

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3995835号
(P3995835)

(45) 発行日 平成19年10月24日(2007.10.24)

(24) 登録日 平成19年8月10日(2007.8.10)

(51) Int. Cl.	F I
B60L 15/20 (2006.01)	B60L 15/20 J
G05B 13/02 (2006.01)	G05B 13/02 C
H02P 29/00 (2006.01)	H02P 7/00 C

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願平11-197729	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成11年7月12日(1999.7.12)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2001-28809(P2001-28809A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	平成13年1月30日(2001.1.30)	(73) 特許権者	000003609
審査請求日	平成18年1月16日(2006.1.16)		株式会社豊田中央研究所
			愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1
		(74) 代理人	100096817
			弁理士 五十嵐 孝雄
		(74) 代理人	100097146
			弁理士 下出 隆史
		(74) 代理人	100102750
			弁理士 市川 浩
		(74) 代理人	100109759
			弁理士 加藤 光宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動機を備える車両における動力制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも一つのアクチュエータを有すると共に、駆動軸を介して前記アクチュエータから要求トルクを出力可能な動力出力機構を備える車両において、前記動力出力機構を制御対象とし、前記動力出力機構の出力が前記要求トルクとなるよう前記アクチュエータにトルク指令値を与えて、前記動力出力機構を制御する制御装置であって、

前記アクチュエータが出力するトルクに相関したパラメータを検出する検出手段と、

前記検出されたパラメータから、前記動力出力機構の目標逆モデルを用いて、前記動力出力機構が出力するトルクを推定駆動トルクとして推定する推定手段と、

前記トルク指令値が前記推定駆動トルクに一致するよう、前記トルク指令値を補償するトルク補償手段であって、

前記推定駆動トルクと前記トルク指令値との偏差を外乱トルクとして推定する外乱トルク推定手段と、

前記推定された外乱トルクに対して前記動力出力機構の質量と前記車両の質量との比に基づいて定められた値であるゲインを乗算し、制御トルクとして求める制御トルク演算手段と、

前記求めた制御トルクと、前記動力出力機構に対する要求トルクとから、前記トルク指令値を補償するトルク指令値算出手段とを有するトルク補償手段

を備える制御装置。

【請求項2】

10

20

少なくとも電動機と内燃機関とを有すると共に、駆動軸を介して前記電動機から要求トルクを出力可能な動力出力機構を備える車両において、前記動力出力機構を制御対象とし、その制御を行なう制御装置であって、

少なくともアクセル開度および車速に基づき、前記要求トルクを演算する要求トルク演算手段と、

前記電動機の回転数を検出する回転数検出手段と、

前記検出された回転数から、前記動力出力機構の目標逆モデルを用いて、前記動力出力機構が出力するトルクを推定駆動トルクとして推定する推定手段と、

前記動力出力機構の出力が前記要求トルクになるよう、前記動力出力機構に与えられるトルク指令値を、前記推定駆動トルクに基づいて補償するトルク補償手段であって、

10

前記推定駆動トルクと前記トルク指令値との偏差を外乱トルクとして推定する外乱トルク推定手段と、

前記推定された外乱トルクに対して前記動力出力機構の質量と前記車両の質量との比に基づいて定められた値であるゲインを乗算し、制御トルクとして求める制御トルク演算手段と、

前記求めた制御トルクと、前記動力出力機構に対する要求トルクとから、前記トルク指令値を補償するトルク指令値算出手段とを有するトルク補償手段と、

を備える制御装置。

【請求項3】

請求項1または請求項2のいずれか記載の制御装置において、

20

前記動力出力機構の目標モデルは、振動系を含まない単一慣性モデルである、制御装置。

【請求項4】

請求項1乃至請求項3のいずれかの請求項に記載の制御装置を備える車両。

【請求項5】

少なくとも一つのアクチュエータを有すると共に、駆動軸を介して前記アクチュエータから要求トルクを出力可能な動力出力機構を備える車両において、前記動力出力機構を制御対象とし、前記動力出力機構の出力が前記要求トルクとなるよう前記アクチュエータにトルク指令値を与えて、前記動力出力機構を制御する制御方法であって、

前記アクチュエータが出力するトルクに相関したパラメータを検出し、

30

前記検出されたパラメータから、前記動力出力機構の目標逆モデルを用いて、前記動力出力機構が出力するトルクを推定駆動トルクとして推定し、

前記推定駆動トルクと前記トルク指令値との偏差を外乱トルクとして推定し、

前記推定した外乱トルクに対して前記動力出力機構の質量と前記車両の質量との比に基づいて定められた値であるゲインを乗算して制御トルクを求め、

前記求めた制御トルクと、前記動力出力機構に対する要求トルクとから、前記トルク指令値を補償して、前記トルク指令値を前記推定駆動トルクに一致させる

制御方法。

【請求項6】

少なくとも電動機と内燃機関とを有すると共に、駆動軸を介して前記電動機から要求トルクを出力可能な動力出力機構を備える車両において、前記動力出力機構を制御対象とし、その制御を行なう制御方法であって、

40

少なくともアクセル開度および車速に基づき、前記要求トルクを演算し、

前記電動機の回転数を検出し、

前記検出された回転数から、前記動力出力機構の目標逆モデルを用いて、前記動力出力機構が出力するトルクを推定駆動トルクとして推定し、

前記推定駆動トルクと前記トルク指令値との偏差を外乱トルクとして推定し、

前記推定した外乱トルクに対して前記動力出力機構の質量と前記車両の質量との比に基づいて定められた値であるゲインを乗算して制御トルクを求め、

前記求めた制御トルクと、前記動力出力機構に対する要求トルクとから、前記動力出

50

力機構に与えられるトルク指令値を補償して、前記動力出力機構の出力を前記要求トルクとする、

制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電動機等のアクチュエータを備える車両における動力制御装置に関し、さらに詳細には、動力出力機構の駆動トルクの変動に伴い動力出力機構に発生する振動を抑制する動力制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、外乱オブザーバを用いて外乱に起因する振動を抑制する技術が提案されている。要求トルクが実質的に一定であり、装置外部からの外乱に起因して生じる振動を抑制する技術として、例えば、特開平9-305203公報に開示されている技術がある。この技術では、光ディスク装置のトラッキングサーボ系において、トラッキングを遂行するアクチュエータを駆動制御するにあたり、アクチュエータの逆伝達関数モデルを用いて見かけ上の駆動信号を取得し、アクチュエータに対する駆動信号と比較することにより、外乱要素を推定している。そして、推定した外乱要素を考慮したフィードバック制御によって、アクチュエータの駆動制御に対する外乱の影響を抑制している。

