

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6246496号
(P6246496)

(45) 発行日 平成29年12月13日(2017.12.13)

(24) 登録日 平成29年11月24日(2017.11.24)

(51) Int.Cl.

F I

B 6 0 L 9/18 (2006.01)

B 6 0 L 9/18 J

H 0 2 P 27/06 (2006.01)

H 0 2 P 27/06

請求項の数 4 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2013-105987 (P2013-105987)	(73) 特許権者	000102692
(22) 出願日	平成25年5月20日 (2013. 5. 20)		N T N株式会社
(65) 公開番号	特開2014-230322 (P2014-230322A)		大阪府大阪市西区京町堀 1 丁目 3 番 1 7 号
(43) 公開日	平成26年12月8日 (2014. 12. 8)	(74) 代理人	100086793
審査請求日	平成28年4月26日 (2016. 4. 26)		弁理士 野田 雅士
		(74) 代理人	100087941
			弁理士 杉本 修司
		(72) 発明者	李 国棟
			静岡県磐田市東貝塚 1 5 7 8 番地 N T N
			株式会社内
		審査官	相羽 昌孝

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気自動車の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両全般を制御する電気制御ユニットである E C U と、直流電力を走行用のモータの駆動に用いる交流電力に変換するインバータを含むパワー回路部、および前記 E C U の制御に従って前記パワー回路部を制御するモータコントロール部を有するインバータ装置とを備えた電気自動車の制御装置において、

前記モータコントロール部は、

前記 E C U からのトルク指令に対してインバータ内で生成された指令電流値と、前記モータの実測電流値との偏差を無くす P I フィードバック制御を行う電流 P I 制御部と、

この電流 P I 制御部で P I フィードバック制御するとき用いる P I 制御ゲインを、前記モータの実測電流値と指令電流値の偏差の絶対値と、車速との関係から定められる走行状態に応じて設定した力行制御用および回生制御用の P I 制御ゲイン制御用テーブルと、

この P I 制御ゲイン制御用テーブルに従い前記走行状態に応じた P I 制御ゲインを用いるように前記電流 P I 制御部の P I 制御ゲインを調整する制御ゲイン調整部と、を有し、

前記力行制御用および回生制御用の各 P I 制御ゲイン制御用テーブルは、車速について定められた間隔毎に設けられることを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電気自動車の制御装置において、前記 P I 制御ゲイン調整用テーブルは、前記モータの実測電流値と指令電流値の偏差の絶対値が小さいほど、前記 P I 制御ゲインにおける積分ゲインを減少させると同時に比例ゲインを減少させ、前記偏差の絶対値

10

20

が大きいほど、前記積分ゲインを増加させると同時に比例ゲインを増加させる電気自動車の制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の電気自動車の制御装置において、前記制御ゲイン調整部により、比例ゲインまたは積分ゲインを操作するゲイン操作量にそれぞれ制限値を設け、前記ゲイン調整部は、前記制限値を超える場合には、前記制限値を上限値として使用する電気自動車の制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の電気自動車の制御装置において、力行制御時前記モータに流れる電流値、または、回生制御時前記モータに流れる電流からなる指令電流値につき、それぞれ制限値を設けた電気自動車の制御装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、例えば、インホイールモータ駆動装置を備えた 4 輪の電気自動車の制御装置に関し、特に、モータ制御ゲインを自動調整することによって、トルク制御のオーバーシュートの抑制とモータ応答性の向上を図ると共に、車輪用軸受とモータとの間にあるサイクロイド減速機の振動の低減を図る技術に関する。

【背景技術】

【0002】

20

例えば、従来技術 1 として、駆動輪となる左右の車輪がそれぞれ独立の走行用のモータによる駆動される電気自動車が提案されている（特許文献 1）。前記モータの回転は、減速機および車輪用軸受を介して車輪に伝達される。これらモータ、減速機、および車輪用軸受は、互いに一つの組立部品であるインホイールモータ駆動装置を構成している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2012 - 178919 号公報

【特許文献 2】特開 2004 - 116467 号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

加速時：力行制御

減速時：回生制御

従来技術 1（電気自動車）

従来技術 1 では、車両起動時、または加速時（力行制御時）、トルク制御によって、モータを駆動させている。このモータのトルク制御に使用する P I 制御ゲイン（P：Proportional, I：Integral）は定数であるため、P I 制御ゲインを大きく設定すると指令トルクをオーバーしてしまう現象が発生する。この現象をオーバーシュートと呼ぶ。オーバーシュートには、車輪用軸受とモータとの間にあるサイクロイド減速機の振動が生じやすくなる。それにより、乗員の乗り心地が悪化する。また、モータを制御するインバータ装置において、大きな電流がパワー回路部のドライバに流れ込む可能性があるため、インバータ装置に異常が発生しやすくなる。同様に、車両減速時（回生制御時）にもその問題が存在している。

