

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-113111

(P2016-113111A)

(43) 公開日 平成28年6月23日 (2016. 6. 23)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 6 2 D 6/00 (2006. 01)	B 6 2 D 6/00	3 D 2 3 2
B 6 2 D 5/04 (2006. 01)	B 6 2 D 5/04	3 D 3 3 3
H 0 2 P 21/00 (2016. 01)	H 0 2 P 5/408 C	5 H 5 0 5
H 0 2 P 27/04 (2016. 01)	H 0 2 P 6/02 3 4 1 H	5 H 5 6 0
H 0 2 P 6/06 (2006. 01)		

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2014-255454 (P2014-255454)
(22) 出願日 平成26年12月17日 (2014. 12. 17)

(71) 出願人 301041449
日立オートモティブシステムズステアリング株式会社
埼玉県比企郡滑川町都25-10
(74) 代理人 100119644
弁理士 綾田 正道
(72) 発明者 太田 裕幸
神奈川県厚木市恩名4丁目7番1号
日立オートモティブシステムズステアリング株式会社内
(72) 発明者 杉山 吉隆
神奈川県厚木市恩名4丁目7番1号
日立オートモティブシステムズステアリング株式会社内

最終頁に続く

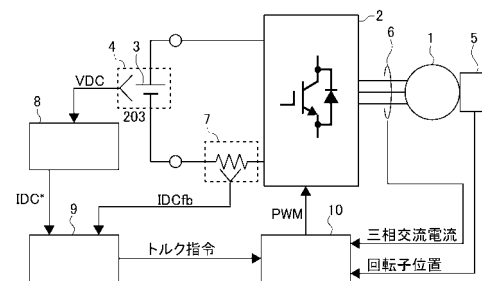
(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置及び車両搭載機器の制御装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 トルク制御の精度の低下を防止し、高精度なトルク制御を可能にすること。

【解決手段】 車両搭載機器に組み込まれる3相ブラシレスモータ1にバッテリー3から電力を供給するにあたり、車両の運転状態に基づき3相ブラシレスモータ1を駆動制御するための制御指令値を演算し、制御指令値に基づきインバータ回路2により3相ブラシレスモータ1を駆動制御するもので、バッテリー3から制御装置に供給するバッテリー電流が制限値を超えないように制御指令値を補正すると共にバッテリー電流に基づき制御指令値をフィードバック補正し、バッテリー電流が制限値を超えないように補正したとき、補正した制御指令値をフィードバック補正すると共にフィードバック補正した制御指令値をインバータ回路2に出力する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ステアリングホイールの操舵操作に応じて転舵輪を転舵させる操舵機構と、

前記操舵機構に対し操舵力を付与する3相ブラシレスモータと、

バッテリーから電力を供給され、前記3相ブラシレスモータを駆動制御する制御装置と、

前記制御装置に設けられ、車両の運転状態に基づき前記3相ブラシレスモータを駆動制御するための制御指令値を演算する制御指令値演算部と、

前記制御装置に設けられ、前記制御指令値に基づき前記3相ブラシレスモータを駆動制御するインバータ回路と、

前記制御装置に設けられ、前記バッテリーから前記制御装置に供給される電流であるバッテリー電流を制限する制限値を有し、前記バッテリー電流が前記制限値を超えないように前記制御指令値を補正する制御指令値制限部と、

前記制御装置に設けられ、前記バッテリー電流を検出または推定するバッテリー電流検出回路と、

前記制御装置に設けられ、前記バッテリー電流に基づき前記制御指令値をフィードバック補正する回路であって、前記制御指令値が前記制御指令値制限部によって補正されたとき、前記制御指令値制限部によって補正された前記制御指令値をフィードバック補正すると共にフィードバック補正された前記制御指令値を前記インバータ回路に出力する電流フィードバック回路と、

を有することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置において、

前記制御指令値制限部は、前記バッテリー電流が前記制限値に近づくように前記制御指令値を補正することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置において、

前記制御指令値制限部は、車両の運転状態を示す信号である運転状態信号が入力される運転状態信号受信部を備え、前記運転状態信号に基づき、前記制限値を可変に調整することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の電動パワーステアリング装置において、

前記制御指令値制限部は、前記制御装置に電力を供給するバッテリーの電圧に基づき、前記制限値を可変に調整することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置において、

前記制御指令値制限部は、前記インバータ回路に入力される電圧値を示す信号である入力電圧信号が入力される入力電圧信号受信部と、前記3相ブラシレスモータの回転数を示す信号である回転数信号が入力される回転数信号受信部を備えると共に、前記入力電圧信号および前記回転数信号に基づき、前記制御指令値を補正することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の電動パワーステアリング装置において、

前記制御指令値制限部は、前記3相ブラシレスモータの銅損または鉄損に関する信号であるモータ損失信号が入力されるモータ損失信号受信部を備えると共に、前記モータ損失信号に基づき、前記制御指令値を補正することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の電動パワーステアリング装置において、

前記制御装置は、前記3相ブラシレスモータ周辺の環境温度に関する信号である環境温度信号を受信する温度信号受信部を備え、

前記制御指令値制限部は、前記環境温度信号に基づき、前記制御指令値を補正すること
を特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 8】

ステアリングホイールの操舵操作に応じて転舵輪を転舵させる操舵機構と、

前記操舵機構に対し操舵力を付与する3相ブラシレスモータと、

バッテリーから電力を供給され、前記3相ブラシレスモータを駆動制御する制御装置と、

前記制御装置に設けられ、車両の運転状態に基づき前記3相ブラシレスモータを駆動制
御するための制御指令値を演算する演算部であって、かつ前記制御指令値が前記バッテリー
から前記制御装置に供給される電流であるバッテリー電流が前記バッテリー電流を制限するた
めの制限値を超えないように前記制御指令値を演算する制御指令値演算部と、

10

前記制御装置に設けられ、前記制御指令値に基づき前記3相ブラシレスモータを駆動制
御するインバータ回路と、

前記制御装置に設けられ、前記バッテリー電流を検出または推定するバッテリー電流検出回
路と、

前記制御装置に設けられ、前記バッテリー電流に基づき前記制御指令値をフィードバック
補正すると共にフィードバック補正された前記制御指令値を前記インバータ回路に出力す
る電流フィードバック回路と、

