

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6135775号  
(P6135775)

(45) 発行日 平成29年5月31日(2017.5.31)

(24) 登録日 平成29年5月12日(2017.5.12)

(51) Int.Cl.			F I		
<b>B60L</b>	<b>15/20</b>	<b>(2006.01)</b>	B60L	15/20	J
<b>B60L</b>	<b>7/14</b>	<b>(2006.01)</b>	B60L	7/14	
<b>B60L</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B60L	3/00	H

請求項の数 16 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2015-556794 (P2015-556794)	(73) 特許権者	000003997
(86) (22) 出願日	平成27年1月5日(2015.1.5)		日産自動車株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/050066		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(87) 国際公開番号	W02015/105077	(74) 代理人	110002468
(87) 国際公開日	平成27年7月16日(2015.7.16)		特許業務法人後藤特許事務所
審査請求日	平成28年6月24日(2016.6.24)	(74) 代理人	100075513
(31) 優先権主張番号	特願2014-3179 (P2014-3179)		弁理士 後藤 政喜
(32) 優先日	平成26年1月10日(2014.1.10)	(74) 代理人	100120260
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 飯田 雅昭
		(74) 代理人	100148231
			弁理士 村瀬 謙治
		(74) 代理人	100193116
			弁理士 守田 敏宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動車両の制御装置および電動車両の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

モータを走行駆動源とし、前記モータの回生制動力により減速する電動車両の制御装置であって、

電動車両の走行速度に比例する速度パラメータが所定値以下に低下する以前では、車両情報に基づいた走行用の第1のトルク目標値をモータトルク指令値に設定し、

前記速度パラメータが所定値以下になると、車両を停車させ、停車状態を維持する第2のトルク目標値を前記モータトルク指令値に設定するモータトルク指令値設定手段と、

前記モータトルク指令値に基づいて、前記モータを制御するモータ制御手段と、を備え、

前記モータ制御手段は、前記速度パラメータが所定値以下になると、前記モータトルク指令値としての前記第2のトルク目標値により車両を停車させ、停車状態を維持する、電動車両の制御装置。

【請求項2】

請求項1に記載の電動車両の制御装置において、

車両が停車間際であるか否かを判定する停車間際判定手段をさらに備え、

前記停車間際判定手段は、前記第1のトルク目標値が前記第2のトルク目標値より大きければ停車間際以前であると判定し、前記第2のトルク目標値が前記第1のトルク目標値より大きければ停車間際であると判定する、

電動車両の制御装置。

## 【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の電動車両の制御装置において、  
外乱トルクを推定する外乱トルク推定手段をさらに備え、  
前記第 2 のトルク目標値算出手段は、前記速度パラメータの低下とともに前記外乱トルクに収束するトルク目標値を前記第 2 のトルク目標値として算出する、  
電動車両の制御装置。

## 【請求項 4】

請求項 3 に記載の電動車両の制御装置において、  
前記外乱トルク推定手段は、前記外乱トルクを、登坂路では正の値、降坂路では負の値として推定する、  
電動車両の制御装置。

10

## 【請求項 5】

請求項 3 または請求項 4 に記載の電動車両の制御装置において、  
前記外乱トルク推定手段は、平坦路では前記外乱トルクをゼロとする、  
電動車両の制御装置。

## 【請求項 6】

請求項 3 から請求項 5 のいずれか一項に記載の電動車両の制御装置において、  
前記第 1 のトルク目標値算出手段は、車両情報に基づいて基本トルク目標値を算出し、算出した基本トルク目標値を前記外乱トルクに基づいて補正することにより、前記第 1 のトルク目標値を算出する、  
電動車両の制御装置。

20

## 【請求項 7】

請求項 6 に記載の電動車両の制御装置において、  
前記第 1 のトルク目標値算出手段は、前記外乱トルクに所定のゲインを乗算することによって外乱補正トルクを算出し、前記基本トルク目標値と前記外乱補正トルクとを加算することによって、前記第 1 のトルク目標値を算出する、  
電動車両の制御装置。

## 【請求項 8】

請求項 7 に記載の電動車両の制御装置において、  
前記第 1 のトルク目標値算出手段は、前記外乱トルクに前記所定のゲインを乗算した後、前記速度パラメータに応じた速度補正ゲインを乗算することにより、前記外乱補正トルクを算出し、  
前記速度補正ゲインは、前記速度パラメータが第 1 の所定値より小さければ 1、前記速度パラメータが前記第 1 の所定値より大きい第 2 の所定値より大きければ 0、前記速度パラメータが前記第 1 の所定値以上であって、かつ、前記第 2 の所定値以下の場合には、0 以上 1 以下であって、かつ、前記速度パラメータが大きくなるほど 0 に近い値である、  
電動車両の制御装置。

30

## 【請求項 9】

モータを走行駆動源とし、前記モータの回生制動力により減速する電動車両の制御方法であって、

40

電動車両の走行速度に比例する速度パラメータが所定値以下に低下する以前では、車両情報に基づいた走行用の第 1 のトルク目標値をモータトルク指令値に設定し、

前記速度パラメータが所定値以下になると、車両を停車させ、停車状態を維持する第 2 のトルク目標値を前記モータトルク指令値に設定するステップと、

前記モータトルク指令値に基づいて、前記モータを制御するステップと、を備え、

前記モータを制御するステップでは、前記速度パラメータが所定値以下になると、前記モータトルク指令値としての前記第 2 のトルク目標値により車両を停車させ、停車状態を維持する、

電動車両の制御方法。

## 【請求項 10】

50

請求項 9 に記載の電動車両の制御方法において、  
 車両が停車間際であるか否かを判定するステップをさらに含み、  
 前記判定するステップでは、前記第 1 のトルク目標値が前記第 2 のトルク目標値より大きければ停車間際以前であると判定し、前記第 2 のトルク目標値が前記第 1 のトルク目標値より大きければ停車間際であると判定する、  
 電動車両の制御方法。

【請求項 1 1】

請求項 9 または請求項 1 0 に記載の電動車両の制御方法において、  
 外乱トルクを推定するステップをさらに含み、  
 前記第 2 のトルク目標値は、前記速度パラメータの低下とともに前記外乱トルクに収束するトルク目標値として算出される、  
 電動車両の制御方法。 10

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載の電動車両の制御方法において、  
 前記外乱トルクは、登坂路では正の値、降坂路では負の値として推定される、  
 電動車両の制御方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 または請求項 1 2 に記載の電動車両の制御方法において、  
 前記外乱トルクは、平坦路ではゼロと推定される、  
 電動車両の制御方法。 20

【請求項 1 4】

請求項 1 1 から請求項 1 3 のいずれか一項に記載の電動車両の制御方法において、  
 車両情報に基づいて基本トルク目標値が算出され、前記第 1 のトルク目標値は、算出された基本トルク目標値を前記外乱トルクに基づいて補正することにより算出される、  
 電動車両の制御方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載の電動車両の制御方法において、  
 前記外乱トルクに所定のゲインを乗算することによって外乱補正トルクが算出され、前記第 1 のトルク目標値は、前記基本トルク目標値と前記外乱補正トルクとを加算することによって算出される、  
 電動車両の制御方法。 30

【請求項 1 6】

請求項 1 5 に記載の電動車両の制御方法において、  
 前記外乱補正トルクは、前記外乱トルクに前記所定のゲインを乗算した後、前記速度パラメータに応じた速度補正ゲインを乗算することにより算出され、  
 前記速度補正ゲインは、前記速度パラメータが第 1 の所定値より小さければ 1、前記速度パラメータが前記第 1 の所定値より大きい第 2 の所定値より大きければ 0、前記速度パラメータが前記第 1 の所定値以上であって、かつ、前記第 2 の所定値以下の場合には、0 以上 1 以下であって、かつ、前記速度パラメータが大きくなるほど 0 に近い値である、  
 電動車両の制御方法。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、電動車両の制御装置および電動車両の制御方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

従来、電動機の回生制動力を任意に設定し得る設定手段を設け、設定手段によって設定された回生制動力で電動機の回生を行う電気自動車用回生ブレーキ制御装置が知られている（JP 8 - 79907A 参照）。

【発明の概要】

## 【 0 0 0 3 】

しかしながら、設定手段によって設定された回生制動力が大きい場合には、設定された回生制動力で電気自動車が減速して速度が0になったときに、車体の前後方向に振動が発生するという問題が生じる。

