

(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2006-254532
(P2006-254532A)

(43) 公開日 平成18年9月21日(2006.9.21)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO2P 6/08 (2006.01)	HO2P 6/02 371 J	3D232
B62D 5/04 (2006.01)	B62D 5/04	3D233
B62D 6/00 (2006.01)	B62D 6/00	5H505
HO2P 6/06 (2006.01)	HO2P 6/02 321 J	5H560
HO2P 21/00 (2006.01)	HO2P 5/408 C	
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2005-64008 (P2005-64008)
(22) 出願日 平成17年3月8日(2005.3.8)

(71) 出願人 000004204
日本精工株式会社
東京都品川区大崎1丁目6番3号
(74) 代理人 100078776
弁理士 安形 雄三
(74) 代理人 100114269
弁理士 五十嵐 貞喜
(74) 代理人 100093090
弁理士 北野 進
(72) 発明者 小林 秀行
群馬県前橋市鳥羽町78番地 NSKステアリングシステムズ株式会社内
(72) 発明者 齊藤 昌秀
群馬県前橋市鳥羽町78番地 NSKステアリングシステムズ株式会社内
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

(57) 【要約】

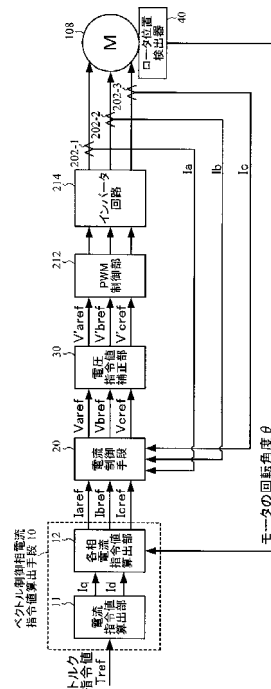
【課題】

線間出力電圧の基本波の振幅が電源電圧以下の範囲で正常にPWM駆動でき、電源電圧を最大限に利用できる電動パワーステアリング装置を提供する。

【解決手段】

ブラシレスモータと、トルク指令値に基づいてd軸及びq軸電流指令値とを算出する電流指令値算出手段と、算出されたd軸及びq軸電流指令値に基づいてブラシレスモータの各相の相電流指令値を算出する各相電流指令値算出手段と、算出された各相の相電流指令値に基づいて各相の電圧指令値を出力する電流制御手段と、各相の電圧指令値を入力とし、各相の電圧指令値の最大値を低減する電圧指令値補正により、得られた各相の電圧指令補正値を出力する電圧指令値補正手段と、電圧指令値補正手段から出力された各相の電圧指令補正値に基づいて、PWM信号を生成するPWM制御手段と、PWM制御手段で生成されたPWM信号に基づいて、ブラシレスモータをPWM駆動するモータ駆動回路とを備える。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

操向ハンドルの操舵トルクを検出するトルクセンサと、
 3以上の相を有する操舵補助用のブラシレスモータと、
 前記トルクセンサで検出した前記操舵トルクに基いて算出されたトルク指令値 T_{ref} に基いて、d軸電流指令値とq軸電流指令値とを算出する電流指令値算出手段とを具備した電動パワーステアリング装置において、
 前記電流指令値算出手段で算出されたd軸電流指令値及びq軸電流指令値に基いて、前記ブラシレスモータの各相の相電流指令値を算出する各相電流指令値算出手段と、
 前記各相電流指令値算出手段で算出された各相の相電流指令値に基いて、各相の電圧指令値を出力する電流制御手段と、
 前記電流制御手段から出力された各相の電圧指令値を入力とし、前記各相の電圧指令値の最大値を低減する電圧指令値補正により、得られた各相の電圧指令補正值を出力する電圧指令値補正手段と、
 前記電圧指令値補正手段から出力された各相の電圧指令補正值に基いて、PWM信号を生成するPWM制御手段と、
 前記PWM制御手段で生成されたPWM信号に基いて、前記ブラシレスモータをPWM駆動するモータ駆動回路と、
 を備えることを特徴とする電動パワーステアリング装置。

10

【請求項 2】

前記電圧指令値補正手段は、前記各相の電圧指令値から所定の補正電圧値をそれぞれ減算して、前記各相の電圧指令補正值を得る請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置。

20

【請求項 3】

前記電圧指令値補正手段では、前記ブラシレスモータの電気角と回転速度に基づいて、前記各相の電圧指令値の基本波の位相を算出し、算出された位相に合わせて得られた3次高調波を前記所定の補正電圧値とする請求項 2 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 4】

前記電圧指令値補正手段では、前記各相の電圧指令値のうち、最大値と最小値を平均した電圧指令値平均値を前記所定の補正電圧値とする請求項 2 に記載の電動パワーステアリング装置。

30

【請求項 5】

前記電圧指令値補正手段では、前記各相の電圧指令値から、まず、前記各相の電圧指令値のうち最大値と最小値を平均した電圧指令値平均値をそれぞれ減算し、そして、更に、前記各相の電圧指令値の基本波の位相を算出して得られた3次高調波をそれぞれ減算した結果を前記各相の電圧指令補正值とする請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ブラシレスモータを用いた電動パワーステアリング装置に関し、特に、電源電圧を最大限に利用できるブラシレスモータを用いた電動パワーステアリング装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

自動車などの車両のステアリング装置をモータの回転力で補助力を付与する電動パワーステアリング装置では、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与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簡単な構成を図1を参照して説明する。操向ハンドル101の軸102は、減速ギア103、ユニバーサルジョイント104a及び104b、ピニオンラック機構105を経て、操向車輪のタイロッド106に結合されている。軸