を有することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 9】

車両搭載機器に組み込まれる3相ブラシレスモータを駆動制御すると共にバッテリーから電
力を供給される車両搭載機器の制御装置であって、

20

車両の運転状態に基づき前記3相ブラシレスモータを駆動制御するための制御指令値を
演算する制御指令値演算部と、

前記制御指令値に基づき前記3相ブラシレスモータを駆動制御するインバータ回路と、

前記バッテリーから前記制御装置に供給される電流であるバッテリー電流を制限する制限値
を有し、前記バッテリー電流が前記制限値を超えないように前記制御指令値を補正する制
御指令値制限部と、

前記バッテリー電流を検出または推定するバッテリー電流検出回路と、

前記バッテリー電流に基づき前記制御指令値をフィードバック補正する回路であって、前
記制御指令値が前記制御指令値演算部によって補正されたとき、前記制御指令値演算部によ
って補正された前記制御指令値をフィードバック補正すると共にフィードバック補正さ
れた前記制御指令値を前記インバータ回路に出力する電流フィードバック回路と、

30

を有することを特徴とする車両搭載機器の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電動モータを備えた車両搭載機器に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、車両搭載機器の一つである電動パワーステアリング装置として、特許文献1に記
載の技術が知られている。この公報には、交流回転機の回転速度に関して線形な関係を持
つ交流回転機電圧を制限することにより、直流母線電流を制限している。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2013-162561号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1記載の交流回転機電圧の制限は、交流回転機に対するトルク

50

指令から求められた電流指令値が交流回転機に供給される電流値に一致するように交流回転機に印加する電圧指令値を演算した後に行われる。この場合、直流母線電流検出値が直流母線電流指令に一致するように制御されるが、交流回転機に対するトルク指令を調整しないので、交流回転機に対するトルク指令から求められた電流指令に交流回転機へ供給される電流が一致しないおそれがある。その結果、トルク指令通りのトルクが発生しないため、トルク制御の精度が低下してしまう。また、交流回転機へ印加する三相交流電圧指令の振幅を制限するため、理想的な正弦波から歪んだ矩形波になるおそれがあり、トルクリプルの発生要因となる。

【0005】

本発明の目的は、直流母線電流が所望の制限値以下になるように制御させたときに発生するトルク制御の精度の低下を防止し、高精度なトルク制御が可能な電動パワーステアリング装置及び車両搭載機器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】

【0006】

上記目的を達成するため、本発明では、車両搭載機器に組み込まれる3相ブラシレスモータを駆動制御すると共にバッテリーから電力を供給するにあたり、車両の運転状態に基づき3相ブラシレスモータを駆動制御するための制御指令値を演算し、インバータ回路により制御指令値に基づき3相ブラシレスモータを駆動制御する。このとき、バッテリーから制御装置に供給されるバッテリー電流を制限する制御指令値制限値を有し、バッテリー電流が制御指令値制限値を超えないように制御指令値を補正する。更に、バッテリー電流に基づき制御指令値をフィードバック補正する回路であって、バッテリー電流が制御指令値制限値を超えないように補正されたとき、補正された制御指令値をフィードバック補正すると共にフィードバック補正された制御指令値をインバータ回路に出力することとした。

【発明の効果】

【0007】

すなわち、既にバッテリー電流が制御指令値制限値を超えないように補正された制御指令値をフィードバック補正することにより、制御指令値とモータの発生トルクとの差を小さくすることができ、制御の発散を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】実施例1の電動パワーステアリング装置を表す概略図である。

【図2】実施例1のモータ駆動システムを表すシステム図である。

【図3】実施例1の制御指令値制限値算出マップである。

【図4】実施例1のモータ制御部を表す制御ブロック図である。

【図5】実施例1のトルク指令部の構成を表す制御ブロック図である。

【図6】実施例1のトルク指令部の動作概要図である。

【図7】実施例2のトルク指令部の構成を表す制御ブロック図である。

【図8】実施例3のトルク指令部の構成を表す制御ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

〔実施例1〕

図1は、実施例1の電動パワーステアリング装置の構成を表す概略図である。電動パワーステアリング装置は、ステアリングホイール201、ステアリングシャフト（操舵軸）202、ピニオン軸203、ラック軸204と、ラック&ピニオン機構による操舵機構と、を有する。この操舵機構は、運転者がステアリングホイール201を左右に回転させると、ステアリングシャフト202を介して、ピニオン軸203に操舵トルクが伝達され、ピニオン軸203の回転運動がラック軸204の直線運動に変換されて、ラック軸204の両端に連結された操舵輪の操舵を行う。ピニオン軸203には、ステアリングホイール201の操舵トルクを検出する操舵トルクセンサ206が備えられ、検出した操舵トルクや車速情報などに基づいて、操舵トルクを補助するモータ1へのトルク指令 τ^* を発生

10

20

30

40

50

させ、モータ 1 を駆動させる。減速機構 205 は、モータ 1 が発生するトルクを操舵輪に伝達して、運転者の操舵を補助する。モータ制御部 10 は、インバータ回路 2、バッテリー 3、バッテリー電圧センサ 4、位置センサ 5、電流センサ 6、バッテリー電流検出回路 7、制御指令値制限部 8、トルク指令部 9 から構成される（図 2 参照）。電動パワーステアリング装置では、後述するトルク指令発生器 30 において、操舵トルクセンサ 206 において検出した操舵トルクや車速情報などに基づいて、操舵トルクを補助するモータ 1 へのトルク指令 τ^* を出力する。

【0010】

図 2 は、実施例 1 のモータ駆動システムを表すシステム図である。モータ駆動システムは、モータ 1 と、モータ 1 を駆動するインバータ回路 2 と、インバータ回路 2 に電力を供給するバッテリー 3 と、インバータ回路 2 への供給電圧であるバッテリー 3 の電圧を検出するバッテリー電圧センサ 4 と、モータ 1 の回転子位置を検出する位置センサ 5 と、モータ 1 に流れる三相交流電流を検出する電流センサ 6 と、インバータ回路 2 への供給電流であるバッテリー電流（直流母線電流）を検出するバッテリー電流検出回路 7 と、バッテリー電流を制限させる指令を発生する制御指令値制限部 8 と、制御指令値制限値 IDC^* にバッテリー電流検出値 IDC_{fb} が一致するようにトルク指令を発生するトルク指令部 9 と、トルク指令に一致したトルクを発生するための制御を行うモータ制御部 10 と、を有する。