40

【0005】

オーバーシュート現象を避けるために、P I 制御ゲインを低く設定する手段や、E C U からの指令トルクに対し、ローパスフィルターを設けることにより、指令トルクを緩和する手段等がある。そのため、モータの応答性が低下する問題が生じる。

【0006】

従来技術 2（エンジン車）

50

従来技術 2 として、エンジン用バリアブル・ノズル・タービン (V N T) のフィードバック制御システムにおいて、フィードバック制御用 P I D ゲイン自動調整方法が提案されている (特許文献 2) 。この方法は、目標値に対する実値のオーバーシュート値が所定値を超えた場合に、偏差から求められるフィードバック P I D ゲインの演算から小さい値に変更する方法である。この方法は、オーバーシュートをより適切に抑えることができるが、オーバーシュートを避けることができない。

【 0 0 0 7 】

この発明の目的は、電気自動車につき、モータの力行制御時、回生制御時において、モータの応答性の向上を図り、且つ、乗員の乗り心地の改善に繋がる電気自動車の制御装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

この発明の電気自動車の制御装置は、車両全般を制御する電気制御ユニットである E C U 2 1 と、直流電力を走行用のモータ 6 の駆動に用いる交流電力に変換するインバータ 3 1 を含むパワー回路部 2 8 、および前記 E C U 2 1 の制御に従って前記パワー回路部 2 8 を制御するモータコントロール部 2 9 を有するインバータ装置 2 2 とを備えた電気自動車の制御装置において、

前記モータコントロール部 2 9 は、

前記 E C U 2 1 からのトルク指令に対してインバータ内で生成された指令電流値と、前記モータ 6 の実測電流値との偏差を無くす P I フィードバック制御を行う電流 P I 制御部 4 1 と、

この電流 P I 制御部 4 1 で P I フィードバック制御するとき用いる P I 制御ゲインを、前記モータ 6 の実測電流値と指令電流値の偏差の絶対値と、車速との関係から定められる走行状態に応じて設定した力行制御用および回生制御用の P I 制御ゲイン制御用テーブル 3 5 と、

この P I 制御ゲイン制御用テーブル 3 5 に従い前記走行状態に応じた P I 制御ゲインを用いるように前記電流 P I 制御部 4 1 の P I 制御ゲインを調整する制御ゲイン調整部 3 4 とを有し、前記力行制御用および回生制御用の各 P I 制御ゲイン制御用テーブル 3 5 は、車速について定められた間隔毎に設けられることを特徴とする。

前記「走行状態」とは、例えば、走行用のモータ 6 の実測電流値と指令電流値の偏差の絶対値と、車速との関係から定められる状態を言う。

【 0 0 0 9 】

この構成によると、モータコントロール部 2 9 は、例えば、モータ力行および回生制御時、E C U 2 1 から与えられるトルク指令等による加速・減速指令に基づき、パワー回路部 2 8 を制御し、モータ 6 の出力をトルク制御により実施する。つまりモータコントロール部 2 9 における電流 P I 制御部 4 1 が、E C U 2 1 からのトルク指令に対してインバータ内で生成された指令電流値の偏差を無くす P I フィードバック制御を行う。この P I フィードバック制御時に用いる P I 制御ゲイン制御用テーブル 3 5 を、力行制御用および回生制御用にそれぞれ設けることによって、例えば、バッテリー 1 9 の性能や劣化状態の差別、またはモータ 6 とインバータ装置 2 2 の損失の差別等に起因する外乱からの影響を受け難く、また力行制御、回生制御にかかわらずより正確にモータ 6 を制御することができる。したがって、モータ 6 の応答性の向上を図ることができる。

【 0 0 1 0 】

制御ゲイン調整部 3 4 は、P I 制御ゲイン制御用テーブル 3 5 に従い走行状態に応じた P I 制御ゲインを用いるように電流 P I 制御部 4 1 の P I 制御ゲインを調整する。時々刻々と変化する走行状態に応じて P I 制御ゲインを最適に調整することで、オーバーシュート現象を避け、例えば減速機等の振動を抑制し得る。それにより、乗員の乗り心地の改善を図ることができる。

【 0 0 1 1 】

前記力行制御用および回生制御用の各 P I 制御ゲイン制御用テーブル 3 5 は、車速につ

10

20

30

40

50

いて定められた間隔毎に設けられる。

前記 P I 制御ゲイン調整用テーブル 35 は、前記モータ 6 の実測電流値と指令電流値の偏差の絶対値が小さいほど、前記 P I 制御ゲインにおける積分ゲインを減少させると同時に比例ゲインを減少させ、前記偏差の絶対値が大きいほど、前記積分ゲインを増加させると同時に比例ゲインを増加させるものとしても良い。