50

102には、操向ハンドル101の操舵トルクを検出するトルクセンサ107が設けられており、操向ハンドル101の操舵力を補助するモータ108が、減速ギア103を介して軸102に連結されている。

【0003】

このように構成された電動パワーステアリング装置の制御について、図2を参照して説明する。まず、トルクセンサ107で検出されたトルク T と、図示しない車速センサで検出された車速 V とが、アシストマップ190に入力され、操舵補助指令値が算出される。さらに、補償値演算部194で演算される補償値、例えば、収斂性演算部191や慣性演算部192で算出された収斂性や慣性などの補償値を、加算部195、196、197で前記操舵補助指令値に加算して、トルク指令値 T_{ref} が決定される。そして、電流指令値演算部200では、トルク指令値 T_{ref} に基づいて電流指令値 I_{ref} が決定される。

10

【0004】

なお、モータ108として、ブラシレスモータを用いた場合には、トルク指令値 T_{ref} の他に、図示しないロータ位置検出器で検出したモータの回転角度 θ も、電流指令値演算部200に入力され、電流指令値 I_{ref} が、トルク指令値 T_{ref} 及びモータの回転角度 θ に基づいて決定される。

【0005】

一方、モータ108へ供給されるモータ電流 I_m は、電流検出器202で検出され、前記電流指令値 I_{ref} とともに電流制御手段へ入力される。例えば、この電流制御手段としてフィードバック電流制御を用いた場合に、つまり、電流制御手段は偏差演算部と電流制御部（その一例として、例えば、比例積分項を用いる比例積分制御部）とから構成される場合に、減算器を用いる偏差演算部で、電流指令値 I_{ref} とモータ電流 I_m との偏差 $I = I_{ref} - I_m$ が算出され、次に、算出された偏差 I は、比例積分制御部に入力され、そして、比例積分制御部から電圧指令値 V_{ref} が出力される。

20

【0006】

また、PWM制御部212では、電圧指令値 V_{ref} を入力として、インバータ回路214へのPWM信号を出力することにより、電圧指令値 V_{ref} に基づいたPWM信号をインバータ回路214に指示するようになっている。そして、インバータ回路214では、そのPWM信号に基づいてモータ108へモータ電流 I_m を供給する。

【0007】

要するに、上述のように、ブラシレスモータを用いた電動パワーステアリング装置では、電流指令値演算部において、トルク指令値 T_{ref} とモータの回転角度 θ とに基づいて電流指令値 I_{ref} を算出し、そして、電流指令値 I_{ref} とモータ電流 I_m との偏差 I を解消するようにインバータ回路214を制御することにより、ブラシレスモータをPWM駆動している。

30

【0008】

かかる制御方法において、ブラシレスモータに印加される各相電圧は、一般的に正弦波状であるが、この場合、線間出力電圧（以下、線間印加電圧とも称する）の基本波の振幅が、電源電圧の $3/2$ 以下でしか正常にPWM駆動できないため、電圧利用効率が悪い。

40

【0009】

電動パワーステアリング装置では、車両のバッテリーによりモータを駆動し、操舵アシスト力を発生する。ところが、車両のバッテリーの電圧は一定ではなく、その使用状況により電圧が変化する。しかし、電動パワーステアリング装置では、通常14Vあるバッテリー電圧が9V程度まで電圧低下した場合においても、正常に動作することが要求される。

【0010】

このように電源環境が厳しい電動パワーステアリング装置では、電源電圧を最大限に利用することが望ましい。電源電圧の利用効率悪化とは、モータ最大出力の低下を意味し、電動パワーステアリング装置の性能低下をも意味する。

【0011】

50

このような問題を解決するために、例えば、特許文献 1 に開示された電動パワーステアリング装置が有る。特許文献 1 の電動パワーステアリング装置では、電圧指令値に 3 次高調波を重畳して電圧指令値の最大値を下げることにより、電源電圧の効率を向上させるようにしている。

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 3 4 5 2 8 3 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 4 - 2 0 1 4 8 7 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 1 2】

しかし、特許文献 1 に開示された電動パワーステアリング装置では、電気角に基づいて電圧指令値の 3 次高調波を算出しているため、電圧指令値が電気角に対してずれている場合、重畳した 3 次高調波のピークがずれてしまう問題が発生する。

10

【0 0 1 3】

より詳細に説明すると、電圧指令値は、実電流が電流指令値に追従するように電流制御されて算出された値であるので、高速回転時などの場合に、電圧指令値が電気角に対してずれていることがある。また、逆起電圧値を電圧指令値に加算しているため、これによっても電圧指令値が電気角に対してずれる。そのため、特許文献 1 のように、電気角に基づいて 3 次高調波を算出した場合に、重畳した 3 次高調波のピークがずれてしまう。ずれ量によっては、電圧指令値の最大値を低減することができなくて、つまり、電圧指令値のピークがつかないという問題が発生してしまう。

20

【0 0 1 4】

上述したように、従来の電動パワーステアリング装置では、ブラシレスモータの各相への印加電圧を正弦波電圧とした場合に、線間出力電圧の基本波の振幅が電源電圧の $3/2$ 以下の範囲でしか正常に PWM 駆動できず、よって、電源電圧の利用効率が悪化するという問題が生じてしまう。また、電動パワーステアリング装置では、バッテリー電圧でモータを駆動するため、電源電圧の利用効率の低下は、電動パワーステアリング装置の性能低下につながり、好ましくない。

【0 0 1 5】

また、特許文献 1 に開示された電動パワーステアリング装置では、ずれ量によっては、電圧指令値の最大値を低減することができなくて、つまり、電圧指令値のピークがつかないという問題がある。