【0011】

モータ 1 は、3 相ブラシレスモータであり、例えば、永久磁石同期電動機である。インバータ回路 2 は、FET といったスイッチング素子で構成され、モータ 1 とバッテリー 3 とに接続されている。制御指令値制限部 8 は、バッテリー電圧センサ 4 で検出されたバッテリー電圧に基づいて、インバータ回路 2 に供給するバッテリー電流を予め設定された値に制限する制御指令値制限値 IDC^* をトルク指令部 9 に出力する。トルク指令部 9 は、バッテリー電圧 VDC や、バッテリー電流 IDC_{fb} や、モータ 1 やインバータ回路 2 の環境温度信号、図外の車両統合制御装置といったコントローラからの指令信号等を受信する運転状態信号受信部を有する。トルク指令部 9 は、制御指令値制限部 8 からの制御指令値制限値 IDC^* とバッテリー電流検出回路 7 で検出されたバッテリー電流検出値 IDC_{fb} が一致するようにトルク指令をモータ制御部 10 に出力する。

モータ制御部 10 は、トルク指令部 9 のトルク指令 τ^{**} に基づき、インバータ回路 2 を駆動してモータ 1 の発生トルクを制御する。

制御指令値制限部 8 は、バッテリー電圧センサ 4 で検出したバッテリー電圧検出値 VDC に基づいて、制御指令値制限値 IDC^* を求める。図 3 は実施例 1 の制御指令値制限値算出マップである。バッテリー電圧検出値 VDC が低い程、直流母線電流であるバッテリー電流を制限することで、直流電圧であるバッテリー電圧の過剰な低下を抑制する。

【0012】

図 4 は実施例 1 のモータ制御部を表す制御ブロック図である。モータ制御部 10 は、ベクトル制御器 20 と、 dq / 三相座変換器 21 と、PWM 22 と、三相 / dq 座標変換器 23 と、位相演算器 24 と、速度演算器 25 と、を有する。これにより、永久磁石同期電動機のトルクを線形化する手法として周知のベクトル制御を行う。

ベクトル制御器 20 は、モータ 1 のトルクに寄与する電流指令 Iq^* に相当するトルクをモータ 1 が発生するように dq 軸上の電圧指令 Vd^* 、 Vq^* を出力する。

dq / 三相座変換器 21 は、 dq 軸上の電圧指令 Vd^* 、 Vq^* と回転子位相 θ_d に基づいて、三相交流電圧指令 Vu^* 、 Vv^* 、 Vw^* を出力する。

PWM 22 は、三相交流電圧指令 Vu^* 、 Vv^* 、 Vw^* をインバータ回路 2 のスイッチング素子をオン / オフさせる信号とするパルス幅変調（PWM: Pulse Width Modulation）を行い、パルス幅変調された信号を出力する。

三相 / dq 座標変換器 23 は、三相交流電流 Iuc 、 Ivc 、 Iwc と回転子位相 θ_d に基づいて、トルクに寄与する電流 Iqc （ q 軸電流成分）と磁束に寄与する電流 Idc （ d 軸電流成分）を出力する。

位相演算器 24 は、位置センサ 5 により検出された回転子位置から回転子位相 θ_d を演

10

20

30

40

50

算し、 dq ／三相座変換器 21、三相／ dq 座標変換器 23、速度演算器 25に出力する。

速度演算器 25は、回転子位相 θ_d からモータ 1 の回転数 ω_{rm} を演算し、ベクトル制御器 20に出力する。

【0013】

次に、モータ制御部 10の基本動作について説明する。ベクトル制御器 20は、トルク指令部 9のトルク指令 τ^* に基づき、トルクに寄与する電流指令 I_q^* と磁束に寄与する電流指令 I_d^* を発生する。ただし、電流指令 I_d^* は、非突極型の永久磁石同期電動機であれば、通常ゼロに設定される。突極構造の永久磁石同期電動機や、弱め界磁制御や効率最大化制御においては、電流指令 I_d^* としてゼロ以外の指令を与える。

【0014】

三相／ dq 座標変換器 23においてモータ 1の交流電流検出値である三相交流 I_{uc} 、 I_{vc} 、 I_{wc} と回転子位相 θ_d に基づいて、トルクに寄与する電流 I_{qc} (q 軸電流成分) と磁束に寄与する電流 I_{dc} (d 軸電流成分) に分離する。そして、トルクに寄与する電流指令 I_q^* と磁束に寄与する電流指令 I_d^* にそれぞれの電流検出値が一致するように電流制御を行う。電流制御の結果、回転座標軸である dq 軸上の電圧指令 V_d^* 、 V_q^* が演算され、 dq ／三相座変換器 23において電圧指令 V_d^* 、 V_q^* と回転子位相 θ_d に基づいて、三相交流電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に変換する。なお、 dq 軸上の電圧指令 V_d^* 、 V_q^* は、電流制御の結果と dq 軸の干渉項を補償する非干渉制御の結果を組合せて演算してもよい。

【0015】

三相交流電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* は、PWM 22においてインバータ回路 2のスイッチング素子をオン／オフさせる信号とするパルス幅変調を行い、インバータ回路 2のスイッチング素子を駆動させることで、三相交流電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に相当する電圧がモータ 1に印加される。そして、モータ 1の各相への通電を順次切り替えることで、各相に電流を供給して、モータ 1を駆動させることができる。なお、三相交流電流の検出を行わずに直流母線電流を検出して、制御器内部にて相電流を再現演算する手法が採られる場合もある。直流母線電流から三相交流電流(相電流)を再現演算する手法については公知の技術があり、また本発明の主要な部分ではないので省略する。

【0016】

図 5は、実施例 1のトルク指令部の構成を表す制御ブロック図である。トルク指令部 9は、トルク指令発生器 30と、偏差演算器 31と、積分器 32と、制限処理器 33と、加算器 34から構成されている。