【0003】

また、時間経過に伴い変化する要求トルクに起因して生じる振動を抑制する技術として、例えば、豊田中央研究所報告TR-55には、モータによって後輪駆動力を独立制御する技術が開示されている。この開示技術によれば、外乱を推定することで、モータトルクの僅かな変動により発生するホイールトルクの大きな振動が抑制される。具体的には、制御対象の高精度な逆モデルを用いてモデルの推定トルク値を算出し、要求トルク値と推定トルク値とを比較することで、外乱を推定している。そして、推定した外乱に基づく制御トルク値を要求トルク値に付加して、外乱の抑制を実現している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前者においては、アクチュエータに要求される駆動トルクは実質的に一定であるため、外乱は専ら装置外部からの振動に起因するものであり、トルク変動に伴って発生する振動、すなわち、装置自身から発生する振動は考慮されていない。したがって、時間経過と共に要求トルク値が変化する車両に対してそのまま適用することはできない。

【0005】

また、後者においては、実施にあたって制御対象の高精度な逆モデルを同定することは非常に困難な作業であり、また、そのような逆モデルを用いた制御も複雑になるという問題があった。さらに、実モデルの経年変化等に起因する特性変化を反映することができないという問題があった。

本発明は、パワーユニットに電動機を備える車両において、パワーユニットの振動を抑制しつつ、駆動トルクを高速制御することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、本発明の第1の態様は、少なくとも一つのアクチュエータを有すると共に、駆動軸を介して前記アクチュエータから要求トルクを出力可能な動力出力機構を備える車両において、前記動力出力機構を制御対象とし、前記動力出力機構の出力が前記要求トルクとなるよう前記アクチュエータにトルク指令値を与えて、前記動力出力機構を制御する制御装置を提供する。この制御装置は、前記アクチュエータが出力するトルクに相関したパラメータを検出する検出手段と、前記検出されたパラメータから、前記動力出力機構の目標逆モデルを用いて、前記動力出力機構が出力するトルクを推定駆動トルクとして推定する推定手段と、前記トルク指令値が前記推

10

20

30

40

50

定駆動トルクに一致するように、前記トルク指令値を補償するトルク補償手段とを備えることを特徴とする。

この第1の態様によれば、動力出力機構に発生するトルク変動を効果的に抑制することができる。

【0007】

ここで、前記トルク補償手段は、前記推定駆動トルクと前記トルク指令値との偏差を外乱トルクとして推定する外乱トルク推定手段と、前記推定された外乱トルクに所定のゲインを乗算し、制御トルクとして求める制御トルク演算手段と、前記求めた制御トルクと、前記動力出力機構に対する要求トルクとから、前記トルク指令値を補償するトルク指令値算出手段とを備えることが好ましい。

このような構成要素を備えることにより、動力出力機構の振動を抑制しつつ、駆動トルクを高速制御することができる。

【0008】

また、前記所定のゲインは、前記動力出力機構の質量と前記車両の質量との比に基づいて定められた値であることが好ましい。このような構成要素を備えることにより、動力出力機構から出力される駆動トルクの変動に起因する動力出力機構の振動がより効果的に抑制され得る。

【0009】

次に、本発明の第2の態様は、少なくとも電動機と内燃機関とを有すると共に、駆動軸を介して前記電動機から要求トルクを出力可能な動力出力機構を備える車両において、前記動力出力機構を制御対象とし、その制御を行なう制御装置を提供する。この制御装置は、少なくともアクセル開度および車速に基づき、前記要求トルクを演算する要求トルク演算手段と、前記電動機の回転数を検出する回転数検出手段と、前記検出された回転数から、前記動力出力機構の目標逆モデルを用いて、前記動力出力機構が出力するトルクを推定駆動トルクとして推定する推定手段と、前記動力出力機構の出力が前記要求トルクになるよう、前記動力出力機構に与えられるトルク指令値を、前記推定駆動トルクに基づいて補償するトルク補償手段とを備えることを特徴とする。

この第2の態様によれば、動力出力機構に発生する振動を効果的に抑制することができる。

【0010】

ここで、前記トルク補償手段は、前記推定駆動トルクと前記トルク指令値との偏差を外乱トルクとして推定する外乱トルク推定手段と、前記推定された外乱トルクに所定のゲインを乗算し、制御トルクとして求める制御トルク演算手段と、前記求めた制御トルクと、前記動力出力機構に対する要求トルクとから、前記トルク指令値を補償するトルク指令値算出手段とを備えることが好ましい。

このような構成要素を備えることにより、動力出力機構の振動を抑制しつつ、駆動トルクを高速制御することができる。

【0011】

また、前記所定のゲインは、前記動力出力機構の質量と前記車両の質量との比に基づいて定められた値であることが好ましい。このような構成要素を備えることにより、動力出力機構から出力される駆動トルクの変動に起因する動力出力機構の振動がより効果的に抑制され得る。

【0012】

本発明の第3の態様は、少なくとも電動機を有すると共に、駆動軸を介して前記電動機から要求トルクを出力可能な動力出力機構を備える車両において、前記動力出力機構を制御対象とし、その制御を行なう制御装置を提供する。この制御装置は、前記車両の質量と前記動力出力機構の質量の差に起因する初期変動を抑制するフィルタを介して前記要求トルクを入力する要求トルク入力手段と、前記電動機の回転数を検出する回転数検出手段と、前記検出された回転数から、前記動力出力機構の目標逆モデルを用いて、前記動力出力機構が出力するトルクを推定駆動トルクとして推定する推定手段と、前記動力出力機構の出

10

20

30

40

50

力が前記フィルタを介して入力された要求トルクになるように、前記動力出力機構に与えられるトルク指令値を、前記推定駆動トルクに基づいて補償するトルク補償手段とを備えることを特徴とする。

この第3の態様によれば、動力出力機構の振動を抑制しつつ、駆動トルクを高速制御することができる。特に、車両と動力出力機構の質量差に起因する初期振動が効果的に抑制され得る。

