

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5351002号  
(P5351002)

(45) 発行日 平成25年11月27日(2013.11.27)

(24) 登録日 平成25年8月30日(2013.8.30)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>H02P 6/12</b>	<b>(2006.01)</b>	H02P	6/02	371D	
<b>B62D 6/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B62D	6/00		
<b>B62D 5/04</b>	<b>(2006.01)</b>	B62D	5/04		
<b>H02P 21/00</b>	<b>(2006.01)</b>	H02P	5/408	C	
<b>H02P 27/04</b>	<b>(2006.01)</b>				

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2009-280421 (P2009-280421)  
 (22) 出願日 平成21年12月10日(2009.12.10)  
 (65) 公開番号 特開2011-125134 (P2011-125134A)  
 (43) 公開日 平成23年6月23日(2011.6.23)  
 審査請求日 平成22年1月19日(2010.1.19)

(73) 特許権者 000006013  
 三菱電機株式会社  
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号  
 (74) 代理人 100073759  
 弁理士 大岩 増雄  
 (74) 代理人 100093562  
 弁理士 児玉 俊英  
 (74) 代理人 100088199  
 弁理士 竹中 考生  
 (74) 代理人 100094916  
 弁理士 村上 啓吾  
 (72) 発明者 川野 佑  
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三  
 菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

モータの回転位置を検出して、そのモータ回転位置よりモータ回転速度を演算する回転速度演算手段、前記モータに通電される電流を検出するモータ電流検出手段、前記モータに与える電流指令値と前記モータ電流検出手段で検出したモータ電流とに基づいて前記モータを駆動するためのモータ電圧指令値を算出するモータ電圧指令値演算手段を備え、バッテリーなど一定電力を供給する車両の電動パワーステアリング装置におけるモータ制御装置において、

前記モータに供給する電源電圧を検出する電源電圧検出手段、前記モータ制御装置の設置周辺の環境温度を検出する環境温度検出手段、前記環境温度検出手段で検出した環境温度と、前記電源電圧検出手段で検出した電源電圧と、前記回転速度演算手段で演算されたモータ回転速度から、モータ電圧指令制限値を算出するモータ電圧指令制限値算出手段、及び前記モータ電圧指令制限値によって、前記モータ電圧指令値を制限するモータ電圧指令値制限手段を備えたことを特徴とするモータ制御装置。

【請求項2】

前記モータ電圧指令制限値算出手段は、前記モータ回転速度と前記電源電圧と前記環境温度によって、前記モータ電圧指令値のq軸電圧指令値を制限するq軸電圧指令制限値、または、前記モータ電圧指令値のd軸電圧指令値を制限するd軸電圧指令制限値を算出することを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。

【請求項3】

前記モータ電圧指令制限値算出手段は、前記モータ回転速度と前記電源電圧と前記環境温度によって、前記モータ電圧指令値のq軸電圧指令値を制限するq軸電圧指令制限値を算出することを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。

【請求項4】

前記モータ電圧指令制限値算出手段は、前記モータ回転速度と前記電源電圧と前記環境温度によって、前記モータ電圧指令値のd軸電圧指令値を制限するd軸電圧指令制限値を算出することを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。

【請求項5】

前記モータ電圧指令制限値算出手段は、前記モータ回転速度と前記電源電圧と前記環境温度によって、前記モータ電圧指令値のq軸電圧指令値を制限するq軸電圧指令制限値、および前記モータ電圧指令値のd軸電圧指令値を制限するd軸電圧指令制限値を算出することを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。

10

【請求項6】

前記モータ電圧指令制限値算出手段は、前記モータ回転速度と前記電源電圧と前記環境温度によって、U相、V相、W相の各相モータ電圧指令値を制限する相電圧指令制限値を算出することを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。

【請求項7】

前記モータは前記モータ電圧指令値によってPWM駆動制御されるよう構成され、前記モータ電圧指令制限値算出手段は、前記モータ回転速度と前記電源電圧と前記環境温度によって、U相、V相、W相の各相モータ電圧へのPWMの指令Duty値を制限するDuty指令制限値を算出することを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。

20

【請求項8】

前記モータ電圧指令制限値算出手段は、前記モータ回転速度と前記電源電圧と前記環境温度によって、前記モータ電圧指令値として許容できる最大値が定まるマップをあらかじめ備えることを特徴とする請求項2～7のいずれか1項に記載のモータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、ブラシレスモータ等のモータ制御装置に関するもので、特にモータに給電される電源電流を制限するモータ制御装置に関するものである。

30

【背景技術】

【0002】

モータによって車両の操舵系に操舵補助力を付与する電動パワーステアリング装置においては、モータの駆動力を減速機を介してギア又はベルト等の伝達機構により、ステアリングシャフト或いはラック軸に補助力を付勢するようになっている。

このような電動パワーステアリング装置のモータとして、ブラシレスモータ等の多相モータが使用される。

ブラシレスモータの出力要求の増大に伴い、ブラシレスモータへの過大な電流供給があった場合、給電経路上での発熱や、スイッチング素子の破壊などの問題を引き起こす可能性がある。

40

さらに、車両においては、電力が外部より過大に与えられず、一定の電力のみを供給される。そのため、過大な電力を消費するモータ駆動システムにおいては、その電力の大部分を消費することになり、定電圧を供給するバッテリーでは、その電力消費はつまり過大な電流を消費することになり、電源系のラインに過電流が生じるため、過大な負荷がかかることとなる。

また、過大な電力消費は、電圧の低下を引き起こし、同一電源から供給される他のシステムにおいて、電力が供給できないことになりかねない。これを防ぐため、消費電流を制限する必要がある。

【0003】

電源電流過大によって、電源電流通電部の発熱が問題となる場合は、電源電流の制限が

50

必要となってくる。そのために、電源電流を検出する電源電流検出器を具備し、その検出電流に基づいて電源電流を制限する制御が行われる。しかしながら電源電流検出器を具備することは、その分のコストアップが不可避になってしまい、また搭載する電源電流検出器の精度や、シャント抵抗器をつけた場合などには、電源電流検出器自身の損失も課題となってくる。