制御指令値演算部であるトルク指令発生器 30は、モータ 1へのトルク指令 τ^* を発生する。

偏差演算器 31は、制御指令値制限部 8が出力する制御指令値制限値 IDC^* とバッテリー電流検出回路 7が出力するバッテリー電流検出値 IDC_{fb} との偏差を演算する。

積分器 32は、偏差演算器 31が出力する偏差を積分演算して、トルク指令修正量 $\Delta \tau^*$ を出力する。

制限処理器 33は、積分器 32が出力するトルク指令修正量 $\Delta \tau^*$ を制限する。

加算器 34は、トルク指令発生器 30が出力するモータ 1へのトルク指令と制限処理器 33によって制限されたトルク指令修正量 $\Delta \tau^*$ を加算し、補正されたトルク指令 τ^{**} を演算して出力する。

【0017】

次に、本発明の特徴部分であるトルク指令部 9の動作について説明する。図 6は実施例 1のトルク指令部の動作概要図である。トルク指令発生器 30からモータ 1へのトルク指令 τ^* が発生する。このトルク指令 τ^* に基づいて、モータ制御部 10がモータ 1の発生トルクを制御する。ただし、ここでは、容易に理解しやすくするために直流電圧やモータ 1の回転数 ω_{rm} は、一定とする。

トルク指令 τ^* に基づいて、バッテリー電流検出値 IDC_{fb} が図 4の補正前のバッテリー電流として流れたとする。このとき、トルク指令部 9において、制御指令値制限値 IDC^* にバッテ

10

20

30

40

50

り電流検出値IDCfbが一致するようにIDC*とIDCfbの偏差演算器31において偏差（IDC*－IDCfb）を演算する。この場合の偏差は、バッテリー電流検出値IDCfbが制御指令値制限値IDC*を超えているため、負の値となる。偏差演算器31において得られた偏差は、積分ゲインKを乗じて積分演算（あるいは比例演算＋積分演算でも良い）を行い、トルク指令修正量 $\Delta \tau^*$ を作成し、制限処理器33に出力する。

【0018】

制限処理器33では、トルク指令修正量 $\Delta \tau^*$ を零以下からトルク指令 τ^* に－1を乗じた値以上となるように制限する。そのため、トルク指令修正量 $\Delta \tau^*$ の最大値は零であり、最小値はトルク指令 τ^* に－1を乗じた負の値になる。トルク指令修正量 $\Delta \tau^*$ がトルク指令 τ^* に－1を乗じた値以下の場合には、トルク指令 τ^* に－1を乗じた値に制限され、トルク指令修正量 $\Delta \tau^*$ が零以上の正の値の場合には、零に制限される。トルク指令修正量 $\Delta \tau^*$ が最小値と最大値の間の場合には、制限されない。また、最小値がトルク指令 τ^* に応じて、可変する制限処理器33となっている。なお、トルク指令が負の値の場合には、トルク指令修正量 $\Delta \tau^*$ の最大値はトルク指令 τ^* に－1を乗じた正の値になる最小値は零となる。動作としては、トルク指令 τ^* が正の値のときと同じであるが、制限される最大値と最小値の符号が異なる。

【0019】

加算器34において、制限処理器33を通過したトルク指令修正量 $\Delta \tau^*$ をトルク指令 τ^* に加算し、新しいトルク指令 τ^{**} を演算する。補正された新しいトルク指令 τ^{**} は、トルク指令 τ^* 以上に大きくなることはない。これは、トルク指令 τ^* が正の場合、トルク指令修正量 $\Delta \tau^*$ は、制限処理器33によって零もしくは、トルク指令 τ^* に－1を乗じた負の値に制限されるからである。なお、トルク指令 τ^* が負の場合も同様に、トルク指令修正量 $\Delta \tau^*$ は、零もしくは、トルク指令 τ^* に－1を乗じた正の値に制限されるため、補正された新しいトルク指令 τ^{**} は、トルク指令 τ^* 以上に小さくなることはない。

【0020】

以上により、補正された新しいトルク指令 τ^{**} に基づいて、モータ1の発生トルクを制御すると、補正前のトルク指令 τ^* に基づいて制御されたときよりもバッテリー電流が小さくなる。そして、このようなフィードバック・ループを組むことで、オンライン的にトルク指令 τ^* の補正を行うことができるので、バッテリー電流検出値IDCfbが制御指令値制限値IDC*に一致したトルク指令 τ^* に基づくモータ1の発生トルクを制御することが可能となる。

【0021】

次に、本発明の特徴部分であるトルク指令部9の積分器32の積分ゲインKの求め方の一例を説明する。インバータ回路2のバッテリー電圧VDCとバッテリー電流検出値IDCfbの関係は、電力に関して以下の式（1）の関係が成立する。

〔式（1）〕

$$VDC \times IDCfb = \tau^* \times \omega_{rm} + R^* \times (Idc^2 + Iqc^2) + P_{loss}$$

ここで、右辺の第1項は、モータ1の機械出力を表す。第2項は、モータ1の銅損を表す。尚、 R^* はモータ1の相抵抗設定値である。第3項は、 P_{loss} ：モータ1の鉄損などを含む損失を表す。

【0022】

例えば、モータ1の銅損や鉄損などの損失を無視できるような場合、式（1）は、下記の式（2）のように表すことができる。式（2）より、操作量をトルク指令 τ^* としたバッテリー電流フィードバック制御系において、制御対象を ω_{rm}/VDC と表すことができる。

〔式（2）〕

$$VDC \times IDCfb = \tau^* \times \omega_{rm}$$

よって、入力がトルク指令 τ^* 、出力がバッテリー電流検出値IDCfbの伝達関数として表現することができる。

【0023】

ここで、トルク指令部9の積分ゲインKを式（3）のように設定する。

10

20

30

40

50

〔式（３）〕

$$K = (VDC / \omega_{rm}) \times 2\pi \times FC$$

ただし、FCはバッテリー電流フィードバック制御系の制御応答周波数〔Hz〕である。

【００２４】

制御指令値制限値IDC*からバッテリー電流検出値IDCfbまでのバッテリー電流制御応答を式（４）のように一次遅れ系で定義することができ、理論的な制御系を構築することが可能である。