【0013】

なお、前記動力出力機構は内燃機関を含み、前記推定手段は、内燃機関を含む前記動力出力機構の目標逆モデルを用いて前記検出された回転数から前記動力出力機構が出力するトルクを推定駆動トルクとして推定するものであっても良い。このような構成を備えることにより、電動機及び内燃機関を動力出力機構として備える車両においても、動力出力機構の振動を抑制しつつ、駆動トルクを高速制御することができる。

10

【0014】

また、前記フィルタは、初期入力に対しては低い応答性を示しその後の入力に対しては高い応答性を示すフィルタであっても良く、さらには、二次関数曲線の特性に従うフィルタであることが好ましい。このような構成要素を備えることにより、車両と動力出力機構の質量差に起因する初期振動の効果的な抑制がより適切に実現され得る。

【0015】

本発明の第4の態様は、少なくとも電動機を有すると共に、駆動軸を介して前記電動機から要求トルクを出力可能な動力出力機構を備える車両において、前記動力出力機構を制御対象とし、前記動力出力機構の出力が前記要求トルクとなるように前記電動機にトルク指令値を与えて、前記動力出力機構の制御を行う制御装置を提供する。この制御装置は、少なくともアクセル開度及び車速に基づき要求トルクを演算する要求トルク演算手段と、前記電動機の実回転数を検出する回転数検出手段と、前記動力出力装置の正モデルを用いて、前記トルク指令値から前記電動機の推定回転数を推定する回転数推定手段と、前記実回転数が前記推定回転数に一致するように、前記トルク指令値を補償するトルク補償手段とを備えることを特徴とする。

20

この第4の態様によれば、動力出力機構に発生する振動を効果的に抑制することができる。

【0016】

ここで、前記トルク補償手段は、前記推定回転数と前記実回転数との偏差を外乱トルクによる回転数変動として推定する回転数変動推定手段と、前記推定された回転数変動をトルクに変換し、そのトルクに所定のゲインを乗算し、制御トルクとして求める制御トルク演算手段と、前記求めた制御トルクと、前記動力出力機構に対する要求トルクとから、前記トルク指令値を補償するトルク指令値算出手段とを備えることが好ましい。

30

このような構成要素を備えることにより、動力出力機構の振動を抑制しつつ、駆動トルクを高速制御することができる。

【0017】

なお、前記動力出力機構は内燃機関を含み、前記回転数推定手段は前記内燃機関を含む前記動力出力機構の正モデルを用いて、前記トルク指令値から前記電動機の推定回転数を推定するものであっても良い。かかる場合には、電動機及び内燃機関を動力出力機構として備える車両においても、動力出力機構の振動を抑制しつつ、駆動トルクを高速制御することができる。

40

【0018】

ここで、第1の態様から第4の態様に係る制御装置において、前記動力出力機構の目標モデルは、振動系を含まない単一慣性モデルであっても良い。この場合、モデルの同定が比較的容易に実行できると共に、その制御の実行も簡潔に実行することができる。

【0019】

さらに、本発明の第5の態様は、第1の態様から第4の態様に係る制御装置のうちいずれかの動力制御装置を備える車両を提供する。

50

この第5の態様によれば、車両における動力出力機構の振動が抑制されると共に、駆動トルクが高速制御される。

【0020】

本発明の第6の態様は、少なくとも一つのアクチュエータを有すると共に、駆動軸を介して前記アクチュエータから要求トルクを出力可能な動力出力機構を備える車両において、前記動力出力機構を制御対象とし、前記動力出力機構の出力が前記要求トルクとなるよう前記アクチュエータにトルク指令値を与えて、前記動力出力機構を制御する制御方法を提供する。この制御方法は、前記アクチュエータが出力するトルクに相関したパラメータを検出し、前記検出されたパラメータから、前記動力出力機構の目標逆モデルを用いて、前記動力出力機構が出力するトルクを推定駆動トルクとして推定し、前記トルク指令値が前記推定駆動トルクに一致するよう、前記トルク指令値を補償することを特徴とする。

10

この第6の態様によれば、動力出力機構の振動を抑制しつつ、駆動トルクを高速制御することができる。

【0021】

本発明の第7の態様は、少なくとも電動機と内燃機関とを有すると共に、駆動軸を介して前記電動機から要求トルクを出力可能な動力出力機構を備える車両において、前記動力出力機構を制御対象とし、その制御を行なう制御方法を提供する。この制御方法は、少なくともアクセル開度および車速に基づき、前記要求トルクを演算し、前記電動機の回転数を検出し、前記検出された回転数から、前記動力出力機構の目標逆モデルを用いて、前記動力出力機構が出力するトルクを推定駆動トルクとして推定し、前記動力出力機構の出力が前記要求トルクになるよう、前記動力出力機構に与えられるトルク指令値を、前記推定駆動トルクに基づいて補償することを特徴とする。

20

この第7の態様によれば、動力出力機構の振動を抑制しつつ、駆動トルクを高速制御することができる。

【0022】

本発明の第8の態様は、少なくとも電動機を有すると共に、駆動軸を介して前記電動機から要求トルクを出力可能な動力出力機構を備える車両において、前記動力出力機構を制御対象とし、その制御を行なう制御方法を提供する。この制御方法は、前記車両の質量と前記動力出力機構の質量の差に起因する初期振動を抑制するフィルタを介して前記要求トルクを入力し、前記電動機の回転数を検出し、前記検出された回転数から、前記動力出力機構の目標逆モデルを用いて、前記動力出力機構が出力するトルクを推定駆動トルクとして推定し、前記動力出力機構の出力が前記フィルタを介して入力された要求トルクになるように、前記動力出力機構に与えられるトルク指令値を、前記推定駆動トルクに基づいて補償することを特徴とする。

30

この第8の態様によれば、動力出力機構の振動を抑制しつつ、駆動トルクを高速制御することができる。

【0023】

本発明の第9の態様は、少なくとも電動機を有すると共に、駆動軸を介して前記電動機から要求トルクを出力可能な動力出力機構を備える車両において、前記動力出力機構を制御対象とし、前記動力出力機構の出力が前記要求トルクとなるように前記電動機にトルク指令値を与えて、前記動力出力機構の制御を行う制御方法を提供する。この制御方法は、少なくともアクセル開度及び車速に基づき要求トルクを演算し、前記電動機の実回転数を検出し、前記動力出力装置の正モデルを用いて、前記トルク指令値から前記電動機の推定回転数を推定し、前記実回転数が前記推定回転数に一致するよう、前記トルク指令値を補償することを特徴とする。