30

【0 0 1 6】

本発明は、上述のような事情よりなされたものであり、本発明の目的は、線間出力電圧の基本波の振幅が電源電圧以下の範囲で正常に PWM 駆動でき、電源電圧を最大限に利用できる電動パワーステアリング装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0 0 1 7】

本発明は、操向ハンドルの操舵トルクを検出するトルクセンサと、3 以上の相を有する操舵補助用のブラシレスモータと、前記トルクセンサで検出した前記操舵トルクに基づいて算出されたトルク指令値 T_{ref} に基づいて、d 軸電流指令値と q 軸電流指令値とを算出する電流指令値算出手段とを具備した電動パワーステアリング装置に関し、本発明の上記目的は、前記電流指令値算出手段で算出された d 軸電流指令値及び q 軸電流指令値に基づいて、前記ブラシレスモータの各相の相電流指令値を算出する各相電流指令値算出手段と、前記各相電流指令値算出手段で算出された各相の相電流指令値に基づいて、各相の電圧指令値を出力する電流制御手段と、前記電流制御手段から出力された各相の電圧指令値を入力とし、前記各相の電圧指令値の最大値を低減する電圧指令値補正により、得られた各相の電圧指令補正值を出力する電圧指令値補正手段と、前記電圧指令値補正手段から出力された各相の電圧指令補正值に基づいて、PWM 信号を生成する PWM 制御手段と、前記 PWM 制御手段で生成された PWM 信号に基づいて、前記ブラシレスモータを PWM 駆動するモータ駆動回路とを備えることによって効果的に達成される。

40

50

【0018】

また、本発明の上記目的は、前記電圧指令値補正手段は、前記各相の電圧指令値から所定の補正電圧値をそれぞれ減算して、前記各相の電圧指令補正值を得るようにすることにより、或いは、前記電圧指令値補正手段では、前記ブラシレスモータの電気角と回転速度に基づいて、前記各相の電圧指令値の基本波の位相を算出し、算出された位相に合わせて得られた3次高調波を前記所定の補正電圧値とすることにより、或いは、前記電圧指令値補正手段では、前記各相の電圧指令値のうち、最大値と最小値を平均した電圧指令値平均値を前記所定の補正電圧値とすることにより、或いは、前記電圧指令値補正手段では、前記各相の電圧指令値から、まず、前記各相の電圧指令値のうち最大値と最小値を平均した電圧指令値平均値をそれぞれ減算し、そして、更に、前記各相の電圧指令値の基本波の位相を算出して得られた3次高調波をそれぞれ減算した結果を前記各相の電圧指令補正值とすることによって一層効果的に達成される。

10

【発明の効果】

【0019】

本発明に係る電動パワーステアリング装置によれば、ブラシレスモータの各相の電圧指令値の最大値を低減する電圧指令値補正により、得られた各相の電圧指令補正值に基づいて生成されたPWM信号に基づいて、ブラシレスモータをPWM駆動しているため、線間出力電圧の基本波の振幅が電源電圧以下の範囲で正常にPWM駆動でき、電源電圧を最大限に利用でき、電源電圧の利用効率を向上させることができ、高性能な電動パワーステアリング装置を提供できるといった優れた効果を奏する。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下に、図面を参照しながら、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0021】

本発明の電動パワーステアリング装置は、3以上の相を有するブラシレスDCモータ（以下、単に、ブラシレスモータとも称する）を用い、線間出力電圧の基本波の振幅が電源電圧以下の範囲で正常にPWM駆動でき、電源電圧を最大限に利用できるものである。

【0022】

なお、以下の実施形態では、操舵補助用のモータとして、3相ブラシレスモータを用いることを前提とする。

30

【0023】

本発明の電動パワーステアリング装置の基本的な制御ブロック図を図3に示す。なお、図3に示す本発明の電動パワーステアリング装置において、ベクトル制御相電流指令値算出手段10の入力であるトルク指令値 T_{ref} は、図2に示す従来の電動パワーステアリング装置におけるトルク指令値 T_{ref} の算出方法を用いて、算出することができるので、本発明では、図3に限らず他の実施例でも、このトルク指令値 T_{ref} の算出方法についての説明を省略する。

【0024】

図3に示されるように、本発明の電動パワーステアリング装置では、電流指令値算出部11と各相電流指令値算出部12で構成されるベクトル制御相電流指令値算出手段10と、電流制御手段20と、電圧指令値補正部30と、PWM制御部212と、インバータ回路214と、ロータ位置検出器40と、3相ブラシレスモータ108と、3相ブラシレスモータ108の各相のモータ相電流 I_a, I_b, I_c を検出するための電流検出器202-1, 202-2, 202-3とを備えている。

40

【0025】

ベクトル制御相電流指令値算出手段10において、電流指令値算出部11では、トルクセンサで検出した操舵トルクに基づいて算出されたトルク指令値 T_{ref} に基づいて、d軸電流指令値 I_d とq軸電流指令値 I_q とを算出し、また、各相電流指令値算出部12では、電流指令値算出部11で算出されたd軸電流指令値 I_d 及びq軸電流指令値 I_q とロータ位置検出器40で検出したモータの回転角度とに基づいて、3相ブラシレスモータ108

50

の各相の相電流指令値 I_{aref} , I_{bref} , I_{cref} を算出するように構成される。

【0026】

電流制御手段20は、フィードバック制御方式(FB制御)を用い、ベクトル制御相電流指令値算出手段10から出力された3相ブラシレスモータ108の各相の相電流指令値 I_{aref} , I_{bref} , I_{cref} と、電流検出器202-1, 202-2, 202-3で検出された各相のモータ相電流 I_a , I_b , I_c とに基いて、各相の電圧指令値 V_{aref} , V_{bref} , V_{cref} を出力するように構成される。