〔式（４）〕

$$IDCfb / \tau^* = 1 / (1 + 1 / (2\pi \times FC) \times s)$$

ここで、s：ラプラス演算子である。

【００２５】

以上の実施例１では、モータ１の銅損や鉄損を無視して考えたが、同様に銅損もしくは銅損と鉄損などの損失を考慮しても同様に考えることはでき、この場合には、フィードバック制御系の応答性や制御応答周波数に対する制御の安定性がさらに向上する。

また、実施例１では、直流母線電流であるバッテリー電流を無駄なく制限するため、バッテリー３が供給する電力を最大限利用することができる電動パワーステアリング装置を提供することができる。また、バッテリー３が供給する電圧VDCに基づいて、制御指令値制限値IDC*を可変させることでバッテリーの状態に応じて適切な電力制御をすることができ、バッテリー３の早期劣化を防止や、バッテリー３からインバータ回路２の間に接続されている部品の故障や破損、または経路抵抗による発熱を抑制することができる。

【００２６】

また、式（１）に示すように、バッテリー電圧検出値VDCや、モータ回転数 ω_{rm} や、 P_{loss} によって積分ゲインKは影響を受ける。 P_{loss} は、銅損は $R \times I^2$ で表される。（I:モータの相電流値（指令電流または実電流のどちらでもよい。）R:モータ回路（巻線等）の抵抗。）。また、鉄損にはヒステリシス損と渦電流損があり、ヒステリシス損は $Ph = kh \times f \times B_m^{1.6}$ で表される。（Ph:ヒステリシス損、f:周波数、 B_m :最大磁束密度、kh:比例定数）。渦電流損は $Pe = ke \times (t \times f / B_m)^2 / \rho$ で表される。（Pe:渦電流損、t:鉄板の厚さ、f:周波数、 B_m :最大磁束密度、 ρ :磁性体の抵抗率、ke:比例定数）。よって、これらバッテリー電圧信号やモータ回転数信号、銅損や鉄損に関する信号であるモータ損失信号を生成し、積分器３２に電圧信号受信部、回転数信号受信部及びモータ損失信号受信部を設けることで、フィードバック制御系の応答性や制御応答周波数に対する制御の安定性が更に向上する。

【００２７】

以上説明したように、実施例１では下記の作用効果が得られる。

（１-１）ステアリングホイール２０１の操舵操作に応じて転舵輪を転舵させる操舵機構と、

操舵機構に対し操舵力を付与するモータ１（３相ブラシレスモータ）と、

バッテリー３から電力を供給され、モータ１を駆動制御するモータ制御部１０（制御装置）と、

モータ制御部１０に設けられ、車両の運転状態に基づきモータ１を駆動制御するための制御指令値であるトルク指令 τ^* 及びトルク指令 τ^{**} を演算するトルク指令部９（制御指令値演算部）と、

モータ制御部１０に設けられ、トルク指令 τ^{**} に基づきモータ１を駆動制御するインバータ回路２と、

モータ制御部１０に設けられ、バッテリー３からモータ制御部１０に供給される電流であるバッテリー電流IDCfbを制限する制御指令値制限値IDC*（制限値：制御指令値制限部８に相当）を有し、バッテリー電流IDCfbが制御指令値制限値IDC*を超えないようにトルク指令 τ^* を補正する偏差演算器３１、積分器３２、制限処理器３３及び加算器３４を有するトルク指令部９（制御指令値制限部）と、

モータ制御部１０に設けられ、バッテリー電流を検出または推定するバッテリー電流検出回路７と、

10

20

30

40

50

モータ制御部 10 に設けられ、バッテリー電流に基づき制御指令値をフィードバック補正する回路であって、トルク指令 τ^* がトルク指令部 9 によって補正されたとき、トルク指令部 9 によって補正されたトルク指令 τ^{**} をフィードバック補正すると共にフィードバック補正されたトルク指令 τ^{**} をインバータ回路 2 に出力する電流フィードバック回路と、を有することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

トルク指令部 9 によって補正されていないトルク指令 τ^* に基づいて出力される dq 軸上の電圧指令や三相交流電圧指令などをフィードバック補正する場合、トルク指令 τ^* とモータの発生トルクの差が大きくなるため、フィードバック制御が発散する虞がある。

一方、実施例 1 では、既にトルク指令部 9 によって補正されたトルク指令 τ^{**} をフィードバック補正することにより、上記課題を抑制することができる。尚、実施例 1 では、トルク指令部 9 内のトルク指令発生器 30 において、操舵トルクに基づくトルク指令 τ^* を演算したが、操舵トルクに限らず車速や操舵速度等を考慮してトルク指令 τ^* を演算してもよい。また、トルク指令 τ^* や τ^{**} はトルクに寄与する電流指令であってもよいし、トルクに寄与する電流指令を演算するためのトルク指令値であってもよい。

【0028】

(2-2) 上記 (1-1) に記載の電動パワーステアリング装置において、

トルク指令部 9 は、バッテリー電流 IDC_{fb} が制御指令値制限値 IDC^* に近づくようにトルク指令 τ^* を補正することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

トルク指令部 9 では、トルク指令 τ^* が、できるだけ高い指令値となるように補正するため、制御指令値制限値 IDC^* の範囲内で操舵フィーリングの悪化を抑制することができる。

【0029】

(3-3) 上記 (1-1) に記載の電動パワーステアリング装置において、

制御指令値制限部 8 は、車両の運転状態を示す信号である運転状態信号が入力される運転状態信号受信部を備え、運転状態信号に基づき、制御指令値制限値 IDC^* を可変に調整することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

運転状態に応じて制御指令値制限値 IDC^* を可変制御することにより、操舵力付与の適用範囲（操舵トルクの大きさ、時間の長さ）を広げ、操舵フィーリングの向上を図ることができる。尚、実施例 1 ではバッテリー電圧検出値 VDC に基づいて可変としたが、他の信号、例えばモータ 1 やインバータ回路 2 の温度、車両統合制御装置からの指令信号等に基づいて可変としてもよい。

