

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6500566号
(P6500566)

(45) 発行日 平成31年4月17日(2019.4.17)

(24) 登録日 平成31年3月29日(2019.3.29)

(51) Int.Cl.		F I			
B60L	3/06	(2006.01)	B60L	3/06	C
B60L	3/00	(2019.01)	B60L	3/00	J
H02P	29/00	(2016.01)	H02P	29/00	

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2015-75152 (P2015-75152)	(73) 特許権者	000000011
(22) 出願日	平成27年4月1日(2015.4.1)		アイシン精機株式会社
(65) 公開番号	特開2016-195515 (P2016-195515A)		愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
(43) 公開日	平成28年11月17日(2016.11.17)	(74) 代理人	230104019
審査請求日	平成29年9月7日(2017.9.7)		弁護士 大野 聖二
		(74) 代理人	100106840
			弁理士 森田 耕司
		(74) 代理人	100115808
			弁理士 加藤 真司
		(74) 代理人	100131451
			弁理士 津田 理
		(74) 代理人	100167933
			弁理士 松野 知絃
		(74) 代理人	100174137
			弁理士 酒谷 誠一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両駆動用モータの制御システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

三相交流モータが出力するモータトルクを取得するモータトルク取得部と、
前記三相交流モータのステータの各相のコイルへの電流分配状態を取得する電流分配状態取得部と、

三相コイルのうち特定相コイルの温度をコイルセンサ温度として検出するコイル温度検出部と、

前記コイルセンサ温度と、前記三相コイルのうち前記特定相コイル以外のコイルである他相コイルの各時点における単位時間あたりの上昇温度の積算値とを用いて、前記他相コイルの推定温度である他相推定温度を更新し、更新後の他相推定温度を少なくとも用いて、前記モータトルクを制御する制御部と、

を備え、

前記他相コイルの各時点における単位時間あたりの上昇温度は、各時点における前記モータトルクと前記電流分配状態の組に応じて前記制御部により決定され、

前記制御部は、前記他相推定温度を用いて決定された代表推定温度、または少なくとも一つの前記他相推定温度が閾値温度を超えるか否か判定し、閾値温度を超える場合、前記モータトルクを制限するように当該モータトルクを制御し、他相推定温度の更新と、当該更新された他相推定温度を用いて決定された代表推定温度、または更新された他相推定温度が閾値温度を超えるか否かの判定と、判定結果に基づくモータトルクの制御を繰り返す

車両駆動用モータの制御システム。

【請求項 2】

前記制御部は、前記三相交流モータがモータロック状態であるか否か判定し、前記閾値温度を超えない場合、直近のモータロック状態を解除された時からの経過時間が直近のモータロック時の継続時間以上である場合、モータトルクの制限をなしにするように当該モータトルクを制御し、モータロック状態であるかまたは直近のモータロック状態を解除された時からの経過時間が直近のモータロック時の継続時間よりも短い場合、モータトルクの制限を緩和するように当該モータトルクを制御する

請求項 1 に記載の車両駆動用モータの制御システム。

【請求項 3】

前記制御部は、三相交流モータがモータロック状態であるか否か判定し、モータロック状態であるか直近のモータロック状態を解除された時からの経過時間が直近のモータロック時の継続時間よりも短い場合、前記他相推定温度の更新を行う

請求項 1 または 2 に記載の車両駆動用モータの制御システム。

【請求項 4】

前記制御部は、前記モータトルク及び前記三相交流モータの回転数のうち少なくとも一つを用いて、前記三相交流モータがモータロック状態であるか否か判定し、モータロック状態である場合、少なくとも前記他相推定温度を更新する

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の車両駆動用モータの制御システム。

【請求項 5】

前記制御部は、前回更新された他相推定温度を用いて決定された前回の代表推定温度と前記コイルセンサ温度との差分が閾値を超えるか否か、または前記三相交流モータの回転数が所定の回転数を連続して超えた時間が閾値時間以下であるか否か判定し、閾値を超えるまたは閾値時間以下であると判定された場合、少なくとも前記他相推定温度を更新する

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の車両駆動用モータの制御システム。

【請求項 6】

前記制御部は、直近のモータロック状態が解除された時からの経過時間が、直近の前記モータロック状態の継続時間未満であるか否か判定し、前記経過時間が前記継続時間未満であると判定した場合、少なくとも前記他相推定温度を更新する

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の車両駆動用モータの制御システム。

【請求項 7】

前記特定相コイルの推定温度と前記コイルセンサ温度との比較結果を用いて、更新後の前記他相推定温度を補正する

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の車両駆動用モータの制御システム。

【請求項 8】

前記制御部は、前記代表推定温度または前記他相推定温度が前記閾値温度以下の場合、直近のモータロック状態の継続時間に比べて前記直近のモータロック状態が解除された時からの経過時間が短いほど、前記モータトルクを低減させる

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の車両駆動用モータの制御システム。

【請求項 9】

前記制御部は、前記代表推定温度または前記他相推定温度が前記閾値温度以下の場合、現在のモータロック状態の継続時間が長いほど前記モータトルクを低減させる

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の車両駆動用モータの制御システム。

【請求項 10】

前記制御部は、前記代表推定温度、前記他相推定温度または前記コイルセンサ温度が前記閾値温度を超える場合、前記代表推定温度、前記他相推定温度または前記コイルセンサ温度から前記閾値温度を引いた値が大きいほど、前記モータトルクを低減させる

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の車両駆動用モータの制御システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【0001】

本発明は、車両駆動用モータの制御システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、エンジンとモータとを動力源とするハイブリッド車が知られている。このハイブリッド車では、モータとして一般に三相交流モータが使用されており、車輪駆動力であるトルクをモータに出力させる場合、バッテリーから供給される直流電圧がインバータで交流電圧に変換されてモータへ印加される。

【0003】

上記ハイブリッド車において、例えば、車輪が路上の窪みや側溝に嵌まり込んで回転できない状態に陥ったとき、車輪とモータはギヤ列等を介して連結されているため、ドライバがアクセルを踏み込んでもモータのロータが回転できない状態になる。このような状態が「モータロック状態」の一例である。

10

【0004】

ハイブリッド車では、モータのステータに設置される温度センサ（例えば、サーミスタ等）によってモータ温度を検出し、この検出温度が所定上限値に達するとモータ出力を抑える制御を実行して、モータに熱による悪影響が発生することを防止している。この場合、U相、V相、W相の各相コイルに対応して3つの温度センサを設置して各相コイル温度をそれぞれ検出する構成はコスト高や制御の複雑化につながるため、特定相コイルに対応して1つの温度センサを配置し、この特定相コイル温度から他の2つの相のコイル温度を推定して上記モータ出力制限に用いることが簡便で実際的な構成である。

20

【0005】

特定相コイルだけに温度センサを設ける場合、モータロック状態で特定相コイルには電流が殆ど又は全く流れずに、特定相コイル以外の他相コイルに集中的に高電流が流れているときには、上記他相コイルに熱による悪影響を及ぼすおそれがある。このように他相コイルに熱による悪影響を及ぼす事態を回避するために、例えば特許文献1には、車両駆動用モータの制御装置の制御部が、ユーザ要求トルクおよび回転数に基づいてモータロック状態であると判定されたとき、コイル温度検出部によって検出された特定相コイルの温度に基づいて他相コイルが温度上限値に到達すると推定される推定到達時間を取得し、この推定到達時間の経過後に三相交流モータのトルクをユーザ要求トルクから一旦低下させて復帰させる第1トルク低減制御を実行することが開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2010-11546号公報

【特許文献2】特開2003-284375号公報

【特許文献3】特開2008-109816号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

40

しかしながら、特許文献1の推定到達時間は、コイル温度検出部によって検出された特定相コイルの温度に基づいているため、モータロック状態においてモータが出力することを要求される要求モータトルクが変動してモータトルクが変動した場合、またはモータロック状態における各相のコイルへの電流分配状態（例えば、電気角）が変動した場合、実際の到達時間は推定到達時間より早まる可能性があり、他相コイルに熱による悪影響が発生するおそれがある。一方で、実際の到達時間は推定到達時間より遅い可能性もあり、その場合、モータコイルの熱許容限界までモータトルクを維持することができず、ドライバの意図しないトルク抜けが起こりやすい。

【0008】

本発明の一態様は上記の問題に鑑みてなされたものであり、モータトルクが変動したり

50

各相のコイルへの電流分配状態が変動したりしても、特定相コイル以外の他相コイルに熱による悪影響が発生することを防止することができる車両駆動用モータの制御システムを提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様に係る車両駆動用モータの制御システムは、三相交流モータが出力するモータトルクを取得するモータトルク取得部と、前記三相交流モータのステータの各相のコイルへの電流分配状態を取得する電流分配状態取得部と、前記三相コイルのうち特定相コイルの温度をコイルセンサ温度として検出するコイル温度検出部と、前記コイルセンサ温度と、前記三相コイルのうち前記特定相コイル以外のコイルである他相コイルの各時点における単位時間あたりの上昇温度の積算値とを用いて、前記他相コイルの推定温度である他相推定温度を更新し、前記他相推定温度を少なくとも用いて、前記モータトルクを制御する制御部と、を備え、前記他相コイルの各時点における単位時間あたりの上昇温度は、各時点における前記モータトルクと前記電流分配状態の組に応じて前記制御部により決定される。