## 【 0 0 0 4 】

本発明は、回生制動力で電動車両を停止させる際に、車体の前後方向に振動が発生するのを抑制する技術を提供することを目的とする。

## 【 0 0 0 5 】

本発明の一態様における電動車両の制御装置は、モータを走行駆動源とし、モータの回生制動力により減速する電動車両の制御装置であって、電動車両の走行速度に比例する速度パラメータが所定値以下に低下する以前では、車両情報に基づいた走行用の第1のトルク目標値をモータトルク指令値に設定し、前記速度パラメータが所定値以下になると、車両を停車させ、停車状態を維持する第2のトルク目標値をモータトルク指令値に設定して、設定したモータトルク指令値に基づいて、モータを制御する。

10

## 【 0 0 0 6 】

本発明の実施形態、本発明の利点については、添付された図面を参照しながら以下に詳細に説明する。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 0 7 】

【 図 1 】 図 1 は、一実施の形態における電動車両の制御装置を備えた電気自動車の主要構成を示すブロック図である。

20

【 図 2 】 図 2 は、モータコントローラによって行われるモータ電流制御の処理の流れを示すフローチャートである。

【 図 3 】 図 3 は、アクセル開度 - トルクテーブルの一例を示す図である。

【 図 4 】 図 4 は、第1のトルク目標値  $T_{m1}^*$  を設定する方法の詳細を説明するためのブロック図である。

【 図 5 】 図 5 は、外乱トルク推定器の詳細な構成を示すブロック図である。

【 図 6 】 図 6 は、外乱補正トルク設定器の詳細な構成を示すブロック図である。

【 図 7 】 図 7 は、外乱トルク推定値  $T_d$  と勾配補正トルク  $T_{d5}$  との関係を定めたテーブルの一例を示す図である。

30

【 図 8 】 図 8 は、モータ回転速度  $m$  と速度補正ゲイン  $K$  との関係を定めたテーブルの一例である。

【 図 9 】 図 9 は、車両の駆動力伝達系をモデル化した図である。

【 図 10 】 図 10 は、停止制御処理を実現するためのブロック図である。

【 図 11 】 図 11 は、検出されたモータ回転速度  $m$  に基づいて、モータ回転速度  $F/B$  トルク  $T$  を算出する方法を説明するための図である。

【 図 12 】 図 12 は、登坂路において電動車両を停止させる停止制御の制御結果を示す図である。

【 図 13 】 図 13 は、降坂路において電動車両を停止させる停止制御の制御結果を示す図である。

40

【 図 14 】 図 14 は、モータ回転速度  $F/B$  トルク  $T$  を第2のトルク目標値  $T_{m2}^*$  として設定する場合において、停止制御処理を実現するためのブロック図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 0 8 】

図 1 は、一実施の形態における電動車両の制御装置を備えた電気自動車の主要構成を示すブロック図である。本発明の電動車両の制御装置は、車両の駆動源の一部または全部として電動モータを備え、電動モータの駆動力により走行可能な電動車両に適用可能である。電動車両には、電気自動車だけでなく、ハイブリッド自動車や燃料電池自動車も含まれる。特に、本実施形態における電動車両の制御装置は、アクセルペダルの操作のみで車両の加減速や停止を制御することができる車両に適用することができる。この車両では、ド

50

ライバは、加速時にアクセルペダルを踏み込み、減速時や停止時には、踏み込んでいるアクセルペダルの踏み込み量を減らすか、または、アクセルペダルの踏み込み量をゼロとする。

【0009】

モータコントローラ2は、車速 $V$ 、アクセル開度 $AP$ 、電動モータ(三相交流モータ)4の回転子位相、電動モータ4の電流 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ 等の車両状態を示す信号をデジタル信号として入力し、入力された信号に基づいて、電動モータ4を制御するためのPWM信号を生成する。また、モータコントローラ2は、生成したPWM信号に応じてインバータ3の駆動信号を生成する。

【0010】

インバータ3は、例えば、各相ごとに2個のスイッチング素子(例えば、IGBTやMOS-FET等のパワー半導体素子)を備え、駆動信号に応じてスイッチング素子をオン/オフすることにより、バッテリー1から供給される直流の電流を交流に変換し、電動モータ4に所望の電流を流す。

【0011】

電動モータ4は、インバータ3から供給される交流電流により駆動力を発生し、減速機5およびドライブシャフト8を介して、左右の駆動輪9a、9bに駆動力を伝達する。また、電動モータ4は、車両の走行時に駆動輪9a、9bに連れ回されて回転するときに、回生駆動力を発生させることで、車両の運動エネルギーを電気エネルギーとして回収する。この場合、インバータ3は、電動モータ4の回生運転時に発生する交流電流を直流電流に変換して、バッテリー1に供給する。

【0012】

電流センサ7は、電動モータ4に流れる三相交流電流 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ を検出する。ただし、三相交流電流 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ の和は0であるため、任意の2相の電流を検出して、残りの1相の電流は演算により求めてもよい。

【0013】

回転センサ6は、例えば、レゾルバやエンコーダであり、電動モータ4の回転子位相を検出する。

【0014】

図2は、モータコントローラ2によって行われるモータ電流制御の処理の流れを示すフローチャートである。

【0015】

ステップS201では、車両状態を示す信号を入力する。ここでは、車速 $V$ ( $km/h$ )、アクセル開度 $AP$ (%)、電動モータ4の回転子位相( $rad$ )、電動モータ4の回転速度 $N_m$ ( $rpm$ )、電動モータ4に流れる三相交流電流 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ 、バッテリー1とインバータ3間の直流電圧値 $V_{dc}$ ( $V$ )を入力する。

【0016】

車速 $V$ ( $km/h$ )は、図示しない車速センサや、他のコントローラより通信にて取得する。または、回転子機械角速度 $\omega_m$ にタイヤ動半径 $R$ を乗算し、ファイナルギアのギア比で除算することにより車速 $v$ ( $m/s$ )を求め、 $3600/1000$ を乗算することにより単位変換して、車速 $V$ ( $km/h$ )を求める。

【0017】

アクセル開度 $AP$ (%)は、図示しないアクセル開度センサから取得するか、図示しない車両コントローラ等の他のコントローラから通信にて取得する。

【0018】

電動モータ4の回転子位相( $rad$ )は、回転センサ6から取得する。電動モータ4の回転速度 $N_m$ ( $rpm$ )は、回転子角速度(電気角)を電動モータ4の極対数 $p$ で除算して、電動モータ4の機械的な角速度であるモータ回転速度 $\omega_m$ ( $rad/s$ )を求め、求めたモータ回転速度 $\omega_m$ に $60/(2\pi)$ を乗算することによって求める。回転子角速度 $\omega_m$ は、回転子位相 $\theta$ を微分することによって求める。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 9 】

電動モータ4に流れる電流  $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$  (A) は、電流センサ7から取得する。

## 【 0 0 2 0 】

直流電圧値  $V_{dc}$  (V) は、バッテリー1とインバータ3間の直流電源ラインに設けられた電圧センサ(不図示)、または、バッテリーコントローラ(不図示)から送信される電源電圧値から求める。

## 【 0 0 2 1 】

ステップS202では、第1のトルク目標値  $T_{m1}^*$  を設定する。具体的には、まず始めに、ステップS201で入力されたアクセル開度  $AP$  およびモータ回転速度  $\omega_m$  に基づいて、図3に示すアクセル開度 - トルクテーブルを参照することにより、トルクテーブル目標値(基本トルク目標値)  $T_{m0}^*$  を設定する。続いて、後述する外乱トルク推定値  $T_d$  を求めるとともに、外乱トルク推定値  $T_d$  に基づいて、外乱補正トルク  $T_{d^*}$  を求める。そして、トルクテーブル目標値  $T_{m0}^*$  と外乱補正トルク  $T_{d^*}$  とを加算することによって、第1のトルク目標値  $T_{m1}^*$  を設定する。