【0030】

(4-4) 上記 (3-3) に記載の電動パワーステアリング装置において、

制御指令値制限部 8 は、モータ制御部 10 に電力を供給するバッテリー 3 の電圧に基づき、制御指令値制限値 IDC^* を可変に調整することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

よって、バッテリー電圧が低下しているときは、制御指令値制限値 IDC^* をより低く設定することにより、バッテリーの保護を図ることができる。

(5-5) 上記 (1-1) に記載の電動パワーステアリング装置において、

トルク指令部 9 は、インバータ回路 2 に入力される電圧値を示す信号であるバッテリー電圧検出値 VDC が入力される入力電圧信号受信部と、モータ 1 の回転数 ω_{rm} を示す信号である回転数信号が入力される回転数信号受信部を備えると共に、入力電圧信号および回転数信号に基づき、トルク指令 τ^* を補正することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

よって、バッテリー電流フィードバック制御系の応答を所望の値に設定することができる。

【0031】

(6-6) 上記 (5-5) に記載の電動パワーステアリング装置において、

トルク指令部 9 は、モータ 1 の銅損または鉄損に関する信号であるモータ損失信号が入力されるモータ損失信号受信部を備えると共に、モータ損失信号である P_{loss} に基づき、

トルク指令 τ^* を補正することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

よって、バッテリー電流フィードバック制御系の応答性や制御応答周波数に対する制御の安定性を更に向上できる。

【0032】

〔実施例2〕

次に、実施例2について説明する。基本的な構成は実施例1と同様であるため、異なる点についてのみ説明する。図7は実施例2のトルク指令部の構成を表す制御ブロック図である。実施例1では、バッテリー電流フィードバック制御系の制御応答周波数 F_c となるように積分ゲイン K を〔式(3)〕のように求めた。さらに、積分ゲイン K に対して銅損を考慮すると、制御応答周波数に対する制御の安定性がさらに向上する。銅損は、〔式(1)〕に示すように、相抵抗設定値 R^* と dq 軸電流検出値 (dq 軸電流指令であってもよい) から求められる。相抵抗設定値 R^* は、モータ制御部の環境温度が上がったり、下がったりと変化すると、実際のモータ1の相抵抗も変化する。そこで、モータ1周辺の環境温度を検出又は推定演算し、環境温度信号を出力する環境温度検出部35を備えた。積分器32は、環境温度信号を受信する環境温度信号受信部を有する。そして、積分器32において、相抵抗設定値 R^* の値を受信した環境温度信号に基づいて補正するものである。これにより、環境温度が変化した場合においても制御応答周波数に対する制御の安定性を保つことができる。

【0033】

以下、実施例2から把握しうる技術思想を記載する。

(7-7) モータ制御部10は、モータ1周辺の環境温度に関する信号である環境温度信号を受信する温度信号受信部を備え、

トルク指令部9は、環境温度信号に基づき、トルク指令 τ^* を補正することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

環境温度によって銅損、鉄損を算出するためのパラメータが変化するため、環境温度を更に考慮してトルク指令 τ^* を補正することにより、バッテリー電流フィードバック制御系の応答性や制御応答周波数に対する制御の安定性を更に向上できる。

〔実施例3〕

【0034】

次に、実施例3について説明する。図8は実施例3のトルク指令部の構成を表す制御ブロック図である。実施例1では、電動パワーステアリング装置に本発明を適用した例を示した。これに対し、実施例3は、他の車両搭載機器に採用したものである。実施例1では、図5に示すように、トルク指令 τ^* とトルク指令修正量 $\Delta \tau^*$ を加算して、補正された新しいトルク指令 τ^{**} を作成した。これに対し、実施例3では、図5に示すトルク指令 τ^* を加算せずにトルク指令修正量 $\Delta \tau^*$ を直接トルク指令 τ^{**} とした。また、図5に示す制限処理器33を削除した。例えば、電動ポンプや電動コンプレッサといった車両搭載機器が制御を行う際、図8のように、トルク指令部9の構成を変更することで、実施例1と同様な効果が得られると共に、バッテリー電流検出値 IDC_{fb} が制御指令値制限値 IDC^* に対してオーバーシュートせずにモータ1の発生トルクを制御することができる。

【0035】

以下、実施例3から把握しうる技術思想を列挙する。

(8-15) 車両搭載機器に組み込まれる3相ブラシレスモータを駆動制御すると共にバッテリーから電力を供給される車両搭載機器の制御装置であって、

車両の運転状態に基づき前記3相ブラシレスモータを駆動制御するための制御指令値を演算する制御指令値演算部と、

前記制御指令値に基づき前記3相ブラシレスモータを駆動制御するインバータ回路と、

前記バッテリーから前記制御装置に供給される電流であるバッテリー電流を制限する制御指令値制限値を有し、前記バッテリー電流が前記制御指令値制限値を超えないように前記制御指令値を補正するトルク指令部と、

前記バッテリー電流を検出または推定するバッテリー電流検出回路と、

10

20

30

40

50

前記バッテリー電流に基づき前記制御指令値をフィードバック補正する回路であって、前記制御指令値が前記トルク指令部によって補正されたとき、前記トルク指令部によって補正された前記制御指令値をフィードバック補正すると共にフィードバック補正された前記制御指令値を前記インバータ回路に出力する電流フィードバック回路と、

を有することを特徴とする車両搭載機器の制御装置。

トルク指令部によって補正されていない制御指令値に基づいて出力される dq 軸上の電圧指令や三相交流電圧指令などをフィードバック補正する場合、制御指令値との発生トルクの差が大きくなるため、フィードバック制御が発散する虞がある。一方、本願発明では、既にトルク指令部によって補正された制御指令値をフィードバック補正することにより、上記課題を抑制することができる。

10

【0036】

(9-16) 上記(6-15)に記載の車両搭載機器の制御装置において、

前記トルク指令部は、前記バッテリー電流が前記制御指令値制限値を超えない範囲で前記制御指令値制限値に近づくように前記制御指令値を補正することを特徴とする車両搭載機器の制御装置。