10

【0010】

この構成により、各時点におけるモータトルクと電流分配状態の組に応じて他相コイルの単位時間あたりの上昇温度が決定されるので、各時点における他相コイルの単位時間あたりの上昇温度の積算値を用いて決定された他相推定温度の推定精度を高くすることができる。このため、推定精度が高い他相推定温度を用いてモータトルクを制御するので、他相推定温度が他相コイルの熱許容限界温度を超えないうちにモータトルクを制限することができる。その結果、モータトルクが低下することにより、他相コイルの温度も熱許容限界温度を超えないようにすることができるため、他相コイルに熱による悪影響が発生することを防止することができる。一方、他相推定温度が他相コイルの熱許容限界温度に近くまでモータトルクを維持することができるので、ドライバの意図しないトルク抜けをできるだけ回避することができる。

20

【0011】

上記の車両駆動用モータの制御システムにおいて、前記制御部は、他相推定温度を用いて決定された代表推定温度、または少なくとも一つの前記他相推定温度が閾値温度を超えるか否かが判定し、閾値温度を超える場合、前記モータトルクを制限してもよい。

30

【0012】

この構成により、各時点におけるモータトルクと電流分配状態との組に応じて決定される、他相コイルの単位時間あたりの上昇温度を積算することにより、他相推定温度の推定精度を高くすることができる。そして、他相推定温度を用いて決定された代表推定温度または少なくとも一つの前記他相推定温度が閾値温度より高いときに、モータトルクを低下させるようにすることにより、モータトルクが変動したり各相のコイルへの電流分配状態が変動したりしても、他相コイルの温度が熱許容限界温度を超えないようにすることができる。

【0013】

上記の車両駆動用モータの制御システムにおいて、前記制御部は、前記モータトルク及び前記三相交流モータの回転数のうち少なくとも一つを用いて、前記三相交流モータがモータロック状態であるか否かが判定し、モータロック状態である場合、少なくとも前記他相推定温度を更新してもよい。

40

【0014】

この構成により、モータロック状態のときに他相推定温度を更新し、この更新された他相推定温度を用いてモータトルクを制御することができる。このため、他相推定温度が他相コイルの熱許容限界温度を超えないうちにモータトルクを制限することができる。

【0015】

上記の車両駆動用モータの制御システムにおいて、前記制御部は、前回更新された他相推定温度を用いて決定された前回の代表推定温度と前記コイルセンサ温度との差分が閾値

50

を超えるか否か、または前記三相交流モータの回転数が所定の回転数を連続して超えた時間が閾値時間以下であるか否か判定し、閾値を超えるまたは閾値時間以下であると判定された場合、少なくとも前記他相推定温度を更新してもよい。

【0016】

この構成により、コイルセンサ温度と他相コイルの温度に乖離があるとき、またはモータロック状態が解除されて回り始めたばかりのときにおいて、制御部は、他相推定温度を更新し、更新後の他相推定温度に応じて、モータトルクを制御することができる。このため、モータロック状態から通常状態への復帰過程において、推定精度が高い他相推定温度を用いてモータトルクを制御するので、他相推定温度が他相コイルの熱許容限界温度を超えないうちにモータトルクを制限することができる。その結果、モータトルクが低下することにより、他相コイルの温度も熱許容限界温度を超えないようにすることができるため、他相コイルに熱による悪影響が発生することを防止することができる。一方、他相推定温度が他相コイルの熱許容限界温度に近づくまでモータトルクを維持することができる。その結果、熱許容限界温度に近づくまでモータトルクを維持することができ、ドライバの意図しないトルク抜けをできるだけ回避することができる。

10

【0017】

上記の車両駆動用モータの制御システムにおいて、前記制御部は、直近の前記モータロック状態が解除された時からの経過時間が、直近の前記モータロック状態の継続時間未満であるか否か判定し、前記経過時間が前記継続時間未満であると判定した場合、少なくとも前記他相推定温度を更新してもよい。

20

【0018】

この構成により、コイルセンサ温度と他相コイルの温度に乖離があるとき、制御部は、他相推定温度を更新し、更新後の他相推定温度に応じて、モータトルクを制御することができる。このため、モータロック状態から通常状態への復帰過程において、推定精度が高い他相推定温度を用いてモータトルクを制御するので、他相推定温度が他相コイルの熱許容限界温度を超えないうちにモータトルクを制限することができる。その結果、モータトルクが低下することにより、他相コイルの温度も熱許容限界温度を超えないようにすることができるため、他相コイルに熱による悪影響が発生することを防止することができる。一方、他相推定温度が他相コイルの熱許容限界温度に近づくまでモータトルクを維持することができる。その結果、熱許容限界温度に近づくまでモータトルクを維持することができ、ドライバの意図しないトルク抜けをできるだけ回避することができる。

30

【0019】

上記の車両駆動用モータの制御システムにおいて、前記特定相の推定温度と前記コイルセンサ温度との比較結果を用いて、更新後の前記他相推定温度を補正してもよい。

【0020】

この構成により、特定相の推定温度と実際の特定相コイルの温度との比較結果を用いて更新後の他相推定温度を補正することができるので、更新後の他相推定温度の精度を向上させることができる。

【0021】

上記の車両駆動用モータの制御システムにおいて、前記制御部は、前記代表推定温度、または前記他相推定温度が前記閾値温度以下の場合、直近の前記モータロック状態の継続時間に比べて前記直近のモータロック状態が解除された時からの経過時間が短いほど、前記モータトルクを低減させてもよい。

40

【0022】

直近のモータロック状態の継続時間に比べて直近のモータロック状態が解除された時からの経過時間が短いほど、他相推定温度とコイルセンサ温度との乖離があることが予想される。そのため、その分、モータトルクの低減量を大きくすることにより、他相コイルに流れる電流が小さくすることができる。その結果、他相推定温度がコイルの熱許容限界温度を超えないようにすることができるので、コイルに熱による悪影響が発生することを回避することができる。

50

【 0 0 2 3 】

上記の車両駆動用モータの制御システムにおいて、前記制御部は、前記モータトルクの制限を緩和する場合に、前記現在のモータロック状態の継続時間が長いほど前記モータトルクを低減してもよい。

【 0 0 2 4 】

この構成により、現在のモータロック状態の継続時間が長いほど、他相推定温度とコイルセンサ温度との乖離が大きいことを予想されるので、モータトルクの低減量を大きくすることにより、他相コイルに流れる電流を小さくすることができる。このため、他相推定温度がコイルの熱許容限界温度を超えないようにすることができるので、コイルに熱による悪影響が発生することを回避することができる。

10

【 0 0 2 5 】

上記の車両駆動用モータの制御システムにおいて、前記制御部は、前記代表推定温度、前記他相推定温度または前記コイルセンサ温度が前記閾値温度を超える場合、前記代表推定温度、前記他相推定温度または前記コイルセンサ温度から前記閾値温度を引いた値が大きいほど、前記モータトルクを低減させてもよい。

【 0 0 2 6 】

この構成により、これにより、代表推定温度、他相推定温度またはコイルセンサ温度が閾値温度を超えて温度が高くなるほど、モータトルクが低減するので、他相推定温度がコイルの熱許容限界温度を超えないようにすることができるので、他相コイルに熱による悪影響が発生することを回避することができる。

20

【 発明の効果 】

【 0 0 2 7 】

本発明の一態様によれば、各時点におけるモータトルクと電流分配状態の組に応じて他相コイルの単位時間あたりの上昇温度が決定されるので、各時点における他相コイルの単位時間あたりの上昇温度の積算値を用いて決定された他相推定温度の推定精度を高くすることができる。このため、推定精度が高い他相推定温度を用いてモータトルクを制御するので、他相推定温度が他相コイルの熱許容限界温度を超えないうちにモータトルクを制限することができる。その結果、モータトルクが低下することにより、他相コイルの温度も熱許容限界温度を超えないようにすることができるため、他相コイルに熱による悪影響が発生することを防止することができる。一方、他相推定温度が他相コイルの熱許容限界温度に近づくまでモータトルクを維持することができるので、ドライバの意図しないトルク抜けをできるだけ回避することができる。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 8 】

【 図 1 】 第 1 の実施形態におけるハイブリッド車両の概略構成を示す図である。

【 図 2 】 第 1 の実施形態におけるモータの概略構成を示す図である。

【 図 3 】 第 1 の実施形態に係る制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【 図 4 】 各相のコイルに供給される交流電流の振幅と電気角の関係を示すグラフである。

【 図 5 】 電気角毎の通電パターンを示す図である。

【 図 6 】 第 1 の実施形態におけるモータ制御の処理の一例を示すフローチャートである。

40

【 図 7 】 第 2 の実施形態におけるモータ制御の処理の一例を示すフローチャートである。

【 図 8 】 判定対象温度とモータトルクとの関係の一例を示す図である。

【 図 9 】 時間カウンタとトルク制限緩和度との関係の一例を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 9 】

(第 1 の実施形態)

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。まず、図 1 を用いて第 1 の実施形態におけるハイブリッド車両の構成について説明する。第 1 の実施形態におけるハイブリッド車両の概略構成を示す図である。図 1 に示すように、ハイブリッド車両 M は、エンジン 2 と、クラッチ 5 と、左右の車輪 4 と、自動変速機 6 と、デフ 7 と、第 2 クラッ

50

チ 8 と、車両駆動用モータの制御システム 100 とを備える。車両駆動用モータの制御システム 100 は、制御装置 1 と、モータ 3 と、インバータ 9 と、バッテリー 10 とを備える。

