

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第3748397号
(P3748397)

(45) 発行日 平成18年2月22日(2006.2.22)

(24) 登録日 平成17年12月9日(2005.12.9)

(51) Int.Cl.
B60L 9/18 (2006.01)

F I
B60L 9/18 J

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2001-305343 (P2001-305343)	(73) 特許権者	000005348
(22) 出願日	平成13年10月1日 (2001.10.1)		富士重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2003-111213 (P2003-111213A)		東京都新宿区西新宿一丁目7番2号
(43) 公開日	平成15年4月11日 (2003.4.11)	(74) 代理人	100090033
審査請求日	平成16年7月22日 (2004.7.22)		弁理士 荒船 博司
		(74) 代理人	100093045
			弁理士 荒船 良男
		(72) 発明者	長井 正明
			東京都新宿区西新宿一丁目7番2号 富士重工業株式会社内
		審査官	本庄 亮太郎
		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】

アクセル操作量に応じて所定のトルク指令値の演算および出力を行うトルク指令値演算手段と、前記トルク指令値に応じた電流を電動機に出力することにより駆動手段を介して前記電動機を駆動制御する駆動制御手段とを備える電気自動車の制御装置において、

前記電動機へ入力される入力電流の振動が所定の振動状態にあるか否かを判定する振動判定手段を有するとともに、

前記トルク指令値演算手段が、

アクセル操作量の変位に対するトルク指令値の基本経時変位を演算する基本経時変位演算手段と、

前記入力電流の振動が所定の振動状態にあるか否かに基づいて、前記基本経時変位を補正する補正手段とを有することを特徴とする電気自動車の制御装置。

【請求項2】

前記補正手段は、

前記入力電流の振動が所定の振動状態にあると判定された場合には補正量を小さくし、所定の振動状態にないと判定された場合には補正量を大きくするように補正することを特徴とする請求項1記載の電気自動車の制御装置。

【請求項3】

前記補正手段は、

前記基本経時変位の内の始期に係る第1補正係数 α ($0 < \alpha \leq 1$) と、終期に係る第2補

正係数 β ($1 \leq \beta$) とを決定する補正係数決定手段を有し、時間経過に応じて前記基本経時変位に前記第 1 補正係数 α または前記第 2 補正係数 β を乗じて補正することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の電気自動車の制御装置。

【請求項 4】

前記補正手段は、

前記入力電流の振動が所定の振動状態にないと判定された場合に前記第 1 補正係数 α および前記第 2 補正係数 β の最適化を行う最適化手段を有することを特徴とする請求項 3 記載の電気自動車の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、電気自動車の制御装置に関し、特に、車体振動を抑制しつつ高い加速性能を発揮することのできる電気自動車の制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、環境汚染や騒音の防止・抑制のために、ガソリンエンジンやディーゼルエンジンなどの内燃機関で走行する自動車に代えて、電動機で走行する電気自動車（ハイブリッド車を含む）の開発が進んでいる。このような電気自動車の駆動源である電動機としては、直流モータや交流モータが採用されており、中でも回転子に永久磁石を使用した三相交流同期モータ（以下、「同期モータ」という）は高効率であるため、電気自動車用の電動機の主流とされている。

20

【0003】

前記した同期モータを搭載した電気自動車においては、車両に搭載したバッテリーからの直流電流をインバータで所定の交流電流に変換し、この交流電流によって同期モータを駆動して車両を走行させている。

【0004】

この際には、アクセルペダルの操作量（以下、「アクセル操作量」という）に応じて所定のトルク指令値の演算および出力を行い、このトルク指令値に応じて所定の電流指令値の演算および出力を行い、この電流指令値に応じた電流を所定の制御手段によって制御しつつインバータを介して同期モータに供給して同期モータを駆動制御しており、同期モータの出力トルクは、所定のトルク指令値に応じて追従するようにオープンループ制御される。

30

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、前記したような電気自動車では、同期モータの出力軸からディファレンシャルギアおよびドライブシャフトを介して駆動輪へと至るトルクの伝達系が、ドライブシャフトをバネ要素とした「ねじれ共振系」を構成している。このため、急発進時や急加速時のようにアクセルペダルを急激に踏み込むと、制御手段によって同期モータの出力トルクがこれに追従するように制御されるが、この急激な出力トルクの増加によって前記した「ねじれ共振系」が共振し、車体振動が発生することがあった。このような車体振動の発生により、運転者や同乗者の乗り心地はきわめて悪くなっていた。

40

【0006】

前記したような電気自動車の車体振動を抑制する方法としては、急発進時または急加速時におけるアクセル操作量の変位に対して、トルク指令値の立ち上がりによって所定の遅れを生じさせることによって、前記した同期モータから駆動輪へいたるトルクの伝達系（ねじれ共振系）の共振の発生を防止するという方法が挙げられる。しかし、この振動抑制方法によると、トルク指令値の立ち上がりを遅れさせて車体振動を抑制した後においては、運転者や同乗者の要求する加速感が得られない場合があった。

