Regler eine Rechnerschaltung eingefügt ist, der das Regelsignal des Momenten-Reglers als Sollposition und der Sollwert zuführbar sind und dass die Rechnerschaltung in Abhängigkeit von der Sollposition und dem Sollwert unter Berücksichtigung des Schwellwert-Momentes die Sollposition in die geänderte Sollposition umrechnet und dem Positions-Regler zuführt.

WO 02/03154

PCT/DE01/01605

5

Die Erfindung wird anhand eines anhand der Zeichnungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 das Summenmoment eines dreiphasigen, vierpoligen Elektromotors in Abhängigkeit vom Rotorwinkel bei konstantem Strom,

Fig. 2 die Moment-Zeit-Kennlinie des Elektromotors,

Fig. 3 die zugeordnete Sollposition als Regelsignal des Momenten-Reglers in Abhängigkeit von der Zeit,

Fig. 4 das durch eine Rechnerschaltung zeit- und momentabhängig geänderte dem Positions-Rechner zugeführte Sollposition und

Fig. 5 den Regelkreis des Elektromotors mit Momenten-Regler, Rechnerschaltung, Positions-Regler und Regelstrecke.

Die Fig. 1 zeigt eine stellungsabhängige Moment-Positions-Kennlinie eines geschalteten Reluktanzmotors mit 4 Rotorpolen und 3 Phasen. Bei der Motor-topologie zeigt das Summenmoment M_{Σ} in den Überlappungsbereichen zwischen benachbarten Phasen Ph_1 und Ph_2 , Ph_2 und Ph_3 usw. deutliche Absenkungen, d.h. Minima, die ab einem bestimmten Moment durch Erhöhung des Phasenstromes nicht mehr kompensiert werden können. Bei anderen Motor-topologien, z.B. 6 Rotorpole und 4 Phasen, zeigt das Summenmoment im Bereich der Überlappung zweier Phasen Maxima und Minima dort, wo nur eine

WO 02/03154

PCT/DE01/01605

6

Phase bestromt wird. Es handelt sich in jedem Fall um einen Elektromotor, der mit positionsabhängigem Summenmoment arbeitet.

Bei dem gewählten Ausführungsbeispiel liegen die Maxima des Summenmomentes M_{Σ} in den Positionen P_1 bis P_4 , in denen nur eine Phase Ph_1 , Ph_2 oder Ph_3 bestromt wird. Zwischen diesen Maxima liegen Minima, wie die Moment-Positions-Kennlinie nach Fig. 1 zeigt. Das eingezeichnete Schwellwert-Moment M_{SW} wird mit etwa 70 % des maximalen Spitzenmoments M 100 % gewählt.

Wie Fig. 2 zeigt, ist dem Sollwert M_{soll} eine kontinuierlich zunehmende Sollwert-Zeit-Kennlinie zugeordnet, die den Zeitablauf bei einer Stellbewegung des Stellantriebes, d.h. des Anlaufes des Elektromotors wiedergibt. Dabei wird nach einer Zeit t_1 das vorgegebene Schwellwert-Moment M_{SW} erreicht.

Fig. 3 zeigt an, wie bei entsprechendem Zeitverlauf die vom Momenten-Regler abgegebene Sollposition Θ_{soll} als Regelsignal für den Positions-Regler verläuft. Schließlich zeigt Fig. 4, wie ab dem Zeitpunkt t_1 , d.h. dem Überschreiten des vorgegebenen Schwellwert-Momentes M_{SW} die Sollposition Θ_{soll} in die geänderte Sollposition $\tilde{\Theta}_{soll}$ übergeht. Wird das Schwellwert-Moment M_{SW} erreicht, dann verändert sich die geänderte Sollposition $\tilde{\Theta}_{soll}$ sprunghaft auf einen dem Maxima P_1 zugeordneten Wert. Dadurch wird ein schnelles und sicheres Durchfahren des folgenden Minimums des Summenmomentes erreicht. Der erhöhte Wert der geänderten Sollposition $\tilde{\Theta}_{soll}$ wird solange aufrecht erhalten, bis die Position P_2 erreicht wird. Dann wiederholt sich das sprunghafte Verändern der geänderten Sollposition $\tilde{\Theta}_{soll}$, bis schließlich eine dem vorgegebenen Sollwert M_{soll}

WO 02/03154

PCT/DE01/01605

7

entsprechende Position P_1 , P_2 , P_3 oder P_4 erreicht und der Elektromotor stillgesetzt ist. Dabei ist zu erkennen, wie sich beim weiteren Anstieg des Summenmomentes auch die Maxima zunehmen und die sprunghaften Änderungen der Kennlinie nach Fig. 4 bestimmen.