【0004】

このような課題を解決するため、電源電圧、モータ回転速度、電動パワーステアリング装置の入出力エネルギー収支から、所定電源電流に相当する操舵補助指令制限値を算出し、算出した操舵補助指令制限値により操舵補助指令値を制限することで、所定電源電流以上の電源電流を引き出さないようにした電動パワーステアリング装置が知られている（特許文献1参照）。

10

また、電源電圧及びモータ回転角速度に基づき、電源電流最大値に対応するモータ電流値を演算し、モータ電流指令値を演算された電源電流最大値以下に制限することで、電源電流が過電流にならないようにしたモータ制御装置が知られている（特許文献2参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平2008-49910号公報

【特許文献2】特開平2009-78711号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1の操舵補助指令制限値を求める計算は、操舵補助指令制限値についての2次式を解くことになるため、計算処理時間が大幅にかかる。この処理負荷の問題解決のために、二次式を解くためにルックアップテーブルを用いているが、この対策でも計算処理時間がかかってしまう。また、この操舵補助指令制限値の算出の際に用いる計算式では、モータ抵抗やトルク定数といったモータ固有のパラメータを多く含んでおり、その中には温度依存のパラメータも含まれている。とくに抵抗値などは温度によって大きく値が変わるため、環境温度が変わるような状況では、制限値の精度が悪化してしまう。

30

【0007】

また、操舵補助指令制限値での制限とは、モータ電流指令値によって制限をかけているということであり、モータ電流指令制限値を決めてから、モータ電流が制限されるまでの遅れが存在するため、モータ電流制御の応答性や、モータ電流制御時にモータ電流指令値を参照する周期によっては、モータ電流制限が必要な時に、モータ電流の制限が遅れ、所定電源電流より大きな電源電流が流れてしまう場合が生じる可能性がある。

特許文献2も電源電流最大値に対応するモータ電流制限値を演算し、モータ電流指令値に制限をかけていることから、特許文献1と同様に、モータ電流が制限されるまでの遅れが存在し、モータ電流制御の応答性や、モータ電流制御時にモータ電流指令値を参照する周期によっては、モータ電流制限が必要な時に、モータ電流の制限が遅れてしまう可能性がある。

40

【0008】

この発明は上記のような課題を解決するためになされたものであり、電源電流検出器を具備する必要もなく安価で、しかも制御装置の演算負荷を軽減し、モータ電流制御の応答性も早く、モータに給電される電源電流を制限するモータ制御装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明のモータ制御装置は、モータの回転位置を検出して、そのモータ回転位置よりモータ回転速度を演算する回転速度演算手段、モータに通電される電流を検出するモータ

50

電流検出手段、モータに与える電流指令値とモータ電流検出手段で検出したモータ電流とに基づいてモータを駆動するためのモータ電圧指令値を算出するモータ電圧指令値演算手段を備え、バッテリーなど一定電力を供給する車両の電動パワーステアリング装置におけるモータ制御装置において、モータに供給する電源電圧を検出する電源電圧検出手段、モータ制御装置の設置周辺的环境温度を検出する環境温度検出手段、環境温度検出手段で検出した環境温度と、電源電圧検出手段で検出した電源電圧と、回転速度演算手段で演算されたモータ回転速度から、モータ電圧指令制限値を算出するモータ電圧指令制限値算出手段、及びモータ電圧指令制限値によって、モータ電圧指令値を制限するモータ電圧指令値制限手段を備えたものである。

【発明の効果】

10

【0010】

この発明によれば、モータの出力要求の増大に伴い、モータ駆動時にモータへの過大な電流供給要求があった場合にも、電源電流検出器を具備することなく安価に、かつ制御装置を構成するマイクロコンピュータの処理負荷を小さくし、モータ電圧指令値を制限して、モータへの過大な電源電流の給電を抑えることができる。

また、モータ電流指令値ではなく、モータ電圧指令値によって制限しているため、急に制限が必要となった場合にも、電流指令値での制限時よりモータ電流制御の応答性が良く、モータへの過大な電源電流の給電を抑えることができる。さらには、モータ電圧飽和状態になることを防げるため、システムの安定性も向上する。

電動パワーステアリング装置においては、モータ給電電流制限により、モータの出力要求の増大による発熱問題に効果がある。また、制御装置を構成するマイクロコンピュータの処理負荷の軽減、モータ電圧を制限することによるシステム安定性確保によって、振動問題に対しても低減・抑制効果がある。

20

特に、電動パワーステアリング装置においては、その消費電流が過大になることにより、急激にアシスト力が低下することになり、ステアリングフィーリング上、違和感を感じ、急に操舵することができない感覚となる。本願により、これを防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】この発明の実施の形態1におけるモータ制御装置の構成図である。

【図2】この発明の実施の形態1における電圧制限マップを説明する図である。

30

【図3】モータの消費電力とトルク特性の関係を説明する図である。

【図4】この発明の実施の形態1におけるモータ電圧指令値を制限する方法を説明する図である。

【図5】この発明の実施の形態2におけるモータ制御装置の構成図である。

【図6】この発明の実施の形態2における電圧制限マップを説明する図である。

【図7】この発明の実施の形態3におけるモータ制御装置の構成図である。

【図8】この発明の実施の形態3におけるモータ電圧指令値を制限する方法を説明する図である。

【図9】この発明の実施の形態4におけるモータ制御装置の構成図である。

【図10】この発明の実施の形態5における電圧制限マップの例を説明する図である。

40

【図11】この発明の実施の形態6におけるモータ電圧指令値を制限する方法を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

実施の形態1

以下、この発明の実施の形態1におけるモータ制御装置を図1～図4に基づいて説明する。図1は発明の実施の形態1におけるモータ制御装置の構成図、図2はこの発明の実施の形態1における電圧制限マップを説明する図、図3はモータの消費電力とトルク特性の関係を説明する図、図4は発明の実施の形態1におけるモータ電圧指令値を制限する方法を説明する図である。

50

## 【 0 0 1 3 】

図 1 において、駆動源である 3 相 DC ブラシレスモータなどのモータ 1 と、直流電源である車載バッテリーなどで構成されて、モータ 1 に電力を供給する電源 2 と、モータ 1 と電源 2 との電力供給経路の途中に設けられてモータ 1 に供給する駆動電力を生成する駆動回路としての PWM (パルス幅変調) インバータ 3 と、モータ制御信号の出力に応じて PWM インバータ 3 の作動を制御するマイクロコントローラなどの制御装置 ( ECU ) 4 で構成されている。