40

この第9の態様によれば、動力出力機構の振動を抑制しつつ、駆動トルクを高速制御することができる。

【0024】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係るパワーユニットとして電動機を備える車両における動力制御装置につ

50

いて、図面を参照しながら、いくつかの好適な発明の実施の形態に従って詳細に説明する。

【0025】

第1の発明の実施の形態：

図1は本発明が適用され得るパワーユニットとして電動機を備える車両の概略構成図の一例を示す。図1に示す車両10は、パワーユニットに電動機(モータ)11を備え、モータ11の出力軸はパワートレーン12に結合されており、パワートレーン12は車輪13a、13bと接続されている。モータ11は交流モータであり、モータ11にはインバータ14を介してバッテリー15が接続されている。直流電源であるバッテリー15の直流電流は、交流電流に変換された後にモータ11に供給されると共に、モータ11がジェネレータとして機能する回生動作時には、発生した交流電流は直流電流に変換されてバッテリー15に蓄電される。ここでバッテリー15には、二次電池、パワーキャパシタ等の電源が含まれるものとする。

10

【0026】

このような構成を備える車両10において、モータ11は、制御ユニット16によって駆動制御される。制御ユニット16は、後述する制御プログラムを実行するCPU17、制御プログラム等を記憶しているROM18、検出データ及びCPU17による演算結果等を一時的に格納するRAM19等を備えている。制御ユニット16には、アクセルペダルの踏込量(アクセル開度)を検出するアクセルポジションセンサ20、及びモータ11の出力軸回転数に基づき車両速度を検出する車速センサ21等のセンサが接続されている。制御ユニット16は、検出されたアクセルペダルの踏み込み量及び車速に基づいて、要求トルクを算出する。

20

制御ユニット16は、算出した要求トルクに基づきインバータ14を介してモータ11を駆動制御する。そして、モータ11から出力された駆動トルクは、パワートレーン12を介して車輪13a、13bに伝達される。

【0027】

図2は第1、第2及び第3の発明の実施の形態において共通に用いられる振動系を模式的に示す模式図である。パワーユニット30は、模式的にバネ形式にて表されているマウント31を介してシャシー32に揺動可能に結合されている。パワーユニット30の出力軸33は、パワートレーンを代表して表されているドライブシャフト34の一端に結合されており、ドライブシャフト34の捻れは、捻れバネによって表されている。また、ドライブシャフト34の他端は負荷慣性として作用する車輪35に結合されている。

30

【0028】

なお、第1及び第2の発明の実施の形態においては、パワーユニット30としてモータ(電動機)を備えており、パワーユニット30の出力軸33はモータロータ36と結合されており、パワーユニット30のハウジングはモータステータ37と結合されている。

【0029】

図2の模式図において、駆動トルクが矢印方向Aに加えられると、トルク反力が矢印方向Bに作用する。このトルク反力、及びその揺り戻しによってマウント2を介して支持されているパワーユニット30に振動が発生し、その振動はモータロータ36上に現れる。さらに、モータロータ36にはドライブシャフト34の捻れに起因する振動も現れる。

40

【0030】

図3は本発明の実施の形態において用いられる制御系のブロック図を示す。この制御系における制御対象は、パワーユニット、パワートレーン、及びモータECUの応答遅れ(動力出力機構)である。

要求トルクは、パワーユニット(本発明の実施形態ではモータ)に要求されたパワーユニットが出力すべき駆動トルクであり、例えば、アクセル開度及び車速に基づいて要求トルク計算器40(要求トルク演算手段)によって決定される。実車41には要求トルクを出力するためのトルク指令値が付与され、実車41は要求トルクを出力すべく作動する。ここで、実車41には、パワーユニット、パワートレーン及びモータECUが含まれるもの

50

とする。また、実車 4 1 にはパワーユニットの作動に伴うトルク脈動、マウント共振等を含む外乱成分 4 2 が付加される。

【 0 0 3 1 】

したがって、実車 4 1 から出力される電動機回転数には、外乱成分 4 2 が付加されることとなり、一般的に要求トルクとは一致しない。推定駆動トルクを検出するにあたっては、実車 4 1 から直接出力トルクを検出することも考えられるが、現実には出力トルクを直接検出することは困難である。そこで、モータの回転数を検出して、検出された回転数から目標逆モデルを用いて推定駆動トルクを計算する（推定手段）。なお、モータの回転数は、通常、モータに備えられている回転数検出器 4 3 を利用して検出される。また、推定駆動トルクの計算に当たっては、例えば、モータ電流の周波数といったモータの回転数に相

10

【 0 0 3 2 】

目標逆モデル 4 4 は、パワーユニット、パワートレーン及びモータ E C U 遅れの目標特性を示すモデルの逆モデルであり、好ましくは、振動系を含まない単一慣性モデルの逆モデルである。したがって、実車 4 1 の特性（すなわち、パワーユニット、パワートレーン、モータ E C U の動特性）を厳密に示すモデルの逆モデルではない。本発明の実施の形態においては、実車 4 1 とモデルのモデル差をも外乱要素の一部として捕らえることにより、フィードバック制御によってモデル差を解消する構成を備えているからである。

【 0 0 3 3 】

モデルの同定にあたっては、図 4 及び図 5 に図示するように、並進運動系における F （力）
= 車両質量 \times 加速度なる関係を、回転運動系における T （トルク）= 慣性 \times 角加速度（ d
/ $d t$ ）なる関係に相似適用することにより同定した。すなわち、推定駆動トルクを計算するためには、見かけ上の車両慣性を求める必要があるが、車両慣性を直接求めることは一般的に極めて困難だからである。具体的には、測定を容易なものとするために F を一定とし、速度 v を縦軸に、時間 t を横軸にそれぞれ取り、速度 v の時間変化、すなわち、加速度 a が一定となるようにして測定を行う。この関係を回転駆動系に適用する場合には、測定を容易なものとするためにトルク T を一定とし、回転角速度 ω を縦軸に、時間 t を横軸にそれぞれ取り、回転角速度 ω の時間変化を求める。得られた回転角速度 ω と時間 t の関係、すなわち、プロットデータの近似直線の傾きから車両慣性 I を得た。そして、この車両慣性を有するモデルの逆モデルに対して、検出された回転数を入力して、出力す