Der gesamte Regelkreis für den Elektromotor ist in Fig. 5 schematisch dargestellt. Der drehmomentabhängige Sollwert M_{soll} wird zusammen mit dem drehmomentabhängigen Istwert M_{ist} einem Momentenregler RM zugeführt, der als Regelsignal eine Sollposition Θ_{soll} als Regelsignal an eine nachfolgende Rechnerschaltung RS abgibt, das der in Fig. 3 gezeigten Kennlinie folgt. Der Sollwert M_{soll} wird auch der Rechnerschaltung RS zugeführt, die unter Berücksichtigung des Schwellwert-Momentes M_{sw} die Kennlinie in eine geänderte Kennlinie für eine geänderte Sollposition $\tilde{\Theta}_{soll}$ nach Fig. 4 überführt. Ein Vergleich der Kennlinien nach Fig. 3 und 4 zeigt, dass die Kennlinie der geänderten Sollposition $\tilde{\Theta}_{soll}$ bis zum Erreichen des Schwellwert-Momentes M_{sw} zum Zeitpunkt t_1 unverändert gegenüber der Kennlinie der Sollposition Θ_{soll} nach Fig. 3 folgt. Danach wird aber die geänderte Sollposition $\tilde{\Theta}_{soll}$ sprunghaft geändert, wobei die sprunghafte Änderung von der Rechnerschaltung RS so vorgegeben wird, dass sie der Position des nachfolgenden, zunehmenden Maximums des Summenmomentes M_{sa} entspricht. Dadurch wird sichergestellt, dass das zwischen den Maxima P_1 und P_2 auftretende Minimum schnell und sicher durchfahren wird. Wie die Kennlinie nach Fig. 4 zeigt, wiederholt sich diese sprunghafte Änderung der geänderten Sollposition $\tilde{\Theta}_{soll}$ bei jedem Durchlauf eines Minimums bis schließlich der Elektromotor in einer der Positionen P_1 bis P_4 beim Erreichen des Sollwertes M_{soll} stillgesetzt wird.

WO 02/03154

PCT/DE01/01605

8

Ansprüche

1. Stellantrieb mit einem mit positionsabhängigen Summenmoment arbeitenden elektronisch kommutierten Elektromotor, der mittels eines Momenten-Reglers und einer Regelstrecke nach einer sich kontinuierlich ansteigenden Moment-Zeit-Kennlinie auf einen vorgebbaren drehmomentabhängigen Sollwert einregelbar ist, wobei dem Momenten-Regler zur Ableitung eines Regelsignals neben dem Sollwert ein drehmomentabhängiger Istwert des Elektromotors zuführbar ist, dadurch gekennzeichnet,
dass der Momenten-Regler (RM) das Regelsignal als Sollposition (Θ_{soll}) abgibt und einem nachgeordneten Positions-Regler (RP) zuführt,
dass bis zum Erreichen eines vorgegebenen Schwellwert-Momentes (M_{SW}), das kleiner als das Maximalmoment (M_{MS}) des Elektromotors ist, die Sollposition (Θ_{soll}) dem Positions-Regler (RP) unverändert zuführbar und mit der Istposition (Θ_{ist}) des Elektromotors zur Ableitung des Regelsignals (u) für die Regelstrecke (S) verwendet ist, und
dass nach dem Überschreiten des Schwellwert-Momentes (M_{SW}) die Sollposition (Θ_{soll}) dem Positions-Regler (RP) als geänderte Sollposition ($\tilde{\Theta}_{soll}$) bis zum Erreichen der vorgegebenen Sollposition zuführbar ist, wobei sich die geänderte Sollposition ($\tilde{\Theta}_{soll}$) entsprechend dem Anstieg der nachfol-

WO 02/03154

PCT/DE01/01605

9

genden Spitzenwerte (P1 bis P4) des zunehmenden Summenmomentes (M_{ss}) mehrmals sprunghaft erhöht.

2. Stellantrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellwert-Moment (M_{sw}) etwa 70% des Maximalmomentes des Elektromotors entspricht.
3. Stellantrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich nach jeder sprunghaften Erhöhung der geänderten Sollposition ($\tilde{\Theta}_{soll}$) ihr Wert bis zum Erreichen der dem nachfolgenden Maximum des Summenmomentes (M_{ss}) zugeordneten unveränderten Sollposition (Θ_{soll}) konstant bleibt und sich dann wieder sprunghaft ändert.
4. Stellantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die geänderte Sollposition ($\tilde{\Theta}_{soll}$) eine Funktion des Positionssignals (Θ_{soll}) des Momenten-Reglers (RM), des vorgegebenen drehmomenten-abhängigen Sollwertes (M_{soll}) und des vorgegebenen Schwellwert-Momentes (M_{sw}) ist.
5. Stellantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Momenten-Regler (RM) und dem Positions-Regler (RP) eine Rechterschaltung (RS) eingefügt ist, die das Regelsignal des

WO 02/03154

PCT/DE01/01605

10

Momenten-Reglers (RM) als Sollposition (Θ_{Soll}) und der Sollwert (M_{Soll}) zu-
führbar sind und
dass die Rechnerschaltung (RS) in Abhängigkeit von der Sollposition
(Θ_{Soll}) und dem Sollwert (M_{Soll}) unter Berücksichtigung des Schwellwert-
Momentes (M_{Schw}) die Sollposition (Θ_{Soll}) in die geänderte Sollposition ($\tilde{\Theta}_{\text{Soll}}$)
umrechnet und dem Positions-Regler (RP) zuführt.

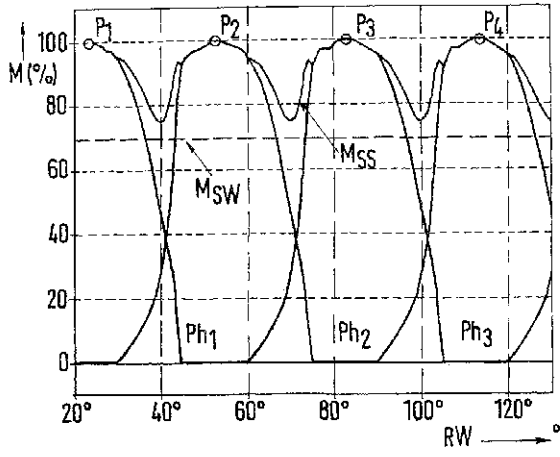


Fig. 1

2/3

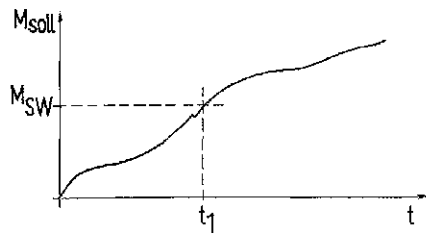


Fig.2

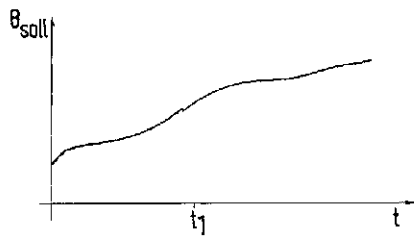


Fig.3

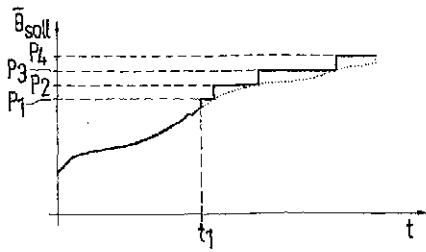


Fig.4

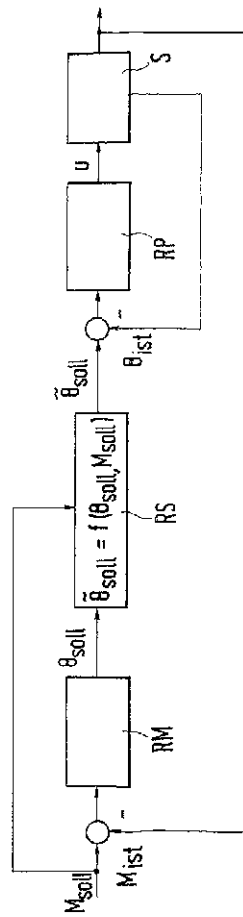


Fig. 5

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Int. Application No. PCT/DE 01/01605
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 605B19/25		
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) IPC 7 605B		
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, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 43 14 211 A (DAIMLER BENZ AG) 3 November 1994 (1994-11-03) abstract	1-5
A	DE 40 31 816 A (GEN ELECTRIC) 18 April 1991 (1991-04-18) abstract	1
A	DE 195 03 492 A (BOSCH GMBH ROBERT) 8 August 1996 (1996-08-08) abstract	1
A	DE 198 40 572 A (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN) 16 March 2000 (2000-03-16) abstract	1
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in this continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular interest *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may have priority claims or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (see application) *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 *I* later document published after the international filing date or priority date and not in accordance 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 considered in combination with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art *Z* document member of the same patent family		
Date of the search completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
22 November 2001	29/11/2001	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 5610 Postfach 2 NL - 2200 EV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-3040, Tx. 51 651 ep6 nl, Fax. (+31-70) 340-3010	Authorized officer Tran-Tien, T	