【0027】

ここで、図3に示す本発明の電動パワーステアリング装置において、フィードバック制御方式(FB制御)を用いた電流制御手段20の詳細を示したのは、図4である。図4に示されるように、3相ブラシレスモータ108へ供給されるモータ相電流 I_a , I_b , I_c は、電流検出器202-1, 202-2, 202-3で検出され、相電流指令値 I_{aref} , I_{bref} , I_{cref} とともに電流制御手段20へ入力される。

10

【0028】

ここで、電流制御手段20は、偏差演算部である減算器21-1, 21-2, 21-3と、電流制御部としての比例積分項を用いる比例積分制御部(PI制御部)22-1, 22-2, 22-3とから構成され、減算器21-1, 21-2, 21-3によって、相電流指令値 I_{aref} とモータ相電流 I_a との偏差 $I_a = I_{aref} - I_a$ 、相電流指令値 I_{bref} とモータ相電流 I_b との偏差 $I_b = I_{bref} - I_b$ 及び相電流指令値 I_{cref} とモータ相電流 I_c との偏差 $I_c = I_{cref} - I_c$ が算出される。次に、算出された偏差 I_a 、 I_b 及び I_c は、PI制御部22-1, 22-2, 22-3にそれぞれ入力され、そして、PI制御部22-1から電圧指令値 V_{aref} が、PI制御部22-2から電圧指令値 V_{bref} が、PI制御部22-3から電圧指令値 V_{cref} が、それぞれ出力される。

20

【0029】

次に、図3及び図4に示すように、電流制御手段20から出力されたブラシレスモータ108の各相の電圧指令値 V_{aref} , V_{bref} 及び V_{cref} は、本発明のポイントである電圧指令値補正手段としての電圧指令値補正部30に入力される。電圧指令値補正部30の具体的な構成は後述する。電圧指令値補正部30では、各相の電圧指令値 V_{aref} , V_{bref} 及び V_{cref} の最大値を低減する電圧指令値補正により、得られた各相の電圧指令補正值 V'_{aref} , V'_{bref} 及び V'_{cref} をPWM制御部212に出力する。

30

【0030】

PWM制御部212では、各相の電圧指令補正值 V'_{aref} , V'_{bref} 及び V'_{cref} に応じて、ブラシレスモータ108をPWM駆動するためのPWM信号(PWM波形)を生成する。従って、モータ駆動回路として機能するインバータ回路214によって、各相の電圧指令値 V_{aref} , V_{bref} 及び V_{cref} の最大値を低減して得られた各相の電圧指令補正值 V'_{aref} , V'_{bref} 及び V'_{cref} に基いて生成されたPWM信号に基いて、ブラシレスモータ108をPWM駆動することができる。

【0031】

以上のように構成した本発明の電動パワーステアリング装置では、電圧指令値補正部30により、3相ブラシレスモータ108の各相への印加電圧が補正される。

40

【0032】

次に、本発明のポイントである電圧指令値補正部30の具体的な構成について詳細に説明する。本発明の電圧指令値補正部では、各相の電圧指令値 V_{aref} , V_{bref} 及び V_{cref} から所定の補正電圧値をそれぞれ減算して、各相の電圧指令補正值 V'_{aref} , V'_{bref} 及び V'_{cref} を得るようにしている。所定の補正電圧値は、次のような幾つかの方法で求めることができる。

【0033】

まず、図5に示されるように、3相ブラシレスモータの電気角と回転速度に基づいて、

50

3相の電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} の基本波の位相を算出し、その基本波の3次高調波を所定の補正電圧値（以下、この所定の補正電圧値を3次高調波補正電圧値とも称する）とする。

【0034】

要するに、ここで、電圧指令値補正部30では、電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} に電圧指令値の基本波の3次高調波を重畳させることにより、電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} の最大値（ピーク）を下げるようにしている。

【0035】

電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} の最大値を下げるには、電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} の位相とその3次高調波の位相とを合わせなければならない。電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} の位相は、相電流指令値 I_{aref} 、 I_{bref} 及び I_{cref} の位相から、電流制御の応答性の分だけずれる。ずれ量は、モータ回転数によって変わるので、ずれ量とモータ回転数との関係を予め求めておけば、電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} の位相を求めることができる。位相を進める方向に補正させるため、以下、このずれ量を進角値とも称する。

【0036】

図5に示されるように、まず、予め求めておいたずれ量とモータ回転数との関係に基づいて、モータ回転数から、進角値を算出する。そして、モータの電気角を進角補正とする。次に、進角補正された進角値を3倍して、更に \sin 関数を通過させることにより、電圧指令値の基本波の3次高調波信号を算出することができる。また、電圧指令値の振幅の最大値とゲイン（ $1/6$ ）を乗じて、電圧指令値の基本波の3次高調波の振幅とする。このようにして、3次高調波補正電圧値が得られる。

【0037】

本発明の電圧指令値補正部30では、所定の補正電圧値が3次高調波補正電圧値の場合、図6に示すように3相ブラシレスモータ108への印加電圧が補正される。つまり、図6に示す波形は、補正前後の1相への印加電圧波形、及び所定の補正電圧値（3次高調波補正電圧値）を示している。図6から明らかのように、電圧指令値にその基本波の3次高調波を重畳させることによって、電圧指令値のピークを下げる事ができた。

【0038】

なお、図5において、電圧指令値の基本波の3次高調波の振幅を電圧指令値の振幅の最大値の6分の1にすることにより、各相電圧指令値の最大値（ピーク）を最も効率よく低減することができる。