トルク指令部は、制御指令値ができるだけ高い指令値となるように補正するため、制御指令値制限値の範囲内で操舵フィーリングの悪化を抑制することができる。

(10-17) 上記(8-15)に記載の車両搭載機器の制御装置において、

前記制御指令値制限部は、車両の運転状態を示す信号である運転状態信号が入力される運転状態信号受信部を備え、前記運転状態信号に基づき、前記制御指令値を補正することを特徴とする車両搭載機器の制御装置。

20

運転状態に応じて制御指令値を補正することにより、操舵力付与の適用範囲（操舵トルクの大きさ、時間の長さ）を広げ、操舵フィーリングの向上を図ることができる。

【0037】

(11-18) 上記(10-17)に記載の車両搭載機器の制御装置において、

前記制御指令値制限部は、前記制御装置に電力を供給するバッテリーの電圧に基づき、前記制御指令値制限値を可変に調整することを特徴とする車両搭載機器の制御装置。

バッテリー電圧が低下しているときは、制限値をより低く設定することにより、バッテリーの保護を図ることができる。

【0038】

30

(12-19) 上記(8-15)に記載の車両搭載機器の制御装置において、

前記トルク指令部は、前記インバータ回路に入力される電圧値を示す信号である入力電圧信号が入力される入力電圧信号受信部と、前記3相ブラシレスモータの回転数を示す信号である回転数信号が入力される回転数信号受信部を備えると共に、前記入力電圧信号および前記回転数信号に基づき、前記制御指令値を補正することを特徴とする車両搭載機器の制御装置。

よって、バッテリー電流フィードバック制御系の応答を所望の値に設定することができる。

。

(13-20) 上記(12-19)に記載の車両搭載機器の制御装置において、

前記トルク指令部は、前記3相ブラシレスモータの銅損または鉄損に関する信号であるモータ損失信号が入力されるモータ損失信号受信部を備えると共に、前記モータ損失信号に基づき、前記制御指令値を補正することを特徴とする車両搭載機器の制御装置。

40

よって、バッテリー電流フィードバック制御系の応答性や制御応答周波数に対する制御の安定性を更に向上できる。

【0039】

(他の実施例)

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例

50

の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。さらに、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【0040】

以下、上記実施例から把握しうる技術思想について列挙する。

(14-8) ステアリングホイールの操舵操作に応じて転舵輪を転舵させる操舵機構と、前記操舵機構に対し操舵力を付与する3相ブラシレスモータと、
バッテリーから電力を供給され、前記3相ブラシレスモータを駆動制御する制御装置と、
前記制御装置に設けられ、車両の運転状態に基づき前記3相ブラシレスモータを駆動制御するための制御指令値を演算する演算部であって、かつ前記バッテリーから前記制御装置に供給される電流であるバッテリー電流が前記バッテリー電流を制限するための制御指令値制限値を超えないように前記制御指令値を演算する制御指令値演算部と、

10

前記制御装置に設けられ、前記制御指令値に基づき前記3相ブラシレスモータを駆動制御するインバータ回路と、

前記制御装置に設けられ、前記バッテリー電流を検出または推定するバッテリー電流検出回路と、

前記制御装置に設けられ、前記バッテリー電流に基づき前記制御指令値をフィードバック補正すると共にフィードバック補正された前記制御指令値を前記インバータ回路に出力する電流フィードバック回路と、

を有することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

制御指令値演算部によって補正されていない制御指令値に基づいて出力されるd q軸上の電圧指令や三相交流電圧指令などをフィードバック補正する場合、制御指令値とモータの発生トルクの差が大きくなるため、フィードバック制御が発散する虞がある。一方、本願発明では、制御指令値演算部によって補正された制御指令値をフィードバック補正することにより、上記課題を抑制することができる。

20

【0041】

(15-9) 上記(14-8)に記載の電動パワーステアリング装置において、

前記制御指令値演算部は、バッテリー電流が前記制限値に近づくように前記制御指令値を演算することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

制御指令値演算部は、制御指令値が、できるだけ高い指令値となるように補正するため、制限値の範囲内で操舵フィーリングの悪化を抑制することができる。

30

(16-10) 上記(14-8)に記載の電動パワーステアリング装置において、

前記制御指令値演算部は、車両の運転状態を示す信号である運転状態信号が入力される運転状態信号受信部を備え、前記運転状態信号に基づき、前記制御指令値を補正することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

運転状態に応じて制御指令値を補正することにより、操舵力付与の適用範囲（操舵トルクの大きさ、時間の長さ）を広げ、操舵フィーリングの向上を図ることができる。

(17-11) 上記(16-10)に記載の電動パワーステアリング装置において、

前記制御指令値演算部は、前記制御装置に電力を供給するバッテリーの電圧に基づき、前記制限値を可変に調整することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

バッテリー電圧が低下しているときは、制限値をより低く設定することにより、バッテリーの保護を図ることができる。

40

【0042】

(18-12) 上記(14-8)に記載の電動パワーステアリング装置において、

前記制御指令値演算部は、前記インバータ回路に入力される電圧値を示す信号である入力電圧信号が入力される入力電圧信号受信部と、前記3相ブラシレスモータの回転数を示す信号である回転数信号が入力される回転数信号受信部を備えると共に、前記入力電圧信号および前記回転数信号に基づき、前記制御指令値を補正することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

バッテリー電流フィードバック制御系の応答を所望の値に設定することができる。

(19-13) 上記(18-12)に記載の電動パワーステアリング装置において、

50

前記制御指令値演算部は、前記3相ブラシレスモータの銅損または鉄損に関する信号であるモータ損失信号が入力されるモータ損失信号受信部を備えると共に、前記モータ損失信号に基づき、前記制御指令値を補正することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

よって、バッテリー電流フィードバック制御系の応答性や制御応答周波数に対する制御の安定性を更に向上できる。

(20-14) 上記(19-13)に記載の電動パワーステアリング装置において、

前記制御装置は、前記3相ブラシレスモータ周辺の環境温度に関する信号である環境温度信号を受信する温度信号受信部を備え、

前記制御指令値演算部は、前記環境温度信号に基づき、前記制御指令値を補正することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