【0030】

図 1 に示すように、ハイブリッド車両 M は、エンジン 2 とモータ 3 とを備えており、その一方または双方を車輪 4 の駆動力源として用いる車両である。エンジン 2 には、クラッチ 5 を介して自動変速機 6 が連結されており、自動変速機 6 からの出力は、デファレンシャルギア装置（デフ）7 を介して、左右の車輪 4 に分配して伝達される。また、自動変速機 6 には、第 2 クラッチ 8 を介してモータ 3 も連結されている。また、モータ 3 は、インバータ 9 を介してバッテリー 10 に電氣的に接続されている。

10

【0031】

エンジン 2 は、機関内部における燃料の燃焼により駆動されて動力を取り出す装置であり、例えば、ガソリンエンジンやディーゼルエンジンなどの公知の各種エンジンを用いることができる。

【0032】

クラッチ 5 は、エンジン 2 と自動変速機 6 との間に設けられ、エンジン 2 と自動変速機 6 との間の駆動力の伝達及び遮断を切替可能な摩擦係合装置である。また、第 2 クラッチ 8 は、モータ 3 と自動変速機 6 との間に設けられ、モータ 3 と自動変速機 6 との間の駆動力の伝達及び遮断を切替可能な摩擦係合装置である。この場合、クラッチ 5 および第 2 クラッチ 8 が、エンジン 2 とモータ 3 との間に設けられており、エンジン 2 とモータ 3 との間の駆動力の伝達及び遮断を切替可能な摩擦係合装置を構成しているともいえる。クラッチ 5、第 2 クラッチ 8 は、供給油圧を制御することにより、その伝達トルク容量の増減を連続的に制御することが可能とされている。クラッチ 5、第 2 クラッチ 8 として、例えばドグクラッチを用いることができる。

20

【0033】

モータ 3 は、電力の供給を受けて動力を発生するモータ（電動機）としての機能と、動力の供給を受けて電力を発生するジェネレータ（発電機）としての機能を備えている。モータ 3 は、バッテリー 10 から電力の供給を受けて力行し、エンジン 2 が出力するトルクや車両の慣性力により発電した電力をバッテリー 10 に供給してバッテリー 10 を蓄電させる。なお、バッテリー 10 は、キャパシタ等の他の蓄電装置であってもよい。

30

【0034】

モータ 3 は、三相交流モータであり、図 1 に示すようにロータ 31 とステータ 32 と回転角センサ 33 とを有している。図 2 は、第 1 の実施形態におけるモータの概略構成を示す図である。図 2 に示すように、モータ 3 は、更に、温度センサ 34、電流センサ 35 U、35 V、35 W を有する。ロータ 31 は、第 2 クラッチ 8 と接続されており、ステータ 32 から発生された磁力に応じて回転する。ステータ 32 は、ロータ 31 を回転させるための力を発生させる。ステータ 32 は、U 相コイル 32 U、V 相コイル 32 V、W 相コイル 32 W を有し、U 相コイル 32 U、V 相コイル 32 V、W 相コイル 32 W にインバータから互いに 120 度ずつ位相が異なる交流電流がインバータ 9 から供給される。これにより、ロータ 31 を回転させるための磁力を発生させることができる。

40

【0035】

回転角センサ 33 は、ロータ 31 の回転角を検出し、検出した回転角を示す回転角信号を制御装置 1 へ出力する。温度センサ 34 は、コイル温度検出部の一例であり、一例として V 相コイル 32 V の近傍に設置されている。温度センサ 34 は、三相コイルのうち特定相（ここでは一例として V 相）のコイルの温度をコイルセンサ温度として検出し、検出したコイルセンサ温度を示すコイルセンサ温度信号を制御装置 1 へ出力する。電流センサ 35 U、35 V、35 W は、それぞれ U 相コイル 32 U、V 相コイル 32 V、W 相コイル 32 W に流れる電流を検出し、検出した電流を示す電流信号を制御装置へ出力する。

【0036】

制御装置 1 は、エンジン 2、モータ 3、クラッチ 5、自動変速機 6、インバータ 9 など

50

を制御する。図3を用いて第1の実施形態に係る制御装置1の概略構成について説明する。図3は、第1の実施形態に係る制御装置1の概略構成を示すブロック図である。図3に示すように、制御装置1は、車両M全体を制御するハイブリッド制御部11と、クラッチ5を制御するクラッチ制御部12と、自動変速機6を制御する変速機制御部13、エンジン2を制御するエンジン制御部14と、モータ3、インバータ9およびバッテリー10を制御するモータ制御部15とを備える。

【0037】

ハイブリッド制御部11は、ドライバのアクセルペダル(不図示)の操作に基づくアクセルのアクセル開度に基づいて、ドライバが要求するドライバ要求トルクを演算する。ハイブリッド制御部11は、ドライバ要求トルクと、バッテリー10の充電状態や車両Mの速度等の情報に基づいて、モータ3が出力することを求めるトルクである要求モータトルクを演算し、この要求モータトルクをモータ制御部15へ出力する。そして、ハイブリッド制御部11は、ドライバ要求トルクから要求モータトルクを減算して、エンジン2が出力することを求めるトルクである要求エンジントルクを演算し、この要求エンジントルクをエンジン制御部14へ出力する。エンジン制御部14は、この要求エンジントルクに応じて、エンジン2の回転数及びトルクを制御する。

10

【0038】

ハイブリッド制御部11は、スロットルバルブ開度と車速を用いて、スロットル開度と車速との関係を表した変速線を越えたと判断した場合、あるいは、運転者が不図示のシフトレバーを操作した場合、変速段の変更を要求する「変速要求」を変速機制御部13に出力する。変速機制御部13は、この変速要求に応じて、変速段を変更する。

20

【0039】

クラッチ制御部12は、クラッチ5の切断/接続を制御する機能を備えている。クラッチ制御部12は例えば、車両1が停車状態になったときに、エンジン2とモータ3から車輪4への動力伝達を遮断する要求であるクラッチ切断要求をクラッチ5へ送る。このクラッチ切断要求に応じて、クラッチ5が切断する。一方、クラッチ制御部12は例えば、エンジン2の回転数が所定の回転数まで上昇し、かつ、モータ3の回転数が所定の回転数まで上昇した後に、エンジン2から自動変速機6への動力伝達を可能にする要求であるクラッチ接続要求をクラッチ5へ送る。このクラッチ接続要求に応じて、クラッチ5が継合する。

30

【0040】

モータ制御部15は、ハイブリッド制御部11から入力された要求モータトルクに応じて、モータ3を制御する。ここで、モータ制御部15は、記憶部151、モータ回転数取得部152、コイルセンサ温度取得部153、前回推定温度取得部154、モータトルク取得部155、電流分配状態取得部156、及びモータトルク制御部157を備える。

【0041】

記憶部151には、各相のモータ温度の初期値が記憶されている。また、記憶部151には、モータトルク制御部157によって各相のコイルの推定温度が決定される毎に、各相の前回推定温度が、対応する決定後のコイルの推定温度で更新され、更新された各相の前回推定温度で記憶部151に記憶された各相の前回推定温度情報が更新される。モータ回転数取得部152は、回転角センサ33から取得した回転角信号が示す回転角を用いて、モータ3の回転数(以下、モータ回転数という)を決定する。これにより、モータ回転数取得部152は、モータ回転数を示すモータ回転数情報を取得する。コイルセンサ温度取得部153は、温度センサ34からコイルセンサ温度信号から、コイルセンサ温度を示すコイルセンサ温度情報を取得する。

40

【0042】

前回推定温度取得部154は、前回推定温度を示す前回推定温度情報を記憶部151から読み出す。モータトルク取得部155は、三相交流モータが出力するモータトルクを取得する。本実施形態ではその一例として、ハイブリッド制御部11から入力された要求モータトルクを、三相交流モータが出力するモータトルクとして取得する。電流分配状態取

50

得部 1 5 6 は、三相コイル（すなわち U 相コイル 3 2 U、V 相コイル 3 2 V、W 相コイル 3 2 W）への電流分配状態を取得する。本実施形態ではその一例として、三相交流モータのステータ 3 2 の三相コイル（すなわち U 相コイル 3 2 U、V 相コイル 3 2 V、W 相コイル 3 2 W）に流れる交流電流の電気角を取得する。

【 0 0 4 3 】

モータトルク制御部 1 5 7 は、制御部の一例であり、モータ 3 が出力するモータトルクを制御する。例えば、モータトルク制御部 1 5 7 は、三相交流モータであるモータ 3 がモータロック状態であるか否か判定し、モータロック状態である場合、三相コイルのうち特定相コイル以外の他相コイルの推定温度である他相推定温度を少なくとも用いて、モータトルクを制御する。ここで、本実施形態におけるモータロック状態とは一例として、モータトルク（ここでは一例として要求モータトルク）が閾値トルク以上であるにも関わらず、モータ回転数が閾値回転数以下の場合である。この状態では、モータトルクが大きいにも関わらずモータ回転数が小さくなり、ドライバがアクセルを踏み込んでもモータのロータ 3 1 があまり回転しない状態である。例えば、モータトルク制御部 1 5 7 は、コイルセンサ温度と、他相推定温度を前回取得してから現在までの各時点における他相コイルの単位時間あたりの上昇温度の積算値とを用いて、他相推定温度を更新する。ここで、各時点における他相コイルの単位時間あたりの上昇温度は、各時点におけるモータトルクと電流分配状態の組に応じてモータトルク制御部 1 5 7 により決定される。