【0039】

次に、電圧指令値補正部30の他の具体例について説明する。つまり、図7に示されるように、3相の電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} のうち、最大値と最小値を平均した電圧指令値平均値を所定の補正電圧値（以下、この所定の補正電圧値を電圧指令値平均値補正電圧値、あるいは、単に平均値補正電圧値とも称する）とする。

【0040】

要するに、ここで、電圧指令値補正部30では、電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} の平均値（電圧指令値平均値）を所定の補正電圧値にすることにより、電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} の最大値（ピーク）を下げるようにしている。

【0041】

電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} の最大値を下げるには、電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} の位相と電圧指令値平均値の位相とを合わせなければならない。進角値は電流制御の応答性によって変わるので、電流制御の応答性が安定でない場合に、電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} の位相と電圧指令値平均値の位相とを合わせるのが困難である。そこで、図5に示す位相を合わせる方法と違って、位相を合わせない方法としては、図7に示す方法である。

【0042】

10

20

30

40

50

図7に示されるように、まず、各相電圧指令値の最大値と最小値とを求め、つまり、3相の電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} のうち、その最大値と最小値とを求め、次に、求められた最大値と最小値との平均値を求め、求めた平均値を所定の補正電圧値にする。つまり、その平均値を電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} からそれぞれ減算することにより、電圧指令値の基本波の位相に合わせることなく電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} の最大値を低減することができる。

【0043】

本発明の電圧指令値補正部30では、所定の補正電圧値が電圧指令値平均値補正電圧値の場合、図8に示すように3相ブラシレスモータ108への印加電圧が補正される。つまり、図8に示す波形は、補正前後の1相への印加電圧波形、及び所定の補正電圧値（電圧指令値平均値補正電圧値）を示している。図8から明らかなように、電圧指令値からその電圧指令値平均値を減算することによって、電圧指令値のピークを下げる事ができた。

10

【0044】

更に、本発明の電圧指令値補正部30では、図5に示す電圧指令値補正方法と図7に示す電圧指令値補正方法とを同時に用いることができる。つまり、本発明の電圧指令値補正部30では、各相の電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} から、まず、各相の電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} のうち最大値と最小値を平均した電圧指令値平均値をそれぞれ減算し、そして、更に、各相の電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 及び V_{cref} の基本波の位相を算出して得られた3次高調波（図5及びその説明を参照）をそれぞれ減算した結果を各相の電圧指令補正值とするようにしても良い。

20

【0045】

以上のように、本発明の電動パワーステアリング装置において、3相ブラシレスモータが用いられている場合に、各相への印加電圧は120度ずつ位相がずれており、線間への印加電圧を考えた場合、補正前後で線間への印加電圧波形は、同じ正弦波電圧となる。

【0046】

よって、本発明の電圧指令値補正手段で電圧指令値補正が行われた場合には、電圧指令値補正無しの場合と同一の線間印加電圧を得るのに、必要な各相への印加電圧の振幅が小さくてよいということになり、線間印加電圧の基本波の振幅が電源電圧以下の範囲で正常にPWM駆動でき、電源電圧を最大限に利用できる。

【0047】

なお、以上の実施形態では、モータ電流（モータ相電流）として正弦波電流又はモータに印加される各相電圧として正弦波電圧を用いてベクトル制御の電動パワーステアリング装置に、本発明を適用することを説明したが、本発明はそれに限定されることなく、例えば、特許文献2に開示された『矩形波モータのベクトル制御』のような非正弦波（つまり、疑似矩形波）電圧指令値によって制御されるモータを用いた電動パワーステアリング装置にも適用することが可能である。

30

【0048】

ここで、特許文献2でいう『矩形波モータ』とは、電圧指令値波形もモータ電流波形も非正弦波（つまり、疑似矩形波）のモータのことを意味する。

【0049】

また、特許文献2に開示された『矩形波モータのベクトル制御』に本発明を適用し、更に、本発明の電圧指令値補正部30では、所定の補正電圧値が電圧指令値平均値補正電圧値の場合、図9に示すように3相ブラシレスモータへの印加電圧が補正される。つまり、図9に示す波形は、補正前後の1相への印加電圧波形、及び所定の補正電圧値（電圧指令値平均値補正電圧値）を示している。図9から明らかなように、電圧指令値からその電圧指令値平均値を減算することによって、電圧指令値のピークを下げる事ができた。

40

【0050】

図8と図9を比較して分かるように、図8における補正前の電圧指令値は正弦波であるのに対して、図9における補正前の電圧指令値は非正弦波（つまり、疑似矩形波）である。しかし、電圧指令値の基本波の位相に合わせる必要のない図7に示す本発明の電圧指令値

50

補正方法を、正弦波の電圧指令値にも、非正弦波（つまり、疑似矩形波）の電圧指令値にも、適用することができる。

【0051】

次に、電流制御手段20として、フィードフォワード制御（FF制御）と外乱オブザーバとで構成された場合に、本発明を適用した電動パワーステアリング装置の制御ブロック図を図10に示す。

【0052】

図10に示されるように、本発明の電動パワーステアリング装置では、電流指令値算出部11と各相電流指令値算出部12で構成されるベクトル制御相電流指令値算出手段10と、電流制御手段20と、電圧指令値補正部30と、PWM制御部212と、インバータ回路214と、図示しないロータ位置検出器40と、3相ブラシレスモータ108と、3相ブラシレスモータ108の各相のモータ相電流 I_a, I_b, I_c を検出するための電流検出器202-1, 202-2, 202-3とを備えている。なお、ベクトル制御相電流指令値算出手段10については、図3と同じであるために、その説明を省略する。