## 【 0 0 1 4 】

PWM インバータ 3 は、直列に接続された一对のスイッチング素子を基本単位 (アーム) として各相に対応する 3 つのアームを並列接続してなる周知のもので、制御装置 4 から出力するモータ制御信号は PWM インバータ 3 のスイッチング素子の duty 比を規定するものとなっている。

10

制御装置 4 には、モータ 1 のロータの磁極位置を検出するための位置センサ 5 と、モータ 1 に通電される各相電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  を検出するための電流検出回路 6 と、電源 2 と PWM インバータ 3 間の電圧を検出する電源電圧検出回路 7 とが接続されている。

## 【 0 0 1 5 】

また、制御装置 4 は、マイクロコントローラに内蔵され、電流検出回路 6 で検出した相電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  をデジタル値に変換するための A/D 変換器 8 と、この A/D 変換器 8 で変換された相電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  の 3 相交流座標から d-q 座標の d 軸電流値  $I_d$  及び q 軸電流値  $I_q$  に変換する 3 相 / 2 相座標変換器 9 と、位置センサ 5 からのモータ回転位置よりモータ回転速度を演算する回転速度演算器 10 を備えている。

20

## 【 0 0 1 6 】

さらに、制御装置 4 には、モータ 1 を駆動するための制御信号の指令値として、d 軸電流指令値  $I_d^*$  及び q 軸電流指令値  $I_q^*$  が入力され、これらの d 軸電流指令値  $I_d^*$  及び q 軸電流指令値  $I_q^*$  は、3 相 / 2 相座標変換器 9 からの出力である d 軸電流値  $I_d$  及び q 軸電流値  $I_q$  と共に、それぞれ対応する減算器 11 a、11 b に入力される。

これら減算器 11 a、11 b において演算された d 軸電流偏差  $I_d$  及び q 軸電流偏差  $I_q$  は、それぞれ対応する PI 制御部 12 a、12 b に入力される。そして PI 制御部 12 a、12 b において、d 軸電流指令値  $I_d^*$  及び q 軸電流指令値  $I_q^*$  に実電流である d 軸電流値  $I_d$  及び q 軸電流値  $I_q$  を追従させるためのフィードバック制御が行われる。

30

## 【 0 0 1 7 】

具体的には、PI 制御部 12 a、12 b は、入力された d 軸電流偏差  $I_d$  及び q 軸電流偏差  $I_q$  に所定の PI ゲインを乗ずることにより、モータ 1 を駆動するための d 軸電圧指令値  $V_d^*$  及び q 軸電圧指令値  $V_q^*$  を演算するモータ電圧指令値演算手段として機能する。

一方、モータ 1 に給電される電源電流を制限するためのモータ電圧指令制限値を算出するモータ電圧指令制限値算出器 13 は、電源電圧検出回路 7 で検出した電源電圧と、回転速度演算器 10 で演算されたモータ回転速度と、3 相 / 2 相座標変換器 9 からの出力であるモータ電流の d 軸電流値  $I_d$  及び q 軸電流値  $I_q$  を入力して、モータ電圧指令値の制限値  $V_{limit}$  を算出する。このモータ電圧指令制限値  $V_{limit}$  は後述するようにマップ処理によって決定するが、演算で求めても良い。

40

## 【 0 0 1 8 】

モータ電圧指令値制限器 14 は、PI 制御部 12 a、12 b から入力されたモータ電圧指令値 (d 軸電圧指令値  $V_d^*$  及び q 軸電圧指令値  $V_q^*$ ) を、モータ電圧指令制限値算出器 13 からのモータ電圧指令制限値  $V_{limit}$  以下に制限するものである。

モータ電圧指令値制限器 14 によって制限された d 軸電圧指令値  $V_d^{**}$  及び q 軸電圧指令値  $V_q^{**}$  のモータ電圧指令値は、位置センサ 5 からの回転角と共に 2 相 / 3 相座標変換器 15 に入力され、この 2 相 / 3 相座標変換器 15 において三相の電圧指令値に変換される。

50

## 【 0 0 1 9 】

2相/3相座標変換器15からの各相電圧指令値はPWM制御器16に入力され、PWM制御器16は各相電圧指令値に応じたモータ制御信号を生成し、このモータ制御信号によりPWMインバータ3を駆動してモータ1への駆動電力の供給を制御する構成となっている。

制御装置4の構成のうち、A/D変換器8以外の構成は、マイクロコントローラにソフトウェアとして実現されるものである。

## 【 0 0 2 0 】

次に、この発明の実施の形態1におけるモータ制御の流れを基に説明する。

モータ1の各相電流であるU相電流 $I_u$ とV相電流 $I_v$ とW相電流 $I_w$ は、電流検出回路6で検出されて所定の電流に変換され、マイクロコントローラの制御装置4に入力される。制御装置4に入力された各相電流は、A/D変換器8で離散化されて、ソフトウェアの処理に引き渡される。

10

## 【 0 0 2 1 】

次に、マイクロコントローラの制御装置4に実装されたプログラムの動作について説明する。本プログラムは、所定の一定周期で呼び出されるものとする。また、モータのd軸電流指令値 $I_d^*$ 及びq軸電流指令値 $I_q^*$ は、別途与えられているものとする。

まず、位置センサ5よりモータ位置を検出されたモータ角度を所定時間毎に、モータ回転速度演算器10にて、前回に検出されたモータ角度との差分演算を実施することにより、モータ回転速度を算出する。

20

## 【 0 0 2 2 】

次に、A/D変換器8でデジタル変換されたU相電流 $I_u$ とV相電流 $I_v$ とW相電流 $I_w$ 、および位置センサ5で検出されたモータ位置(角度)は3相/2相座標変換器9に入力され、この3相/2相座標変換器9により、相電流 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ の3相交流座標からd軸とq軸の2軸からなる座標へ変換され、検出されたd軸電流 $I_d$ とq軸電流 $I_q$ となる。