【0007】

本発明の課題は、急発進時や急加速時に発生する車体振動を効果的に抑制するとともに、

50

高い加速性能を発揮することのできる電気自動車の制御装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

以上の課題を解決するために、請求項1記載の発明は、例えば図2および図4に示したように、アクセル操作量に応じて所定のトルク指令値の演算および出力を行うトルク指令値演算手段と、前記トルク指令値に応じた電流を電動機に出力することにより駆動手段を介して前記電動機を駆動制御する駆動制御手段とを備える電気自動車の制御装置において、前記電動機へ入力される入力電流の振動が所定の振動状態にあるか否かを判定する振動判定手段を有するとともに、前記トルク指令値演算手段が、アクセル操作量の変位に対するトルク指令値の基本経時変位を演算する基本経時変位演算手段と、前記入力電流の振動が所定の振動状態にあるか否かに基づいて、前記基本経時変位を補正する補正手段とを有することを特徴とする。

10

【0009】

請求項1記載の発明によれば、電動機へ入力される入力電流の振動が所定の振動状態にあるか否かを判定する振動判定手段を備えており、この入力電流の振動状態の変化と車体振動とは、後述するように一定の対応関係があるため、入力電流の振動が所定の振動状態にあるか否かを判定することによって、車体振動を効果的に検出することができる。

【0010】

すなわち、電動機の駆動制御システムにおいては、モータの回転に同期させてステータコイルに回転磁界を形成してモータを駆動させており、急発進時や急加速時における「ねじれ共振系」の共振などによって車体振動が生じると、電動機への入力電流の振動状態が変化する。従って、電動機への入力電流の振動状態が所定レベルに達したか否かを判定することによって、車体振動を効果的に検出することができる。

20

【0011】

また、請求項1記載の発明によれば、トルク指令値演算手段が、アクセル操作量の変位に対するトルク指令値の基本経時変位を演算する基本経時変位演算手段と、入力電流の振動が所定の振動状態にあるか否かに基づいて、基本経時変位を補正する補正手段とを有するため、入力電流の振動が所定の振動状態にある場合、すなわち、車体振動が発生した場合には、例えばトルク指令値に所定の遅れを生じさせるようにトルク指令値の基本経時変位を補正して、電気自動車の車体振動を抑制することができる。

30

【0012】

さらに、請求項1記載の発明によれば、トルク指令値演算手段が、アクセル操作量の変位に対するトルク指令値の基本経時変位を演算する基本経時変位演算手段と、入力電流の振動が所定の振動状態にあるか否かに基づいて、基本経時変位を補正する補正手段とを有するため、入力電流の振動が所定の振動状態を脱した場合、すなわち、車体振動が無視できる程度のレベルに達した場合には、例えばトルク指令値の遅れを回復させるようにトルク指令値の基本経時変位を補正して、速やかに電動機の出力トルクを増加させ、十分に電気自動車を加速させることができる。

【0013】

請求項2記載の発明は、請求項1記載の電気自動車の制御装置において、前記補正手段は、前記入力電流の振動が所定の振動状態にあると判定された場合には補正量を小さくし、所定の振動状態にないと判定された場合には補正量を大きくするように補正することを特徴とする。

40

【0014】

請求項2記載の発明によれば、請求項1記載の発明の奏する作用効果に加え、入力電流の振動が所定の振動状態にあると判定された場合には、車体振動の抑制を優先的に行うことができ、所定の振動状態にないと判定された場合には、車体の加速を優先的に行うことができる。

【0015】

請求項3記載の発明は、請求項1または2記載の電気自動車の制御装置において、例えば

50

図4ないし図6に示すように、前記補正手段は、前記基本経時変位の内の始期に係る第1補正係数 α ($0 < \alpha \leq 1$)と、終期に係る第2補正係数 β ($1 \leq \beta$)とを決定する補正係数決定手段を有し、時間経過に応じて前記基本経時変位に前記第1補正係数 α または前記第2補正係数 β を乗じて補正することを特徴とする。

【0016】

請求項3記載の発明によれば、請求項1または2記載の発明の奏する作用効果に加え、基本経時変位の内の始期に係る第1補正係数 α ($0 < \alpha \leq 1$)と、終期に係る第2補正係数 β ($1 \leq \beta$)とを決定する補正係数決定手段を有し、時間経過に応じて基本経時変位に前記第1補正係数 α または前記第2補正係数 β を乗じて補正するため、急発進時または急加速時におけるトルク指令値の基本経時変位を、始期および終期に分けて効果的に補正することができる。

10

【0017】

すなわち、アクセル操作量を急激に増加させてほぼ全開走行状態（アクセル操作量がほぼ100%での走行状態）に移行させるまでの期間の始期においては、第1補正係数 α ($0 < \alpha \leq 1$)を基本経時変位に乘じて補正するため、トルク指令値の基本経時変位を適切に遅れさせることができるとともに、アクセル操作量を急激に増加させてほぼ全開走行状態に移行させるまでの期間の終期においては、第2補正係数 β ($1 \leq \beta$)を基本経時変位に乘じて補正するため、トルク指令値の基本経時変位の遅れを速やかに回復させることができる。