10

## 【 0 0 2 2 】

ステップS203では、電動車両が停止するように制御する停止制御処理を行う。具体的には、電動車両の停車間際を判断し、停車間際以前は、ステップS202で算出した第1のトルク目標値  $T_{m1}^*$  をモータトルク指令値  $T_m^*$  に設定し、停車間際以降は、モータ回転速度の低下とともに外乱トルク推定値  $T_d$  に収束する第2のトルク目標値  $T_{m2}^*$  をモータトルク指令値  $T_m^*$  に設定する。この第2のトルク目標値  $T_{m2}^*$  は、登坂路では正トルク、降坂路では負トルク、平坦路では概ねゼロである。これにより、後述するように、路面の勾配に関わらず、停車状態を維持することができる。停止制御処理の詳細については、後述する。

20

## 【 0 0 2 3 】

ステップS204では、ステップS203で算出したモータトルク目標値  $T_m^*$ 、モータ回転速度  $\omega_m$  および直流電圧値  $V_{dc}$  に基づいて、d軸電流目標値  $i_{d^*}$ 、q軸電流目標値  $i_{q^*}$  を求める。例えば、トルク指令値、モータ回転速度、および直流電圧値と、d軸電流目標値およびq軸電流目標値との関係を定めたテーブルを予め用意しておいて、このテーブルを参照することにより、d軸電流目標値  $i_{d^*}$ 、q軸電流目標値  $i_{q^*}$  を求める。

30

## 【 0 0 2 4 】

ステップS205では、d軸電流  $i_d$  およびq軸電流  $i_q$  をそれぞれ、ステップS204で求めたd軸電流目標値  $i_{d^*}$  およびq軸電流目標値  $i_{q^*}$  と一致させるための電流制御を行う。このため、まず初めに、ステップS201で入力された三相交流電流値  $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$  と、電動モータ4の回転子位相  $\theta$  に基づいて、d軸電流  $i_d$  およびq軸電流  $i_q$  を求める。続いて、d軸、q軸電流指令値  $i_{d^*}$ 、 $i_{q^*}$  と、d軸、q軸電流  $i_d$ 、 $i_q$  との偏差から、d軸、q軸電圧指令値  $v_d$ 、 $v_q$  を算出する。なお、算出したd軸、q軸電圧指令値  $v_d$ 、 $v_q$  に対して、d - q直交座標軸間の干渉電圧を相殺するために必要な非干渉電圧を加算するようにしてもよい。

40

## 【 0 0 2 5 】

次に、d軸、q軸電圧指令値  $v_d$ 、 $v_q$  と、電動モータ4の回転子位相  $\theta$  から、三相交流電圧指令値  $v_u$ 、 $v_v$ 、 $v_w$  を求める。そして、求めた三相交流電圧指令値  $v_u$ 、 $v_v$ 、 $v_w$  と直流電圧値  $V_{dc}$  から、PWM信号  $t_u$  (%)、 $t_v$  (%)、 $t_w$  (%) を求める。このようにして求めたPWM信号  $t_u$ 、 $t_v$ 、 $t_w$  により、インバータ3のスイッチング素子を開閉することによって、電動モータ4をトルク指令値  $T_m^*$  で指示された所望のトルクで駆動することができる。

## 【 0 0 2 6 】

図2のステップS202で行われる処理、すなわち、第1のトルク目標値  $T_{m1}^*$  を設定する方法の詳細を、図4を用いて説明する。

## 【 0 0 2 7 】

50

トルクテーブル目標値設定器 401 は、アクセル開度  $A_P$  およびモータ回転速度  $m$  に基づいて、図 3 に示すアクセル開度 - トルクテーブルを参照することにより、トルクテーブル目標値  $T_{m0}^*$  を設定する。

【0028】

外乱トルク推定器 402 は、モータトルク指令値  $T_m^*$  およびモータ回転速度  $m$  に基づいて、外乱トルク推定値  $T_d$  を求める。

【0029】

図 5 は、外乱トルク推定器 402 の詳細な構成を示すブロック図である。外乱トルク推定器 402 は、制御ブロック 501 と、制御ブロック 502 と、減算器 503 と、制御ブロック 504 とを備える。

10

【0030】

制御ブロック 501 は、 $H(s)/G_p(s)$  なる伝達特性を有するフィルタとしての機能を担っており、モータ回転速度  $m$  を入力してフィルタリング処理を行うことにより、第 1 のモータトルク推定値を算出する。 $G_p(s)$  は、モータトルク  $T_m$  からモータ回転速度  $m$  までの伝達特性であり、詳細については後述する。 $H(s)$  は、分母次数と分子次数との差分が、モデル  $G_r(s)$  の分母次数と分子次数との差分以上となる伝達特性を有するローパスフィルタである。

【0031】

制御ブロック 502 は、 $H(s)$  なる伝達特性を有するローパスフィルタとしての機能を担っており、モータトルク指令値  $T_m^*$  を入力してフィルタリング処理を行うことにより、第 2 のモータトルク推定値を算出する。

20

【0032】

減算器 503 は、第 2 のモータトルク推定値から第 1 のモータトルク推定値を減算することによって、外乱トルク推定値  $T_d$  を算出する。

【0033】

本実施形態では、第 2 のモータトルク推定値と第 1 のモータトルク推定値との偏差に対して、制御ブロック 504 によりフィルタリング処理を施すことにより、外乱トルク推定値  $T_d$  を算出する。制御ブロック 504 は、 $H_z(s)$  なる伝達特性を有するフィルタとしての機能を担っており、第 2 のモータトルク推定値と第 1 のモータトルク推定値との偏差を入力してフィルタリング処理を行うことにより、外乱トルク推定値  $T_d$  を算出する。 $H_z(s)$  の詳細については、後述する。

30

【0034】

図 4 の外乱補正トルク設定器 403 は、外乱トルク推定器 402 によって算出された外乱トルク推定値  $T_d$  に基づいて、外乱補正トルク  $T_d^*$  を求める。

【0035】

図 6 は、外乱補正トルク設定器 403 の詳細な構成を示すブロック図である。外乱補正トルク設定器 403 は、登坂補正トルク算出器 601 と、急登坂補正処理器 602 と、降坂補正トルク算出器 603 と、急降坂補正処理器 604 と、勾配判定器 605 と、速度補正トルク設定処理器 606 とを備える。

【0036】

登坂補正トルク算出器 601 は、外乱トルク推定値  $T_d$  に所定の補正ゲイン  $K_{up}$  を乗算することによって、登坂補正トルク  $T_{d1}$  を算出する。

40

【0037】

急登坂補正処理器 602 は、図 3 に示すアクセル開度 - トルクテーブルの「アクセル開度 = 0 / 4 (全閉)」時のモータトルク指令値に基づいて、登坂補正トルク  $T_{d1}$  に対してリミッタ処理を施し、リミッタ処理後の登坂リミッタトルク  $T_{d2}$  を算出する。

【0038】

降坂補正トルク算出器 603 は、外乱トルク推定値  $T_d$  に所定の降坂補正ゲイン  $K_{down}$  を乗算することによって、降坂補正トルク  $T_{d3}$  を算出する。

【0039】

50

急降坂補正処理器 604 は、急降坂のように、外乱トルク推定値  $T_d$  の絶対値が所定値以上の場合に、車両の減速度を一定とする降坂リミットトルク  $T_{d4}$  を算出する。具体的には、急降坂における車両の減速度を規定し、図 3 に示すアクセル開度 - トルクテーブルの「アクセル開度 = 0 / 4 (全閉)」時のモータトルク指令値と外乱トルク推定値  $T_d$  より、必要となる降坂リミットトルク  $T_{d4}$  を算出する。

【0040】

勾配判定器 605 は、外乱トルク推定値  $T_d$  の符号に基づいて路面の勾配を判定し、登坂 (外乱トルク推定値  $T_d > 0$ ) では登坂リミットトルク  $T_{d2}$  を勾配補正トルク  $T_{d5}$  に設定し、降坂 (外乱トルク推定値  $T_d < 0$ ) では降坂リミットトルク  $T_{d4}$  を勾配補正トルク  $T_{d5}$  に設定する。

10

【0041】

なお、外乱トルク推定値  $T_d$  と勾配補正トルク  $T_{d5}$  との関係を定めたテーブルを予め用意しておき、外乱トルク推定値  $T_d$  に基づいて、テーブルを参照することにより、勾配補正トルク  $T_{d5}$  を求めるようにしてもよい。