検出されたd軸電流 $I_d$ とq軸電流 $I_q$ はそれぞれ減算器11a及び11bに入力され、減算器11a及び11bにおいて、d軸電流 $I_d$ とd軸電流指令値 $I_d^*$ との偏差、およびq軸電流 $I_q$ とq軸電流指令値 $I_q^*$ との偏差をそれぞれ求め、その偏差からd軸、q軸それぞれのPI制御器12a、12bによりd軸電圧指令値 $V_d^*$ およびq軸電圧指令値 $V_q^*$ が算出される。

30

## 【 0 0 2 3 】

ここでモータ電圧指令制限値算出部13にて、電源電圧検出回路7で検出された電源2とPWMインバータ3の間の電源電圧と、回転速度演算器10で算出されたモータ回転速度から、モータ電圧指令値として許容できる最大値を算出する。モータ電圧指令制限値算出部13は、例えば図2に示すように、あらかじめ制御対象のモータにおいて、モータ回転速度と電源電圧に対して、モータ電圧指令制限値を決めておき、マップにしておくことで、モータ電圧指令値として最大許容値であるモータ電圧指令制限値 $V_{limit}$ を決める。

モータ電圧指令制限値算出部13は、上記のようにマップを用いて、モータ電圧指令制限値の算出を行っているが、これは、マップによって演算負荷が減り処理が早くなるメリットがあるためである。しかし、マップ処理ではなく、演算によってモータ電圧指令制限値を求める場合も可能で、その場合、演算負荷に注意が必要ではあるが、従来法の電流制限を行う方法に比べ、モータ電圧での制限となるため、応答性は従来法より改善される。

40

## 【 0 0 2 4 】

ここで簡単に、演算によってモータ電圧指令制限値を求める場合について説明する。

下記の電力の釣り合いの式からモータ電圧指令制限値を求める。

$$P_{in} = P_{out} + P_{loss}$$

$$V_{in} \times I_{in} = K_t \times I_q \times \quad + \quad R \times I_m^2$$

$$V_{in} = (K \times I_q \times \quad + \quad R \times I_m^2) / I_{in}$$

$I_{in}$ に $I_{max}$ を代入することで $V_{max}$ が求まる。この $V_{max}$ をモータ電圧指令制限値

50

V limitとする。

ここで、 $P_{in}$  : 電源 ( バッテリ ) からの入力電力

$P_{out}$  : モータへの出力電力

$P_{loss}$  : モータの損失

$V_{in}$  : 電源電圧 ( バッテリ電圧 )

$I_{in}$  : 電源 ( バッテリ ) からの入力電流

$K_t$  : トルク定数

$I_q$  : q 軸検出電流

$I_m$  : モータ電流  $\sqrt{I_q^2 + I_d^2}$

$\omega$  : モータ回転角速度

$R$  : モータ抵抗

10

#### 【 0 0 2 5 】

ブラシレスモータ 1 の消費電力は、図 3 に示すように、横軸をモータ回転速度とすると、山型のような曲線の特性で表される。図 3 において消費電力を示す曲線がピークを迎えているポイントは速度 トルク曲線と比較するとわかるように、モータの定格回転数付近となる。定格回転数付近において消費電力が一番大きく、それ以降はモータ電圧に飽和が起き、回転速度が上がるに従って、トルク出力が低下していくため、消費電力も落ちていく。

#### 【 0 0 2 6 】

ブラシレスモータ 1 の消費電力が図 3 のようになるということから、消費電力のピーク付近で、モータ電圧指令値を制限することで、消費電力を制限することが可能となる。つまり、効率が低下している消費電力ピーク時は、電源 2 からの給電電力が大きくなっているため、モータ電圧指令値を制限することで、電源 2 からの過大な給電電力状態になることを防ぐことができる。

20

高トルク出力時程、消費電力が大きくなるため、最大トルク出力時の消費電力がピークとなる点を基にモータ電圧指令値に対する制限を設定しておけば、トルク出力が、どの状態においても電源からの過大な給電電力状態になることがなくなる。

#### 【 0 0 2 7 】

つまり、対象とするブラシレスモータ駆動システムを、モータ使用条件も含め、あらかじめ決めておけば、図 3 に示すような消費電力の特性は、システム固有に決まるため、入力を、モータ回転速度と電源電圧、出力をモータ電圧指令制限値として作成した図 2 に示すようなマップは、モータ回転速度に応じて、モータの出力を制限するため、ブラシレスモータへの過大な電流供給が起こらないようにモータ電圧指令値を制限するマップになる。

30

#### 【 0 0 2 8 】

次にモータ電圧指令値制限器 1 4 において、PI 制御器 1 2 a、1 2 b により算出された目標 d 軸電圧指令値  $V_d^*$  および q 軸電圧指令値  $V_q^*$  に対して、モータ電圧指令制限値算出部 1 3 より算出されたモータ電圧指令制限値  $V_{limit}$  と比較し、d 軸電圧指令値  $V_d^*$  および q 軸電圧指令値  $V_q^*$  がモータ電圧指令制限値  $V_{limit}$  を越えている場合には、d 軸電圧指令値  $V_d^*$  および q 軸電圧指令値  $V_q^*$  をモータ電圧指令制限値  $V_{limit}$  へと制限する。

40

#### 【 0 0 2 9 】

制限方法の一例として、d 軸電圧、q 軸電圧の合成電圧から制限する方法を説明する。合成電圧での制限方法として図 4 に示すように、電圧位相を固定にして制限を行った時の説明をするが、制限方法はこれに限ることはない。電圧位相を固定する方法では、電圧指令の位相を固定し、振幅だけを制限電圧まで減少させる。モータ電圧指令制限値を  $V_{limit}$  とし、制限前の d 軸電圧指令値  $V_d^*$  および q 軸電圧指令値  $V_q^*$  と、制限後の d 軸電圧指令値  $V_d^{**}$  および q 軸電圧指令値  $V_q^{**}$  の関係は次式に示すようになる。

#### 【 0 0 3 0 】

【数 1】

$$V^* = \sqrt{V_d^{*2} + V_q^{*2}} \quad (1)$$

式(1)はモータ電圧の絶対値を求める式であり、式(2)によってd軸電圧指令値 $V_d^{**}$ 、数(3)によってq軸電圧指令値 $V_q^{**}$ は表される。