【0018】

20

請求項4記載の発明は、請求項3記載の電気自動車の制御装置において、例えば、図10に示すように、前記補正手段は、前記入力電流の振動が所定の振動状態にないと判定された場合に前記第1補正係数 α および前記第2補正係数 β の最適化を行う最適化手段を有することを特徴とする。

【0019】

請求項4記載の発明によれば、請求項3記載の発明の奏する作用効果に加え、補正手段は、第1補正係数 α および第2補正係数 β の最適化を行う最適化手段を有するため、車体振動が発生しない条件下において、電気自動車の車種、電動機の規格、走行状態などに応じて、より高い加速性能を発揮するようにトルク指令値の補正を行うことができる。また、車体振動が発生しない条件下において、経時的に変化する電気自動車のシステム特性に対応させて、より高い加速性能を発揮するようにトルク指令値の補正を行うことができる。従って、種々の状況において、車体振動を効果的に抑制しつつ、良好な加速性能を得ることができる。

30

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、図面に基づいて詳細に説明する。本実施の形態では、電動機である三相交流同期モータ（同期モータ）10で走行する電気自動車の制御装置について説明することとする。

【0021】

本実施の形態に係る電気自動車は、図1に示すように、電力源としてのバッテリー20、同期モータ10をベクトル制御する制御装置30、制御装置30で制御されバッテリー20の出力を交流電力に変換する電力変換機であるインバータ40、同期モータ10の回転速度を検出する回転速度検出手段であるレゾルバ50、同期モータ10への入力電流を検出する電流検出手段60、アクセル操作量を検出するアクセル操作量検出器70、同期モータ10の回転運動をドライブシャフト90に伝達するディファレンシャルギア80、および、ドライブシャフト90の両端に設けられた駆動輪100を備えている。

40

【0022】

同期モータ10は、ディファレンシャルギア80およびドライブシャフト90を介して駆動輪100と連結され、同期モータ10の回転運動により駆動輪100が回転し車両に推進力を与えるようにされている。バッテリー20からインバータ40に供給された直流電力

50

は、制御装置 30 の制御のもとに三相交流電力に変換されて同期モータ 10 に供給される。

【0023】

制御装置 30 は、図 2 に示すように、トルク指令値演算手段 31、電流指令値演算手段 32、電流制御手段 33 および振動判定手段 34 を備える。トルク指令値演算手段 31 は、アクセル操作量検出器 70 で検出されたアクセル操作量 A およびレゾルバ 50 で検出された同期モータ 10 の回転速度 N に応じて所定のトルク指令値 T^* の演算および出力を行い、電流指令値演算手段 32 は、トルク指令値 T^* に応じて所定の電流指令値 I_d^* および I_q^* の演算および出力を行う。ここで I_d^* および I_q^* は、それぞれベクトル制御に用いられる電流指令値の d 軸成分および q 軸成分である。

10

【0024】

電流制御手段 33 は、図 3 に示すように、d q 軸電流制御手段 33 a、2/3 相変換手段 33 b、PWM 信号発生手段 33 c および 3/2 相変換手段 33 d を備える。d q 軸電流制御手段 33 a は、電流指令値 I_d^* および I_q^* と、同期モータ 10 の回転速度 N と、電流検出手段 60 で検出された同期モータ 10 への入力電流 I_u 、 I_v 、 I_w を 3/2 相変換手段 33 d で変換して得た I_d 、 I_q とに基づいて、電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* の演算及び出力を行う。

【0025】

PWM 信号発生手段 33 c は、電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* を 2/3 相変換手段 33 b で 2/3 相変換して得た V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に基づいて PWM 信号 P_u 、 P_v 、 P_w を発生させてイン

20

バータ 40 に出力し、この PWM 信号によってインバータ 40 のスイッチング素子を所定のタイミングでオン/オフ操作することによって、同期モータ 10 を制御するように機能する。

振動判定手段 34 は、電流検出手段 60 で検出された同期モータ 10 への入力電流 I_u 、 I_v 、 I_w を 3/2 相変換手段 33 d で 3/2 相変換して得た d 軸入力電流 I_d および q 軸入力電流 I_q のうち、q 軸入力電流 I_q の振動状態が所定レベルにあるか否かを判定する。なお、本実施の形態では、 I_q の振動状態のみが所定レベルにあるか否かを判定しているが、 I_d の振動状態が所定レベルにあるか否かを判定してもよく、 I_d 、 I_q 双方の振動状態が所定レベルにあるか否かを判定することとしてもよい。

30

【0026】

トルク指令値演算手段 31 は、図 4 に示すように、基本トルク指令値演算手段 31 a、補正係数決定手段 31 b、切替手段 31 c、経時フィルタ 31 d および乗算器 31 e を備える。基本トルク指令値演算手段 31 a は、アクセル操作量 A および回転速度 N に基づいて基本トルク指令値 T_0^* の演算を行う。また、補正係数決定手段 31 b、切替手段 31 c、経時フィルタ 31 d および乗算器 31 e は、急発進時または急加速時における基本トルク指令値 T_0^* を、始期および終期に分けて補正する補正手段である。