【 0 0 4 4 】

図 4 は、各相のコイルに供給される交流電流の振幅と電気角の関係を示すグラフである。図 4 は、正弦波 PWM（Pulse Width Modulation）制御でモータを九層制御したときに、U 相、V 相、W 相の各相のコイルに流れる交流電流（以下、それぞれ U 相電流、V 相電流、W 相電流）の波形を重ねて表記したグラフである。横軸は、電流位相を表すことができる電気角（deg）で、縦軸は電流振幅（A）であって、横軸の電流振幅が 0 の直線である。図 4 に示すように、各相のコイルの電流に位相は、波形一周期を 3 6 0 度としたときに互いに 1 2 0 度ずつ異なっている。

【 0 0 4 5 】

図 5 は、電気角毎の通電パターンを示す図である。図 5 に示す各コイル結線図において、矢印の向きに交流電流が流ることが示されている。このように、電気角毎に、各相に流れる電流が異なるので、各相で発熱量が異なり、各相で温度上昇が異なる。本実施形態では一例として、モータトルクのデータと単位時間あたりの上昇温度とのデータとの組が格納されたテーブルが所定の刻みの電気角毎及び相毎（U 相、V 相、W 相それぞれ毎）に記憶部 1 5 1 に記憶されている。但し、一例として、各電気角において、U 相、V 相、W 相のテーブルのうちいずれかが二つが共通する場合、共通するテーブル一つのみが記憶される。例えば、電気角 0 度の場合 V 相と W 相のテーブルは同じになるので、電気角 0 度については V 相と W 相の共通のテーブルと、U 相のテーブルが記憶されるものとする。この場合、モータトルク制御部 1 5 7 は、各時点における電気角に対応する U 相、V 相、W 相のテーブルを参照することにより、各時点における電気角とモータトルクから、U 相コイルの単位時間あたりの上昇温度、V 相コイルの単位時間あたりの上昇温度、W 相コイルの単位時間あたりの上昇温度を取得することができる。

【 0 0 4 6 】

以上の構成を有する車両駆動用モータの制御システムについて、その動作を図 6 を用いて説明する。図 6 は、第 1 の実施形態におけるモータ制御の処理の一例を示すフローチャートである。

【 0 0 4 7 】

（ステップ S 1 0）まず、モータ制御部 1 5 のモータ回転数取得部 1 5 2 は、モータ回転数情報を取得する。

【 0 0 4 8 】

（ステップ S 1 1）次に、モータ制御部 1 5 のコイルセンサ温度取得部 1 5 3 は、コイルセンサ温度情報を取得する。コイルセンサ温度情報は、コイルセンサ温度 T s e n s o

10

20

30

40

50

rを表す。

【0049】

(ステップS12)次に、モータ制御部15の前回推定温度取得部154は、前回推定温度情報を取得する。ここで、前回推定温度情報には、U相の前回推定温度 T_{0u} 、V相の前回推定温度 T_{0v} 、W相の前回推定温度 T_{0w} 、前回の代表推定温度 T_0 が含まれる。ここで、本実施形態では一例として、前回の代表推定温度 T_0 は、U相の前回推定温度 T_{0u} 、V相の前回推定温度 T_{0v} 、W相の前回推定温度 T_{0w} の最大値である。

なお、前回の代表推定温度 T_0 は、U相の前回推定温度 T_{0u} 、V相の前回推定温度 T_{0v} 、W相の前回推定温度 T_{0w} の最大値に限らず、中央値、平均値、最小値など、U相の前回推定温度 T_{0u} 、V相の前回推定温度 T_{0v} 、W相の前回推定温度 T_{0w} を代表する代表値であればよい。

10

【0050】

(ステップS13)次に、モータトルク取得部155は、要求モータトルク情報を取得する。要求モータトルク情報を要求モータトルクを表す。

【0051】

(ステップS14)次に、電流分配状態取得部156は、モータ位相情報を取得する。モータ位相情報は、電流位相を表す電気角を示す。ここで、電気角は、電流センサ35U、35V、35Wから得られた電流信号が表す各相の電流によって決定されてもよいし、回転角センサ33から得られた回転角から決定されてもよい。

【0052】

20

これ以降の処理は、モータ制御部15のモータトルク取得部155が実行する。

(ステップS20)モータトルク制御部157は、モータトルク及びモータ回転数のうち少なくとも一つを用いて、モータロック状態が否か判定する。本実施形態ではその一例として、モータトルク制御部157は、モータトルク(ここでは一例として要求モータトルク)が閾値トルク以上で且つモータ回転数が閾値回転数以下であるか否か判定する。モータトルク制御部157は、モータ回転数が閾値回転数以下でモータトルクが閾値トルク以上であるならば、モータトルクが大きいものにも関わらずモータ回転数が小さいので、モータロック状態であると判定し、処理がステップS21に進む。一方、モータトルク制御部157は、モータ回転数が閾値回転数以下でない、もしくはモータトルクが閾値トルク以上でないならば、モータロック状態でないとして判定し、処理がステップS22に進む。

30

【0053】

以下、ステップS20でモータロック状態であると判定されたものとして説明する。

(ステップS21)ステップS20でモータロック状態であると判定された場合、モータトルク制御部157は、所定の回転数を連続して超えた時間をカウントする時間カウンタをクリアする(すなわち0にする)。

【0054】

(ステップS31)そして、モータトルク制御部157は、U相の前回推定温度 T_{0u} を前回取得してから現在までの各時点において、テーブルを参照してその時点におけるモータトルクと電気角との組に対応するU相コイル32Uの単位時間あたりの上昇温度を取得し、取得した上昇温度を積算してU相の積算値 T_{1u} を決定する。これにより、各時点におけるU相コイル32Uの単位時間あたりの上昇温度は、各時点におけるモータトルクと電流分配状態の組に応じて決定されるので、U相コイル32Uの単位時間あたりの上昇温度を積算することにより、U相コイル32Uの温度の推定精度を高くすることができる。

40

同様にして、モータトルク制御部157は、V相の前回推定温度 T_{0v} を前回取得してから現在までの各時点において、テーブルを参照してその時点におけるモータトルクと電気角との組に対応するV相コイル32Vの単位時間あたりの上昇温度を取得し、取得した上昇温度を積算してV相の積算値 T_{1v} を決定する。これにより、各時点におけるV相コイル32Vの単位時間あたりの上昇温度は、各時点におけるモータトルクと電流分配状態の組に応じて決定されるので、V相コイル32Vの単位時間あたりの上昇温度を積算する

50

ことにより、V相コイル32Vの温度の推定精度を高くすることができる。

同様にして、モータトルク制御部157は、W相の前回推定温度 T_{0w} を前回取得してから現在までの各時点において、テーブルを参照してその時点におけるモータトルクと電気角との組に対応するW相コイル32Wの単位時間あたりの上昇温度を取得し、取得した上昇温度を積算してW相の積算値 T_{1w} を決定する。これにより、各時点におけるW相コイル32Wの単位時間あたりの上昇温度は、各時点におけるモータトルクと電流分配状態の組に応じて決定されるので、W相コイル32Wの単位時間あたりの上昇温度を積算することにより、W相コイル32Wの温度の推定精度を高くすることができる。

そして、モータトルク制御部157は、U相の前回推定温度 T_{0u} とU相の積算値 T_{1u} との和を、U相の推定温度 T_{2u} ($= T_{0u} + T_{1u}$) に決定する。

10

同様にして、モータトルク制御部157は、V相の前回推定温度 T_{0v} とV相の積算値 T_{1v} との和を、V相の推定温度 T_{2v} ($= T_{0v} + T_{1v}$) に決定する。

同様にして、モータトルク制御部157は、W相の前回推定温度 T_{0w} とW相の積算値 T_{1w} との和を、W相の推定温度 T_{2w} ($= T_{0w} + T_{1w}$) に決定する。

【0055】

(ステップS32)次に、本実施形態では、温度センサ34が一例としてV相コイル32Vの温度をコイルセンサ温度として検出しているので、モータトルク制御部157は、コイルセンサ温度 T_{sensor} を、補正後のV相の推定温度 T_{3v} に決定する。

モータトルク制御部157は、U相の推定温度 T_{2u} から、V相の推定温度 T_{2v} とコイルセンサ温度 T_{sensor} との差($T_{2v} - T_{sensor}$)を引いた温度を、補正後のU相の推定温度 T_{3u} ($= T_{2u} - (T_{2v} - T_{sensor})$) に決定する。

20

同様にして、モータトルク制御部157は、W相の推定温度 T_{2w} から、V相の推定温度 T_{2v} とコイルセンサ温度 T_{sensor} との差($T_{2v} - T_{sensor}$)を引いた温度を、補正後のW相の推定温度 T_{3w} ($= T_{2w} - (T_{2v} - T_{sensor})$) に決定する。

【0056】

このように、モータトルク制御部157は特定相の推定温度(ここではV相の推定温度 T_{2v})とコイルセンサ温度 T_{sensor} との比較結果を用いて、更新後の他相推定温度を補正する。これにより、特定相の推定温度と実際の特定相コイルの温度との比較結果を用いて更新後の他相推定温度を補正することができるので、更新後の他相推定温度の精度を向上させることができる。