【数 2】

$$V_d^{**} = V_{\text{limit}} \times \frac{V_d^*}{V^*} = V_{\text{limit}} \times \cos \theta_v \quad (2) \quad 10$$

【数 3】

$$V_q^{**} = V_{\text{limit}} \times \frac{V_q^*}{V^*} = V_{\text{limit}} \times \sin \theta_v \quad (3)$$

【0031】

この時、式(1)~(3)の演算が発生するが、従来法のような二次方程式を解く程の処理負荷は発生しない。求めた制限後のd軸電圧指令値 $V_d^{**}$ およびq軸電圧指令値 $V_q^{**}$ を用いてモータ制御を行う。

20

このようにモータ電圧指令値を制限することによって、急にブラシレスモータへの過大な電流供給が必要な状況になったとしても、モータ回転速度に応じて、モータの出力を制限するため、ブラシレスモータへの過大な電流供給が起こらない。

【0032】

以上のようにして、モータ電圧指令値制限器14において所定値以下に制限されたモータ電圧指令値は、2相/3相座標変換器15によってd-q軸座標からU相電圧、V相電圧、W相電圧の3相電圧へと座標変換され、PWM制御器16に入力される。PWM制御器16は、モータ電圧指令値をモータ制御信号として、PWMインバータ3のスイッチング素子のduty比を制御し、PWMインバータ3は、それに応じて電源2からモータ1のU相、V相、W相の各相に電力を供給し、モータ1は回転駆動される。

30

【0033】

以上の説明では、モータ電圧指令値制限器14の動作の一例として、d軸電圧、q軸電圧の合成電圧から制限する方法を説明したが、モータ電圧指令制限値算出器13によりq軸電圧指令値を制限するq軸電圧指令制限値、およびd軸電圧指令値を制限するd軸電圧指令制限値を算出し、モータ電圧指令値制限器14において、q軸電圧指令値 $V_q^*$ をq軸電圧指令制限値に制限、およびd軸電圧指令値 $V_d^*$ をd軸電圧指令制限値に制限することと同じである。

【0034】

また、d-q軸座標においては、d軸電圧が励磁成分、q軸電圧が負荷トルクに対応する成分であることから、回転数重視とする場合は、d軸電圧指令制限値を0とし、q軸電圧指令値 $V_q^*$ のみを制限する方法が有効である。この場合、モータ電圧指令制限値算出器13はモータ電圧指令値のq軸電圧指令値を制限するq軸電圧指令制限値を算出する。

40

一方、回転数重視とは逆にトルク重視としたい場合には、q軸電圧指令制限値を0とし、d軸電圧指令値 $V_d^*$ のみを制限する方法が有効となってくる。この場合、モータ電圧指令制限値算出器13はモータ電圧指令値のd軸電圧指令値を制限するd軸電圧指令制限値を算出する。

【0035】

以上のように実施の形態1の発明によれば、モータ電圧指令値のd軸電圧指令値およびq軸電圧指令値の両方、または目的に応じてd軸またはq軸電圧指令値のどちらか一方のモータ電圧指令値を制限することで、ブラシレスモータへの過大な電流供給要求があった場

50



合にも、ブラシレスモータへの過大な電流供給を防ぐため、速やかにモータ電流を制限することができる。

【0036】

実施の形態2 .

次に、この発明の実施の形態2におけるモータ制御装置を図5～図6に基づいて説明する。図5は発明の実施の形態2におけるモータ制御装置の構成図、図6はこの発明の実施の形態2における電圧制限マップを説明する図である。

図5において、モータ電圧指令制限値算出器13への入力として、モータ制御装置の設置周辺の環境温度を検出する環境温度検出器17からの環境温度を追加したもので、その他の構成は実施の形態1の図1に示す構成と同じに付き、同じ符号を付して説明を省略する。

10

【0037】

モータ電圧指令制限値算出器13は、電源電圧検出回路7で検出された電源2とPWMインバータ3の間の電源電圧と、回転速度演算器10で算出されたモータ回転速度と、環境温度検出器17で検出された環境温度とから、図6に示すような、入力をモータ回転速度、電源電圧、環境温度とし、出力をモータ電圧指令制限値となるマップを用いて、モータ電圧指令値として最大許容値であるモータ電圧指令制限値 $V_{limit}$ を決める。

モータ電圧指令制限値算出部13は、上記のように図6に示すマップを用いて、モータ電圧指令制限値の算出を行っているため、演算負荷が減り処理が早くなるメリットがある。

20

【0038】

次にモータ電圧指令値制限器14において、PI制御器12a、12bにより算出された目標d軸電圧指令値 $V_d^*$ およびq軸電圧指令値 $V_q^*$ に対して、モータ電圧指令制限値算出部13より算出されたモータ電圧指令制限値 $V_{limit}$ と比較し、d軸電圧指令値 $V_d^*$ およびq軸電圧指令値 $V_q^*$ がモータ電圧指令制限値 $V_{limit}$ を越えている場合には、d軸電圧指令値 $V_d^*$ およびq軸電圧指令値 $V_q^*$ をモータ電圧指令制限値 $V_{limit}$ へと制限することは、実施の形態1と同じである。

またモータ電圧指令値制限器14において所定値以下に制限されたモータ電圧指令値は、2相/3相座標変換器15によってd-q軸座標から3相電圧へと座標変換され、PWM制御器16によりPWMインバータ3を制御して、モータ1を回転駆動する。

30

【0039】

以上のように実施の形態2の発明によれば、モータ電圧指令値を制限するモータ電圧指令制限値 $V_{limit}$ を、モータ回転速度、電源電圧および環境温度とから決めているから、環境温度が変わるような状況においてもモータ電圧指令制限値の精度が悪化することはない。したがってこのモータ電圧指令制限値によりモータ電圧指令値を制限することで、ブラシレスモータへの過大な電流供給要求があった場合にも、ブラシレスモータへの過大な電流供給を防ぐため、速やかにモータ電流を制限することができる。

【0040】

実施の形態3 .