【0012】

P I 制御ゲイン調整用テーブル 35 を、実車試験等による結果に基づき前記のように設定する。前記偏差の絶対値が小さいほど、積分ゲインおよび比例ゲインを減少させることにより、電流制御のオーバーシュートを抑制することができる。逆に、前記偏差の絶対値が大きいほど、積分ゲインおよび比例ゲインを増加させることにより、モータ 6 の応答性を速くすることができる。このように、電流制御のオーバーシュートの抑制とモータ 6 の応答性の向上を両立することができる。

10

【0013】

前記制御ゲイン調整部 34 により、比例ゲインまたは積分ゲインを操作するゲイン操作量にそれぞれ制限値を設け、前記ゲイン調整部 34 は、前記制限値を超える場合には、前記制限値を上限値として使用するものとしても良い。この場合、例えば、パワー回路部 28 の PWM ドライバ 32 に過度に大きな電流が流れ込むことを防止し、インバータ装置 22 の異常を未然に防止することができる。

【0014】

力行制御時前記モータ 6 に流れる電流値、または、回生制御時前記モータ 6 に流れる電流からなる指令電流値につき、それぞれ制限値を設けても良い。この場合、例えば、モータ 6 の温度上昇や外乱の影響を低減することができる。したがって、モータ 6 の温度上昇等に起因するモータ 6 の異常を未然に防止することができる。

20

【0015】

前記モータ 6 は、一部または全体が車輪内に配置されて前記モータ 6 と車輪用軸受 4 と減速機 7 とを含むインホイールモータ駆動装置 8 を構成するものとしても良い。

【発明の効果】

【0016】

この発明の電気自動車の制御装置は、車両全般を制御する電気制御ユニットである ECU と、直流電力を走行用のモータの駆動に用いる交流電力に変換するインバータを含むパワー回路部、および前記 ECU の制御に従って前記パワー回路部を制御するモータコントロール部を有するインバータ装置とを備えた電気自動車の制御装置において、前記モータコントロール部は、前記 ECU からのトルク指令に対してインバータ内で生成された指令電流値と、前記モータの実測電流値との偏差を無くす P I フィードバック制御を行う電流 P I 制御部と、この電流 P I 制御部で P I フィードバック制御するとき用いる P I 制御ゲインを、前記モータの実測電流値と指令電流値の偏差の絶対値と、車速との関係から定められる走行状態に応じて設定した力行制御用および回生制御用の P I 制御ゲイン制御用テーブルと、この P I 制御ゲイン制御用テーブルに従い前記走行状態に応じた P I 制御ゲインを用いるように前記電流 P I 制御部の P I 制御ゲインを調整する制御ゲイン調整部とを有し、

30

40

前記力行制御用および回生制御用の各 P I 制御ゲイン制御用テーブルは、車速について定められた間隔毎に設けられるため、電気自動車につき、モータの力行制御時、回生制御時において、モータの応答性の向上を図り、且つ、乗員の乗り心地の改善に繋がる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図 1】この発明の第 1 の実施形態に係る電気自動車を平面図で示す概念構成のブロック図である。

【図 2】同電気自動車のインバータ装置等の概念構成のブロック図である。

50

【図 3】同インバータ装置におけるモータコントロール部に制御ゲイン調整部を加えたトルク制御系のブロック図である。

【図 4】図 3 に示す電流制御部の詳細ブロック図である。

【図 5】同電気自動車の制御装置における P I 制御ゲイン調整用テーブルを示す図である。

【図 6】同電気自動車におけるモータの N - T 線図である。

【図 7】力行制御時のオーバーシュート改善前後の例を示す図である。

【図 8】回生制御時のオーバーシュート改善前後の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 8 】

10

この発明の第 1 の実施形態に係る電気自動車の制御装置を図 1 ないし図 8 と共に説明する。なお以下の説明は電気自動車の制御方法についての説明をも含む。図 1 は、この実施形態に係る電気自動車を平面図で示す概念構成のブロック図である。同図 1 に示すように、この電気自動車は、車体 1 の左右の後輪となる車輪 2 が駆動輪とされ、左右の前輪となる車輪 3 が従動輪の操舵輪とされた 4 輪の自動車である。駆動輪および従動輪となる車輪 2 , 3 は、いずれもタイヤを有し、それぞれ車輪用軸受 4 , 5 を介して車体 1 に支持されている。

【 0 0 1 9 】

車輪用軸受 4 , 5 は、図 1 にてハブベアリングの略称「 H / B 」を付してある。駆動輪となる左右の車輪 2 , 2 は、それぞれ独立の走行用のモータ 6 , 6 により駆動される。モータ 6 の回転は、減速機 7 および車輪用軸受 4 を介して車輪 2 に伝達される。これらモータ 6、減速機 7、および車輪用軸受 4 は、互いに一つの組立部品であるインホイールモータ駆動装置 8 を構成しており、インホイールモータ駆動装置 8 は、一部または全体が車輪 2 内に配置される。減速機 7 は例えばサイクロイド減速機からなる。各車輪 2 , 3 には、電動式のブレーキ 9 , 1 0 が設けられている。また左右の前輪となる操舵輪である車輪 3 , 3 は、転舵機構 1 1 を介して転舵可能であり、操舵手段 1 2 により操舵される。