Form PCT/ISA(210) (Amended) (July 2000)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int: National Application No
PCT/DE 01/01605

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4314211 A	03-11-1994	WO 9534947 A1	21-12-1995
		DE 4314211 A1	03-11-1994
		DE 59406577 D1	03-09-1998
		EP 0766542 A1	02-04-1997
		US 5864218 A	26-01-1999
DE 4031816 A	18-04-1991	US 4961038 A	02-10-1990
		DE 4031816 A1	18-04-1991
		GB 2237111 A ,B	24-04-1991
		IT 1246207 B	16-11-1994
DE 19503492 A	08-08-1996	DE 19503492 A1	08-08-1996
DE 19840572 A	16-03-2000	DE 19840572 A1	16-03-2000
		WO 0014434 A1	16-03-2000
		EP 1108164 A1	20-06-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Anmeldenummer
PCT/DE 01/01605

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 605B13/25		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RESEARCHERTE GEBIETE Recherchiertes Anmeldegebiet (Klassifikationsystem und Klassifikationscode) IPK 7 605B		
Recherchierte aber nicht zum Anmeldesubjekt gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchstrategie) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESICHENE UNTERLAGEN		
Kategorie	Beschreibung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 43 14 211 A (DAIMLER BENZ AG) 3. November 1994 (1994-11-03) Zusammenfassung	1-5
A	DE 40 31 816 A (GEN ELECTRIC) 18. April 1991 (1991-04-18) Zusammenfassung	1
A	DE 195 03 492 A (BOSCH GMBH ROBERT) 8. August 1996 (1996-08-08) Zusammenfassung	1
A	DE 198 40 572 A (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN) 16. März 2000 (2000-03-16) Zusammenfassung	1
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Fakt C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentformüle		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonderes Referenzdokument anzusehen ist</p> <p>"E" Abstrakt-Dokument, das jedoch nicht aus oder nach dem internationalen Anmeldeaktum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die gedruckt ist, deren Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheint zu sein, oder durch die das Veröffentlichungsdatum eines anderen im Recherchebereich genannten Veröffentlichung befragt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie angegeben)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Erfindung, eine Ausstellung oder andere Mitteilung bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem besprochenen Erfindungsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"S" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Vergleich des der Erfindung zugrundeliegenden Prioritäts oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angeführt ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder als erfinderischer Tätigkeit betrachtet werden</p> <p>"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 selbstdeutlich ist</p> <p>"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Abschlussdatum des internationalen Recherchenberichts
22. November 2001		29/11/2001
Name und Postanschrift der internationalen Recherchebehörde Europäisches Patentamt, P.O. Box 8016 Paludarium 2 Tel. (+31-70) 340-2040, Fax (+31-70) 340-3016		Bearbeitende Patentkassier Tran-Tien, T

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT
 Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

 Info: zales Aktencochlen
 PCT/DE 01/01605

Im Recherchebericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglieder der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4314211 A	03-11-1994	WO 9534947 A1	21-12-1995
		DE 4314211 A1	03-11-1994
		DE 59406577 D1	03-09-1998
		EP 0765542 A1	02-04-1997
		US 5864218 A	26-01-1999
DE 4031816 A	18-04-1991	US 4961038 A	02-10-1990
		DE 4031816 A1	18-04-1991
		GB 2237111 A ,B	24-04-1991
		IT 1246207 B	16-11-1994
DE 19503492 A	08-08-1996	DE 19503492 A1	08-08-1996
DE 19840572 A	16-03-2000	DE 19840572 A1	16-03-2000
		WO 0014434 A1	16-03-2000
		EP 1108164 A1	20-06-2001

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentamt), Nr. 1/99

フロントページの続き

(72)発明者 アクセル シューマッハー

ドイツ連邦共和国 ビュール アマリエ - ミュラー - シュトラーセ 14アー

Fターム(参考) 5H303 AA01 AA04 CC03 DD02 JJ05 KK08 KK19 KK23 KK33

5H560 EC03 GG00 JJ04 RR01 TT07 XA02 XA05