【0042】

図 7 は、外乱トルク推定値  $T_d$  と勾配補正トルク  $T_{d5}$  との関係を定めたテーブルの一例を示す図である。路面が急登坂の場合、すなわち、外乱トルク推定値  $T_d$  が所定値  $T_{d1}$  以上の場合は、勾配補正トルク  $T_{d5}$  を所定の上限值に設定する。また、急登坂ではない登坂路の場合、すなわち、外乱トルク推定値  $T_d$  が 0 より大きく所定値  $T_{d1}$  未満の場合には、外乱トルク推定値  $T_d$  が小さくなるほど、勾配補正トルク  $T_{d5}$  を小さい値 (ただし、 $T_{d5} > 0$ ) に設定する。路面が急降坂ではない降坂路の場合、すなわち、外乱トルク推定値  $T_d$  が 0 より小さく所定値  $T_{d2}$  より大きい場合には、外乱トルク推定値  $T_d$  が小さくなるほど勾配補正トルクを小さい値 (ただし、 $T_{d5} < 0$ ) に設定する。路面が急降坂の場合、すなわち、外乱トルク推定値  $T_d$  が所定値  $T_{d2}$  以下の場合には、外乱トルク推定値  $T_d$  が小さくなるほど勾配補正トルクを小さい値 (ただし、 $T_{d5} < 0$ ) に設定する。ただし、急降坂の場合、急降坂ではない降坂路に比べて、外乱トルク推定値が小さくなるほど、勾配補正トルク  $T_{d5}$  がより小さい値となるようにする。

20

【0043】

図 6 の速度補正トルク設定処理器 606 は、モータ回転速度  $m$  に基づいて、モータ回転速度  $m$  と速度補正ゲイン  $K$  との関係を定めたテーブルを参照することにより、速度補正ゲイン  $K$  を求め、勾配補正トルク  $T_{d5}$  に速度補正ゲイン  $K$  を乗算することにより、外乱補正トルク  $T_{d^*}$  を算出する。

30

【0044】

図 8 は、モータ回転速度  $m$  と速度補正ゲイン  $K$  との関係を定めたテーブルの一例である。モータ回転速度  $m$  が所定回転速度  $m_1$  より低い低速域では、速度補正ゲイン  $K$  を 1 とし、モータ回転速度  $m$  が所定回転速度  $m_2$  ( $m_1 < m_2$ ) 以上の高速域では、速度補正ゲイン  $K$  を 0 とする。これにより、低速域では、勾配補正トルク  $T_{d5}$  が外乱補正トルク  $T_{d^*}$  として出力され、高速域では、外乱補正トルク  $T_{d^*}$  は 0 となる。また、モータ回転速度  $m$  が所定回転速度  $m_1$  以上であり、かつ、所定回転速度  $m_2$  未満の中速域では、モータ回転速度  $m$  が高くなるにつれて値が小さくなるように、速度補正ゲインを設定する。

40

【0045】

図 4 に戻って説明を続ける。加算器 404 は、トルクテーブル目標値設定器 401 によって設定されたトルクテーブル目標値  $T_{m0^*}$  と、外乱補正トルク設定器 403 によって設定された外乱補正トルク  $T_{d^*}$  とを加算することにより、第 1 のトルク目標値  $T_{m1^*}$  を算出する。

【0046】

上述した方法によって第 1 のトルク目標値  $T_{m1^*}$  を算出することにより、停車間際と判断するまでの減速度を調整することができるので、減速中の減速度から、モータトルク指令値  $T_{m^*}$  を外乱トルク推定値  $T_d$  に収束させて停車させた際の減速度までの変化量を

50



抑えることができ、ドライブフィーリングを向上させることができる。

【 0 0 4 7 】

続いて、図 2 のステップ S 2 0 3 で行われる停止制御処理について説明する前に、本実施形態における電動車両の制御装置において、モータトルク  $T_m$  からモータ回転速度  $\omega_m$  までの伝達特性  $G_p(s)$  について説明する。

【 0 0 4 8 】

図 9 は、車両の駆動力伝達系をモデル化した図であり、同図における各パラメータは、以下に示すとおりである。

$J_m$  : 電動モータのイナーシャ

$J_w$  : 駆動輪のイナーシャ

$M$  : 車両の重量

$K_d$  : 駆動系の捻り剛性

$K_t$  : タイヤと路面の摩擦に関する係数

$N$  : オーバーオールギヤ比

$r$  : タイヤの荷重半径

$\omega_m$  : 電動モータの角速度

$T_m$  : トルク目標値

$T_d$  : 駆動輪のトルク

$F$  : 車両に加えられる力

$V$  : 車両の速度

$\omega_w$  : 駆動輪の角速度

【 0 0 4 9 】

そして、図 9 より、以下の運動方程式を導くことができる。ただし、式 ( 1 ) ~ ( 3 ) 中の符号の右上に付されているアスタリスク ( \* ) は、時間微分を表している。

【数 1】

$$J_m \cdot \omega_m^* = T_m - T_d / N \quad \dots (1)$$

【数 2】

$$2J_w \cdot \omega_w^* = T_d - rF \quad \dots (2)$$

【数 3】

$$M \cdot V^* = F \quad \dots (3)$$

【数 4】

$$T_d = K_d \cdot \int (\omega_m / N - \omega_w) dt \quad \dots (4)$$

【数 5】

$$F = K_t \cdot (r\omega_w - V) \quad \dots (5)$$

【 0 0 5 0 】

式 ( 1 ) ~ ( 5 ) で示す運動方程式に基づいて、電動モータ 4 のトルク目標値  $T_m$  からモータ回転速度  $\omega_m$  までの伝達特性  $G_p(s)$  を求めると、次式 ( 6 ) で表される。

10

20

30

40

## 【数 6】

$$G_p(s) = \frac{b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0}{s(a_4 s^3 + a_3 s^2 + a_2 s + a_1)} \quad \dots (6)$$

## 【0051】

ただし、式(6)中の各パラメータは、次式(7)で表される。

## 【数 7】

$$\begin{aligned} a_4 &= 2J_m J_w M & 10 \\ a_3 &= J_m (2J_w + Mr^2) K_t \\ a_2 &= (J_m + 2J_w / N^2) M \cdot K_d \\ a_1 &= (J_m + 2J_w / N^2 + Mr^2 / N^2) K_d \cdot K_t \\ b_3 &= 2J_w \cdot M \\ b_2 &= (2J_w + Mr^2) K_t \\ b_1 &= M \cdot K_d \\ b_0 &= K_d \cdot K_t & 20 \end{aligned} \quad \dots (7)$$

## 【0052】

式(6)に示す伝達関数の極と零点を調べると、次式(8)の伝達関数に近似することができ、1つの極と1つの零点は極めて近い値を示す。これは、次式(8)の と が極めて近い値を示すことに相当する。

## 【数 8】

$$G_p(s) = \frac{(s + \beta)(b_2' s^2 + b_1' s + b_0')}{s(s + \alpha)(a_3' s^2 + a_2' s + a_1')} \quad \dots (8)$$

## 【0053】

従って、式(8)における極零相殺( = と近似する)を行うことにより、次式(9)に示すように、 $G_p(s)$ は、(2次)/(3次)の伝達特性を構成する。

## 【数 9】

$$G_p(s) = \frac{(b_2' s^2 + b_1' s + b_0')}{s(a_3' s^2 + a_2' s + a_1')} \quad \dots (9)$$

## 【0054】

続いて、図2のステップS203で行われる停止制御処理の詳細について説明する。図10は、停止制御処理を実現するためのブロック図である。

## 【0055】

モータ回転速度F/Bトルク設定器1001は、検出されたモータ回転速度  $m$  に基づいて、モータ回転速度フィードバックトルク(以下、モータ回転速度F/Bトルクと呼ぶ)  $T$  を算出する。

## 【0056】

図11は、検出されたモータ回転速度  $m$  に基づいて、モータ回転速度F/Bトルク  $T$  を算出する方法を説明するための図である。モータ回転速度F/Bトルク設定器1001は、乗算器1101を備え、モータ回転速度  $m$  にゲイン  $K_{vref}$  を乗算することにより、モータ回転速度F/Bトルク  $T$  を算出する。ただし、 $K_{vref}$  は、電動車両の停止間際に電動車両を停止させるのに必要な負(マイナス)の値であり、例えば、実験デ