20

【 0 0 2 0 】

図 2 は、同電気自動車のインバータ装置等の概念構成のブロック図である。

同図 2 に示すように、この電気自動車は、自動車全般の制御を行う電気制御ユニットである E C U 2 1 と、この E C U 2 1 の指令に従って走行用のモータ 6 の制御を行うインバータ装置 2 2 とを有する。E C U 2 1 は、コンピュータとこれに実行されるプログラム、並びに各種の電子回路等で構成される。E C U 2 1 は、トルク配分手段 2 1 a と、力行・回生制御指令部 2 1 b とを有する。

30

【 0 0 2 1 】

トルク配分手段 2 1 a は、アクセル操作手段 1 6 の出力する加速指令と、ブレーキ操作手段 1 7 の出力する減速指令と、操舵手段 1 2 からの旋回指令とから、左右輪の走行用のモータ 6 , 6 に与える加速・減速指令をトルク指令値として生成し、インバータ装置 2 2 へ出力する。トルク配分手段 2 1 a は、ブレーキ操作手段 1 7 の出力する減速指令があったときに、モータ 6 を回生ブレーキとして機能させる制動トルク指令値と、前記電動式のブレーキ 9 , 1 0 を動作させる制動トルク指令値とに配分する機能を持つ。回生ブレーキとして機能させる制動トルク指令値は、前記左右輪のモータ 6 , 6 に与える加速・減速指令をトルク指令値に反映させる。ブレーキ 9 , 1 0 を動作させる制動トルク指令値は、ブレーキコントローラ 2 3 へ出力する。

40

力行・回生制御指令部 2 1 b は、加速（力行）・減速（回生）の切換えを行うための指令フラグを、後述するモータコントロール部 2 9 のモータ力行・回生制御部 3 3 に与える。

【 0 0 2 2 】

インバータ装置 2 2 は、各モータ 6 に対して設けられたパワー回路部 2 8 と、このパワー回路部 2 8 を制御するモータコントロール部 2 9 とを有する。パワー回路部 2 8 は、バッテリー 1 9 の直流電力をモータ 6 の力行および回生に用いる 3 相の交流電力に変換するイ

50

ンバータ 3 1 と、このインバータ 3 1 を制御する P W M ドライバ 3 2 とを有する。モータ 6 は、3 相の同期モータ等からなる。このモータ 6 には、同モータのロータの電気角としての回転角度を検出する回転角度センサ 3 6 が設けられている。インバータ 3 1 は、複数の半導体スイッチング素子で構成され、P W M ドライバ 3 2 は、入力された電流指令をパルス幅変調し、前記各半導体スイッチング素子にオンオフ指令を与える。

【 0 0 2 3 】

モータコントロール部 2 9 は、コンピュータとこれに実行されるプログラム、および電子回路により構成され、その基本となる制御部としてモータ力行・回生制御部 3 3 と、制御ゲイン調整部 3 4 と、P I 制御ゲイン制御用テーブル 3 5 とを有する。モータ力行・回生制御部 3 3 は、上位制御手段である E C U 2 1 から与えられるトルク指令等による加速（力行）・減速（回生）指令に従い、電流指令に変換して、パワー回路部 2 8 の P W M ドライバ 3 2 に電流指令を与える手段である。力行・回生つまり指令電流の方向の切替は、E C U 2 1 の力行・回生制御指令部 2 1 b からの指令フラグにより行う。モータ力行・回生制御部 3 3 は、力行制御手段 3 3 a と、回生制御手段 3 3 b とを有し、力行・回生制御指令部 2 1 b からの指令フラグにより力行制御手段 3 3 a および回生制御手段 3 3 b のいずれか一方が選択的に用いられる。

10

【 0 0 2 4 】

モータ力行・回生制御部 3 3 は、前記指令フラグで指令された指令電流の方向に従って、インバータ内部に予め設定したトルクテーブルを用い、相応の指令電流値を生成する。このとき後述する電流 P I 制御部 4 1（図 4）は、E C U 2 1 からのトルク指令に対してインバータ内で生成された指令電流値の偏差を無くす P I フィードバック制御を行う。