20

30

【 0 0 3 4 】

図 3 における比較器 4 5 及び増幅器 4 7 はトルク補償手段を構成する。

比較器 4 5 は、計算により得られた推定駆動トルクとトルク指令値とを比較しする。比較の結果得られた比較差分は、外乱に起因する推定外乱トルク並びにモデル差として扱われる。比較器 4 5 に結合されているフィルタ 4 6 は、例えば、ローパスフィルタであり、得られた推定外乱トルクが微分成分でありノイズに弱いことを考慮して、制御の安定化を図るために配置されている。

【 0 0 3 5 】

増幅器 4 7 は、フィルタ 4 6 を通過した推定外乱トルクに対してゲイン K を掛けて制御トルクを出力する。ここで、ゲイン K は、車両質量に対するパワートレーン質量の比（1 未満）に基づいて求められる。このゲイン K は、通常、トルク指令値に基づきパワーユニットのモータを駆動した際に、その駆動力により先ずパワートレーンが動きだし、また、その反力によりパワーユニットが動き出してしまふ現象を抑制するために掛けられる。すなわち、この現象は、車両質量を念頭においたトルク指令値が、車両質量よりも軽い質量のパワートレーンに対して先に影響を及ぼすことに起因するものである。したがって、推定外乱トルクを小さくしてパワートレーンに対して及ぼす影響を抑制することを企図するものである。そして、増幅器 4 7 から出力された制御トルクは、要求トルクに付加され、トルク指令値が算出され、次の制御に反映される。

40

【 0 0 3 6 】

50

続いて、図3に示す制御系を実現する処理を図6に示すフローチャートを参照して説明する。この処理は、制御ユニット16内のCPU17により実行される。要求トルクが実車41に与えられるとこれに応じてモータが回転し、ステップS100において、その回転数が回転数検出器43によって検出される。ステップS110では、目標逆モデル44を用いて検出された回転数から推定駆動トルクを計算する。続いて、ステップS120では、推定駆動トルクとトルク指令値とを比較して比較差を外乱推定トルクとして取り出す。なお、初回ルーチンでは、トルク指令値はアクセル開度及び車速より求められた要求トルクそのままを意味し、初回以降のルーチンでは、要求トルクに制御トルクが付加されたものがトルク指令値となる。

【0037】

ステップS120にて得られた推定外乱トルクは、ステップS130にてフィルタ46に掛けられ安定性の向上が図られる。フィルタ46を通過した推定外乱トルクには、ステップS140にて既述のように求められたゲインKが掛けられ、制御トルクが計算される。ステップS150では、得られた制御トルクにより要求トルクを増減補償して最終的なトルク指令値が求められ、実車41に付与される。以上のステップにて1回のルーチンが終了する。このフローチャートは適当な間隔で繰り返し実行される。

【0038】

車両におけるパワーユニット等の著しい振動は、通常、急アクセル操作時、すなわち、駆動トルク急変時に出現する。そこで、急アクセル操作時における上記制御の効果を、上記制御を伴わない実験例である比較例と上記制御を伴う実験例である実施例1とを対比することにより説明する。図7は比較例の実験結果を示すグラフであり、縦軸は電動機回転数、電動機に対するトルク指令値、及びアクセル開度をそれぞれ示し、横軸は時間を示す。図8は実施例1の実験結果を示すグラフであり、縦軸は電動機回転数、電動機に対するトルク指令値、及びアクセル開度をそれぞれ示し、横軸は時間を示す。

【0039】

比較例1では、電動機に対するトルク指令値はアクセル開度(アクセル踏み込み量)に追従しており、アクセル開度が一定となる約0.1秒後にあっては、トルク指令値も一定となっている。そして、電動機の回転数の変動(すなわち、振動)は、約1秒経過後も収束していない。

【0040】

これに対して本発明の実施形態に係る制御を伴う実施例1では、約0.1秒後にアクセル開度が一定となった後も、トルク指令値は変動している。より適切にいうならば、トルク指令値は、電動機回転数のピークを打ち消すべく、電動機回転数のピークに対して逆のピークを有するように変動している。この結果、電動機回転数の変動ピークは全域にわたって抑制されていると共に、電動機回転数の変動は、約0.4秒経過後にほぼ収束している。また、比較例における所定トルク(回転数)への到達時間と同等の到達時間を実現しており、アクセル開度(運転者の加速要求)に対して迅速に応答していることが理解される。

【0041】

したがって、第1の発明の実施の形態に係る動力制御装置は、パワーユニットの振動を有効に抑制すると共に、駆動トルクを高速に制御することができる。

【0042】

第2の発明の実施の形態：

第1の発明の実施の形態では、フィードバック制御作用後における電動機回転数の変動(すなわち、振動)は有効に抑制されている。しかしながら、トルク急変点直後の極めて初期期間(概ね0.5秒までの期間)はフィードバック制御が十分に作用しないため、抑制されてはいるものの電動機回転数の変動ピークは依然として存在する。

【0043】

ここで、電動機回転数の変動(パワーユニットの振動)は、既述のように、急アクセル操作等に起因する急激なトルク変動が原因である。また、大慣性と小慣性とからなる2慣性

10

20

30

40

50

系においては、トルク急変直後の振動は、大慣性（すなわち、車両）に対する駆動トルクが先に小慣性（すなわち、パワートレイン、動力出力機構）を駆動してしまう現象に大きく起因している。

【0044】

かかる特性を考慮して、第2の発明の実施の形態では、要求トルクの変動を抑制する前処理フィルタ50を更に付加した。

【0045】

本発明の実施の形態について図9を参照して詳述する。図9は第2の発明の実施の形態に従う制御系ブロック図を示す。なお、図9において、前処理フィルタ50以外の構成要素は図3に示す第1の発明の実施の形態における各構成要素と機能を同一にするので、同一の符号を付すことによりその説明を省略する。