次に、この発明の実施の形態3におけるモータ制御装置を図7～図8に基づいて説明する。図7は発明の実施の形態3におけるモータ制御装置の構成図、図8はこの発明の実施の形態3におけるモータ電圧指令値を制限する方法を説明する図である。

40

図7において、PI制御器12a、12bにより算出された目標d軸電圧指令値 $V_d^*$ およびq軸電圧指令値 $V_q^*$ を2相/3相座標変換器15でd-q軸座標から3相電圧へと座標変換し、変換後の各相電圧をモータ電圧指令値制限器14で制限をかけるようにしたもので、その他の構成は実施の形態1の図1に示す構成と同じに付き、同じ符号を付して説明を省略する。

【0041】

実施の形態3の発明は、モータ電圧指令値を制限する場合、実施の形態1、2の発明のように、d軸電圧指令値 $V_d^*$ 、q軸電圧指令値 $V_q^*$ を用いて制限する方法に代えて、

50

U相電圧指令値 $V_u^*$ 、V相電圧指令値 $V_v^*$ 、W相電圧指令値 $V_w^*$ のように3相電圧自体に制限をかけるようにしたものである。各相電圧に制限をかける場合には、モータ制御装置が使用可能となる電源電圧の範囲に制限を設ける意味になり、この電圧制限によってモータ電流を抑えることができる。

#### 【0042】

図7において、PI制御器11a、11bより出力されたd軸電圧指令値 $V_d^*$ 、q軸電圧指令値 $V_q^*$ は、2相/3相座標変換器15でd-q軸座標から3相電圧へと座標変換してU相電圧指令値 $V_u^*$ 、V相電圧指令値 $V_v^*$ 、W相電圧指令値 $V_w^*$ とする。そして、モータ電圧指令値制限器14において、U相電圧指令値 $V_u^*$ 、V相電圧指令値 $V_v^*$ 、W相電圧指令値 $V_w^*$ に対して、モータ電圧指令制限値算出部13より算出されたモータ電圧指令制限値 $V_{limit}$ と比較し、U相電圧指令値 $V_u^*$ 、V相電圧指令値 $V_v^*$ 、W相電圧指令値 $V_w^*$ がモータ電圧指令制限値 $V_{limit}$ を越えている場合には、U相電圧指令値 $V_u^*$ 、V相電圧指令値 $V_v^*$ 、W相電圧指令値 $V_w^*$ をモータ電圧指令制限値 $V_{limit}$ へと制限する。

10

#### 【0043】

制限方法の一例として、図8に示すように、モータ電圧指令制限値算出部13は、モータ回転速度と電源電圧からモータ電圧指令制限値 $V_{limit}$ として、U相電圧指令制限値 $V_{u^{**}}$ 、V相電圧指令制限値 $V_{v^{**}}$ 、W相電圧指令制限値 $V_{w^{**}}$ を出力する。モータ電圧指令値制限器14において、制限前のU相電圧指令値 $V_u^*$ 、V相電圧指令値 $V_v^*$ 、W相電圧指令値 $V_w^*$ は、制限後のU相電圧指令値 $V_{u^{**}}$ 、V相電圧指令値 $V_{v^{**}}$ 、W相電圧指令値 $V_{w^{**}}$ とされ、PWM制御器16に出力される。

20

モータ電圧指令値制限器14において所定値以下に制限された各相のモータ電圧指令値は、PWM制御器16によりPWMインバータ3を制御して、モータ1を回転駆動する。

#### 【0044】

以上のように実施の形態3の発明によれば、U相、V相、W相の各相のモータ電圧指令値を制限することで、ブラシレスモータへの過大な電流供給要求があった場合にも、ブラシレスモータへの過大な電流供給を防ぐため、速やかにモータ電流を制限することができる。

#### 【0045】

実施の形態4

30

次に、この発明の実施の形態4におけるモータ制御装置を図9に基づいて説明する。図9は発明の実施の形態4におけるモータ制御装置の構成図である。

図9に示す構成は、実施の形態3の図7に示す構成において、モータ電圧指令制限値算出器13への入力として、モータ制御装置の設置周辺の環境温度を検出する環境温度検出器17からの環境温度を追加したもので、その他の構成は図7と同じに付き、同じ符号を付して説明を省略する。

#### 【0046】

モータ電圧指令制限値算出器13は、電源電圧検出回路7で検出された電源2とPWMインバータ3の間の電源電圧と、回転速度演算器10で算出されたモータ回転速度と、環境温度検出器17で検出された環境温度とから、図6に示すような、入力をモータ回転速度、電源電圧および環境温度とし、出力をモータ電圧指令制限値となるマップを用いて、モータ電圧指令値として最大許容値であるモータ電圧指令制限値 $V_{limit}$ を決める。

40

#### 【0047】

モータ電圧指令値制限器14において、2相/3相座標変換器15でd-q軸座標から3相電圧へと座標変換されたU相電圧指令値 $V_u^*$ 、V相電圧指令値 $V_v^*$ 、W相電圧指令値 $V_w^*$ に対して、モータ電圧指令制限値算出部13より算出されたモータ電圧指令制限値 $V_{limit}$ と比較し、実施の形態3と同様に、U相電圧指令値 $V_u^*$ 、V相電圧指令値 $V_v^*$ 、W相電圧指令値 $V_w^*$ がモータ電圧指令制限値 $V_{limit}$ を越えている場合には、U相電圧指令値 $V_u^*$ 、V相電圧指令値 $V_v^*$ 、W相電圧指令値 $V_w^*$ をモータ電圧指令制限値 $V_{limit}$ へと制限する。

50

## 【 0 0 4 8 】

モータ電圧指令値の制限方法は、図 8 に示すものと同じであり、モータ電圧指令値制限器 1 4 において所定値以下に制限された各相のモータ電圧指令値は P W M 制御器 1 6 に入力され、P W M 制御器 1 6 により P W M インバータ 3 を制御して、モータ 1 を回転駆動する。

## 【 0 0 4 9 】

実施の形態 5 .