10

【0053】

電流制御手段20は、図10に示されるように、フィードフォワード制御（FF制御）を用い、ベクトル制御相電流指令値算出手段10から出力された3相ブラシレスモータ108の各相の相電流指令値 $I_{aref}, I_{bref}, I_{cref}$ と、電流検出器202-1, 202-2, 202-3で検出された各相のモータ相電流 I_a, I_b, I_c に基づいて算出された外乱電圧値 $V_{adis}, V_{bdis}, V_{cdis}$ とに基づいて、算出された指令値を電

20

【0054】

ここで、図10における電流制御手段20をより詳細に説明する。電流制御手段20では、電流制御部としてのFF制御部23-1, 23-2, 23-3と、加算回路としての加算器24-1, 24-2, 24-3と、外乱オブザーバ演算部25-1, 25-2, 25-3とから構成される。

【0055】

FF制御部23-1, 23-2, 23-3では、ベクトル制御相電流指令値算出手段10から出力された3相ブラシレスモータ108の各相の相電流指令値 $I_{aref}, I_{bref}, I_{cref}$ をそれぞれ入力とし、各相の電圧指令値 $V_{aref}, V_{bref}, V_{cref}$ を、加算器24-1, 24-2, 24-3にそれぞれ入力する。

30

【0056】

一方、外乱オブザーバ演算部25-1, 25-2, 25-3では、基本的に、各相の電圧指令値 $V_{aref}, V_{bref}, V_{cref}$ と、モータ相電流 I_a, I_b, I_c との差をとるのであるが、各相の電圧指令値 $V_{aref}, V_{bref}, V_{cref}$ に対してLPF回路26-1, 26-2, 26-3を通過させた値と、出力であるモータ相電流 I_a, I_b, I_c に対してもLPF回路27-1, 27-2, 27-3を通過させた値との差である外乱電圧値 $V_{adis}, V_{bdis}, V_{cdis}$ を減算回路28-1, 28-2, 28-3で算出している。ここで、LPF回路を通過させるのは、検出値であるモータ電流 I などに含まれるノイズなどを除去するためである。

40

【0057】

外乱オブザーバ演算部25-1, 25-2, 25-3から出力された外乱電圧値 $V_{adis}, V_{bdis}, V_{cdis}$ も、加算器24-1, 24-2, 24-3にそれぞれ入力される。加算器24-1, 24-2, 24-3の出力である $(V_{aref} + V_{adis}), (V_{bref} + V_{bdis}), (V_{cref} + V_{cdis})$ は、電圧指令値補正部30にそれぞれ入力される。

【0058】

電圧指令値補正部30では、 $(V_{aref} + V_{adis}), (V_{bref} + V_{bdis}), (V_{cref} + V_{cdis})$ の最大値を低減する電圧指令値補正により、得られた各相の電圧指令補正值 V'_{aref}, V'_{bref} 及び V'_{cref} をPWM制御部212

50

に出力する。上述した電圧指令値補正部 30 の具体的な電圧指令値補正方法は、図 10 に示す電動パワーステアリング装置に適用できることは、言うまでもない。

【0059】

ただし、図 3 及び図 4 における電圧指令値補正部 30 の説明において、使用される各相の電圧指令値 V_{aref} , V_{bref} , V_{cref} は、図 10 における電圧指令値補正部 30 の説明をする際に、それぞれ $(V_{aref} + V_{adis})$, $(V_{bref} + V_{bdis})$, $(V_{cref} + V_{cdis})$ に置き換えられる。

【0060】

PWM 制御部 212 では、各相の電圧指令補正值 V'_{aref} , V'_{bref} 及び V'_{cref} に応じて、ブラシレスモータ 108 を PWM 駆動するための PWM 信号 (PWM 波形) を生成する。従って、モータ駆動回路として機能するインバータ回路 214 によって、 $(V_{aref} + V_{adis})$, $(V_{bref} + V_{bdis})$, $(V_{cref} + V_{cdis})$ の最大値を低減して得られた各相の電圧指令補正值 V'_{aref} , V'_{bref} 及び V'_{cref} に基いて生成された PWM 信号に基いて、ブラシレスモータ 108 を PWM 駆動することができる。

【0061】

以上のように構成した本発明の電動パワーステアリング装置では、電圧指令値補正部 30 により、3 相ブラシレスモータ 108 の各相への印加電圧が補正される。

【0062】

なお、以上の実施形態では、ブラシレスモータの中でも多用される 3 相ブラシレスモータを例として、本発明の電動パワーステアリング装置について説明するが、本発明はこれに限定されるものではなく、他の相数を有するブラシレスモータ、例えば、5 相ブラシレスモータについても、同様に本発明を適用できることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図 1】従来の電動パワーステアリング装置の一般的な構成図である。

【図 2】図 1 に示す電動パワーステアリング装置の制御ブロック図である。

【図 3】本発明の電動パワーステアリング装置の制御ブロック図である。

【図 4】本発明を電流フィードバック制御 (FB 制御) に適用した実施例の制御ブロック図である。

【図 5】本発明の電動パワーステアリング装置において、電圧指令値の基本波の 3 次高調波を補正電圧値とする電圧指令値補正部を説明するための模式図である。

【図 6】3 相ブラシレスモータの任意 1 相に対して、図 5 に示す 3 次高調波補正電圧値で補正された電圧指令値、その 3 次高調波補正電圧値及び補正前の電圧指令値の波形図の一例である。

【図 7】本発明の電動パワーステアリング装置において、電圧指令値の平均値を補正電圧値とする電圧指令値補正部を説明するための模式図である。

【図 8】3 相ブラシレスモータの任意 1 相に対して、図 7 に示す平均値補正電圧値で補正された電圧指令値、その平均値補正電圧値及び補正前の電圧指令値の波形図の一例である。