【0027】

補正係数決定手段 31 b は、振動判定手段 34 から出力された信号 S に含まれる I_q の振幅情報に応じて、第 1 補正係数 α ($0 < \alpha \leq 1$) および第 2 補正係数 β ($1 \leq \beta$) の決定

および出力を行う。第 1 補正係数 α および第 2 補正係数 β は、図 5 (a) および (b) に示した第 1 補正マップおよび第 2 補正マップによって決定される。第 1 (第 2) 補正マップは、複数の I_v の値に対応する α (β) の値を実験によって求め、これを I_v を横軸、 α (β) を縦軸としたグラフ上にプロットし、プロットした各点を近似曲線でつないだものである。

40

【0028】

切替手段 31 c は、補正係数決定手段 31 b から出力された第 1 補正係数 α および第 2 補正係数 β を、所定の時間を境に切り替えて出力するものである。すなわち、停止状態から全開走行状態にいたるまでの所要時間 (t_e) のほぼ 1/2 に相当する時間 (t_m) 算出し、停止状態から t_m に達するまでの期間 (以下、「始期」という) においては第 1 補正係

50

数 α を出力し、 t_m から t_e までの期間（以下、「終期」という）においては第2補正係数 β を出力するように機能する。

【0030】

経時フィルタ31dは、切替手段31cを経由して送られた第1補正係数 α または第2補正係数 β を経時的に変化させるように機能する。乗算器31eは、切替手段31cおよび経時フィルタ31dを経由して送られた第1補正係数 α または第2補正係数 β を基本トルク指令値 T_0^* に乗じて、補正したトルク指令値 T^* を算出するものである。

【0031】

次いで、本実施の形態に係る電気自動車の制御装置を用いた車体振動抑制制御動作を、図7を用いて説明する。

10

【0032】

まず、停止状態にある電気自動車のアクセルペダルを急激に踏み込んで急発進させ、全開走行状態へと移行させる（以下、この停止状態から全開走行状態にいたるまでの移行段階を「急加速フェーズ」と称する）。この急加速フェーズにおいては、アクセル操作量 A および同期モータ10の回転速度 N に応じてトルク指令値 T^* が随時演算されて出力される（トルク指令値算出工程、S1参照）。

【0033】

本実施の形態において、急加速フェーズにおける補正されないトルク指令値 T^* （すなわち、基本トルク指令値 T_0^* ）の時間履歴は、図8に示すように、

$$T^* = T_{MAX}^* (1 - e^{-2t})$$

20

なる時間関数で近似している。このトルク指令値 T^* に応じて電流指令値 I^* が随時演算されて出力され、この電流指令値 I^* に応じたPWM信号をインバータ40を介して同期モータ10に出力することにより同期モータ10が駆動制御されている。

【0034】

この際には、電流検出手段60によって同期モータ10への入力電流 I_u 、 I_v 、 I_w が検出され、これらは3/2相変換手段33dで I_d と I_q に変換される。振動判定手段34には、これら入力電流のうち I_q のみが出力される。

【0035】

このような急加速フェーズにおいては、同期モータ10の出力軸からディファレンシャルギア80およびドライブシャフト90を介して駆動輪100へと至るトルクの伝達系（ねじれ共振系）が共振して車体振動が発生する。この場合、同期モータ10への入力電流 I_u 、 I_v 、 I_w に振動状態が発生し、これに伴って I_d 、 I_q の振動状態も変化する。振動判定手段34は、この I_q の振動が所定の振動状態にあるか否かを判定する（振動判定工程、S2参照）。

30

【0036】

I_q の振動状態が所定レベルにあるか否かの判定は、以下のような手順で行う。まず、図9に示すように I_q の振幅 I_v を検出し、この振幅が所定値 I_{v0} を超えたか否かを判定し、この所定値 I_{v0} を連続的に超えた回数をカウントし、この回数が所定回数 N_0 を超えた場合に、 I_q の振動状態が所定レベルにあると判定する。 I_q の振幅 I_v の検出や、 I_q の振幅 I_v と所定値 I_{v0} との比較判定や、所定値 I_{v0} を連続的に超えた回数のカウントや、この回数と所定回数 N_0 との比較判定などは、全てマイクロコンピュータで行うことができる。

40

【0037】

I_q の振動が所定の振動状態にあると判定した場合には、振動判定手段34は、トルク指令値演算手段31にトルク指令値補正信号 S を出力する。このトルク指令値補正信号 S を受けた補正係数決定手段31bは、このトルク指令値補正信号 S に含まれる I_q の振幅情報に基づいて、図5に示した第1補正マップおよび第2補正マップによって第1補正係数 α および第2補正係数 β を決定する（補正係数決定工程、S3参照）。

【0038】

本実施の形態においては、図5(a)に示すように第1補正係数 α の下限値を α_{MIN} と定

50

めており、 I_q の振幅 I_v が一定の値より大きくなった場合でも第1補正係数 α はこの下限値 α_{MIN} より小さくならないようにしている。この下限値 α_{MIN} は、車体振動の抑制に効果的な値の最小値であり、電気自動車の車種、同期モータ10の仕様などによって適宜決めることができる。