30

【0057】

(ステップS33)続いて、モータトルク制御部157は、補正後のU相の推定温度 T_{3u} で、U相の前回推定温度 T_{0u} を更新する。同様に、モータトルク制御部157は、補正後のV相の推定温度 T_{3v} で、V相の前回推定温度 T_{0v} を更新する。同様に、モータトルク制御部157は、補正後のW相の推定温度 T_{3w} で、W相の前回推定温度 T_{0w} を更新する。

【0058】

(ステップS35)次に、モータトルク制御部157は、U相の前回推定温度 T_{0u} 、V相の前回推定温度 T_{0v} 、W相の前回推定温度 T_{0w} 、及びコイルセンサ温度 T_{sensor} のうちの最大値を、代表推定温度 T_4 に決定する。

40

【0059】

(ステップS40)次に、モータトルク制御部157は、代表推定温度 T_4 が閾値温度 T_{th} より高いか否かが判定する。

【0060】

(ステップS41)ステップS40で代表推定温度 T_4 が閾値温度 T_{th} より高いと判定された場合(ステップS40 YES)、モータトルク制御部157は、モータトルクを低下させるようモータ3を制御する。閾値温度 T_{th} は例えば、コイルの熱許容限界温度 T_{max} から所定のマージン温度を引いた温度である。これにより、他相推定温度を用いて決定された代表推定温度 T_4 が閾値温度 T_{th} より高いときに、モータトルクを低下

50

させるようにすることにより、モータトルクが変動したり各相のコイルへの電流分配状態が変動したりしても、他相コイルの温度も熱許容限界温度を超えないようにすることができるので、他相コイルに熱による悪影響が発生することを回避することができる。

【 0 0 6 1 】

このように、モータトルク制御部 1 5 7 は、他相推定温度を用いて決定された代表推定温度 T_4 が閾値温度 T_{th} を超えるか否か判定し、閾値温度 T_{th} を超える場合、モータトルクを制限する。これにより、各時点におけるモータトルクと電流分配状態との組に応じて決定される、他相コイルの単位時間あたりの上昇温度を積算することにより、他相推定温度の推定精度を高くすることができる。そして、他相推定温度を用いて決定された代表推定温度 T_4 が閾値温度 T_{th} より高いときに、モータトルクを低下させるようにする

10

【 0 0 6 2 】

(ステップ S 4 2) ステップ S 4 0 で代表推定温度 T_4 が閾値温度 T_{th} 以下と判定された場合 (ステップ S 4 0 NO)、モータトルク制御部 1 5 7 は、モータトルクを維持するようモータ 3 を制御する。これにより、代表推定温度 T_4 が熱許容限界温度に近づくまで連続通電してモータトルクを維持することができ、ドライバの意図しないトルク抜けをできるだけ回避することができる。

【 0 0 6 3 】

続いて、ステップ S 2 0 でモータロック状態でないとして判定された場合の処理について以下、説明する。

20

(ステップ S 2 2) ステップ S 2 0 でモータロック状態でないとして判定された場合、モータトルク制御部 1 5 7 は、所定の回転数を連続して超えた時間をカウントする上記時間カウンタのカウントを開始し、処理がステップ S 3 0 に進む。

【 0 0 6 4 】

(ステップ S 3 0) ステップ S 3 0 において、モータトルク制御部 1 5 7 は、モータロック状態から通常状態へ復帰していないことを判定するため未復帰条件を満たすか否か判定する。本実施形態に係る未復帰条件は一例として、コイルセンサ温度 T_{sensor} と前回の代表推定温度 T_0 の差分が閾値差 Y 以上で、且つ時間カウンタが閾値時間 Z 以下という条件である。未復帰条件を満たす場合、他相コイルの温度はコイルセンサ温度と乖離がある

30

があるので、処理がステップ S 3 1 に進んで推定温度が決定され、ステップ S 4 0 において、二つの他相推定温度とコイルセンサ温度とを用いて決定された代表推定温度が閾値温度より高いか否かの判定が実行される。

一方、未復帰条件を満たさない場合、いずれのコイルの温度もコイルセンサ温度と乖離が少ないので、処理がステップ S 3 4 に進み、ステップ S 4 0 において、コイルセンサ温度が閾値温度より高いか否かの判定が実行される。

【 0 0 6 5 】

ステップ S 3 0 において、具体的には例えば、モータトルク制御部 1 5 7 は、コイルセンサ温度 T_{sensor} と前回の代表推定温度 T_0 の差分が閾値差 Y 以上であるか否か、または時間カウンタが閾値時間 Z 以下であるか否か判定する。コイルセンサ温度 T_{sensor} と前回の代表推定温度 T_0 の差分が閾値差 Y 以上の場合には、他相コイルの温度はコイルセンサ温度 T_{sensor} から未だ乖離があるため、ステップ S 4 0 で補正後の推定温度に基づく代表推定温度で判定を行うため、モータトルク制御部 1 5 7 は、ステップ S 3 1 に進み、上述したように推定温度を決定する。

40

また、時間カウンタが閾値時間 Z 以下である場合、モータロック状態からロータ 3 1 が回り始めたばかりであるので、他相コイルの温度はコイルセンサ温度 T_{sensor} から未だ乖離があるため、ステップ S 4 0 で補正後の推定温度に基づく代表推定温度で判定を行うため、モータトルク制御部 1 5 7 は、ステップ S 3 1 に進み、上述したように推定温度を決定する。

【 0 0 6 6 】

50

このように、モータトルク制御部 157 は、前回更新された他相推定温度を用いて決定された前回の代表推定温度とコイルセンサ温度との差分が閾値を超えるか否か、またはモータ 3 の回転数が所定の回転数を連続して超えた時間が閾値時間以下であるか否か判定し、閾値を超えるまたは閾値時間以下であると判定された場合、少なくとも他相推定温度を更新する。これにより、コイルセンサ温度と他相コイルの温度に乖離があるとき、またはモータロック状態が解除されて回り始めたばかりのときにおいて、モータトルク制御部 157 は、他相推定温度を更新し、更新後の他相推定温度に応じて、モータトルクを制御することができる。このため、モータロック状態から通常状態への復帰過程において、推定精度が高い他相推定温度を用いてモータトルクを制御するので、他相推定温度が他相コイルの熱許容限界温度を超えないうちにモータトルクを制限することができる。その結果、モータトルクが低下することにより、他相コイルの温度も熱許容限界温度を超えないようにすることができるため、他相コイルに熱による悪影響が発生することを防止することができる。一方、他相推定温度が他相コイルの熱許容限界温度に近づくまでモータトルクを維持することができる。その結果、熱許容限界温度に近づくまでモータトルクを維持することができ、ドライバの意図しないトルク抜けをできるだけ回避することができる。

10

【0067】

一方、ステップ S30 においてコイルセンサ温度 T_{sensor} と前回の代表推定温度 T_0 の差分が閾値差 γ を越えない場合、他相コイルの温度はコイルセンサ温度 T_{sensor} からあまり乖離がないと予想されるため、モータトルク制御部 157 は、ステップ S34 に進む。また、ステップ S30 において時間カウンタが閾値時間 Z 以下でない場合、モータロック状態からロータ 31 が回り始めてから時間が経過したため、他相コイルの温度はコイルセンサ温度 T_{sensor} とあまり乖離がないと予想されるため、モータトルク制御部 157 は、ステップ S34 に進む。

20

【0068】

これらの場合、ステップ S34 において、モータトルク制御部 157 は、U 相の前回推定温度 T_{0u} 、V 相の前回推定温度 T_{0v} 、および W 相の前回推定温度 T_{0w} を全てコイルセンサ温度 T_{sensor} ($T_{0u} = T_{0v} = T_{0w} = T_{\text{sensor}}$) に決定し、処理がステップ S35 に進む。そして、ステップ S35 において、モータトルク制御部 157 は、代表推定温度 T_4 をコイルセンサ温度 T_{sensor} に決定し、ステップ S40 において、代表推定温度 T_4 が閾値温度 T_{th} より高いか否か判定する。

30

ステップ S40 で代表推定温度 T_4 が閾値温度 T_{th} より高いと判定された場合（ステップ S40 YES）、モータトルク制御部 157 は、モータトルクを低下させるようモータ 3 を制御する。これにより、モータトルクが低下するので、いずれの相のコイルの温度も熱許容限界温度を超えないようにすることができる。

【0069】

一方、ステップ S40 で代表推定温度 T_4 が閾値温度 T_{th} 以下と判定された場合（ステップ S40 NO）、モータトルク制御部 157 は、モータトルクを維持するようモータ 3 を制御する。これにより、いずれの相のコイルの温度が熱許容限界温度を近づくまでモータトルクを維持することができ、ドライバの意図しないトルク抜けをできるだけ回避することができる。

40

【0070】

なお、図 6 のステップ S40 では、代表推定温度が閾値判定温度を超えるか否か判定したが、これに限らず、他相推定温度またはコイルセンサ温度が閾値判定温度を超えるか否か判定してもよい。

【0071】

以上、第 1 の実施形態に係る車両駆動用モータの制御システム 100 において、モータトルク取得部 155 は、三相交流モータであるモータ 3 が出力するモータトルクを取得する。電流分配状態取得部 156 は、モータ 3 のステータ 32 の各相のコイルへの電流分配状態を取得する。温度センサ 34 は、三相コイルのうち特定相コイルの温度をコイルセンサ温度として検出する。モータトルク制御部 157 は、コイルセンサ温度と、他相コイル