【図 9】本発明を矩形波モータの制御方法に適用した実施例において、3 相ブラシレスモータの任意 1 相に対して、図 7 に示す平均値補正電圧値で補正された電圧指令値、その平均値補正電圧値及び補正前の電圧指令値の波形図の一例である。

【図 10】本発明を電流フィードフォワード制御 (FF 制御) に適用した実施例の制御ブロック図である。

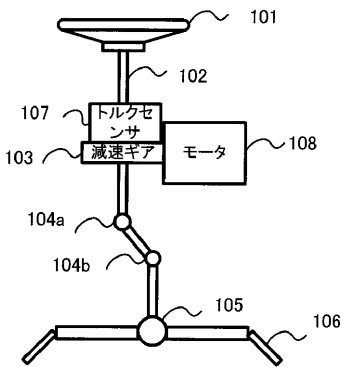
【符号の説明】

【0064】

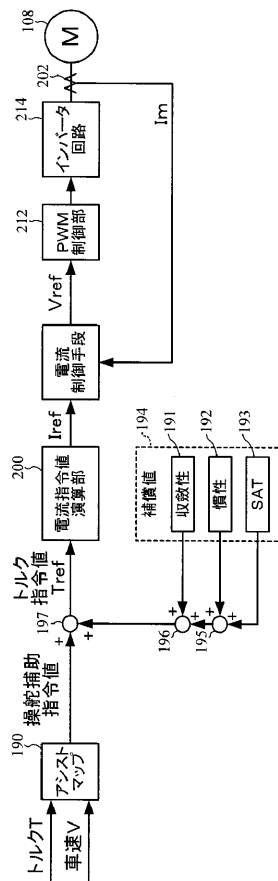
- 10 ベクトル制御相電流算出手段
- 11 電流指令値算出部
- 12 各相電流指令値算出部

- 2 0 電流制御手段
- 2 1 - 1, 2 1 - 2, 2 1 - 3 減算器
- 2 2 - 1, 2 2 - 2, 2 2 - 3 P I 制御部
- 2 3 - 1, 2 3 - 2, 2 3 - 3 F F 制御部
- 2 4 - 1, 2 4 - 2, 2 4 - 3 加算器
- 2 5 - 1, 2 5 - 2, 2 5 - 3 外乱オブザーバ演算部 (外乱オブザーバ回路)
- 2 6 - 1, 2 6 - 2, 2 6 - 3 L P F 回路
- 2 7 - 1, 2 7 - 2, 2 7 - 3 L P F 回路
- 2 8 - 1, 2 8 - 2, 2 8 - 3 減算回路
- 3 0 電圧指令値補正部
- 4 0 ロータ位置検出器
- 1 0 8 ブラシレスモータ
- 2 1 2 P W M 制御部
- 2 1 4 インバータ回路
- 2 0 2 - 1, 2 0 2 - 2, 2 0 2 - 3 電流検出器