20

またモータ力行・回生制御部 3 3 は、モータ 6 のロータの回転角を回転角度センサ 3 6 から得て、ベクトル制御等の回転角に応じた制御を行う。

【 0 0 2 5 】

制御ゲイン調整部 3 4 は、後述する P I 制御ゲイン制御用テーブル 3 5 に従い走行状態に応じた P I 制御ゲインを用いるように電流 P I 制御部 4 1（図 4）の P I 制御ゲインを調整する。車体 1 の左右の車輪 2, 2 を駆動するモータ 6 は、力行時および回生時において、トルク発生方向が異なる。つまり力行時において、モータ 6 の出力軸の方向から見ると、左側のモータ 6 は C W 方向のトルクが発生し、右側のモータ 6 は C C W 方向のトルクが発生する。前記モータ 6 の左側、右側は車両後ろから見る方向で決定される。以下同じ。

30

【 0 0 2 6 】

左、右側のモータ 6 でそれぞれ発生したトルクは、サイクロイド減速機 7 および車輪用軸受 4 を介して、トルク方向を反転し、タイヤに伝達される。また左右タイヤのモータ 6 における回生時のトルク発生方向は、力行時のトルク発生方向と異なっている。力行制御と回生制御を実施するには、P I 制御ゲインを自動調整することで、モータ 6 の応答性の向上を図り、且つ、乗員の乗り心地の改善に繋がる。

なお E C U 2 1、インバータ装置 2 2、ブレーキコントローラ 2 3、操舵手段 1 2 と 4 者間の信号転走は、コントローラ・エリア・ネットワーク（C A N）通信で行われている。

40

【 0 0 2 7 】

図 3 は、インバータ装置 2 2 におけるモータコントロール部 2 9 に制御ゲイン調整部 3 4 を加えたトルク制御系のブロック図である。図 4 は、図 3 に示す電流制御部 4 6 の詳細ブロック図である。図 3 および図 4 を参照しつつ説明する。

図 3 のモータコントロール部 2 9 は、モータ駆動電流を制御する手段であって、図 4 に示す電流指令部 4 0 を含む。この電流指令部 4 0 は、モータ 6 に印加する駆動電流を回転角度センサ 3 6 で検出した検出値と、図 3 に示す E C U 2 1 のトルク配分手段 2 1 a で生成した加速・減速指令によるトルク指令値とから、インバータ装置 2 2 のインバータ内部に予め設定したトルクテーブルを用い、相応の指令電流を生成する。

【 0 0 2 8 】

50

前記トルクテーブルに関しては、アクセル信号とモータ6の回転数とに応じて、最大トルク制御テーブルから、対応なトルク指令値を算出する。図4に示すように、電流指令部40は、算出された前記トルク指令値に基づき、モータ6の1次電流(I_a)と電流位相角(β)の指令値を生成する。電流指令部40は、これら1次電流(I_a)と電流位相角(β)の値に基づき、d軸電流(界磁成分) O_I_d と、q軸電流(トルク成分) O_I_q の二つの指令電流を生成する。

【0029】

電流PI制御部41は、電流指令部40から出力されたd軸電流 O_I_d 、q軸電流 O_I_q の値と、モータ電流および回転子角度から3相・2相変換部42で計算された2相電流 I_d 、 I_q とから、PI制御による電圧値による制御量 V_d 、 V_q を算出する。3相・2相変換部42では、電流センサ43で検出されるモータ6のu相電流(I_u)とw相電流(I_w)の検出値から、次式 $I_v = -(I_u + I_w)$ で求められるv相電流(I_v)を算出し、 I_u 、 I_v 、 I_w の3相電流から I_d 、 I_q の2相電流に変換する。この変換に使われるモータ6の回転子角度は、回転角度センサ36から取得する。

【0030】

PI制御ゲイン調整用テーブル35(図2)は、力行制御用および回生制御用の2種類のPI制御ゲイン調整用テーブル35を含む。これら力行制御用および回生制御用のPI制御ゲイン調整用テーブル35には、それぞれ電流PI制御部41でPIフィードバック制御するとき用いるPI制御ゲインが、走行状態に応じて設定されている。

図3に示すように、制御ゲイン調整部34は、力行制御と回生制御の実施時における、PI制御ゲインを実測電流値 A_CURR と前記トルクテーブルで生成された指令電流値 O_CURR 間の差電流値($E_CURR = O_CURR - A_CURR$)に基づき調整することで、応答性の向上を実現している。

【0031】

P制御だけでは、通常、目標値との定常偏差であるオフセットが生じる。このため、P制御のオフセットを無くすため、I制御を加え、実測値と目標値の偏差を無くすまでモータ6を制御する。

操作量： $PI = P + I$

モータ電流の偏差： $E_CURR = O_CURR - A_CURR$

(O_CURR :モータの指令電流値, A_CURR :モータの実測電流値)

P操作量： $P = K_p \times E_CURR$

I操作量： $I = I + K_i \times E_CURR$ (以上の電流は、モータ相電流の実効値である。)