ータ等により適宜設定される。モータ回転速度 F / B トルク T は、モータ回転速度 m が大きいほど、大きい回生制動力が得られるトルクとして設定される。

【 0 0 5 7 】

なお、モータ回転速度 F / B トルク設定器 1 0 0 1 は、モータ回転速度 m にゲイン K v r e f を乗算することにより、モータ回転速度 F / B トルク T を算出するものとして説明したが、モータ回転速度 m に対する回生トルクを定めた回生トルクテーブルや、モータ回転速度 m の減衰率を予め記憶した減衰率テーブル等を用いて、モータ回転速度 F / B トルク T を算出してもよい。

【 0 0 5 8 】

図 1 0 に戻って説明を続ける。外乱トルク推定器 1 0 0 2 は、検出されたモータ回転速度 m とモータトルク指令値 T m \* に基づいて、外乱トルク推定値 T d を算出する。外乱トルク推定器 1 0 0 2 の構成は、図 4 の外乱トルク推定器 4 0 2 の構成、すなわち、図 5 に示す構成と同じである。

10

【 0 0 5 9 】

ここで、図 5 の制御ブロック 5 0 4 の伝達特性 H z ( s ) について説明する。式 ( 9 ) を書き換えると、次式 ( 1 0 ) が得られる。ただし、式 ( 1 0 ) 中の z 、 z 、 p 、 p はそれぞれ、式 ( 1 1 ) で表される。

【数 1 0】

$$G_p(s) = \frac{Mp(s^2 + 2\zeta_z \cdot \omega_z \cdot s + \omega_z^2)}{s(s^2 + 2\zeta_p \cdot \omega_p \cdot s + \omega_p^2)} \quad \dots (10) \quad 20$$

【数 1 1】

$$\zeta_z = \frac{b_1'}{2(b_0' \cdot b_2')^{1/2}} \quad 30$$

$$\omega_z = \left( \frac{b_0'}{b_2'} \right)^{1/2}$$

$$\zeta_p = \frac{a_2'}{2(a_1' \cdot a_3')^{1/2}} \quad \dots (11)$$

$$\omega_p = \left( \frac{a_1'}{a_3'} \right)^{1/2}$$

【 0 0 6 0 】

40

以上より、H z ( s ) を次式 ( 1 2 ) で表す。ただし、 c > z とする。また、ギアのバックラッシュを伴う減速シーンで振動抑制効果を高めるために、 c > 1 とする。

【数 1 2】

$$H_z(s) = \left( \frac{s^2 + 2\zeta_z \cdot \omega_z \cdot s + \omega_z^2}{s^2 + 2\zeta_c \cdot \omega_z \cdot s + \omega_z^2} \right) \quad \dots (12)$$

【 0 0 6 1 】

なお、本実施形態では、外乱トルクは、図 5 に示す通り、外乱オブザーバにより推定するが、車両前後 G センサ等の計測器を使って推定してもよい。

50

## 【 0 0 6 2 】

ここで、外乱としては、空気抵抗、乗員数や積載量に起因する車両質量の変動によるモデル化誤差、タイヤの転がり抵抗、路面の勾配抵抗等が考えられるが、停車間際で支配的となる外乱要因は勾配抵抗である。外乱要因は運転条件により異なるが、外乱トルク推定器 4 0 2 および外乱トルク推定器 1 0 0 2 は、モータトルク指令値  $T_m^*$  と、モータ回転速度  $\omega_m$  と、車両モデル  $G_p(s)$  とに基づいて、外乱トルク推定値  $T_d$  を算出するので、上述した外乱要因を一括して推定することができる。これにより、いかなる運転条件においても、減速からの滑らかな停車を実現することができる。

## 【 0 0 6 3 】

図 1 0 に戻って説明を続ける。加算器 1 0 0 3 は、モータ回転速度 F / B トルク設定器 1 0 0 1 によって算出されたモータ回転速度 F / B トルク  $T$  と、外乱トルク推定器 1 0 0 2 によって算出された外乱トルク推定値  $T_d$  とを加算することによって、第 2 のトルク目標値  $T_{m2}^*$  を算出する。

10

## 【 0 0 6 4 】

トルク比較器 1 0 0 4 は、第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  と第 2 のトルク目標値  $T_{m2}^*$  の大きさを比較し、値が大きい方のトルク目標値をモータトルク指令値  $T_m^*$  に設定する。車両の走行中、第 2 のトルク目標値  $T_{m2}^*$  は第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  よりも小さく、車両が減速して停車間際（車速が所定車速以下）になると、第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  よりも大きくなる。従って、トルク比較器 1 0 0 4 は、第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  が第 2 のトルク目標値  $T_{m2}^*$  より大きければ、停車間際以前と判断して、モータトルク指令値  $T_m^*$  を第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  に設定する。また、トルク比較器 1 0 0 4 は、第 2 のトルク目標値  $T_{m2}^*$  が第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  より大きくなると、車両が停車間際と判断して、モータトルク指令値  $T_m^*$  を第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  から第 2 のトルク目標値  $T_{m2}^*$  に切り替える。なお、停車状態を維持するため、第 2 のトルク目標値  $T_{m2}^*$  は、登坂路では正トルク、降坂路では負トルク、平坦路では概ねゼロに収束する。

20

## 【 0 0 6 5 】

図 1 2 は、登坂路において電動車両を停止させる停止制御の制御結果を示す図である。図 1 2 ( a ) は、第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  を算出する際に、トルクテーブル目標値  $T_{m0}^*$  を補正しない（図 4 の外乱トルク推定器 4 0 2 および外乱補正トルク設定器 4 0 3 が無い）構成の比較例の制御結果、図 1 2 ( b ) は、本実施形態における電動車両の制御装置による制御結果であり、上から順に、車輪速度、減速度、モータトルク指令値を表している。

30

## 【 0 0 6 6 】

図 1 2 ( a ) において、時刻  $t_3$  までは、アクセル開度とモータ回転速度に基づいて算出されるトルクテーブル目標値  $T_{m0}^*$  に基づいて減速する。

## 【 0 0 6 7 】

時刻  $t_3$  では、路面の勾配によらず、モータ回転速度  $\omega_m$  が所定回転速度まで低下したことにより停車間際と判断して、モータトルク指令値  $T_m^*$  を第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  から第 2 のトルク目標値  $T_{m2}^*$  に切り替える。これにより、時刻  $t_3 \sim t_5$  では、モータトルク指令値  $T_m^*$  が外乱トルク推定値  $T_d$  と一致するように急に変化する。急なモータトルク指令値  $T_m^*$  の変化により、ドライバは、モータトルク指令値の切り替えのタイミングでのトルク段差や、急なトルク変化によるショックを感じる。すなわち、路面の勾配によらず、同じ回転速度（車速）でモータトルク指令値を切り替えるので、登坂路では、モータトルク指令値の変化が大きくなり、ドライバは急なトルク変化によるショックを感じやすくなる。

40

## 【 0 0 6 8 】

時刻  $t_5$  以後は、車輪速度が 0 となり、停車状態を維持する。

## 【 0 0 6 9 】

図 1 2 ( b ) において、時刻  $t_0$  までは図 8 の高速域であり、図 4 の外乱補正トルク設定器 4 0 3 によって算出される外乱補正トルク  $T_d^*$  は 0 である。従って、時刻  $t_0$  まで

50

は、トルクテーブル目標値設定器 401 から出力されるトルクテーブル目標値  $T_{m0}^*$  に基づいて減速する。

【0070】

時刻  $t_0 \sim t_1$  の区間は、図 8 の中速域である。この区間では、外乱トルク推定値  $T_d$  に基づいて求められた勾配補正トルク  $T_{d5}$  に、モータ回転速度  $\omega_m$  に応じた速度補正ゲイン  $K$  を乗算することにより、外乱補正トルク  $T_{d^*}$  を算出し（図 6 の速度補正トルク設定処理器 606）、トルクテーブル目標値設定器 401 から出力されるトルクテーブル目標値  $T_{m0}^*$  と外乱補正トルク  $T_{d^*}$  とを加算することにより、第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  を算出する。そして、算出した第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  に基づいて減速する。

【0071】

時刻  $t_1$  以降の区間は、図 8 の低速域である。この区間では、図 4 の外乱補正トルク設定器 403 によって算出される外乱補正トルク  $T_{d^*}$  は、外乱トルク推定器 402 によって求められる外乱トルク推定値  $T_d$  と同じであり、トルクテーブル目標値設定器 401 から出力されるトルクテーブル目標値  $T_{m0}^*$  と外乱補正トルク  $T_{d^*}$  とを加算することにより、第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  を算出する。そして、算出した第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  に基づいて減速する。