【0039】

補正係数決定手段31bによって決定された第1補正係数 α および第2補正係数 β は切替手段31cに送られ、この切替手段31cによって、急加速フェーズの始期においては第1補正係数 α が出力され、終期においては第2補正係数 β が出力される。切替手段31cを経由して送られた第1補正係数 α または第2補正係数 β は、経時フィルタ31dを通過する際に経時変化させられて乗算器31eに送られ、この乗算器31eで基本トルク指令値 T_0^* に乘じられ、補正されたトルク指令値 T^* が出力される（トルク指令値補正工程、S4参照）。 10

【0040】

一方、振動判定工程S2において、 I_q の振動が所定の振動状態にないと判定された場合には、振動判定手段34は、トルク指令値演算手段31に補正係数最適化信号 S' を出力する。補正係数決定手段31bは、第1補正係数 α および第2補正係数 β を最適化する最適化手段31b'を備えており、この補正係数最適化信号 S' を受けた最適化手段31b'は、第1補正係数 α および第2補正係数 β の最適化を行う（補正係数最適化工程、S5参照）。 20

【0041】

第1補正係数 α および第2補正係数 β の最適化は、例えば、図10に示した最適化マップで決定される学習係数 L を用いて行うことができる。この最適化マップにおいて、横軸は急加速フェーズを経た回数 N 、縦軸は学習係数 L を示しており、学習係数 L の最大値（ L_{MAX} ）は、第1補正係数 α および第2補正係数 β の $1/20$ に設定されている。学習係数 L は、急加速フェーズを経た回数 N が多くなるに従って0に収束していくものとする。 30

【0042】

第1補正係数 α の最適化は、例えば以下のように行うことができる。まず、補正係数最適化信号 S' に含まれる I_q の振幅に応じて第1補正マップによって第1補正係数 α を決定する。次いで、図10の最適化マップによって学習係数 L を決定する。例えば、急加速フェーズを経た回数 N が「0回」であれば、 $L_{MAX} = 0.05\alpha$ となる。次いで、第1補正係数 α から学習係数 L を減じた値（以下、「更新値」という）を算出する。例えば $L_{MAX} = 0.05\alpha$ であればこの更新値は 0.95α となる。この更新値を用いて、トルク指令値補正工程S4において急加速フェーズの始期におけるトルク指令値 T^* の補正を行う。 30

【0043】

この場合の第2補正係数 β の最適化は、例えば以下のように行うことができる。まず、補正係数最適化信号 S' に含まれる I_q の振幅に応じて第2補正マップによって第2補正係数 β を決定する。次いで、前記したように図10の最適化マップによって学習係数 L を決定する。例えば、急加速フェーズを経た回数 N が「0回」であれば、 $L_{MAX} = 0.05\beta$ となる。次いで、第2補正係数 β から学習係数 L を加算した値（以下、「更新値」という）を算出する。例えば $L_{MAX} = 0.05\beta$ であればこの更新値は 1.05β となる。この更新値を用いて、トルク指令値補正工程S4において急加速フェーズの終期におけるトルク指令値 T^* の補正を行う。 40

【0044】

前記した例における第1補正係数 α の更新値 0.95α は、第1補正マップによって決定した第1補正係数 α よりも若干小さい値であるため、急加速フェーズの始期においてトルク指令値 T^* は若干の遅れを生じることとなる。また、前記した例における第2補正係数 β の更新値 1.05β は、第2補正マップによって決定した第2補正係数 β よりも若干大きい値であるため、急加速フェーズの終期においてトルク指令値 T^* は比較的急に立ち上がるることとなる。すなわち、電気自動車は、より高い加速性能を発揮することとなる。このような第1補正係数 α および第2補正係数 β の最適化は、電気自動車の加速性能の向上 50

を目的としている。

【0045】

一方、第1補正係数 α の最適化を以下のように行うこともできる。まず、前記と同様に第1補正マップによって第1補正係数 α を決定し、図10の最適化マップによって学習係数 L を決定する。次いで、第1補正係数 α から学習係数 L を加算した値（以下、「更新値」という）を算出する。例えば $L_{MAX}=0.05\alpha$ であればこの更新値は 1.05α となる。この更新値を用いて、トルク指令値補正工程S4において急加速フェーズの始期におけるトルク指令値 T^* の補正を行う。

【0046】

この場合の第2補正係数 β の最適化は以下のように行うことができる。まず、前記と同様に第2補正マップによって第2補正係数 β を決定し、図10の最適化マップによって学習係数 L を決定する。次いで、第2補正係数 β から学習係数 L を減じた値（以下、「更新値」という）を算出する。例えば $L_{MAX}=0.05\beta$ であればこの更新値は 0.95β となる。この更新値を用いて、トルク指令値補正工程S4において急加速フェーズの終期におけるトルク指令値 T^* の補正を行う。