【0032】

PI制御ゲインの自動調整規則:

1. モータの実測電流値と指令電流値の偏差の絶対値 $|E_CURR|$ が小さいほど、積分ゲイン K_i および比例ゲイン K_p を減少させる。それにより電流制御のオーバーシュートを抑制することができる。

2. 逆に、モータ6の実測電流値と指令電流値の偏差の絶対値 $|E_CURR|$ が大きいほど、積分ゲイン K_i および比例ゲイン K_p を増加させる。それによりモータ6の応答性が速くなる。

【0033】

本自動調整規則に従って、PI制御ゲイン調整用テーブル35を作成する。本PI制御ゲイン調整用テーブル35は、例えば、インバータ装置22に設けられた記録手段であるROMに記録される。モータコントロール部29は、PI制御ゲイン調整用テーブル35からPI制御ゲインの値を取り込み、モータ6を制御する。

前記力行制御用および回生制御用の各PI制御ゲイン制御用テーブル35は、車速について定められた間隔(例えば、5km/h)毎に設けられる。

【0034】

図4に示すように、前記電流PI制御部41で算出された制御量 V_d 、 V_q は、2相・

10

20

30

40

50

3相変換部44に入力される。この2相・3相変換部44は、入力された2相の制御量 V_d 、 V_q と、回転角度センサ36で得たモータ6の回転子角度 θ とから、3相のPWMデューティ V_u 、 V_v 、 V_w に変換する。電力変換部45は、PWMデューティ V_u 、 V_v 、 V_w に従ってインバータ31(図2)をPWM制御し、モータ6を駆動する。

【0035】

図5は、この電気自動車の制御装置におけるPI制御ゲイン調整用テーブル35を示す図である。同図において、横軸はモータの実測電流値と指令電流値の偏差の絶対値 $|E_CURR|$ 、縦軸は車速 N を示す。力行制御用と回生制御用それぞれの場合に分けて、2種類のPI制御ゲイン調整用テーブル35が設けられる。このように力行制御用と回生制御用に2種類のPI制御ゲイン調整用テーブル35を設けることで、例えば、バッテリー19の性能や劣化状態の差別、またはモータ6とインバータ装置22の損失の差別等に起因する外乱からの影響を受け難く、また力行制御、回生制御にかかわらず正確にモータ6を制御することができる。このようにモータ6を木目細かく制御することができる。したがって、モータ6の応答性の向上を図ることができる。

10

【0036】

図6は、この電気自動車におけるモータのN-T線図である。

同図は、モータのN-Tの第1象限と第4象限とを表す線図である。前記第1象限は、力行制御の実施領域であり、正トルクが発生する。前記第4象限は、回生制御の実施領域であり、負トルクが発生する。

【0037】

図7は、力行制御時のオーバーシュート改善前後の例を示す図である。図7(a)は、従来技術に係り、力行制御時において、指令トルクをオーバーするオーバーシュートが生じている。これに対し図7(b)では、本実施形態に係る制御装置を適用したことで、オーバーシュートが改善されている。

20

図8は、回生制御時のオーバーシュート改善前後の例を示す図である。図8(a)は、従来技術に係り、回生制御時において、指令トルクをオーバーするオーバーシュートが生じている。これに対し図8(b)では、本実施形態に係る制御装置を適用したことで、オーバーシュートが改善されている。

【0038】

作用効果について説明する。

30

モータコントロール部29は、モータ力行および回生制御時、ECU21から与えられるトルク指令等による加速・減速指令に基づき、パワー回路部28を制御し、モータ6の出力をトルク制御により実施する。つまりモータコントロール部29における電流PI制御部41が、ECU21からのトルク指令に対してインバータ内で生成された指令電流値の偏差を無くすPIフィードバック制御を行う。このPIフィードバック制御時に用いるPI制御ゲイン制御用テーブル35を、力行制御用および回生制御用にそれぞれ設けることによって、バッテリー19の性能や劣化状態の差別、またはモータ6とインバータ装置22の損失の差別等に起因する外乱からの影響を受け難く、また力行制御、回生制御にかかわらずより正確にモータ6を制御することができる。したがって、モータ6の応答性の向上を図ることができる。

40

【0039】

制御ゲイン調整部34は、PI制御ゲイン制御用テーブル35に従い走行状態に応じたPI制御ゲインを用いるように電流PI制御部41のPI制御ゲインを調整する。時々刻々と変化する走行状態に応じてPI制御ゲインを最適に調整することで、オーバーシュート現象を避け、例えば減速機等の振動を抑制し得る。それにより、乗員の乗り心地の改善を図ることができる。

【0040】

前記PI制御ゲイン調整用テーブル35は、モータ6の実測電流値と指令電流値の偏差の絶対値が小さいほど、前記PI制御ゲインにおける積分ゲインを減少させると同時に比例ゲインを減少させ、前記偏差の絶対値が大きいほど、前記積分ゲインを増加させると同