次に、この発明の実施の形態 5 におけるモータ制御装置を図 1 0 に基づいて説明する。実施の形態 5 におけるモータ制御装置の構成図は、図 1、図 5、図 7、図 9 に示したものと同じである。図 1 0 は発明の実施の形態 5 におけるモータ回転速度による電圧制限マップを説明する図で、モータ電圧指令制限値算出器 1 3 から出力されるモータ電圧指令制限値を示すものである。

10

モータ電圧指令制限値算出器 1 3 において、モータ電圧指令値の最大許容値である電圧指令制限値を決めるマップは、上記した実施の形態 1 ~ 4 の発明では、モータ回転速度と電源電圧および環境温度によって、図 2 や図 6 に示すように数種類用意することにより、使用環境の変化（電源電圧の変化、消費電力の考慮、環境温度の変化）に対しても、任意に制限値を設定できるようにした。

## 【 0 0 5 0 】

しかしながら、制限値を設定する曲線は図 3 のように消費電力が大きいところに重点的に行う方法だけとは限らずに、例えば図 1 0 に示すように、モータ回転速度に対して制限曲線パターン 1 の制限値を一定にする方法（制限曲線パターン 1）や、モータ回転速度の高速域では制限を緩める方法（制限曲線パターン 2）や、モータ回転速度の増加に従って制限を緩める方法（制限曲線パターン 3）など、さまざまなマップを目的に合わせて任意に設定することができる。

20

なお、これらの制限曲線パターン 1、2、3 はモータ回転速度と電源電圧の要素によって決められ、電源電圧によって上記制限曲線パターン 1、2、3 のマップをそれぞれ数種類用意しておく。例えば制限曲線パターン 1 においては、電源電圧によって矢印のようにモータ電圧指令制限値  $V_{limit}$  が変わるパターンを複数用意し、電源電圧が大であればモータ電圧指令制限値  $V_{limit}$  も大になるようなパターンにしておく。

そしてモータ電圧指令値制限器 1 4 において、これら制限曲線パターン 1、2、3 によるモータ電圧指令制限値  $V_{limit}$  によって、モータ電圧指令値を制限する。

30

## 【 0 0 5 1 】

実施の形態 6 .

実施の形態 3、4 のモータ制御装置においては、U 相電圧指令値  $V_u^*$ 、V 相電圧指令値  $V_v^*$ 、W 相電圧指令値  $V_w^*$  のように各相電圧自体に制限をかけていたが、3 相電圧に変換後にモータ電圧指令値制限器 1 4 において各相の  $D u t y$  値を制限するようにしてもよい。

即ち、電圧指令制限値算出手段 1 3 は、モータ回転速度と電源電圧によって、U 相、V 相、W 相の各相モータ電圧への P W M の指令  $D u t y$  値を制限する  $D u t y$  指令制限値を算出する。そして、モータ電圧指令値制限器 1 4 において、P W M の指令  $D u t y$  値を  $D u t y$  指令制限値によって制限する。

40

この場合、制限方法の一例として、U 相、V 相、W 相の各相モータ電圧を制限する場合は、図 8 に示すようにモータ電圧指令制限値  $V_{limit}$  は六角形で表わされていたが、各相モータ電圧への P W M の指令  $D u t y$  値を制限するモータ電圧指令制限値  $V_{limit}$  は図 1 1 に示すように円形で表わされる。

## 【 0 0 5 2 】

以上のように、この発明によれば、制御の目的に合わせて、マップの作成方法、モータ電圧の制限方法を切り替え、モータ電圧指令値を制限することで、ブラシレスモータへの過大な電流供給要求があった場合にも、ブラシレスモータへの過大な電流供給を防ぐため、モータ電流を制限することができる。

50

【0053】

なお以上の説明において、位置センサ5でモータ1の回転位置を検出し、そのモータ回転位置より回転速度演算器10でモータ回転速度を演算していたが、位置センサ5に代えてモータ1の回転角を検出する回転角センサとし、回転速度演算器10に代えて回転角を微分して回転角速度を演算する回転角速度演算器を設けてもよい。

要するに、モータ1の回転位置を検出する位置センサ5も回転角を検出する回転角センサも広義としては回転位置を検出するものであり、また回転速度を演算する回転速度演算器10も回転角速度を演算する回転角速度演算器も広義としては回転速度を演算しているもので、これらは実質的に同じである。

【符号の説明】

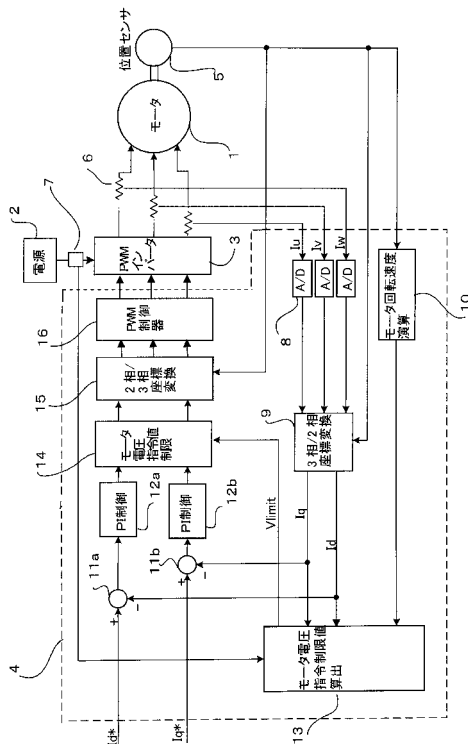
【0054】

- 1：モータ
- 2：電源
- 3：PWMインバータ
- 4：制御装置（マイクロコントローラ）
- 5：位置センサ
- 6：電流検出回路
- 7：電源電圧検出回路
- 8：A/D変換器
- 9：3相/2相座標変換器
- 10：回転速度演算器
- 11a、11b：減算器
- 12a、12b：PI制御部
- 13：モータ電圧指令制限値算出器
- 14：モータ電圧指令値制限器
- 15：2相/3相座標変換器
- 16：PWM制御器
- 17：环境温度検出器。

