

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3578612号

(P3578612)

(45) 発行日 平成16年10月20日(2004.10.20)

(24) 登録日 平成16年7月23日(2004.7.23)

(51) Int. Cl.⁷

B60L 7/14

B60L 7/16

F I

B60L 7/14

B60L 7/16

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平9-322681	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22) 出願日	平成9年11月25日(1997.11.25)	(73) 特許権者	000232999 株式会社日立カーエンジニアリング 茨城県ひたちなか市高場2477番地
(65) 公開番号	特開平11-155202	(74) 代理人	100075096 弁理士 作田 康夫
(43) 公開日	平成11年6月8日(1999.6.8)	(74) 代理人	100068504 弁理士 小川 勝男
審査請求日	平成12年7月19日(2000.7.19)	(72) 発明者	山田 博之 茨城県ひたちなか市高場2477番地 株式会社 日立カーエンジニ アリング内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気車の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電源から供給された直流電力を変換する電力変換手段と、該電力変換手段で変換された電力の供給を受ける交流電動機と、該交流電動機が発生すべきトルクの指令であるトルク指令を演算すると共に、該トルク指令と前記交流電動機の回転速度に基づいてトルク制御成分指令と界磁制御成分指令を演算し、これら指令に基づいて前記電力変換手段を制御するための信号を出力して前記電力変換手段を制御する制御手段とを有する電気車の制御装置において、前記交流電動機が回生制動を行っている場合、前記交流電動機が発生する回生制動トルクを前記電源の電圧に基づいて変え、前記電源の電圧が上昇した場合には前記回生制動トルクを大きくすることを特徴とする電気車の制御装置。

【請求項2】

請求項1に記載の電気車の制御装置において、前記電源の電圧に基づいて前記トルク制御成分指令と前記界磁制御成分指令を補正し、前記回生制動トルクを変えることを特徴とする電気車の制御装置。

【請求項3】

請求項2に記載の電気車の制御装置において、前記トルク制御成分指令と前記界磁制御成分指令の補正量は、前記電源の電圧を入力とした任意の関数に基づいて設定されることを特徴とする電気車の制御装置。

【請求項4】

請求項2に記載の電気車の制御装置において、前記交流電動機の回生制動時における前記

10

20

トルク指令は、前記交流電動機の力行制御時における前記トルク指令に対して大きくなるように設定されることを特徴とする電気車の制御装置。

【請求項5】

請求項4に記載の電気車の制御装置において、前記交流電動機の回生制動時における前記トルク指令は、前記電源の電圧を入力とした任意の関数に基づいて設定されることを特徴とする電気車の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、交流電動機を制御する電気車の制御装置に係る。

10

【0002】

【従来の技術】

従来、特開平3-70402号公報に示されているように、電気自動車の制動を行うための制動力は一般に、液圧制動装置による機械制動力と回生制動による電気制動力により行われることがよく知られている。本内容は、機械制動力と回生制動力の合力によりまかなわれる制動力が、電気自動車の車速が高い場合、すなわち電動機の回転数が高く、回生制動トルクが低下している場合、その不足する回生制動トルクを電磁ブレーキによる制動装置の制動力に分担することによって、電気自動車の車速によらず常に一定の減速度を得ることが出来る点が開示されている。

【0003】

20

【発明が解決しようとする課題】

上記従来技術では、電気自動車が高速域で走行している場合、つまり電動機が高速回転している場合に生じる制動力不足を補うものとして、電気自動車の駆動系に電磁ブレーキによる制動力に分担させているが、これは当然ながら余分な装置を電気自動車に付加することとなり、また車両が低速で走行している状態、つまり、電動機の回転数が低い場合にはこの電磁ブレーキによる制動力が不要であるため、制動力を補うためのこの余分な装置を付加することは得策ではないと考えられる。

【0004】

本発明の目的は、電気車の走行時に、電動機が高速回転している場合でも回生制動力が低下しないようにし、一定以上の制動力を得られるようにした電気車の制御装置を提供することにある。