10

【0046】

前処理フィルタ50は、図11に示す特性を有している。すなわち、車両の慣性（質量）とパワートレインの慣性（質量）の差を考慮して、初期入力に対する出力の時間変化を緩慢にする一方で、初期入力以降の入力に対する出力の時間変化を鋭敏にする特性である。例えば、二次関数曲線の特性、指数関数曲線の特性に従っても良い。また、より具体的には、例えば、 $d_n = d_{n-1} + a$ 、 $T_{0n} = T_{0n-1} + d_n$ 、 $T_{00} = 0$ 、 $d_0 = a$ 、 $T_{0n} < T_{lim}$ 、 $T_{n0} = T_{lim}$ の関係式を満たす特性である。このような特性を有することにより、要求トルクの急激な変動を抑制しつつ、要求トルクを速やかに実現する高応答性を担保している。

20

【0047】

次に、図9に示す制御系を実現する処理を図10に示すフローチャートを参照して説明する。なお、図10には、前処理フィルタ50の付加に関連して加えられるステップS145、及びその前後のステップであるステップS140及びS150のみを示し、残りのステップについては説明並びに図示を省略する。

アクセル踏込量及び車速に基づき算出された要求トルクは、前処理処理フィルタ50を通過させられ、これにより、車両質量とパワートレイン質量の質量差に起因する初期変動を抑制する特性が与えられる（ステップS145）。そして、かかる特性を有する要求トルクを制御トルクによって加減することによりトルク指令値を求める（ステップS150）。求められたトルク指令値は、実車41に付与される。

30

【0048】

この点で、従来主に用いられてきた図12に図示する特性を有する一次遅れローパスフィルタ51とは相違する。すなわち、図12に示す特性では、入力の初期の変動を効果的に抑制することができず、また、要求出力を達成するまでに比較的時間を要するので、時々刻々と要求トルクが変化する、すなわち、目標到達点に変化する車両における動力制御には不向きである。

【0049】

上記制御の効果を、上記制御を伴う実験例である実施例2を用いて説明する。図13は実施例2の実験結果を示すグラフであり、縦軸は電動機回転数、電動機に対するトルク指令値、及びアクセル開度をそれぞれ示し、横軸は時間を示す。

40

【0050】

実施例2では、比較例及び実施例1と比較して、アクセル開度に対するトルク指令値の変動が著しく抑制されている。すなわち、約0.2秒近傍におけるトルク指令値の急激な立ち上がり姿を消し、また、約0.3秒付近におけるピークが大きく抑制されている。さらに、約0.3秒後の期間全域にわたって電動機回転数の変動が効果的に抑制されている。

【0051】

実施例2においても、約0.2秒付近における1つ目のピークは存在するが、このピークはアクセル操作と共にあるいは近接して現れるピークであるため、不快な振動としては体感されない。これに対して、約0.3秒付近の2つ目のピークはトルクの増加を妨げるピ

50

ークであるため、不快な振動として体感される。また、所定トルク（回転数）に到達するために要する時間も、比較例並びに実施例 1 と比較して変わらない。したがって、2 つ目のピークを効果的に抑制する第 2 実施例、すなわち、第 2 の発明の実施形態に係る動力制御装置は、運転者等に不快な振動を与えることなく、所望の要求トルクを迅速に達成可能であることが理解される。なお、前記 1 つ目のピークは構造上避けられないものである。

【0052】

第 3 の発明の実施の形態：

第 1 及び第 2 の発明の実施の形態は、逆モデルを用いて外乱による振動を抑制している。逆モデルは、微分要素を含むためノイズ等の影響を受け系が不安定になり易いことが知られている。そこで、図 14 に図示するように、逆モデルに代えて、正モデル 60 を用いて振動抑制を図ることが考えられる。

10

【0053】

図 14 に図示する例では、正モデル 60 によってトルク指令値から電動機の推定回転数が計算され、検出された電動機の回転数と比較される。比較結果として得られる比較差は、外乱要素に起因する回転数変動を示し、また、微分要素を含まない。したがって、図示する例ではフィルタ 46 が配置されているが、フィルタ 46 を用いなくとも安定性は十分に確保され得る。フィルタ 66 を通過した回転数差には、増幅器 47 において所定のゲイン K が掛けられると共に、トルクの次元に変換されて制御トルクとして出力される。この制御トルクによって要求トルクが増減されることによりトルク指令値が得られる。

【0054】

20

第 4 の発明の実施の形態：

上記各発明の実施の形態においては、パワーユニットとして電動機を備えた車両例について説明したが、上記各発明の実施の形態は、パワーユニットとして電動機並びに内燃機関を備えた、いわゆる、ハイブリッドタイプの車両に対しても同様に適用され得る。

【0055】

ここで、通常、内燃機関の動作に伴い発生する振動は、モータの動作に伴い発生する振動と比較して大きいことが知られている。そのため、内燃機関をシャシに搭載する際には、振動を吸収すべく比較的柔らかい特性を有するマウントが用いられる。これに対して、モータのみを備える車両においては、一般的に、振動をマウントによって吸収する必要がないため、大きな立ち上がりトルクに対応してモータを支持すべく比較的固い特性を有するマウントが用いられる。

30

【0056】

したがって、パワーユニットとしてモータ及び内燃機関を備えるハイブリッド車両では、パワーユニットとしてモータのみを備える車両と比較して、大きなモータトルクのトルク変動に伴う振動が発生し易いことになる。特に、図 15 に図示するいわゆるパラレル型のハイブリッド車両では、内燃機関 71 及びモータ 72 が一体となったパワーユニット 70 がシャシ 73 に搭載されるため、内燃機関 71 及びモータ 72 にそれぞれ適当なマウントを用いることができない。したがって、パラレル型のハイブリッド車両では、モータのみをパワーユニットとして備える車両に対して本発明に係る制御装置を適用する場合と比較して、本発明に係る制御装置によりもたらされる効果がより顕著となり得る。

40

【0057】

図 15 に図示される模式図において、パワーユニット 70 は、模式的にパネ形式にて表されているマウント 74 を介してシャシ 73 に揺動可能に結合されている。パワーユニット 70 の出力軸 75 は、パワートレインを代表して表されているドライブシャフト 76 の一端に結合されており、ドライブシャフト 76 の捻れは、捻れパネによって表されている。また、ドライブシャフト 76 の他端は負荷慣性として作用する車輪 77 に結合されている。