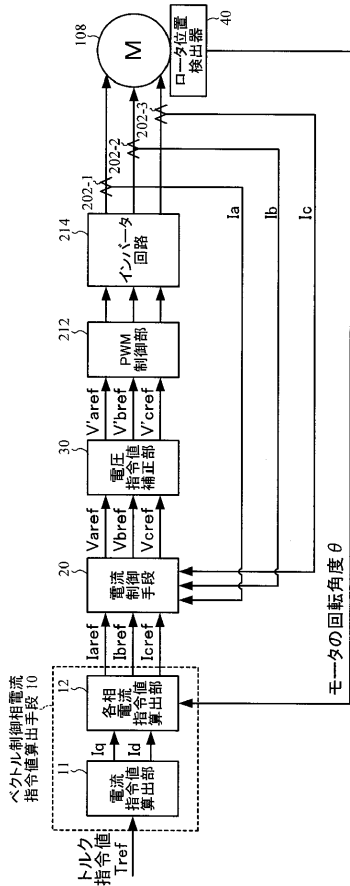
【 図 1 】



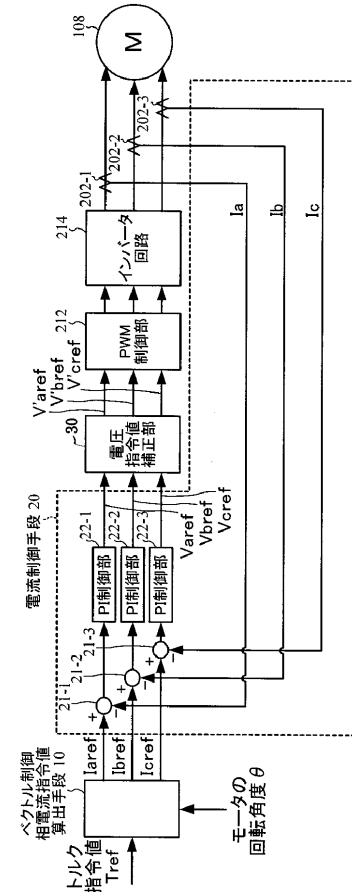
【 図 2 】



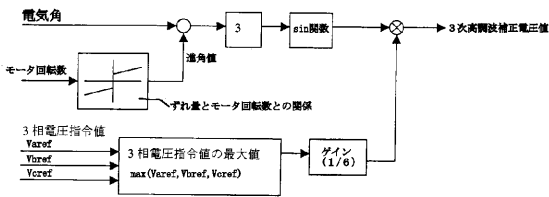
【 図 3 】



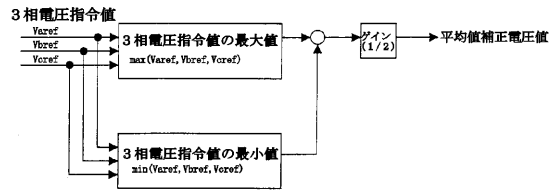
【 図 4 】



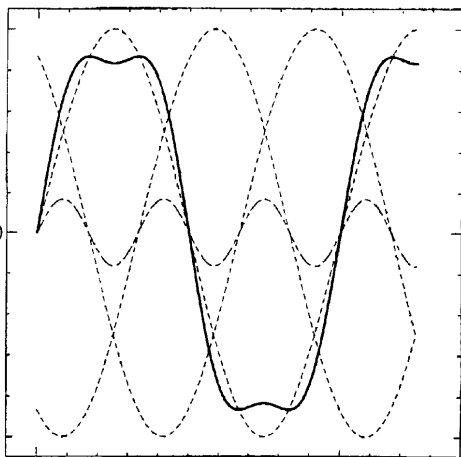
【 図 5 】



【 図 7 】

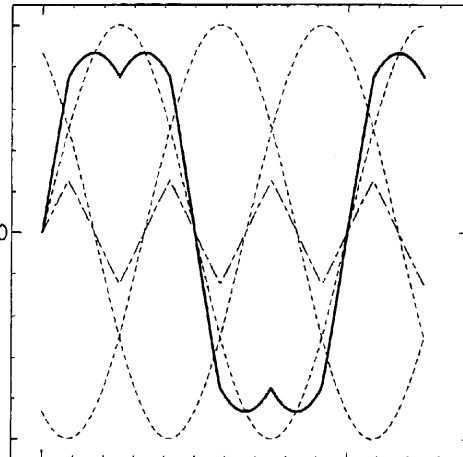


【 図 6 】



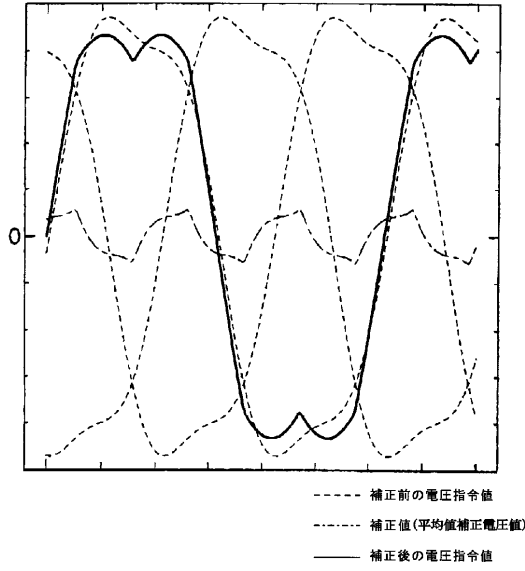
----- 補正前の電圧指令値
 - - - - - 補正値 (3次高周波補正電圧値)
 ———— 補正後の電圧指令値

【 図 8 】

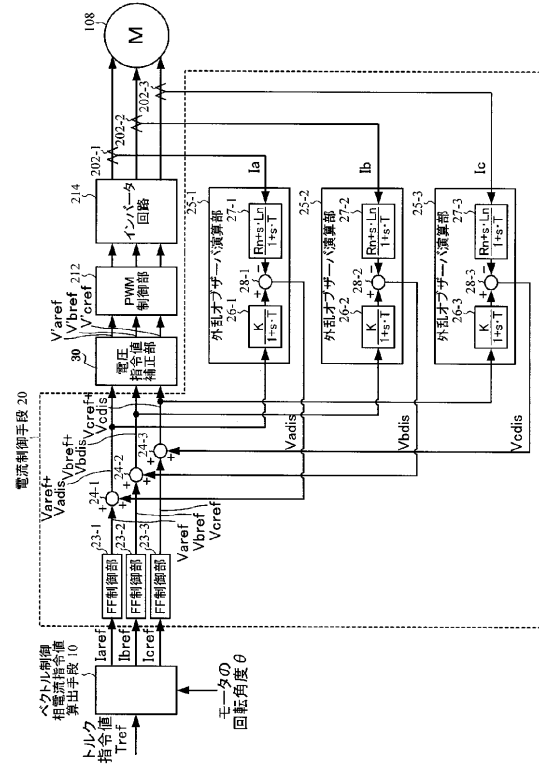


----- 補正前の電圧指令値
 - - - - - 補正値 (平均値補正電圧値)
 ———— 補正後の電圧指令値

【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード(参考)
H 0 2 P 27/04 (2006.01)		B 6 2 D 101:00	
B 6 2 D 101/00 (2006.01)		B 6 2 D 119:00	
B 6 2 D 119/00 (2006.01)		B 6 2 D 137:00	
B 6 2 D 137/00 (2006.01)			

(72)発明者 森 堅史

群馬県前橋市鳥羽町78番地 N S Kステアリングシステムズ株式会社内

(72)発明者 高瀬 博明

群馬県前橋市鳥羽町78番地 N S Kステアリングシステムズ株式会社内

(72)発明者 遠藤 修司

群馬県前橋市鳥羽町78番地 N S Kステアリングシステムズ株式会社内

F ターム(参考) 3D232 CC50 DA15 DA23 DA63 DA64 DC01 DC02 DC04 DC08 DD17
 DD18 EB11 EC23 EC24 GG01
 3D233 CA03 CA13 CA16 CA20 CA21
 5H505 AA16 BB02 CC02 DD06 EE31 EE41 GG02 GG04 HB01
 5H560 AA10 BB04 DA02 DB02 EB01 EC01 XA02 XA04