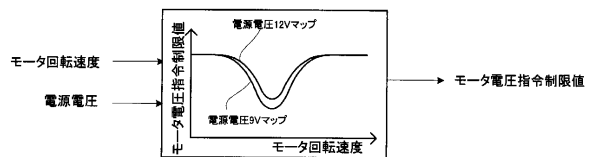
10

20

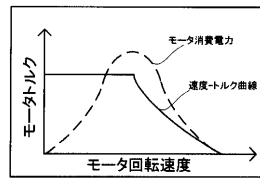
【図1】



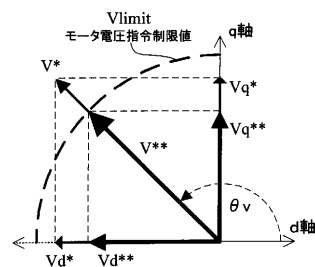
【図2】



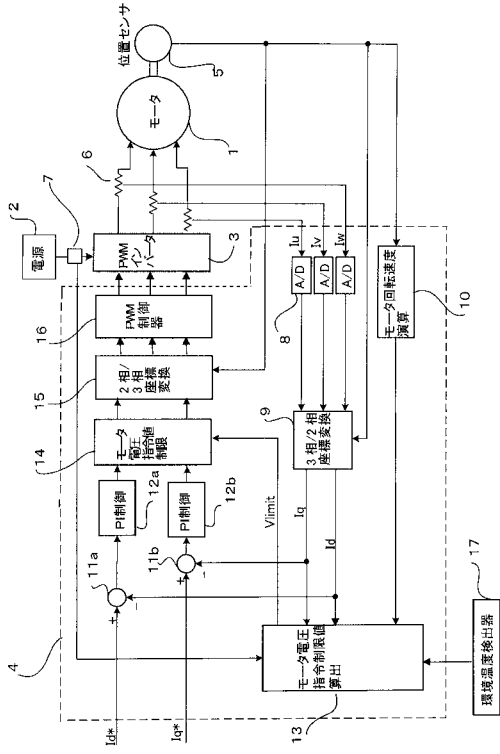
【図3】



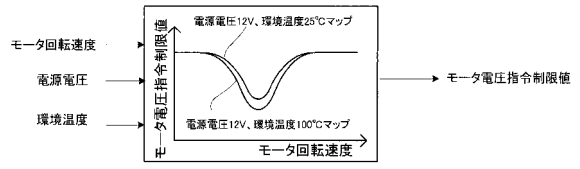
【図4】



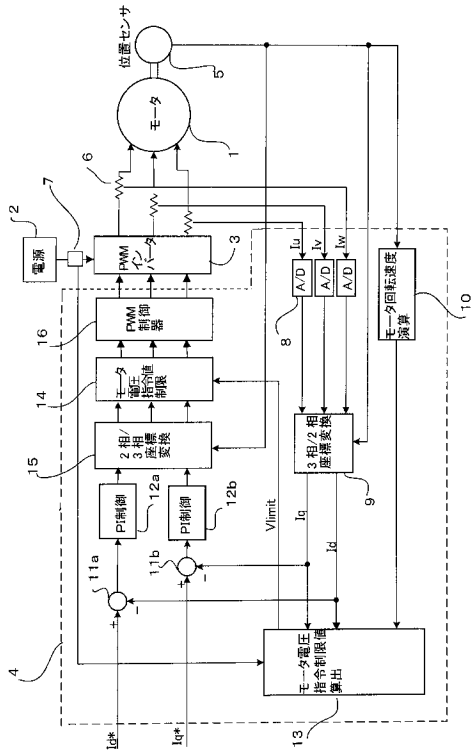
【図5】



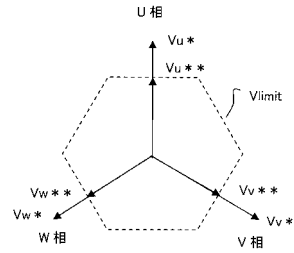
【図6】



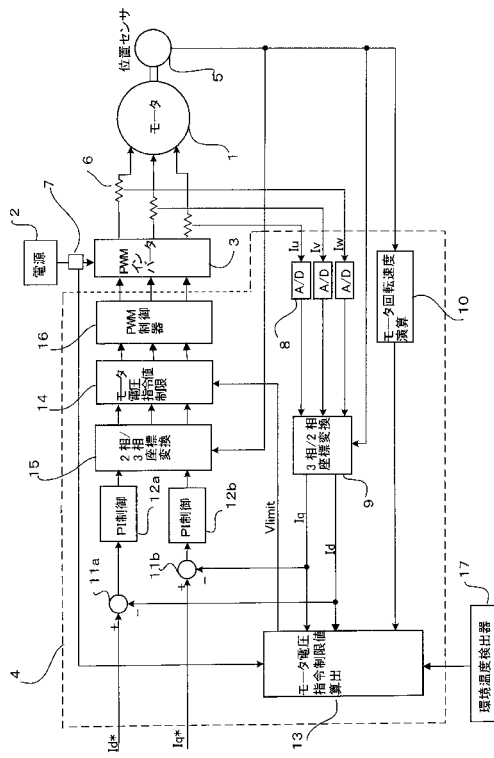
【図7】



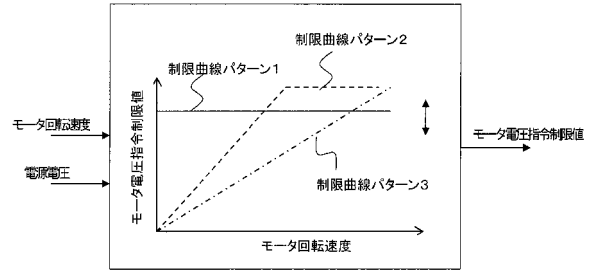
【図8】



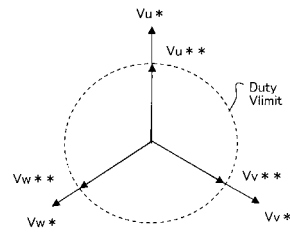
【図9】



【図10】



【図11】



---

フロントページの続き

(72)発明者 藤本 千明  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 高橋 祐介

(56)参考文献 特開2005-348580(JP,A)  
特開2001-263256(JP,A)  
特開2006-262669(JP,A)  
特開平01-122382(JP,A)  
特開2009-044879(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P	6/12
B62D	5/04
B62D	6/00
H02P	21/00
H02P	27/04