【0047】

前記した例における第1補正係数 α の更新値 1.05α は、第1補正マップによって決定した第1補正係数 α よりも若干大きい値であるため、急加速フェーズの始期においてトルク指令値 T^* は基本トルク指令値 T_0^* に近づくこととなる。また、前記した例における第2補正係数 β の更新値 0.95β は、第2補正マップによって決定した第2補正係数 β よりも若干小さい値であるため、急加速フェーズの終期においてもトルク指令値 T^* は基本トルク指令値 T_0^* に近づく。すなわち、電気自動車は、より基本トルク指令値 T_0^* に近い加速特性を示すこととなる。このような第1補正係数 α および第2補正係数 β の最適化は、急激な加速を伴わない乗り心地の向上を目的としている。

【0048】

なお、このような乗り心地の向上を目的として第1補正係数 α および第2補正係数 β の最適化を行った場合には、再び車体振動が発生する場合がある。この場合には、通常の補正係数決定工程S3を経てトルク指令値の補正を行う。この結果車体振動が抑制された場合には、再び補正係数最適化工程S5で学習係数 L を再度算出して最適化を行う。急加速フェーズを経る回数 N が多くなると、学習係数 L は0に収束するため、結果的に、第1補正係数 α および第2補正係数 β の更新値は、あらかじめ第1補正マップおよび第2補正マップで設定した第1補正係数 α および第2補正係数 β の値に近づくこととなる。

【0049】

図11に、補正されたトルク指令値 T^* の時間履歴を示した。このグラフから明らかなように、急加速フェーズの始期（ $0 \leq t \leq t_m$ ）においては、第1補正係数 α によってトルク指令値 T^* の立ち上がりに若干の遅れが生じている。この結果、車体振動が効果的に抑制される。一方、急加速フェーズの終期（ $t_m \leq t \leq t_e$ ）においては、第2補正係数 β によってトルク指令値 T^* に比較的急に立ち上がっている。この結果、運転者または同乗者は、高い加速感を得ることができる。

【0050】

本実施の形態に係る電気自動車の制御装置によれば、同期モータ10へ入力される入力電流に対応する I_q の振動が所定の振動状態にあるか否かを判定する振動判定手段34を備えており、この I_q の振動が所定の振動状態にあるか否かを判定することによって、車体振動を効果的に検出することができる。

【0051】

また、本実施の形態に係る電気自動車の制御装置によれば、第1補正係数 α および第2補正係数 β を決定する補正係数決定手段31bを備え、時間経過に応じて基本トルク指令値 T_0^* に第1補正係数 α または前記第2補正係数 β を乗じて補正するため、急加速フェーズにおける基本トルク指令値 T_0^* を、始期および終期に分けて効果的に補正することができる。

10

20

30

40

50

【0052】

すなわち、急加速フェーズの始期においては、第1補正係数 α を基本トルク指令値 T_0^* に乗じて補正するため、トルク指令値 T^* を適切に遅れさせることができるとともに、急加速フェーズの終期においては、第2補正係数 β を基本トルク指令値 T_0^* に乗じて補正するため、トルク指令値 T^* の遅れを速やかに回復させることができる。この結果、車体振動を抑制しつつ高い加速感を得ることができる。

【0053】

さらに、本実施の形態に係る電気自動車の制御装置によれば、第1補正係数 α および第2補正係数 β を最適化する最適化手段31b'を備えるため、急加速フェーズにおいて車体振動が発生しない場合には、より高い加速感を発揮するようにトルク指令値 T^* を補正することができる。

10

【0054】

【発明の効果】

請求項1記載の発明によれば、電動機へ入力される入力電流の振動状態の変化を検出することによって、車体振動を効果的に検出することができる。また、入力電流の振動状態に応じて、トルク指令値の基本経時変位を適切に補正することができる。従って、電気自動車の車体振動の抑制や、電気自動車の十分な加速を自在に行うことができる。

【0055】

請求項2記載の発明によれば、請求項1記載の発明の効果を奏するのは勿論のこと、入力電流の振動が所定の振動状態にあると判定された場合には、車体振動の抑制を優先的に行うことができ、所定の振動状態にないと判定された場合には、車体の加速を優先的に行うことができる。

20

【0056】

請求項3記載の発明によれば、請求項1または2記載の発明の効果を奏するのは勿論のこと、急発進時または急加速時におけるトルク指令値の基本経時変位を、始期および終期に分けて効果的に補正することができる。

【0057】

請求項4記載の発明によれば、請求項3記載の発明の効果を奏するのは勿論のこと、電気自動車の車種、電動機の規格、走行条件、経時変化するシステム特性に対応させて、車体振動の効果的な抑制と良好な加速感との双方を得ることができるように、トルク指令値を補正することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る電気自動車のシステム構成を説明するための概略図である。

【図2】図1に示した電気自動車の制御装置の構成を説明するためのブロック図である。

【図3】図2に示した電流制御手段の構成を説明するためのブロック図である。

【図4】図2に示したトルク指令値演算手段の構成を説明するためのブロック図である。

【図5】図4に示した補正係数決定手段で第1補正係数 α および第2補正係数 β を決定する際に用いられるものであり、(a)は第1補正マップ、(b)は第2補正マップである。