【0072】

時刻  $t_2$  では、第 2 のトルク目標値  $T_{m2}^*$  が第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  より大きくなり、車両が停車間際と判断して、モータトルク指令値  $T_m^*$  を第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  から第 2 のトルク目標値  $T_{m2}^*$  に切り替える。この切り替えのタイミングは、路面の勾配によって異なる。これにより、時刻  $t_2 \sim t_5$  では、モータトルク指令値  $T_m^*$  が外乱トルク推定値  $T_d$  に収束するように滑らかに変化する。

【0073】

時刻  $t_5$  では、モータトルク指令値  $T_m^*$  は外乱トルク推定値  $T_d$  に漸近的に収束し、モータ回転速度  $\omega_m$  はゼロに漸近的に収束する。これにより、加速度振動の無い滑らかな停車が可能となる。時刻  $t_5$  以降は、停車状態を保持する。

【0074】

すなわち、本実施形態における電動車両の制御装置によれば、外乱トルク推定値に基づいて外乱補正トルク  $T_{d^*}$  を算出するとともに、算出した外乱補正トルク  $T_{d^*}$  も考慮して、車両が停止間際であるか否かの判断を行って、モータトルク指令値  $T_m^*$  を第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  から第 2 のトルク目標値  $T_{m2}^*$  に切り替えるので、登坂路においても平坦路と同等の滑らかな減速および停車を実現することができる。

【0075】

図 13 は、降坂路において電動車両を停止させる停止制御の制御結果を示す図である。図 13 (a) は、第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  を算出する際に、トルクテーブル目標値  $T_{m0}^*$  を補正しない（図 4 の外乱トルク推定器 402 および外乱補正トルク設定器 403 が無い）構成の比較例の制御結果、図 13 (b) は、本実施形態における電動車両の制御装置による制御結果であり、上から順に、車輪速度、減速度、モータトルク指令値を表している。

【0076】

図 13 (a) において、時刻  $t_3$  までは、アクセル開度とモータ回転速度に基づいて算出されるトルクテーブル目標値  $T_{m0}^*$  に基づいて減速する。

【0077】

時刻  $t_3$  では、路面の勾配によらず、モータ回転速度  $\omega_m$  が所定回転速度まで低下することによって停車間際と判断して、モータトルク指令値  $T_m^*$  を第 1 のトルク目標値  $T_{m1}^*$  から第 2 のトルク目標値  $T_{m2}^*$  に切り替える。これにより、時刻  $t_3 \sim t_6$  では、緩やかなトルク変化によって、停車までの時間、停止距離が長くなり、ドライブフィーリングが悪化して、滑らかな停車を損なうことになる。すなわち、路面の勾配によらず、同じ回転速度（車速）でモータトルク指令値を切り替える比較例の構成では、降坂路では、モータトルク指令値  $T_m^*$  が外乱トルク推定値  $T_d$  に収束するまでの時間が長くなり、ドライ

10

20

30

40

50

ブフィーリングが悪化する。

【0078】

時刻  $t_6$  以後は、車輪速度が 0 となり、停車状態を維持する。

【0079】

図 13 (b) において、時刻  $t_0$  までは、図 8 の高速域であり、図 4 の外乱補正トルク設定器 403 によって算出される外乱補正トルク  $Td^*$  は 0 である。従って、時刻  $t_0$  までは、トルクテーブル目標値設定器 401 から出力されるトルクテーブル目標値  $Tm_0^*$  に基づいて減速する。

【0080】

時刻  $t_0 \sim t_1$  の区間は、図 8 の中速域である。この区間では、外乱トルク推定値  $Td$  に基づいて求められた勾配補正トルク  $Td_5$  に、モータ回転速度  $m$  に応じた速度補正ゲイン  $K$  を乗算することにより、外乱補正トルク  $Td^*$  を算出し (図 6 の速度補正トルク設定処理器 606)、トルクテーブル目標値設定器 401 から出力されるトルクテーブル目標値  $Tm_0^*$  と外乱補正トルク  $Td^*$  とを加算することにより、第 1 のトルク目標値  $Tm_1^*$  を算出する。そして、算出した第 1 のトルク目標値  $Tm_1^*$  に基づいて減速する。

10

【0081】

時刻  $t_1$  以降の区間は、図 8 の低速域である。この区間では、図 4 の外乱補正トルク設定器 403 によって算出される外乱補正トルク  $Td^*$  は、外乱トルク推定器 402 によって求められる外乱トルク推定値  $Td$  と同じであり、トルクテーブル目標値設定器 401 から出力されるトルクテーブル目標値  $Tm_0^*$  と外乱補正トルク  $Td^*$  とを加算することにより、第 1 のトルク目標値  $Tm_1^*$  を算出する。そして、算出した第 1 のトルク目標値  $Tm_1^*$  に基づいて減速する。

20

【0082】

時刻  $t_4$  では、第 2 のトルク目標値  $Tm_2^*$  が第 1 のトルク目標値  $Tm_1^*$  より大きくなり、車両が停車間際と判断して、モータトルク指令値  $Tm^*$  を第 1 のトルク目標値  $Tm_1^*$  から第 2 のトルク目標値  $Tm_2^*$  に切り替える。この切り替えのタイミングは、路面の勾配によって異なる。

【0083】

時刻  $t_5$  では、モータトルク指令値  $Tm^*$  は外乱トルク推定値  $Td$  に漸近的に収束し、モータ回転速度  $m$  はゼロに漸近的に収束する。これにより、加速度振動の無い滑らかな停車が可能となる。時刻  $t_5$  以降は、停車状態を保持する。

30

【0084】

すなわち、本実施形態における電動車両の制御装置によれば、外乱トルク推定値に基づいて外乱補正トルク  $Td^*$  を算出するとともに、算出した外乱補正トルク  $Td^*$  も考慮して、車両が停止間際であるか否かの判断を行う (モータトルク指令値  $Tm^*$  を第 1 のトルク目標値  $Tm_1^*$  から第 2 のトルク目標値  $Tm_2^*$  に切り替えるタイミングを決定する) ので、降坂路においても平坦路と同等の滑らかな減速および停車を実現することができる。

【0085】

ここで、上述した説明では、モータ回転速度  $F/B$  トルク  $T$  と外乱トルク推定値  $Td$  とを加算することによって、第 2 のトルク目標値  $Tm_2^*$  を算出したが、モータ回転速度  $F/B$  トルク  $T$  を第 2 のトルク目標値  $Tm_2^*$  として設定してもよい。図 14 は、モータ回転速度  $F/B$  トルク  $T$  を第 2 のトルク目標値  $Tm_2^*$  として設定する場合において、停止制御処理を実現するためのブロック図である。図 14 において、図 10 に示す構成要素と同一の構成要素については、同一の符号を付している。この場合、第 1 のトルク目標値  $Tm_1^*$  の算出時に、外乱トルク推定値  $Td$  はゼロとして演算する (図 4)。

40

【0086】

モータ回転速度  $F/B$  トルク  $T$  を第 2 のトルク目標値  $Tm_2^*$  として設定した場合も、第 2 のトルク目標値  $Tm_2^*$  が第 1 のトルク目標値  $Tm_1^*$  より大きくなって停車間際と判断されることにより、モータトルク指令値  $Tm^*$  が第 1 のトルク目標値  $Tm_1^*$  から第 2 のトルク目標値  $Tm_2^*$  に切り替わる。このとき、第 2 のトルク目標値  $Tm_2^*$  は、モータ

50

回転速度  $F/B$  トルク  $T$  と同一値であるため、モータ回転速度  $m$  の低下に応じて、モータトルク指令値  $Tm^*$  はゼロに収束する。