30

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記電気車の制御装置は、電源から供給された直流電力を変換する電力変換手段と、この電力変換手段で変換された電力の供給を受ける交流電動機と、この交流電動機が発生すべきトルクの指令であるトルク指令を演算すると共に、このトルク指令と交流電動機の回転速度に基づいてトルク制御成分指令と界磁制御成分指令を演算し、これら指令に基づいて電力変換手段を制御するための信号を出力して電力変換手段を制御する制御手段とを有するものにおいて、交流電動機が回生制動を行っている場合、交流電動機が発生する回生制動トルクを電源の電圧に基づいて変え、電源の電圧が上昇した場合には回生制動トルクを大きくすることにより達成できる。

40

【0006】

上記電気車の制御装置において、回生制動トルクは、電源の電圧に基づいてトルク制御成分指令と界磁制御成分指令を補正することにより変える。

【0008】

上記電気車の制御装置において、トルク制御成分指令と界磁制御成分指令の補正量は、電源の電圧を入力とした任意の関数に基づいて設定される。

【0009】

上記電気車の制御装置において、交流電動機の回生制動時におけるトルク指令は、交流電動機の力行制御時におけるトルク指令に対して大きくなるように設定される。

50

【0010】

上記電気車の制御装置において、交流電動機の回生制動時におけるトルク指令は、電源の電圧を入力とした任意の関数に基づいて設定される。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による電気車の制御装置の実施例を図をもとに説明する。

【0012】

図1は本発明の電気車の制御装置の基本構成を示す図である。電気車の制御装置には、運転者の意志を電気的な信号に変換するアクセル装置1、ブレーキ装置2、シフト装置3が備えられており、運転者が行った操作は電気信号として制御手段4の内部の演算手段5に伝達される。演算手段5はアクセル装置1、ブレーキ装置2、シフト装置3の信号と、電動機9の回転を回転検出手段10で検出した信号である回転検出信号12の信号を取り込み、駆動信号11を演算出力する。駆動信号11は電力変換手段6の内部の電力変換素子8に伝達され、電源7の電力を変換して電動機9に供給し、電動機9がトルクを発生して電気車を走行駆動する。電動機9に流れた電流は電流検出手段13によって検出され電流検出信号14として演算手段5に伝達される構成となっている。

10

【0013】

図2は電気車の制御装置における、本発明を適用しない場合の電動機9の出力特性を示す図である。電動機9は制御手段4の演算手段5で演算する指令値をもとにトルクを発生するが、その出力トルク特性は横軸に電動機9の回転数 N_m 、縦軸に出力トルク m をとって表わすと図2に示すように電動機9の回転数が領域Aの範囲では最大トルクを一定に出力できるようになっている。領域Bの電動機9の回転数 N_m が高速回転になるほど、出力できるトルクは電動機9の回転数 N_m に対して低下していき、最高回転数の時点では1までのトルクになる。これは一般的な交流電動機制御の場合、電力変換手段6により電動機9に印加できる電圧が電源7の電圧により決まってしまうことと、交流電動機を高速まで回転させる場合、例えば永久磁石同期電動機を用いた場合などは高速回転に応じて発生する誘起電圧を抑制し高速まで回転させる、いわゆる弱め界磁制御を行うため電動機9に流す電流に高速回転では弱め界磁をするための電流分が含まれることとなり、その結果電力変換手段6が通電できる電流制限の内トルクを発生するための電流分が相対的に小さくなるため、高速域で出力トルクが小さくなるという動作になる。

20

30

【0014】

一般的な電動機の出力特性は、このように弱め界磁を行うことによって、定トルク、定出力（一定ワット）、定電圧（定電動機電圧）という動作を行うようになっている。

【0015】

図2に示す実施例においては、この弱め界磁を行うことにより、電動機9の回転数 N_m に対する電動機9の電圧 V_1 は領域Aの範囲では電動機9の回転数 N_m に比例して増加していき、領域Bでは電動機9の回転数 N_m によらず一定の電圧になるように弱め界磁制御している。この電動機9の電圧 V_1 は、電源7の電圧 V_B により上限が決まる値であり、通常のPWMインバータを例にとると、電圧 V_B の70%程度が電圧 V_1 の上限値になる。また、PWMインバータなどの電力変換手段6は、流すことができる電流の最大値が電力変換素子8の容量によってきまることから、この通電可能最大電流と電圧 V_1 から電動機9が出力できる最大トルクが決まることとなる。