40

【図6】図4に示した経時フィルタを示すグラフである。

【図7】本発明の実施の形態に係る電気自動車の制御装置を用いて車体振動抑制制御を行う際のフローチャートである。

【図8】図6に示したトルク指令値算出工程で得られる基本トルク指令値の時間履歴を示すグラフである。

【図9】図7に示した振動判定工程における振動判定方法を説明するための説明図である。

【図10】第1および第2補正係数の最適化に用いられる学習係数マップである。

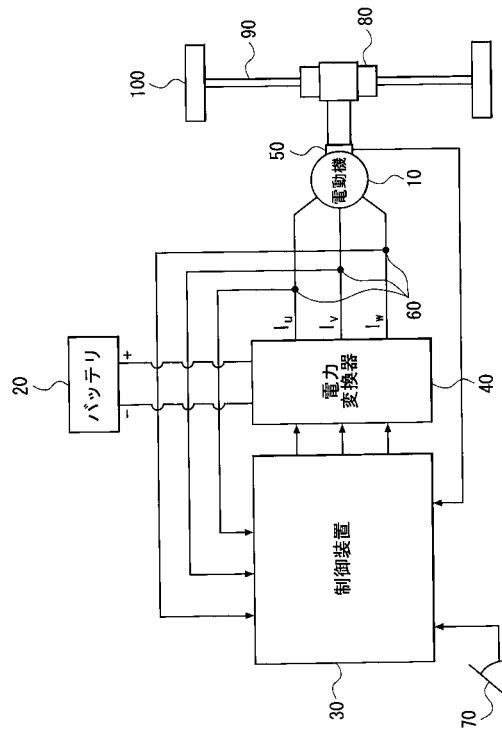
【図11】本発明の実施の形態に係る電気自動車の制御装置を用いて車体振動抑制制御を行った場合におけるトルク指令値の時間履歴を表したグラフである。

50

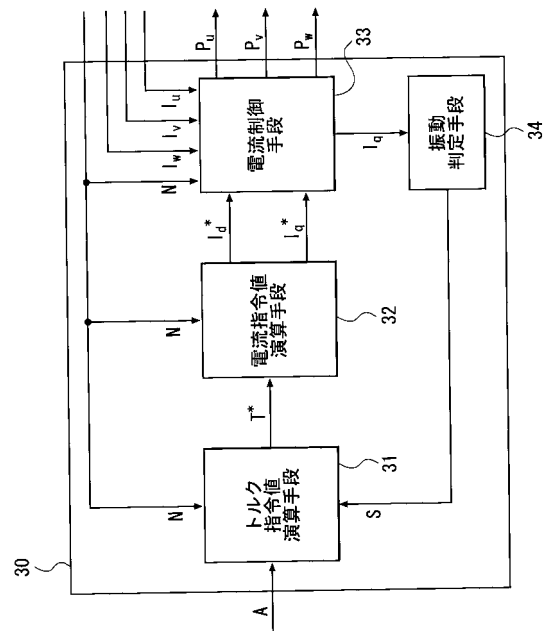
【符号の説明】

1 0	三相交流同期モータ	
2 0	バッテリー	
3 0	制御装置	
3 1	トルク指令値演算手段	
3 1 a	基本トルク指令値演算手段	
3 1 b	補正係数決定手段	
3 1 b'	最適化手段	
3 1 c	切替手段	
3 1 d	経時フィルタ	10
3 1 e	乗算器	
3 2	電流指令値演算手段	
3 3	電流制御手段	
3 3 a	d q 軸電流制御手段	
3 3 b	2 / 3 相変換手段	
3 3 c	PWM信号発生手段	
3 3 d	3 / 2 相変換手段	
3 4	振動判定手段	
4 0	インバータ	
5 0	レゾルバ	20
6 0	電流検出手段	
7 0	アクセル操作量検出器	
8 0	ディファレンシャルギア	
9 0	ドライブシャフト	
1 0 0	駆動輪	
S 1	トルク指令値算出工程	
S 2	振動判定工程	
S 3	補正係数決定工程	
S 4	トルク指令値補正工程	
S 5	補正係数最適化工程	30