【0087】

以上より、一実施の形態における電動車両の制御装置は、電動モータ4を走行駆動源とし、電動モータ4の回生制動力により減速する電動車両の制御装置であって、車両情報に基づいて、第1のトルク目標値  $Tm1^*$  を算出するとともに、モータ回転速度  $m$  の低下とともにゼロに収束する第2のトルク目標値  $Tm2^*$  を算出する。そして、車両が停車間際以前であると判定すると、第1のトルク目標値  $Tm1^*$  をモータトルク指令値  $Tm^*$  に設定し、車両が停車間際であると判定すると、第2のトルク目標値  $Tm2^*$  をモータトルク指令値  $Tm^*$  に設定し、設定したモータトルク指令値  $Tm^*$  に基づいて、電動モータ4を制御する。すなわち、車両情報に基づいた第1のトルク目標値  $Tm1^*$  に基づいて減速した後、停車間際になって、モータトルク指令値  $Tm^*$  を第1のトルク目標値  $Tm1^*$  から第2のトルク目標値  $Tm2^*$  に切り替えるので、減速からの滑らかな停車を実現することができる。これにより、平坦路において、前後方向における加速度振動のない滑らかな減速および停車を実現することができる。また、フットブレーキなどの機械的制動手段によるブレーキ制動力を使わなくても車両を停車状態まで減速させることができるので、停車間際においても電動モータ4を回生運転させることができ、電費を向上させることができる。さらに、アクセル操作のみで車両の加減速および停車を実現することができるので、アクセルペダルとブレーキペダルの踏み替え操作が必要なく、ドライバの負担を軽減することができる。

【0088】

ドライバがブレーキペダルを用いて車両を停車させる場合、運転に慣れていないドライバはアクセルペダルを強く踏みすぎて、停車時に車両の前後方向に加速度振動が発生する。また、アクセル操作のみで車両の加減速および停車を実現する車両において、一定の減速度で減速および停車を実現しようとする、減速時に十分な減速を実現するためには減速度を大きくする必要があるので、停車時に車両の前後方向に加速度振動が発生する。しかしながら、一実施の形態における電動車両の制御装置によれば、どのようなドライバであっても、上述したように、アクセル操作のみで滑らかな減速および停車を実現することができる。

【0089】

また、一実施の形態における電動車両の制御装置によれば、第1のトルク目標値  $Tm1^*$  が第2のトルク目標値  $Tm2^*$  より大きければ停車間際以前であると判定し、第2のトルク目標値  $Tm2^*$  が第1のトルク目標値  $Tm1^*$  より大きければ停車間際であると判定するので、停車間際において、トルク段差を発生させることなく、モータトルク指令値  $Tm^*$  を第1のトルク目標値  $Tm1^*$  から第2のトルク目標値  $Tm2^*$  に切り替えることができる。また、第1のトルク目標値  $Tm1^*$  と第2のトルク目標値  $Tm2^*$  のうちの大きい方の値をモータトルク指令値  $Tm^*$  に設定するので、いかなる勾配においても、トルク目標値の切り替えタイミングにおいてトルク段差が発生することがなく、滑らかな減速を実現することができる。

【0090】

特に、一実施の形態における電動車両の制御装置によれば、外乱トルク推定値  $Td$  を求め、モータ回転速度  $m$  の低下とともに外乱トルク推定値  $Td$  に収束するトルク目標値を第2のトルク目標値  $Tm2^*$  として算出するので、登坂路、平坦路、降坂路によらず、前後方向における加速度振動のない滑らかな減速を停車間際で実現することができ、かつ、停車状態を保持することができる。

【0091】

外乱トルクの推定値  $Td$  は、登坂路では正の値、降坂路では負の値として推定するので、坂路においても滑らかに停車し、フットブレーキを必要とせずに停車状態を保持することができる。また、平坦路では外乱トルクの推定値  $Td$  をゼロとして推定するので、平坦路において、滑らかに停車し、フットブレーキを必要とせずに停車状態を保持することが

10

20

30

40

50

できる。

【0092】

また、車両情報に基づいてトルクテーブル目標値 $T_{m0}^*$ を算出し、算出したトルクテーブル目標値 $T_{m0}^*$ を外乱トルク推定値 $T_d$ に基づいて補正することにより、第1のトルク目標値 $T_{m1}^*$ を算出するので、停車間際と判定するまでの減速度を外乱トルク推定値 $T_d$ に基づいて調整することができる。これにより、停車間際以前のモータトルク指令値 $T_m^*$ から、停車時にモータトルク指令値 $T_m^*$ が収束する外乱トルク推定値 $T_d$ までのトルク変化量を抑えることができ、トルク変化によるショックを抑えて、ドライブフィーリングを向上させることができる。

【0093】

特に、外乱トルク推定値 $T_d$ に所定のゲイン( $K_{up}$ 、 $K_{down}$ )を乗算することによって外乱補正トルク $T_d^*$ を算出し、トルクテーブル目標値 $T_{m0}^*$ と外乱補正トルク $T_d^*$ とを加算することによって、第1のトルク目標値 $T_{m1}^*$ を算出するので、外乱に応じてリニアにトルクテーブル目標値 $T_{m0}^*$ を補正して、第1のトルク目標値 $T_{m1}^*$ を算出することができる。

【0094】

さらに、外乱トルク推定値 $T_d$ に所定のゲイン( $K_{up}$ 、 $K_{down}$ )を乗算した後、モータ回転速度 $m$ に応じた速度補正ゲイン $K$ を乗算することにより、外乱補正トルク $T_d^*$ を算出し、速度補正ゲイン $K$ は、モータ回転速度 $m$ が第1の所定回転速度 $m_1$ より小さければ1、モータ回転速度 $m$ が第1の所定回転速度 $m_1$ より大きい第2の所定回転速度 $m_2$ より大きければ0、モータ回転速度 $m$ が第1の所定回転速度 $m_1$ 以上であって、かつ、第2の所定回転速度 $m_2$ 以下の場合には、0以上1以下であって、かつ、モータ回転速度 $m$ が大きくなるほど0に近い値である。高速域の外乱トルクは、空気抵抗が支配的であり、モータ回転速度 $m$ が大きくなるほど外乱補正トルク $T_d^*$ を小さくすることで、高速域の加速・減速感をドライブフィーリングと一致させることができる。

【0095】

本発明は、上述した一実施の形態に限定されることはない。例えば、上述した説明では、第2のトルク目標値 $T_{m2}^*$ を、モータ回転速度 $m$ の低下とともに外乱トルク推定値 $T_d$ に収束するトルク目標値として説明した。しかし、車輪速や車体速度、ドライブシャフトの回転速度などの速度パラメータは、電動モータ4の回転速度と比例関係にあるため、電動モータ4の回転速度に比例する速度パラメータの低下とともに第2のトルク目標値 $T_{m2}^*$ を外乱トルク推定値 $T_d$ (またはゼロ)に収束させるようにしてもよい。

【0096】

以上、本発明の実施の形態について説明したが、上記実施の形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。