40

【0016】

言い換えれば、電圧 V_B が高ければそれだけ電動機9の電圧 V_1 を高くできるため、同じだけ電動機電流を流すとすれば、電動機9の電圧 V_1 が高い方がトルクを多く発生できることになる。この最大トルク特性は力行の場合でも回生の場合でも基本的に対称であり、どのような動作状態でも出力可能なトルクは同じである。つまり最高回転における力行時の最大トルクを T_1 、回生時の最大トルクを T_2 とするとこのトルクは $T_1 = T_2$ の特性となる。

【0017】

50

図3は本発明の電気車の制御装置における、制御手段4の内部の演算手段5の処理内容の一例を示すブロック図である。アクセル装置1、ブレーキ装置2、シフト装置3からの信号はそれぞれアクセル信号15、ブレーキ信号16、シフト信号17としてトルク指令演算手段18に入力される。回転検出信号12は回転数演算手段19によって演算を行い、電動機回転数20を算出しトルク指令演算手段18に伝達する。トルク指令演算手段18では、入力した信号をもとに電動機9が発生すべきトルクの演算を行い、トルク指令21として出力する。トルク指令21はトルク成分電流発生器22と界磁成分電流発生器23にそれぞれ入力し、同時に電動機回転数20も入力してトルク成分電流指令24と界磁成分電流指令25を演算出力する。トルク成分電流指令24と界磁成分電流指令25は電流制御手段26に伝達される。電流検出信号14は電流変換手段27によって変換を行い、
10 変換電流値28を出力する。電流制御手段26はトルク成分電流指令24と界磁成分電流指令25と変換電流値28をもとに電流制御を行い、電圧指令値29を出力する。駆動信号発生手段30では電圧指令値29の値をもとに、電力変換手段6に伝達する駆動信号11を生成し、電力変換手段6を動作させて電動機9に電流を流し、トルクを発生させる構成となっている。ここで、界磁成分電流発生器23からの界磁成分電流指令25は先に図2で述べた弱め界磁を行うための電流指令であり、図2で述べたように高速回転時に電動機9の電圧 V_1 が一定になるように電動機9に電流を流す動作を行う。

【0018】

図4は本発明の電気車の制御装置における制御ブロック図を示す図である。

【0019】

図3で説明したブロック図と同様にトルク指令21と電動機回転数20からトルク成分電流指令24と界磁成分電流指令25を算出し電流制御手段27で電流制御を行って駆動信号11を発生するが、その処理の他に電源7の電圧検出値31の値とアクセル装置1とブレーキ装置2とシフト装置3と電動機回転数20の値から発生する力行/回生モードフラグ33の値をもとに、力行/回生モードフラグ33が回生モードを示している場合には補正係数算出手段32において電源7の電圧 V_B より電動機9の電圧 V_1 を補正するための電圧補正係数34を演算出力する。電圧補正係数34は、トルク成分電流補正手段35と界磁成分電流補正手段36それぞれに伝達され、トルク成分電流補正手段35ではトルク成分電流指令24の値を、界磁成分電流補正手段36では界磁成分電流指令25を電圧補正係数34によって補正を行う。この補正によって補正トルク成分電流指令37と補正
30 界磁成分電流指令38を演算し、電流制御手段26で電流制御を行い、駆動信号11を発生して電力変換手段6を動作させ、電動機9に電流を通电してトルクを発生させる。

【0020】

このような処理を行うことによって、トルク指令演算手段で電気車の制御装置の動作が力行か回生かを判別して、回生動作時には回生制動によって上昇する電源7の電圧 V_B に応じて電動機9の電圧 V_1 が高くなるように、つまり弱め界磁を弱くする動作をさせるよう電圧補正係数34を発生し界磁成分電流指令25を界磁成分電流補正手段36によって補正する。界磁成分電流指令25のみの補正では、トルク指令21に対する電動機9の出力トルクが合わなくなることが想定されるため、その補正のために電圧補正係数34の値によりトルク成分電流補正手段35にてトルク成分電流指令24も補正し、トルク指令21
40 に対する電動機9が発生するトルクが常に一致するように補正を行う。また、補正係数算出手段32の演算方法は、電源7の電圧 V_B に比例して電圧補正係数34を発生させてもよいし、電源7の電圧 V_B を入力とした関数または規定のパターンやテーブルをもとに電圧補正係数34を発生させるようにしてもよい。また、この電圧補正係数34による補正は、力行/回生の動作状態によらず、電源7の電圧 V_B のみで補正を行うようにしてもよい。