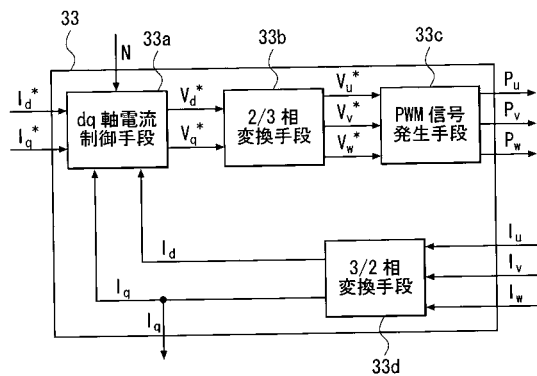
【図 1】



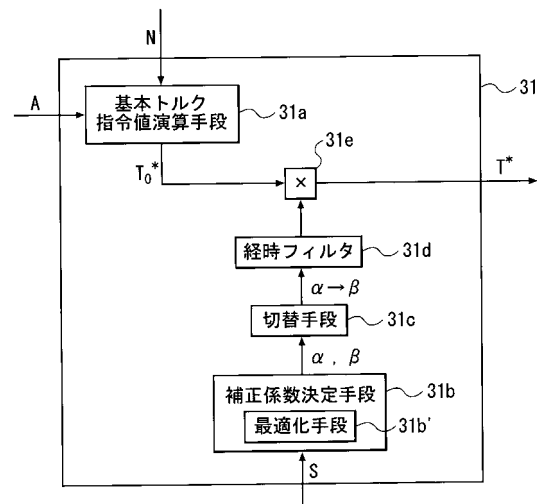
【図 2】



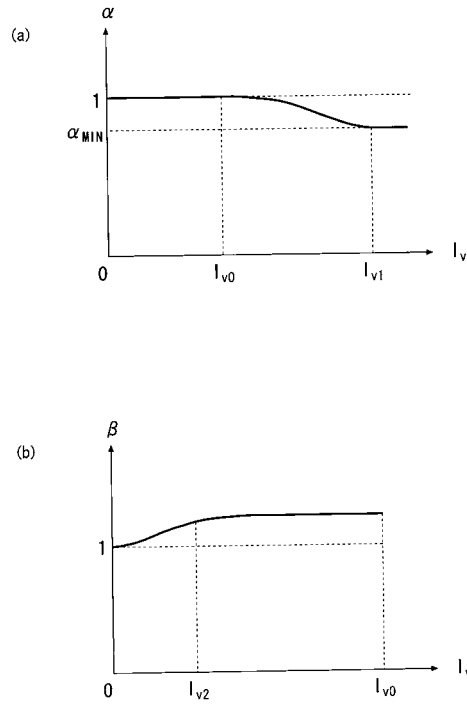
【図 3】



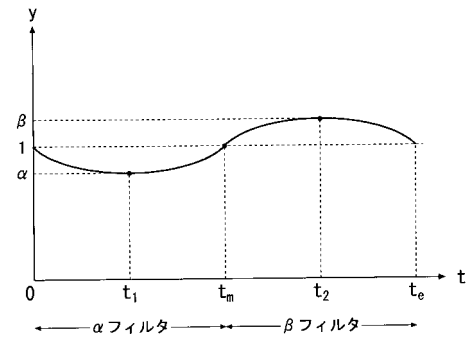
【図 4】



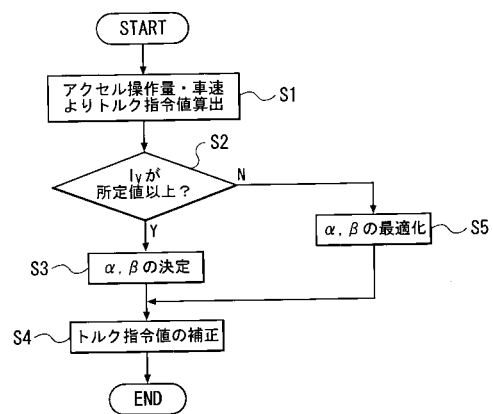
【図 5】



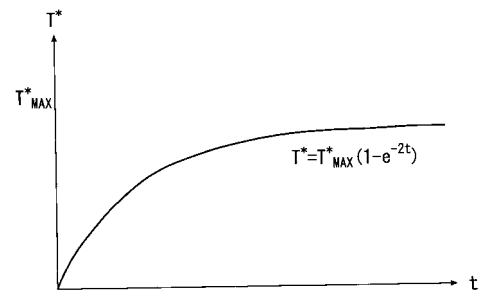
【図 6】



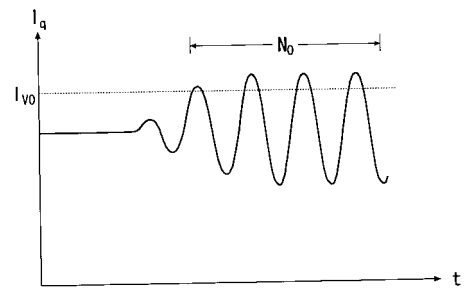
【図 7】



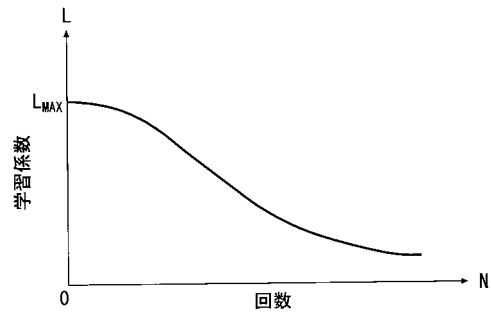
【図 8】



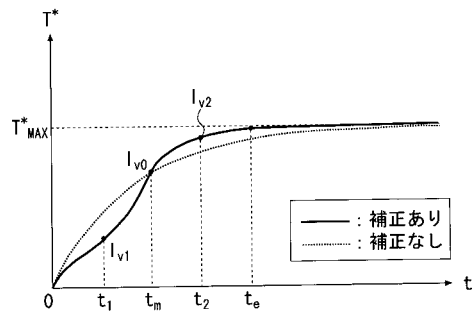
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平09-019002 (JP, A)
特開平08-019109 (JP, A)
特開平09-308020 (JP, A)
特開平01-074004 (JP, A)
特開平09-200901 (JP, A)
特開2003-102105 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B60L 9/18