50

の各時点における単位時間あたりの上昇温度の積算値とを用いて、他相コイルの推定温度である他相推定温度を更新し、他相推定温度を少なくとも用いて、モータトルクを制御する。ここで、各時点における他相コイルの単位時間あたりの上昇温度は、各時点におけるモータトルクと電流分配状態の組に応じてモータトルク制御部 157 により決定される。

【0072】

これにより、各時点におけるモータトルクと電流分配状態の組に応じて他相コイルの単位時間あたりの上昇温度が決定されるので、各時点における他相コイルの単位時間あたりの上昇温度の積算値を用いて決定された他相推定温度の推定精度を高くすることができる。このため、推定精度が高い他相推定温度を用いてモータトルクを制御するので、他相推定温度が他相コイルの熱許容限界温度を超えないうちにモータトルクを制限することができる。その結果、モータトルクが低下することにより、他相コイルの温度も熱許容限界温度を超えないようにすることができるため、他相コイルに熱による悪影響が発生することを防止することができる。一方、他相推定温度が他相コイルの熱許容限界温度に近づくまでモータトルクを維持することができる。その結果、熱許容限界温度に近づくまでモータトルクを維持することができ、ドライバの意図しないトルク抜けをできるだけ回避することができる。

10

【0073】

(第2の実施形態)

続いて、第2の実施形態について説明する。第1の実施形態では、代表推定温度 T_4 が閾値温度 T_{th} 以下の場合、モータトルクを維持した。それに対して、第2の実施形態では、代表推定温度 T_4 が閾値温度 T_{th} 以下の場合において、直近のモータロック状態から解除された時からの経過時間に応じて、モータトルクの制限を緩和する。なお、第2の実施形態における車両駆動用モータの制御システム 100 の構成は、第1の実施形態における車両駆動用モータの制御システム 100 の構成と同様であるので、その説明を省略する。

20

【0074】

続いて、第2の実施形態におけるモータ制御の動作について図7を用いて説明する。図7は、第2の実施形態におけるモータ制御の処理の一例を示すフローチャートである。ステップ $S50 \sim S54$ は、図6のステップ $S10 \sim S14$ と同一であるので、その説明を省略する。

30

【0075】

(ステップ $S62$) モータトルク制御部 157 は、図6のステップ $S20$ と同様にモータロック状態か否かが判定する。具体的には例えば、モータトルク制御部 157 は、モータロック状態か否かが判定する。具体的には例えば、モータトルク制御部 157 は、モータトルク(ここでは一例として要求モータトルク)が閾値トルク以上で且つモータ回転数が閾値回転数以下であるか否かが判定する。モータトルク制御部 157 は、モータ回転数が閾値回転数以下でモータトルクが閾値トルク以上であるならば、モータトルクが大きいものにも関わらずモータ回転数が小さいので、モータロック状態であると判定し、処理がステップ $S64$ に進む。一方、モータトルク制御部 157 は、モータ回転数が閾値回転数以下でない場合、もしくはモータトルクが閾値トルク以上でない場合、モータロック状態でないと判定し、処理がステップ $S63$ に進む。

40

【0076】

以下、ステップ $S62$ でモータロック状態であると判定されたものとして説明する。

(ステップ $S64$) ステップ $S62$ でモータロック状態であると判定された場合、モータトルク制御部 157 は、時間カウンタをカウントアップする。このようにすることで、時間カウンタの値をモータロック状態が維持されるサイクル数とすることができるので、時間カウンタの値がモータロック状態の継続時間を意味するようになる。

【0077】

(ステップ $S66$) そして、図6のステップ $S31$ と同様に、モータトルク制御部 157 は、U相の前回推定温度 T_{0u} を前回取得してから現在までの各時点において、テーブ

50

ルを参照して、その時点におけるモータトルクと電気角との組に対応するU相コイル32Uの単位時間あたりの上昇温度を取得し、取得した上昇温度を積算してU相の積算値 T_{1u} を決定する。同様にして、モータトルク制御部157は、V相の前回推定温度 T_{0v} を前回取得してから現在までの各時点において、テーブルを参照してその時点におけるモータトルクと電気角との組に対応するV相コイル32Vの単位時間あたりの上昇温度を取得し、取得した上昇温度を積算してV相の積算値 T_{1v} を決定する。同様にして、モータトルク制御部157は、W相の前回推定温度 T_{0w} を前回取得してから現在までの各時点において、テーブルを参照してその時点におけるモータトルクと電気角との組に対応するW相コイル32Wの単位時間あたりの上昇温度を取得し、取得した上昇温度を積算してW相の積算値 T_{1w} を決定する。

10

そして、モータトルク制御部157は、U相の前回推定温度 T_{0u} とU相の積算値 T_{1u} との和を、U相の推定温度 $T_{2u} (= T_{0u} + T_{1u})$ に決定する。同様にして、モータトルク制御部157は、V相の前回推定温度 T_{0v} とV相の積算値 T_{1v} との和を、V相の推定温度 $T_{2v} (= T_{0v} + T_{1v})$ に決定する。同様にして、モータトルク制御部157は、W相の前回推定温度 T_{0w} とW相の積算値 T_{1w} との和を、W相の推定温度 $T_{2w} (= T_{0w} + T_{1w})$ に決定する。

【0078】

(ステップS67)次に、モータトルク制御部157は、各相の推定温度を、対応する判定対象温度に決定する。これにより、U相の判定対象温度 $T_{5u} (= T_{2u})$ とV相の判定対象温度 $T_{5v} (= T_{2v})$ 、W相の判定対象温度 $T_{5w} (= T_{2w})$ が決定される。

20

【0079】

(ステップS69)次に、モータトルク制御部157は、U相の前回推定温度 T_{0u} をU相の推定温度 T_{2u} で更新し、V相の前回推定温度 T_{0v} をV相の推定温度 T_{2v} で更新し、W相の前回推定温度 T_{0w} をW相の推定温度 T_{2w} で更新する。

【0080】

(ステップS70)次に、モータトルク制御部157は、全ての相の判定対象温度(T_{5u} 、 T_{5v} または T_{5w})が閾値温度 T_{th} を超えるか否か判定する。

【0081】

(ステップS71)ステップS70で全ての相の判定対象温度(T_{5u} 、 T_{5v} または T_{5w})が閾値温度 T_{th} を超えると判定された場合、モータトルク制御部157は、図8に示すような判定対象温度とモータトルクとの関係になるよう、例えば、最も温度が高い相の判定対象温度から閾値温度 T_{th} を引いた値が大きいくほど、モータトルクを低減させる。ここで、最も温度が高い相の判定対象温度は、三相の推定温度を代表する代表推定温度の一例である。これにより、最も温度が高い相の判定対象温度が閾値温度 T_{th} を超えて温度が高くなるほど、モータトルクが低減するので、最も温度が高い相の判定対象温度がコイルの熱許容限界温度 T_{max} を超えないようにすることができるので、他相コイルに熱による悪影響が発生することを回避することができる。

30

【0082】

図8は、判定対象温度とモータトルクとの関係の一例を示す図である。図8において、図8に示すように、判定対象温度が閾値温度 T_{th} のときに、最大モータトルク T_{rq_max} であり、判定対象温度が閾値温度 T_{th} を超える場合、判定対象温度が大きくなるほどモータトルクが低下する。そして、判定対象温度がコイルの熱許容限界温度 T_{max} であるときにトルクが0になる。

40

【0083】

なお、本実施形態では一例として、最も温度が高い相の判定対象温度から閾値温度 T_{th} を引いた値が大きいくほどモータトルクを低減させたが、最も温度が高い相の判定対象温度に限ったものではなく、他の代表推定温度(例えば、推定温度の中央値、最小値、平均値など)、他相推定温度またはコイルセンサ温度でもよい。すなわち、モータトルク制御部157は、代表推定温度、または他相推定温度が閾値温度 T_{th} を超える場合、代表推

50

定温度、他相推定温度またはコイルセンサ温度から閾値温度を引いた値が大きいほど、モータトルクを低減させてもよい。これにより、代表推定温度、他相推定温度またはコイルセンサ温度が閾値温度 T_{th} を超えて温度が高くなるほど、モータトルクが低減するので、他相推定温度がコイルの熱許容限界温度 T_{max} を超えないようにすることができるので、他相コイルに熱による悪影響が発生することを回避することができる。

【0084】

(ステップS72) ステップS70で全ての相の判定対象温度(T_{5u} 、 T_{5v} または T_{5w})が閾値温度 T_{th} 以下と判定された場合、時間カウンタが0より大きいかが否か判定する。ここでは、仮にステップS62でモータロック状態であると判定された場合の処理であるので、時間カウンタが0より大きいので、処理がステップ73に進む。そして、

10

【0085】

図9は、時間カウンタとトルク制限緩和度の関係の一例を示す図である。時間カウンタが0の場合、トルク制限緩和度が100%であるので、モータトルクの制限をしない。時間カウンタが大きくなるほどトルク制限緩和度が下がり、モータトルクの制限が上昇する。そして、時間カウンタが予め決められたカウンタ上限値 Cnt_{max} の場合、トルク制限緩和度が下限値 $Rmin\%$ となり、モータトルクの制限が上限となる。図9に示す時間カウンタとトルク制限緩和度の関係に従って制御が行われると、現在のモータロック状態の継続時間が長いほど他相推定温度とコイルセンサ温度との乖離が大きくなるので、モータトルク制限緩和度を下がり、モータトルクが下がる。