【0021】

図5に補正係数算出手段32によって弱め界磁の補正を行う場合での、電源7の電圧 V_B に対する電動機9の電圧 V_1 の関係を示す。電源7の電圧 V_B が V_{B1} 以下の場合には電動機9の電圧 V_1 は V_{1min} になるように弱め界磁を行う。回生制動によって電源
50

7の電圧 V_B が上昇してきた場合には電圧 V_B に従って V_{Ba} では電動機9の電圧 V_1 は V_{1a} 、 V_{Bb} では V_{1b} 、 V_{Bc} では V_{1c} となるように電動機9の電圧 V_1 を弱め界磁制御を行うことにより調節していく。電源7の電圧 V_B が V_{B2} まで達した場合には電動機9の電圧 V_1 は V_{1max} 以上上昇しないように補正を行う。この V_{1max} は電力変換手段6や電力変換素子8の耐圧などから決めるようにする。このように電源7の電圧 V_B に応じて電動機9の電圧 V_1 を変化させることによって、電圧 V_B が高い場合には電動機9の電圧 V_1 を高く設定できるため、電動機9に同じだけ電流を流した場合には電圧 V_1 が高い方が電動機9への入力が大きいためにより大きなトルクを電動機9に発生させることができるようになる。

【0022】

図6に本発明の電気車の制御装置における、電動機9の電圧 V_1 を変化させた場合の最大トルク特性を示す。横軸に電動機9の回転数 N_m 、縦軸に出力トルク T_m と電動機9の電圧 V_1 として表わすと、力行は正のトルク、回生は負のトルクで表わすことができる。ここで通常の力行においては、電動機9の回転数 N_m に対する電圧 V_1 は、 V_{1min} で示すようにある任意の回転数 N_f から弱め界磁制御によって電圧 V_1 を一定になるように調整する。この電圧 V_1 は電気車の制御装置の動作範囲内で、電源7の電圧 V_B が一番低下した場合または動力性能を保証する下限の電圧 V_B に合わせて設定するのが普通である。しかし回生制動を行った場合には電源7の電圧 V_B も上昇する。そのために必ずしも電源7の電圧 V_B が最も低下した場合に合わせて電動機9の電圧 V_1 を決める必要はない。そこで回生制動時には上昇する電圧 V_B に合わせて電動機9の電圧 V_1 の上限を V_{1a} 、 V_{1b} 、 V_{1c} と段階的または電圧 V_B に比例するように弱め界磁制御を補正する。このようにすることによって、電動機9に同じだけの電流を流した場合には、電動機9の電圧を高くした方が回生制動のためのトルクを多く電動機9に発生させることができるようになるため、その結果回生制動のトルクは電動機9の電圧が V_{1a} の時は T_a 、 V_{1b} の時は T_b 、 V_{1c} の時は T_c と、回生制動トルクも大きく発生させることができるようになる。

【0023】

図7に本発明の電気車の制御装置を適用した場合の最大トルク特性を示す。先に述べたように従来の制御では、力行と回生のトルクが対象な出力となるため、図の斜線で示す領域のように回生制動トルクを高速域で力行時のトルク以上の値で、つまり $T_1 = T_2$ から $T_1 < T_2$ となるように制動トルクを発生させて、一定以上かつ回転数による制動力の変化の無い減速度を得たい場合にも、要求回生制動トルク T_{rt} に対して T_u だけ制動トルクが不足することが避けられなかった。この場合には本来 T_{rt} のレベルの回生制動トルクが必要な高速域で逆に回生制動トルクが低下してしまうために、高速域でも強い回生制動トルクを必要とするバッテリーフォークリフトなどに適用した場合、高速域で制動性能の低下を招いていた。しかし本発明の電気車の制御装置を適用した場合、回生制動による電源7の電圧 V_B の上昇に応じて回生制動トルクをaカーブのレベルからbカーブのレベルにまで回生制動トルクを上げることができるため、斜線で示した T_{rt} のレベルの回生制動トルクをどの電動機回転数においても発生させることができるようになる。特に、高速域でも強い制動力を必要とするバッテリーフォークリフト等の車両に適用した場合に走行性能を向上させることができる。