50

時に比例ゲインを増加させる。P I 制御ゲイン調整用テーブル 3 5 を、実車試験等による結果に基づき前記のように設定する。前記偏差の絶対値が小さいほど、積分ゲインおよび比例ゲインを減少させることにより、電流制御のオーバーシュートを抑制することができる。逆に、前記偏差の絶対値が大きいほど、積分ゲインおよび比例ゲインを増加させることにより、モータ 6 の応答性を速くすることができる。このように、電流制御のオーバーシュートの抑制とモータ 6 の応答性の向上を両立することができる。

【 0 0 4 1 】

前記制御ゲイン調整部 3 4 により、比例ゲインまたは積分ゲインを操作するゲイン操作量にそれぞれ制限値を設け、前記ゲイン調整部 3 4 は、前記制限値を超える場合には、前記制限値を上限值として使用するものとしても良い。この場合、例えば、パワー回路部 2 8 の P W M ドライバ 3 2 に過度に大きな電流が流れ込むことを防止し、インバータ装置 2 2 の異常を未然に防止することができる。

10

力行制御時モータ 6 に流れる電流値、または、回生制御時モータ 6 に流れる電流からなる指令電流値につき、それぞれ制限値を設けても良い。この場合、例えば、モータ 6 の温度上昇や外乱の影響を低減することができる。したがって、モータ 6 の温度上昇等に起因するモータ 6 の異常を未然に防止することができる。

【 0 0 4 2 】

前記実施形態では、後輪がインホイールモータ装置で駆動される電気自動車に適用した場合につき説明したが、この発明は、車輪 2 を個別のモータで駆動する形式として、インホイールモータ形式に限らず、オンボード形式等の車輪外のモータで駆動される電気自動車にも適用することができる。さらに、4 輪とも個別のモータで駆動される電気自動車や、1 台のモータで複数の車輪を走行駆動する電気自動車にも適用することができる。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 4 3 】