20

【0086】

このように、モータトルク制御部157は、現在のモータロック状態の継続時間に応じて、モータトルクの低減量を変更する。具体的には、現在のモータロック状態の継続時間が長いほどモータトルクを低減させる。これにより、現在のモータロック状態の継続時間が長いほど、他相推定温度とコイルセンサ温度との乖離が大きいことを予想されるので、モータトルクの低減量を大きくすることにより、他相コイルに流れる電流を小さくすることができる。このため、他相推定温度がコイルの熱許容限界温度 T_{max} を超えないようにすることができるので、コイルに熱による悪影響が発生することを回避することができる。

30

【0087】

また、モータトルク制御部157は、現在のモータロック状態の継続時間が長いほど、モータトルクの制限量を大きくする。これにより、他相推定温度またはコイルセンサ温度がコイルの熱許容限界温度 T_{max} を超えないようにすることができるので、コイルに熱による悪影響が発生することを回避することができる。

【0088】

一方、ステップS62でモータロック状態でないと判定された場合の処理を以下、説明する。

(ステップS63) ステップS62でモータロック状態でないと判定された場合、モータトルク制御部157は、直近のモータロック状態を解除された時からの経過時間がモータロック状態であった時間未満であるか否か判定する。具体的にはその一例として、モータトルク制御部157は、時間カウンタが0より大きいかが否か判定する。すなわち、時間カウンタが0より大きい場合、直近のモータロック状態を解除された時からの経過時間が直近のモータロック時の継続時間よりも短いので、他相推定温度とコイルセンサ温度との乖離が大きいと予想される。一方、時間カウンタが0以下の場合、直近のモータロック状態を解除された時からの経過時間が直近のモータロック時の継続時間以上であるので、他相推定温度とコイルセンサ温度との乖離が小さいと予想される。

40

【0089】

(ステップS65) ステップS63で時間カウンタが0より大きいと判定された場合、で、時間カウンタを1カウントダウンして、ステップS66に進む。そして、モータトル

50

ク制御部157は上述したように推定温度を決定し、ステップS70で全ての相の判定対象温度が閾値温度を超えるか否か判定する。全ての相の判定対象温度が閾値温度を超えない場合、時間カウンタが0より大きいので(ステップS72 YES)、ステップS73においてモータトルク制御部157は例えば、図9に示すように、時間カウンタの大きさ、すなわち直近のモータロック状態の継続時間から直近のモータロック状態が解除された時からの経過時間を引いた値が大きいほど、モータトルクの制限の緩和度を低減させる。

このように、モータトルク制御部157は、直近のモータロック状態の継続時間に比べて直近のモータロック状態が解除された時からの経過時間が短いほど、モータトルクを低減させる。直近のモータロック状態の継続時間に比べて直近のモータロック状態が解除された時からの経過時間が短いほど、他相推定温度とコイルセンサ温度との乖離があることが予想される。そのため、その分、モータトルクの低減量を大きくすることにより、他相コイルに流れる電流が小さくすることができる。その結果、他相推定温度がコイルの熱許容限界温度 T_{max} を超えないようにすることができるので、コイルに熱による悪影響が発生することを回避することができる。

【0090】

一方、ステップS63で時間カウンタが0と判定された場合の処理を以下、説明する。

(ステップS68)ステップS63で時間カウンタが0以下と判定された場合、コイルセンサ温度 T_{sensor} を各相の判定対象温度に決定する($T5u = T5v = T5w = T_{sensor}$)。

【0091】

(ステップS69)次に、モータトルク制御部157は、U相の前回推定温度 $T0u$ をコイルセンサ温度 T_{sensor} で更新し、V相の前回推定温度 $T0v$ をコイルセンサ温度 T_{sensor} で更新し、W相の前回推定温度 $T0w$ をコイルセンサ温度 T_{sensor} で更新する($T0u = T0v = T0w = T_{sensor}$)。

【0092】

(ステップS70)次に、モータトルク制御部157は、判定対象温度すなわちコイルセンサ温度 T_{sensor} が閾値温度 T_{th} を超えるか否か判定する。

【0093】

(ステップS71)ステップS70で判定対象温度すなわちコイルセンサ温度 T_{sensor} が閾値温度 T_{th} を超えると判定された場合、モータトルク制御部157は、図8に示すような代表推定温度とモータトルクとの関係になるよう、例えば、コイルセンサ温度 T_{sensor} から閾値温度 T_{th} を引いた値が大きいほど、モータトルクを低減させる。これにより、コイルセンサ温度 T_{sensor} が閾値温度 T_{th} を超えて温度が高くなるほど、モータトルクが低減するので、コイルセンサ温度 T_{sensor} がコイルの熱許容限界温度 T_{max} を超えないようにすることができるので、三相いずれのコイルにおいても熱による悪影響の発生を回避することができる。

【0094】

(ステップS72)ステップS70で判定対象温度すなわちコイルセンサ温度 T_{sensor} が閾値温度 T_{th} 以下と判定された場合、時間カウンタが0であるので(ステップS72 NO)、処理がステップ74に進み、モータトルク制御部157は、トルク制限をなしにする。

【0095】

なお、図7のステップS70では、モータトルク制御部157は、全ての相の判定対象温度($T5u$ 、 $T5v$ または $T5w$)が閾値温度を超えるか否か判定したが、ある特定の相の判定対象温度が閾値温度を超えるか否か判定してもよい。また、図7のステップS70では、全ての相の判定対象温度が閾値判定温度を超えるか否か判定したが、これに限らず、他相推定温度を用いて決定された代表推定温度(例えば、三相の推定温度の最大値、中央値、最小値、平均値など)、一つまたは二つの他相推定温度が閾値判定温度を超えるか否か判定してもよい。このように、モータトルク制御部157は、他相推定温度を用いて決定された代表推定温度、または少なくとも一つの他相推定温度が閾値温度を超えるか

10

20

30

40

50

否か判定し、閾値温度を超える場合、モータトルクを制限してもよい。

【0096】

また、モータトルク制御部157は、ステップS64で得られた推定温度を図6のステップS32のように補正してもよい。

【0097】

以上、第2の実施形態に係る車両駆動用モータの制御システム100において、モータトルク制御部157は、他相推定温度が閾値温度以下の場合、現在のモータロック状態の継続時間が長いほど、または直近の前記モータロック状態の継続時間に比べて前記直近のモータロック状態が解除された時からの経過時間が短いほど、モータトルクを低減する。これにより、現在のモータロック状態の継続時間が長いほど、他相推定温度とコイルセンサ温度との乖離が大きいことを予想されるので、モータトルクの低減量を大きくすることにより、他相コイルに流れる電流を小さくすることができる。また、直近のモータロック状態の継続時間に比べて直近のモータロック状態が解除された時からの経過時間が短いほど、他相推定温度とコイルセンサ温度との乖離が大きいことが予想される。そのため、その分、モータトルクの低減量を大きくすることにより、他相コイルに流れる電流が小さくすることができる。その結果、他相推定温度がコイルの熱許容限界温度 T_{max} を超えないようにすることができるので、コイルに熱による悪影響が発生することを回避することができる。

10

【0098】

なお、本実施形態では、モータロックが解除された場合、モータトルク制御部157は、直近のモータロック状態の継続時間に比べて直近のモータロック状態が解除された時からの経過時間が短いほど、モータトルクを低減させたが、これに限ったものではない。モータトルク制御部157は、直近のモータロック状態時の通電時間、または直近のモータロック状態の継続時間が長いほど、推定温度のばらつき（例えば、推定温度の最大値と最小値との差、推定温度の分散、推定温度の標準偏差）、または推定温度（他相推定温度または特定相推定温度）とコイルセンサ温度との差が大きいほど、モータトルクを低減させてもよい。これにより、コイル間の温度のばらつきが大きいほど、モータトルクを低減させることができ、他相コイルに流れる電流が小さくすることができる。その結果、他相推定温度がコイルの熱許容限界温度 T_{max} を超えないようにすることができるので、コイルに熱による悪影響が発生することを回避することができる。