【0024】

【発明の効果】

本発明によれば、力行動作や回生動作によって変化する電源の電圧に伴って電動機の電動機電圧を電源の電圧に応じて調整できるようになり、電動機の回転数が高速の時の弱め界磁によって発生する回生制動トルクの低下を抑制することが可能となり、電動機の回転によらず一定レベル以上の強い制動力を得ることができるようになる。

【0025】

また、制御装置自体は従来の大きさ、容量のままで制動トルクだけを上げることができるために、装置を大型化せずに所望の動力性能を確保できる。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の電気車の制御装置の基本構成を示す図である。

【図 2】電気車の制御装置における、本発明を適用しない場合の最大トルク特性を示す図である。

【図 3】本発明の電気車の制御装置における、制御手段 4 の内部の演算手段 5 の処理内容を示すブロック図である。

【図 4】本発明の電気車の制御装置における制御ブロック図を示す図である。

【図 5】補正係数算出手段 3 2 によって弱め界磁の補正を行う場合での、電源 7 の電圧 V B に対する電動機 9 の電圧 V 1 の関係を示す図である。

【図 6】本発明の電気車の制御装置における、電動機 9 の電圧 V 1 を変化させた場合の最大トルク特性を示す図である。

10

【図 7】本発明の電気車の制御装置を適用した場合の力行と回生のトルク特性を示す図である。

【符号の説明】

1 ... アクセル装置、 2 ... ブレーキ装置、 3 ... シフト装置、 4 ... 制御手段、 5 ... 演算手段、
 6 ... 電力変換手段、 7 ... 電源、 9 ... 電動機、 10 ... 回転検出手段、 11 ... 駆動信号、 1
 3 ... 電流検出手段、 18 ... トルク指令演算手段、 19 ... 回転数演算手段、 20 ... 電動機回
 転数、 21 ... トルク指令、 22 ... トルク成分電流発生器、 23 ... 界磁成分電流発生器、 2
 4 ... トルク成分電流指令、 25 ... 界磁成分電流指令、 26 ... 電流制御手段、 30 ... 駆動信
 号発生手段、 32 ... 補正係数算出手段、 34 ... 電圧補正係数、 35 ... トルク成分電流補正
 手段、 36 ... 界磁成分電流補正手段、 37 ... 補正トルク成分電流指令、 38 ... 補正界磁成
 分電流指令。

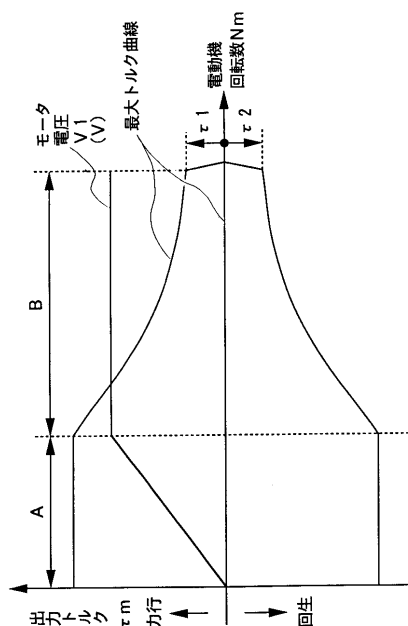
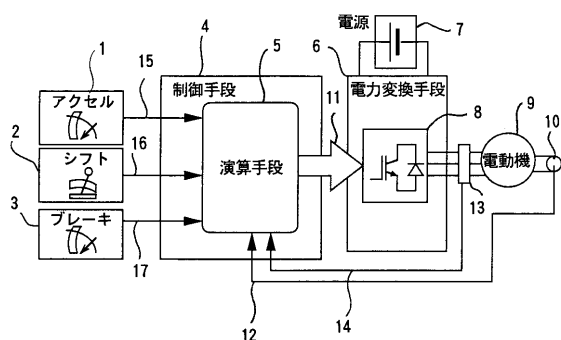
20