【0058】

パワーユニット 70 から出力軸 75 を介してドライブシャフト 76 に出力される駆動トルクは、トルク指令値に基づいてモータ 72 及び内燃機関 71 の双方により生成され得る。

50

したがって、厳密な最適制御を実行するのであれば、内燃機関71のトルク変動を考慮して制御することが好ましい。しかしながら、内燃機関71のトルク急変動は、モータ72のトルク急変動と比較して緩やかであり、通常、トルク急変動によってパワーユニット70に発生する振動はモータ72のトルク変動に起因する。また、内燃機関71のトルク変動に起因する振動もまた、モータステータ79及びモータロータ78に伝達されるため、内燃機関71に起因する振動を外乱と見なしてモータ72を適正制御することによって、パワーユニット70全体の振動が効果的に抑制される。したがって、上記各発明の実施の形態は、パラレル型のハイブリッド車両に対してもそのまま適用され得る。

【0059】

これに対して、いわゆるシリーズ型のハイブリッド車両にあっては、内燃機関とモータとはそれぞれ独立してシャシに搭載され得るので、内燃機関及びモータはそれぞれ適切な特性を有するマウントを介してシャシに搭載され得る。また、パワートレーンに出力される駆動トルクは全てモータによって出力されるため、その模式図として図2を適用することが可能であり、上記各発明の実施の形態はそのまま適用され得る。

【0060】

以上、いくつかの発明の実施の形態に基づいて本発明に係る動力制御装置を説明したが、上記した発明の実施の形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨並びに特許請求の範囲を逸脱することなく、変更、改良され得ると共に、本発明にはその等価物が含まれ得ることは理解されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が適用され得る、パワーユニットに電動機を備える車両の概略構成図である。

【図2】本発明の実施の形態において用いられる振動系を模式的に示す模式図である。

【図3】第1の発明の実施の形態に従う制御系のブロック図である。

【図4】モデルの同定を説明する際に用いるグラフである。

【図5】モデルの同定を説明する際に用いるグラフである。

【図6】図3に示す制御系を実現する処理を示すフローチャートである。

【図7】比較例の実験結果を示すグラフである。

【図8】実施例1の実験結果を示すグラフである。

【図9】第2の発明の実施の形態に従う制御系のブロック図である。

【図10】図9に示す制御系を実現する処理を示すフローチャートである。

【図11】前処理フィルタの特性を示す説明図である。

【図12】従来的一次遅れローパスフィルタの特性を示す説明図である。

【図13】実施例2の実験結果を示すグラフである。

【図14】第3の発明の実施の形態に従う制御系のブロック図である。

【図15】第4の発明の実施の形態において用いられる振動系を模式的に示す模式図である。

【符号の説明】

10 ... 車両

11 ... モータ

12 ... パワートレーン

13 a、13 b ... 車輪

14 ... インバータ

15 ... バッテリ

16 ... 制御ユニット

17 ... CPU

18 ... ROM

19 ... RAM

20 ... アクセルポジションセンサ

10

20

30

40

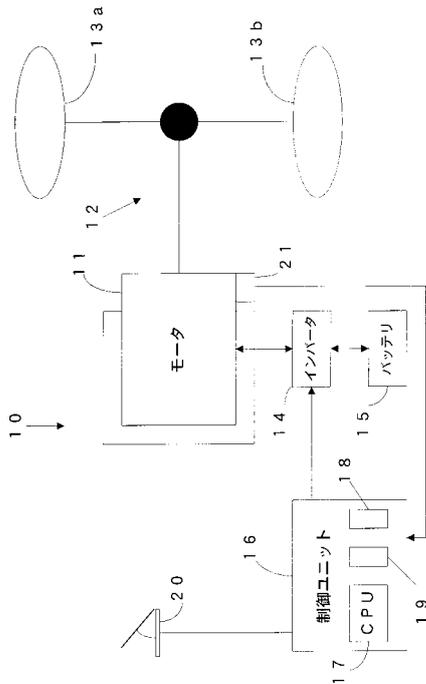
50

- 2 1 ... 車速センサ
- 3 0 ... パワーユニット
- 3 1 ... マウント
- 3 2 ... シャシー
- 3 3 ... 出力軸、
- 3 4 ... ドライブシャフト
- 3 5 ... 車輪
- 3 6 ... モータロータ
- 3 7 ... ステータ
- 4 0 ... 要求トルク計算器
- 4 1 ... 実車
- 4 2 ... 外乱成分
- 4 3 ... 回転数検出器
- 4 4 ... 目標逆モデル
- 4 5 ... 比較器
- 4 6 ... フィルタ
- 4 7 ... 増幅器
- 5 0 ... 前処理フィルタ
- 5 1 ... 従来フィルタ
- 6 0 ... 正モデル