4 ... 車輪用軸受

6 ... モータ

7 ... 減速機

2 1 ... E C U

2 2 ... インバータ装置

2 8 ... パワー回路部

30

2 9 ... モータコントロール部

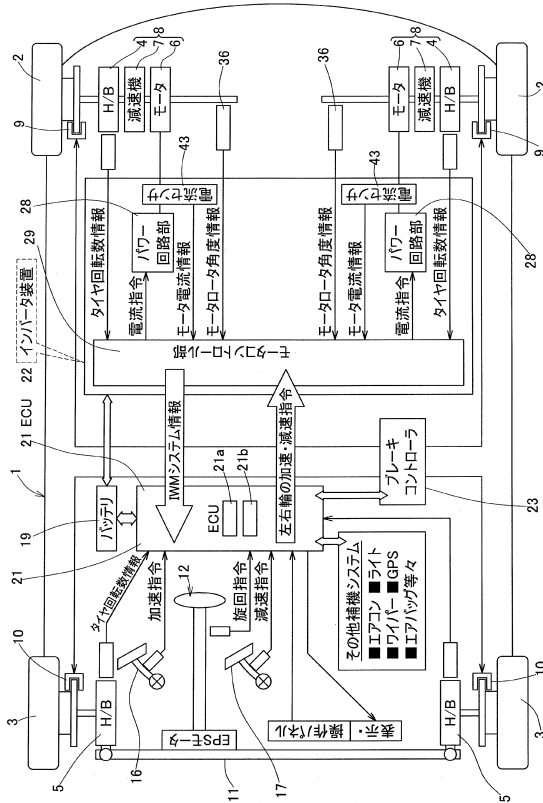
3 1 ... インバータ

3 4 ... 制御ゲイン調整部

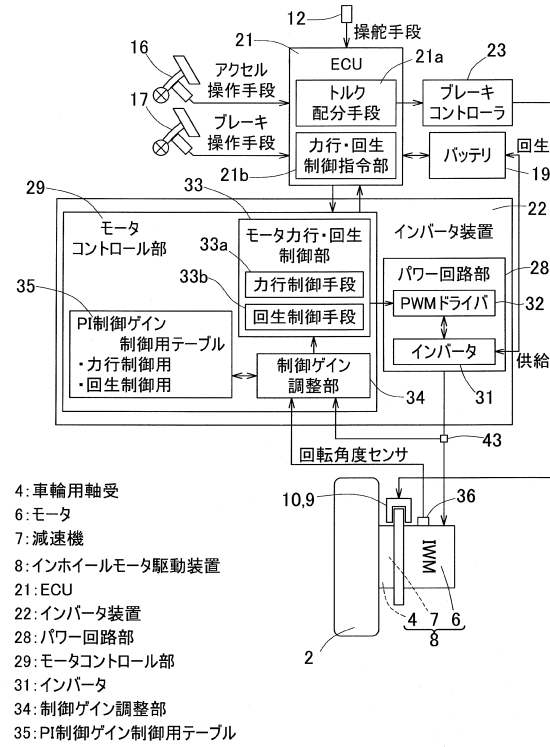
3 5 ... P I 制御ゲイン制御用テーブル

4 1 ... 電流 P I 制御部

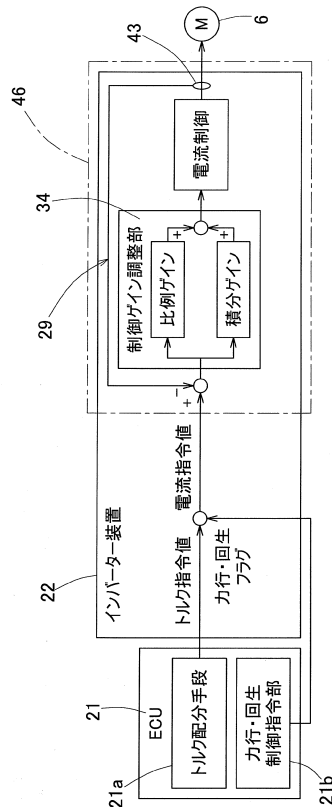
【図 1】



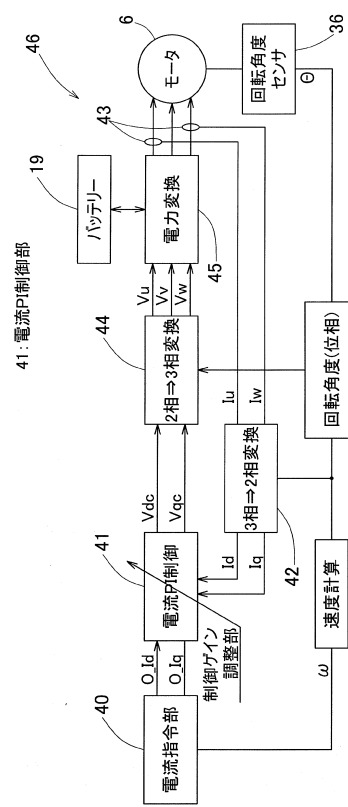
【図 2】



【図 3】



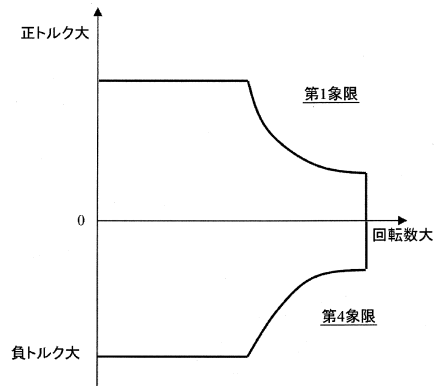
【図 4】



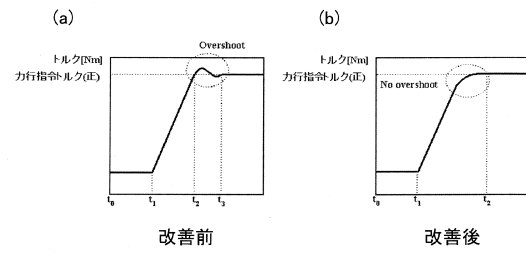
【図 5】

N	$ E_CURR $	$ E_CURR _0$	$ E_CURR _1$	...	$ E_CURR _m$
Rot0		$(K_p, K_i)_{00}$	$(K_p, K_i)_{01}$	...	$(K_p, K_i)_{0m}$
Rot1		$(K_p, K_i)_{10}$	$(K_p, K_i)_{11}$	...	$(K_p, K_i)_{1m}$
...	...	...	...	...	...
Rot_n		$(K_p, K_i)_{n0}$	$(K_p, K_i)_{n1}$	...	$(K_p, K_i)_{nm}$

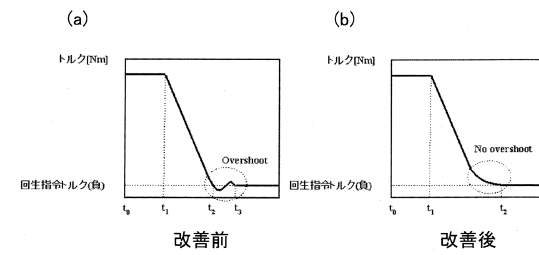
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-026700(JP,A)
特開2001-112108(JP,A)
特開平09-093971(JP,A)
特開2004-187379(JP,A)
特開昭63-316687(JP,A)
特開2006-074885(JP,A)
特開平09-149685(JP,A)
特開平09-294388(JP,A)
特開2009-112163(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
H02P 27/06