【図 1】

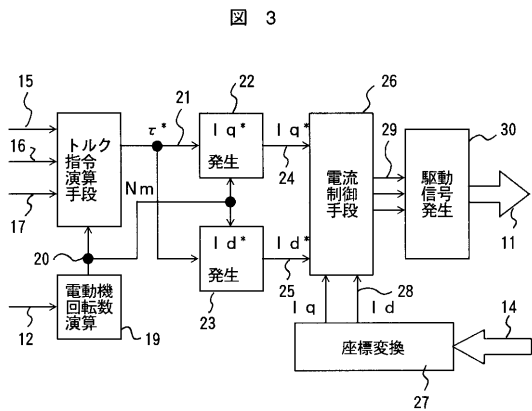
【図 2】

図 1

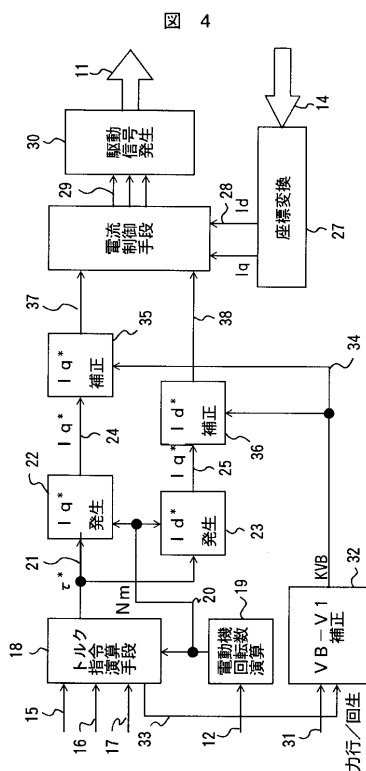
図 2



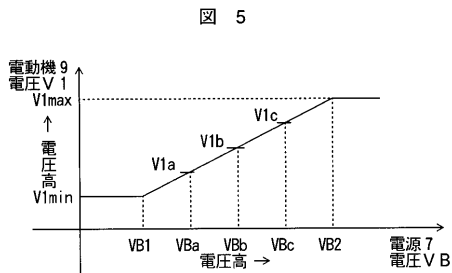
【 図 3 】



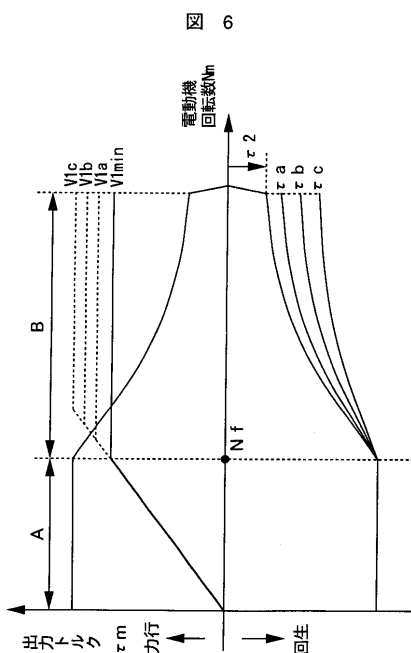
【 図 4 】



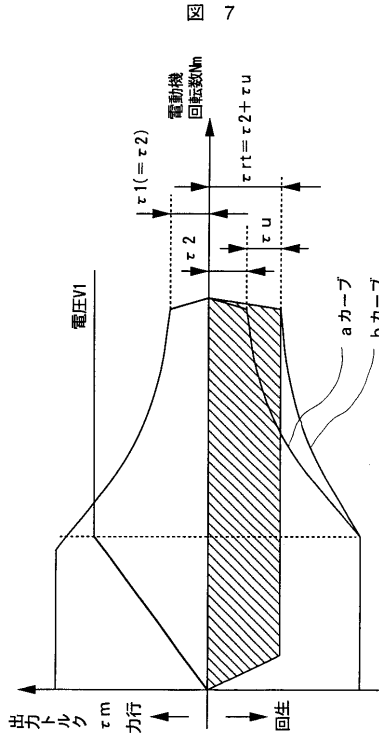
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

審査官 長馬 望

- (56)参考文献 特開平07-107613(JP,A)
特開平09-056184(JP,A)
特開平07-246000(JP,A)
特開平07-046708(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
B60L 7/00- 7/28