20

30

【0099】

なお、発明は、上記しかつ図面に示した実施形態のみに限定されるものではなく、要旨を逸脱しない範囲内で適宜変更して実施できる。

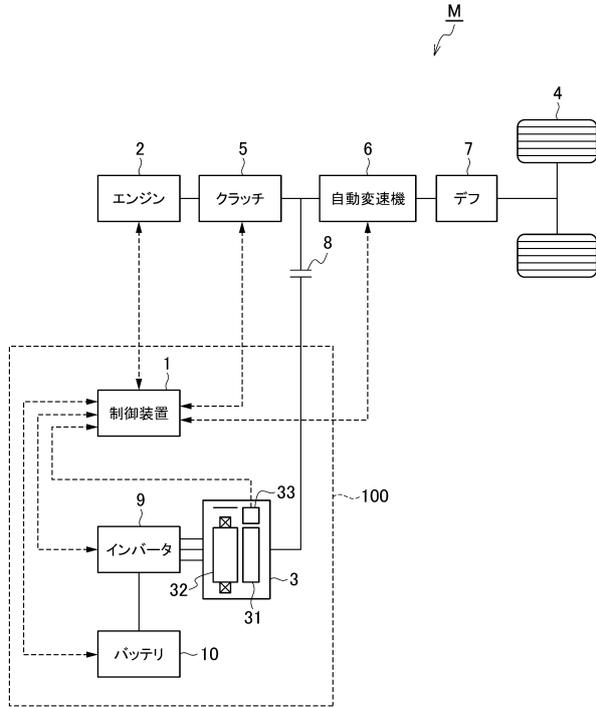
【符号の説明】

【0100】

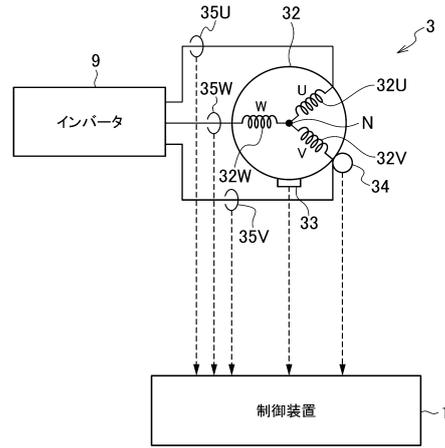
M・・・車両、1・・・制御装置、2・・・エンジン、3・・・モータ、4・・・車輪、5・・・クラッチ、6・・・自動変速機、7・・・デファレンシャルギア装置（デフ）、8・・・第2クラッチ、9・・・インバータ、10・・・バッテリー、31・・・ロータ、32・・・ステータ、33・・・回転角センサ、34・・・温度センサ（コイル温度検出部）、35U、35V、35W・・・電流センサ、11・・・ハイブリッド制御部、12・・・クラッチ制御部、13・・・変速機制御部、14・・・エンジン制御部、15・・・モータ制御部、151・・・記憶部、152・・・モータ回転数取得部、153・・・コイルセンサ温度取得部、154・・・前回推定温度取得部、155・・・モータトルク取得部、156・・・電流分配状態取得部、157・・・モータトルク制御部（制御部）

40

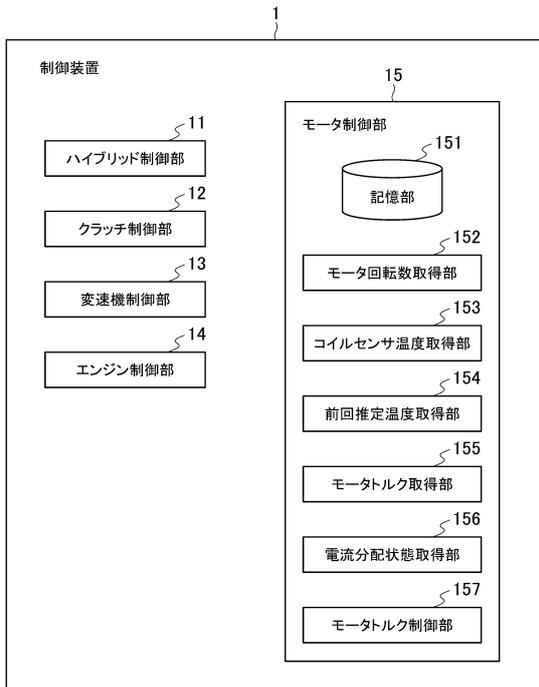
【図1】



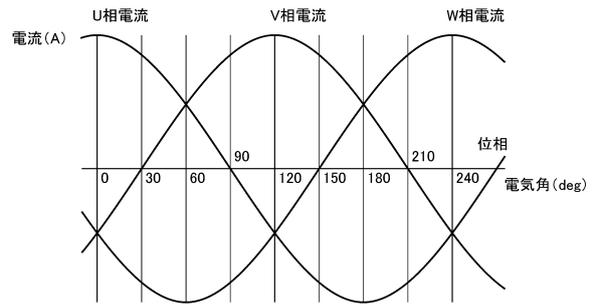
【図2】



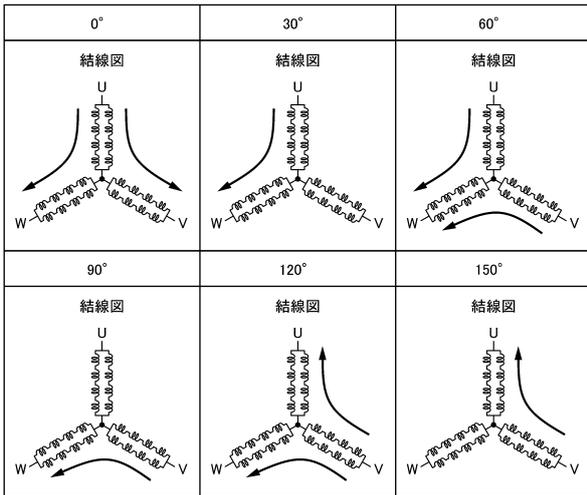
【図3】



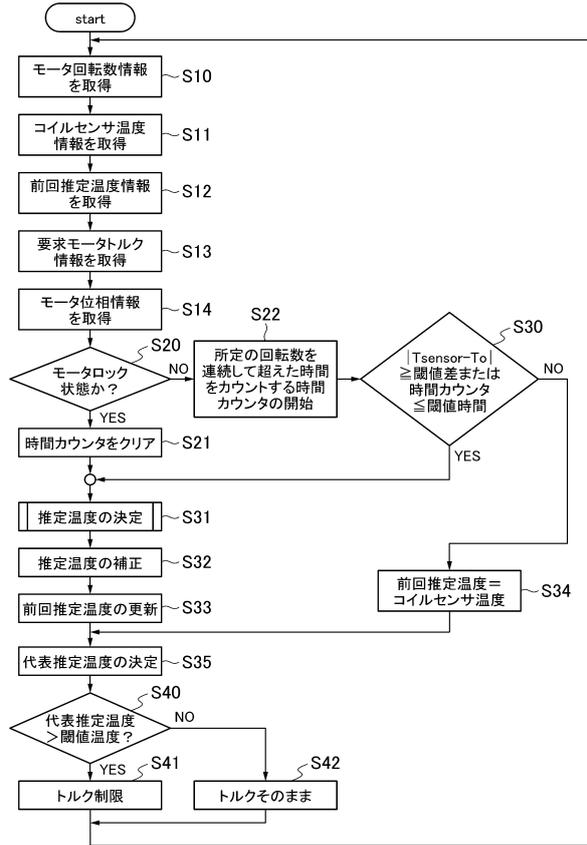
【図4】



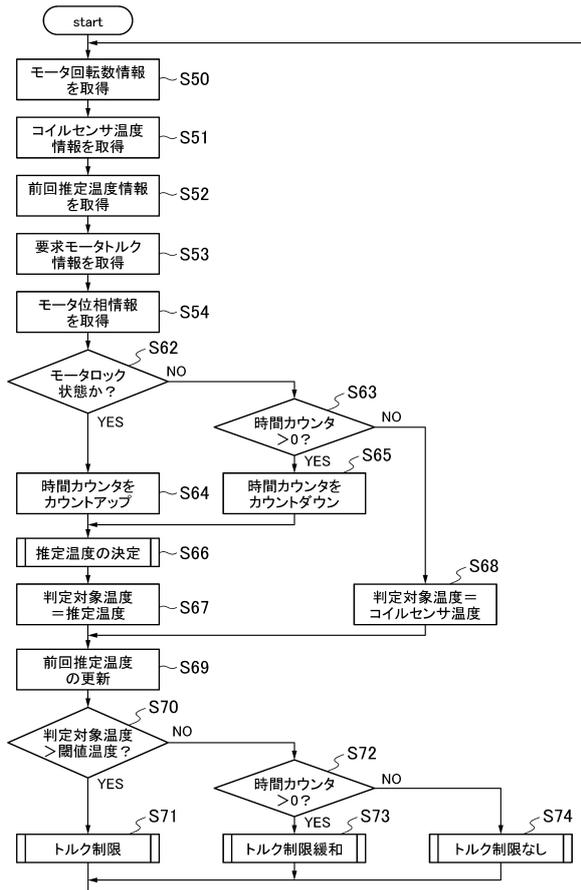
【図5】



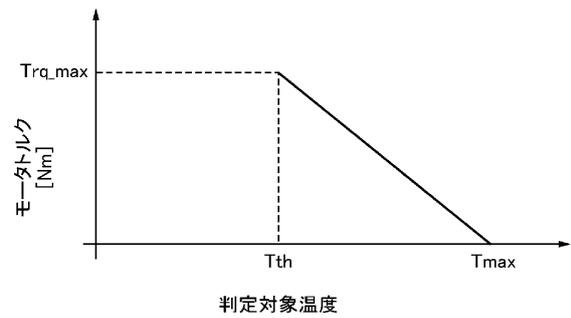
【図6】



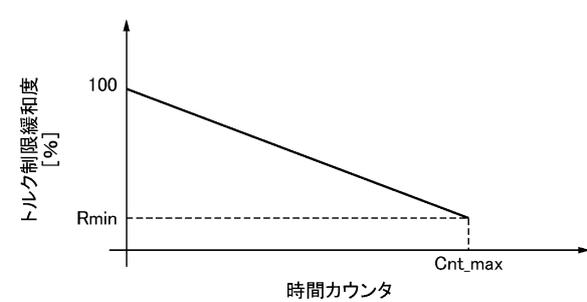
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

- (72)発明者 市川 哲郎
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内
- (72)発明者 福島 智宏
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内
- (72)発明者 柿迫 英毅
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内
- (72)発明者 廣瀬 祥多
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内

審査官 大内 俊彦

- (56)参考文献 特開2010-11546(JP,A)
特開2008-109816(JP,A)
特開2001-268989(JP,A)
特開2008-312419(JP,A)
特許第4305449(JP,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 1/00 - 3/12, 7/00 - 13/00,
B60L 15/00 - 15/42, 50/00 - 58/40
H02P 29/00 - 29/68