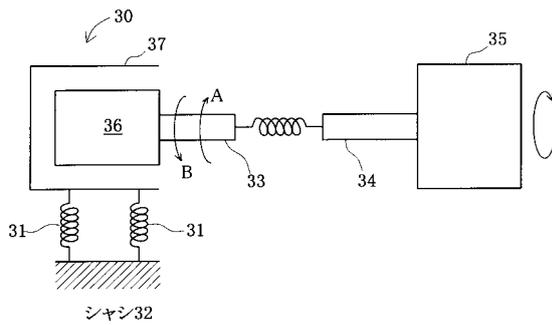
10

20

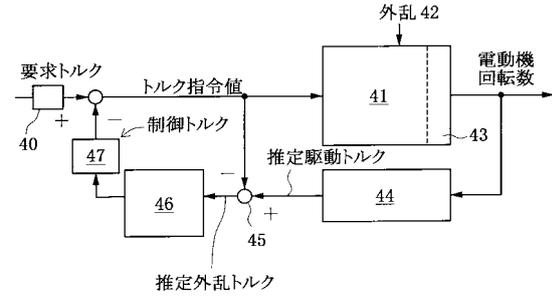
【図1】



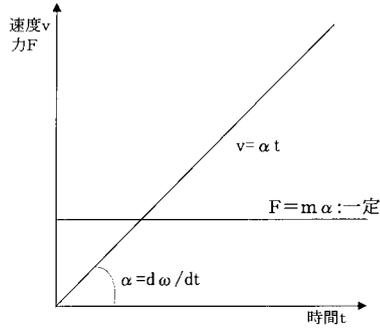
【図2】



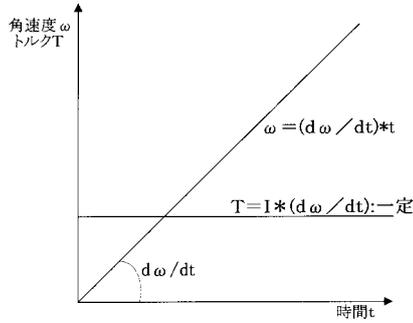
【図3】



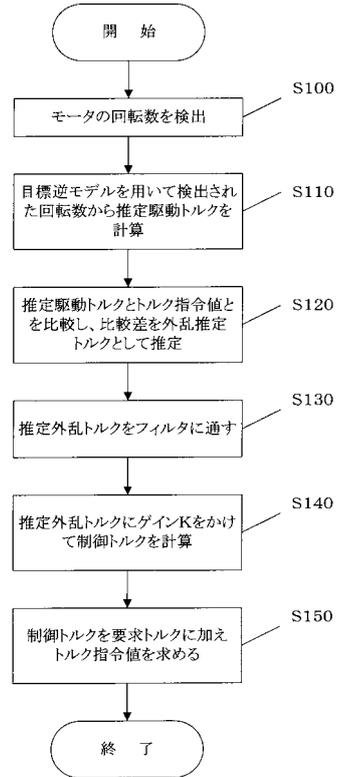
【 図 4 】



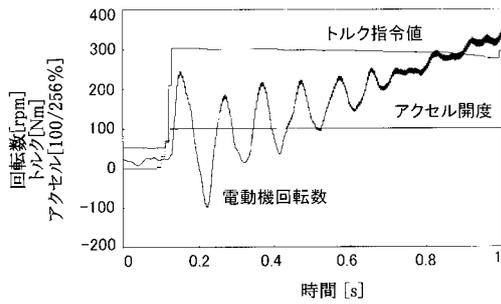
【 図 5 】



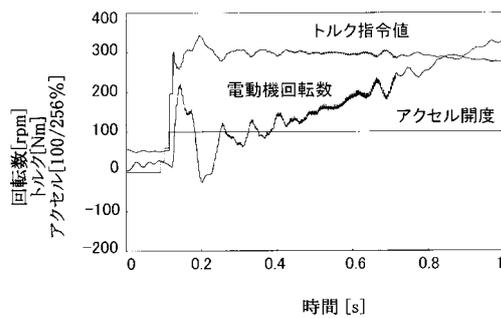
【 図 6 】



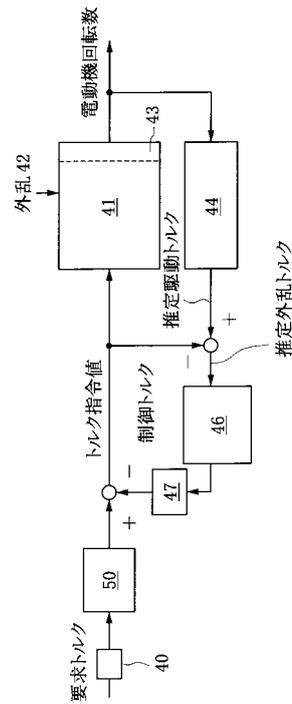
【 図 7 】



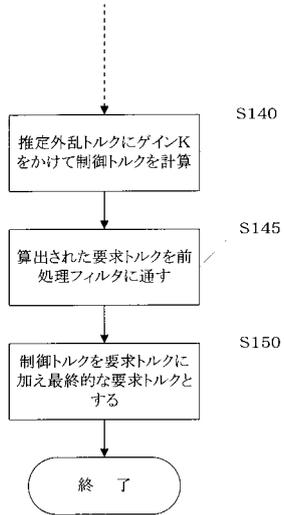
【 図 8 】



【 図 9 】



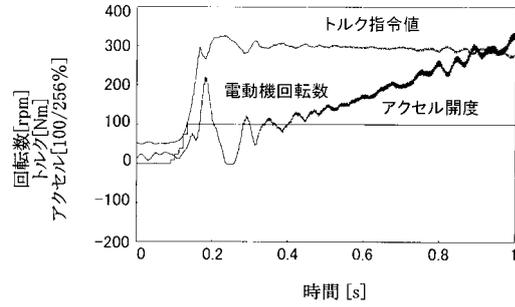
【図10】



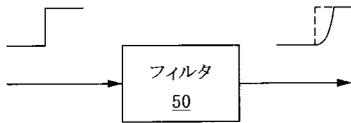
【図12】



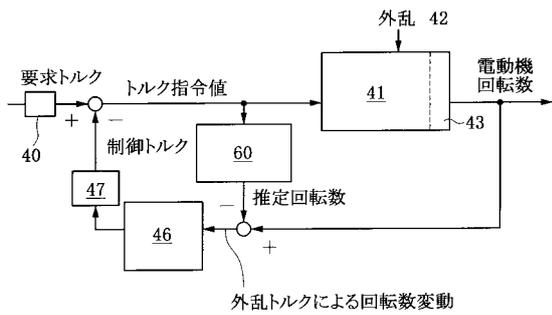
【図13】



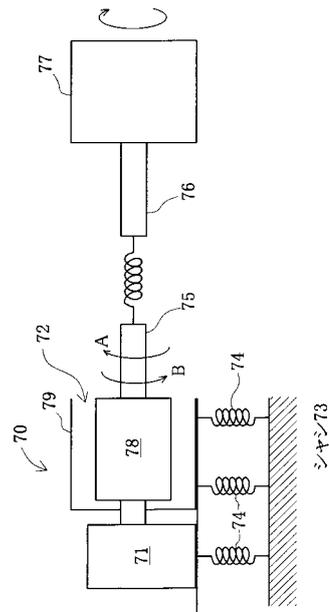
【図11】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

- (72)発明者 阿部 哲也
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 木村 秋広
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 稲熊 幸雄
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72)発明者 守屋 一成
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

審査官 村上 哲

- (56)参考文献 特開平09-205704(JP,A)
特開平09-093972(JP,A)
特開平11-004507(JP,A)
特開平08-196005(JP,A)
特開平05-227610(JP,A)
特開平09-056183(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 15/20
G05B 13/02
H02P 29/00