10

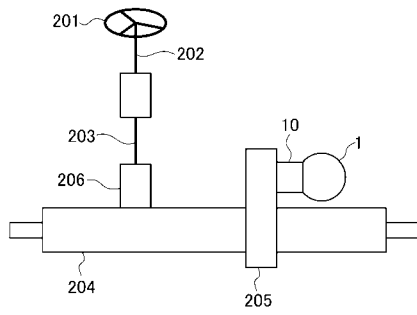
環境温度によって銅損、鉄損を算出するためのパラメータが変化するため、環境温度を更に考慮して制御指令値を補正することにより、バッテリー電流フィードバック制御系の応答性や制御応答周波数に対する制御の安定性を更に向上できる。

【符号の説明】

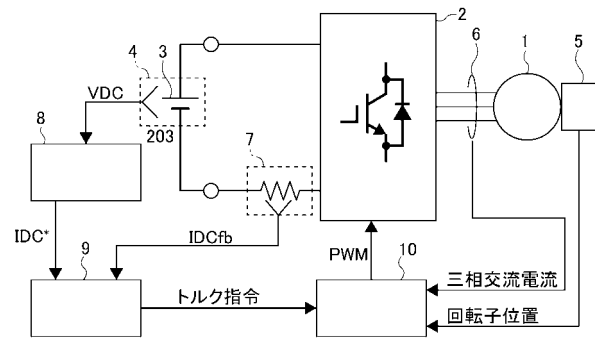
【0043】

1	モータ	
2	インバータ回路	
3	バッテリー	
4	バッテリー電圧センサ	20
5	位置センサ	
6	電流センサ	
7	バッテリー電流検出回路	
8	制御指令値制限部	
9	トルク指令部	
10	モータ制御部	
20	ベクトル制御器	
21	d q / 三相座標変換器	
22	PWM	
23	三相 / d q 座標変換器	30
24	位相演算器	
25	速度演算器	
30	トルク指令発生器	
31	偏差演算器	
32	積分器	
33	制限処理器	
34	加算器	
35	環境温度検出部	
201	ステアリングホイール	
202	ステアリングシャフト	40
203	ピニオン軸	
204	ラック軸	
205	減速機構	
206	操舵トルクセンサ	

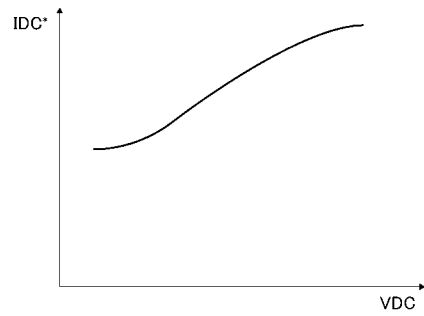
【図 1】



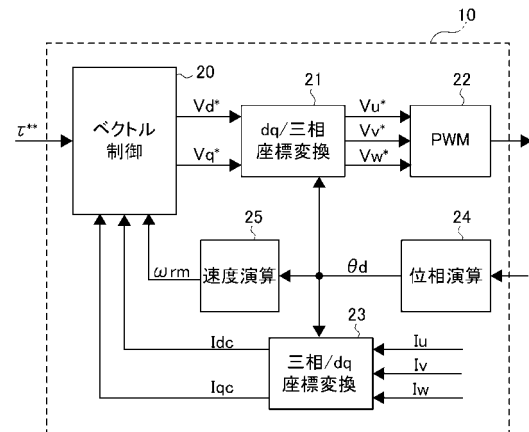
【図 2】



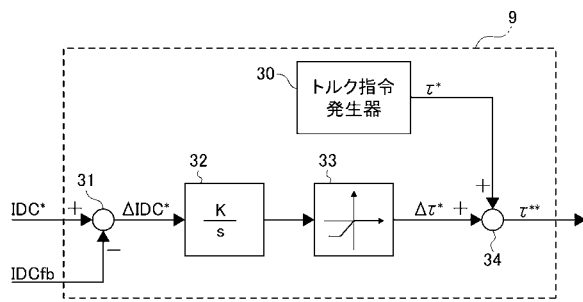
【図 3】



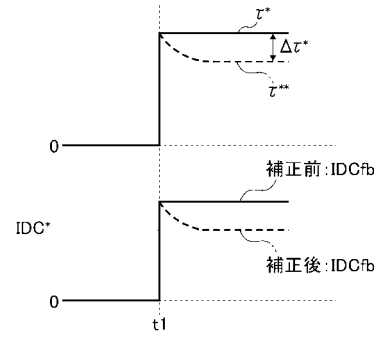
【図 4】



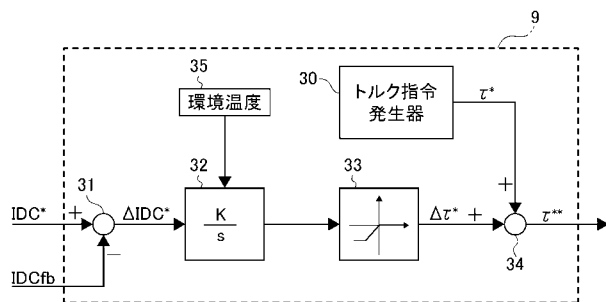
【図 5】



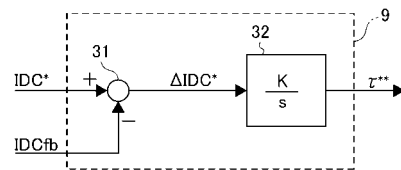
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 加島 督己

神奈川県厚木市恩名4丁目7番1号
テアリング株式会社内

日立オートモティブシステムズ

(72)発明者 板橋 正樹

神奈川県厚木市恩名4丁目7番1号
テアリング株式会社内

日立オートモティブシステムズ

Fターム(参考) 3D232 CC08 CC22 DA15 DA23 DA63 DA64 DA65 DD06 DD10 DD17
DE06 EA01 EB11 EC23 GG01
3D333 CB02 CB16 CE20 CE30 CE49
5H505 AA16 CC04 DD03 DD08 EE41 EE49 GG04 HA10 HB02 JJ28
LL22 LL24 LL41
5H560 AA08 BB04 BB12 DA00 DA17 DB20 DC12 DC13 EB01 SS02
UA06 XA02 XA12 XA13