【0097】

本願は、2014年1月10日に日本国特許庁に出願された特願2014-003179に基づく優先権を主張し、この出願の全ての内容は参照により本明細書に組み込まれる。

10

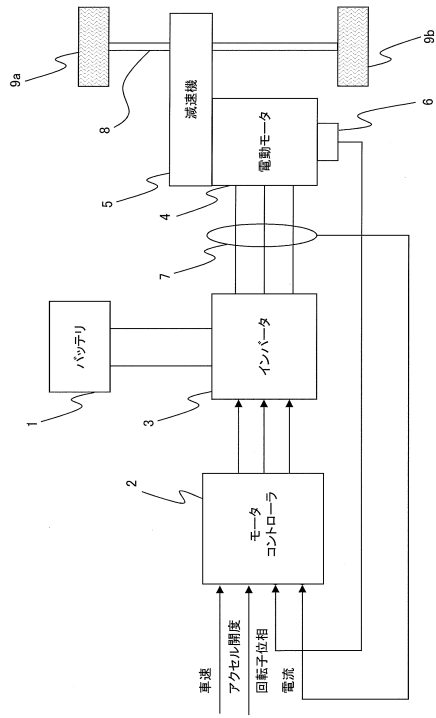
20

30

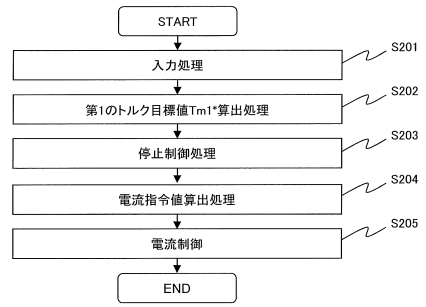
40



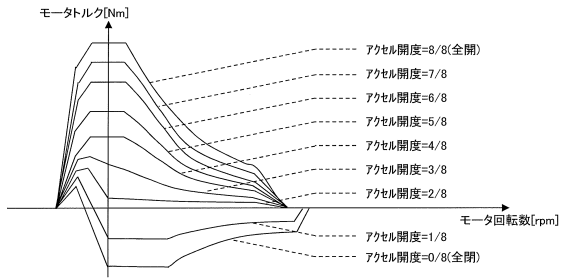
【図1】



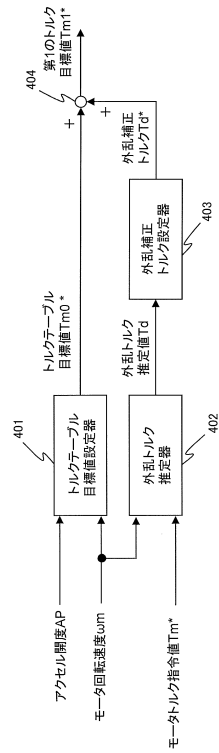
【図2】



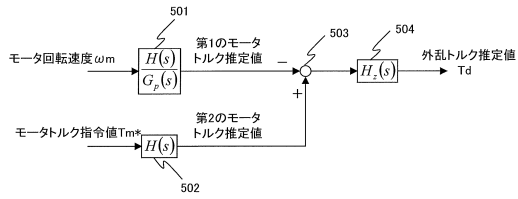
【図3】



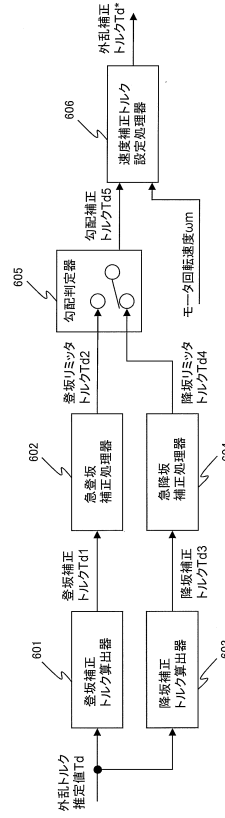
【図4】



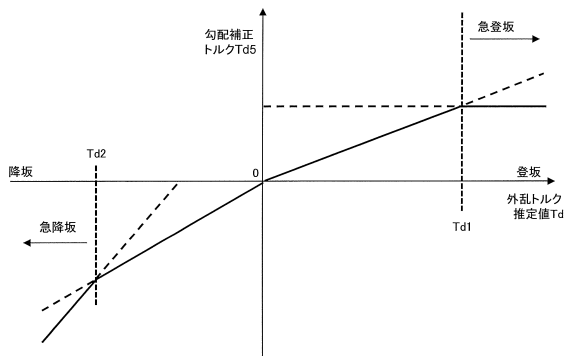
【図5】



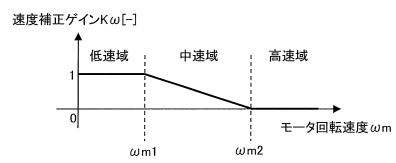
【図6】



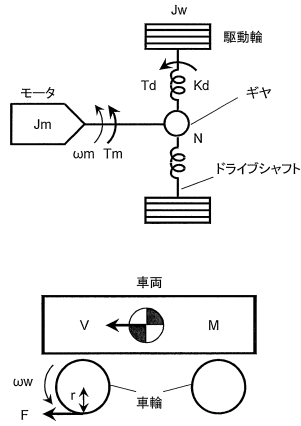
【図7】



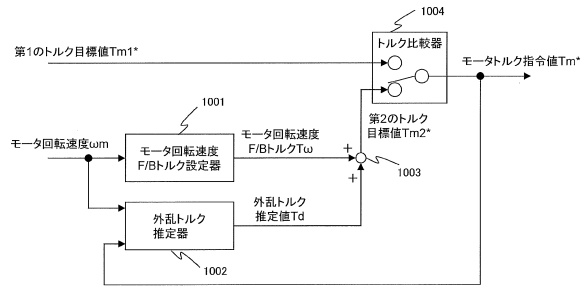
【図8】



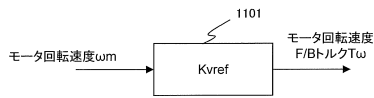
【図 9】



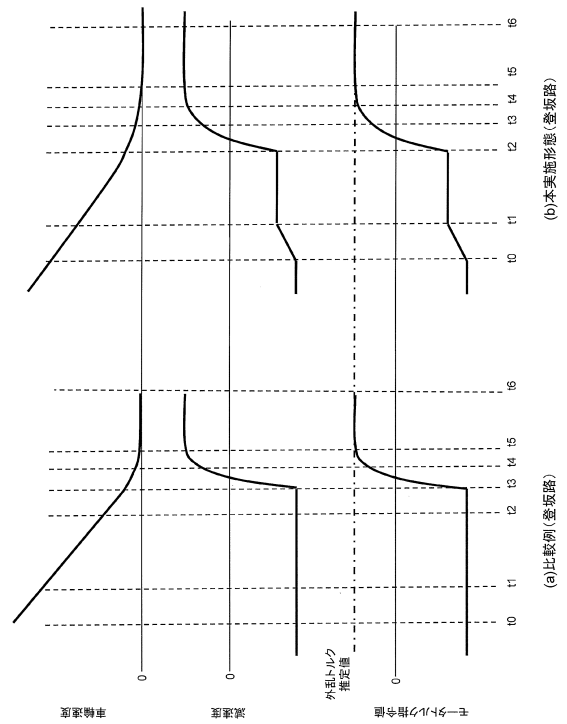
【図 10】



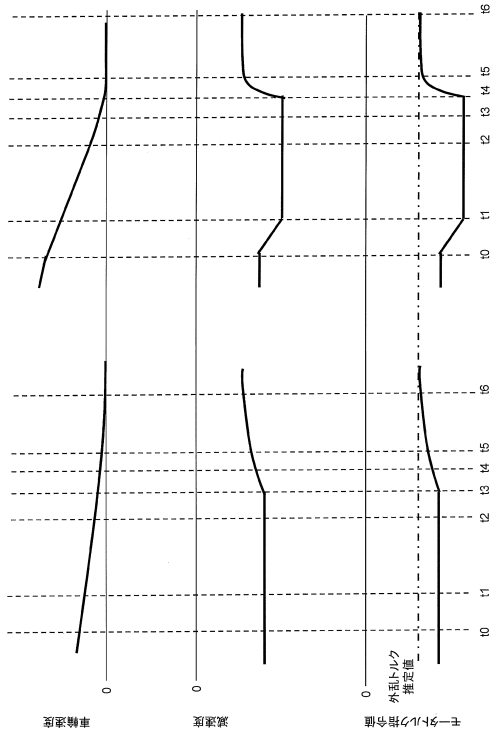
【図 11】



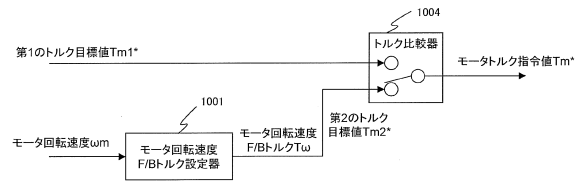
【図 12】



【図13】



【図14】



## フロントページの続き

- (72)発明者 澤田 彰  
神奈川県厚木市森の里青山1 - 1 日産自動車株式会社 知的財産部内
- (72)発明者 伊藤 健  
神奈川県厚木市森の里青山1 - 1 日産自動車株式会社 知的財産部内
- (72)発明者 中島 孝  
神奈川県厚木市森の里青山1 - 1 日産自動車株式会社 知的財産部内
- (72)発明者 勝又 雄史  
神奈川県厚木市森の里青山1 - 1 日産自動車株式会社 知的財産部内
- (72)発明者 小松 弘征  
神奈川県厚木市森の里青山1 - 1 日産自動車株式会社 知的財産部内

審査官 武市 匡紘

- (56)参考文献 特開2013 - 158178 (JP, A)  
特開2007 - 143350 (JP, A)  
特開2011 - 259645 (JP, A)  
特開2005 - 269793 (JP, A)  
特開2013 - 187959 (JP, A)  
特開2008 - 92683 (JP, A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 1/00 - 3/12  
B60L 7/00 - 13/00  
B60L 15/00 - 15/42