

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6193264号
(P6193264)

(45) 発行日 平成29年9月6日 (2017.9.6)

(24) 登録日 平成29年8月18日 (2017.8.18)

(51) Int.Cl.

F I

B 6 0 L 15/20 (2006.01)

B 6 0 L 9/18 (2006.01)

B 6 0 L 15/20 J

B 6 0 L 15/20 S

B 6 0 L 9/18 P

請求項の数 12 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-554078 (P2014-554078)	(73) 特許権者	000002107
(86) (22) 出願日	平成25年10月30日 (2013.10.30)		住友重機械工業株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/006414		東京都品川区大崎二丁目1番1号
(87) 国際公開番号	W02014/103122	(74) 代理人	100105924
(87) 国際公開日	平成26年7月3日 (2014.7.3)		弁理士 森下 賢樹
審査請求日	平成27年9月15日 (2015.9.15)	(74) 代理人	100109047
(31) 優先権主張番号	特願2012-281379 (P2012-281379)		弁理士 村田 雄祐
(32) 優先日	平成24年12月25日 (2012.12.25)	(74) 代理人	100109081
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 三木 友由
		(74) 代理人	100116274
			弁理士 富所 輝観夫
		(72) 発明者	伊藤 匠
			神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重
			機械工業株式会社横須賀製造所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動フォークリフト用のモータ駆動装置およびそれを用いた電動フォークリフト

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電動フォークリフトに搭載され、前記電動フォークリフトの目標速度を示す速度指令値にもとづいて前記電動フォークリフトの駆動輪に動力を伝達する走行モータを制御するモータ駆動装置であって、

前記電動フォークリフトは、
車体前方に取り付けられたマストと、
前記マストに沿って昇降する昇降体と、
を備え、

前記モータ駆動装置は、

少なくとも前記速度指令値および前記走行モータの現在の速度を示す速度検出値にもとづき、前記走行モータのトルクを指示するトルク指令値を生成するトルク指令値生成部と、

前記電動フォークリフトの車体のピッチ軸周りのピッチ角加速度を検出するピッチング検出部と、

前記ピッチング検出部により検出されたピッチ角加速度に第1係数を乗算し、第1補正值を生成する第1乗算器と、

前記トルク指令値に、前記第1補正值を合成するピッチング補正部と、
を備えることを特徴とするモータ駆動装置。

【請求項2】

前記ピッチング検出部は、前記ピッチ角加速度に加えて、前記電動フォークリフトの車体のピッチ軸周りのピッチ角速度を検出し、

前記モータ駆動装置は、前記ピッチング検出部により検出されたピッチ角速度に第2係数を乗算し、第2補正值を生成する第2乗算器をさらに備え、

前記ピッチング補正部は、前記トルク指令値に、前記第1補正值および前記第2補正值を合成することを特徴とする請求項1に記載のモータ駆動装置。

【請求項3】

前記ピッチング検出部は、

ピッチ角速度を検出するジャイロセンサと、

前記ジャイロセンサの出力を微分し、前記ピッチ角加速度を生成する第1演算部と、

を含むことを特徴とする請求項1または2に記載のモータ駆動装置。

10

【請求項4】

前記電動フォークリフトは、左駆動輪と右駆動輪それぞれに動力を伝達する左走行モータおよび右走行モータを備え、

前記モータ駆動装置は、前記電動フォークリフトの目標速度を示す速度指令値にもとづいて前記左走行モータおよび前記右走行モータを制御するものであり、

前記トルク指令値生成部は、前記速度指令値、転舵角、前記左走行モータの現在の速度を示す左速度検出値および前記右走行モータの現在の速度を示す右速度検出値にもとづき、前記左走行モータのトルクを指示する左トルク指令値および前記右走行モータのトルクを指示する右トルク指令値を生成するよう構成され、

20

前記ピッチング補正部は、前記左トルク指令値および前記右トルク指令値それぞれに、前記第1補正值を合成することを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載のモータ駆動装置。

【請求項5】

前記ピッチング検出部は、

前記左速度検出値および前記右速度検出値にもとづき、車体の加速度、または車輪の角加速度を示す加速度検出値を生成する第2演算部と、

前記左トルク指令値および前記右トルク指令値にもとづき、車体の合成加速度、または車輪の角加速度を指示する合成加速度指令値を生成する第3演算部と、

前記加速度検出値と前記合成加速度指令値の差分に応じて、ピッチ角速度の推定値を生成する第4演算部と、

30

前記ピッチ角速度の推定値を微分し、前記ピッチ角加速度を生成する第1演算部と、を含むことを特徴とする請求項4に記載のモータ駆動装置。

【請求項6】

電動フォークリフトに搭載され、前記電動フォークリフトの目標速度を示す速度指令値にもとづいて前記電動フォークリフトの駆動輪に動力を伝達する走行モータを制御するモータ駆動装置であって、

前記電動フォークリフトは、

車体前方に取り付けられたマストと、

前記マストに沿って昇降する昇降体と、

を備え、

前記モータ駆動装置は、

40

少なくとも前記速度指令値および前記走行モータの現在の速度を示す速度検出値にもとづき、前記走行モータのトルクを指示するトルク指令値を生成するトルク指令値生成部と、

前記電動フォークリフトの車体のピッチ軸周りのピッチ角速度を検出するピッチング検出部と、

前記ピッチング検出部により検出されたピッチ角速度に第2係数を乗算し、第2補正值を生成する第2乗算器と、

前記トルク指令値に、前記第2補正值を合成するピッチング補正部と、

50

を備えることを特徴とするモータ駆動装置。

【請求項 7】

前記ピッチング検出部は、前記ピッチ角速度を検出するジャイロセンサを含むことを特徴とする請求項 6 に記載のモータ駆動装置。

【請求項 8】

前記電動フォークリフトは、左駆動輪と右駆動輪それぞれに動力を伝達する左走行モータおよび右走行モータを備え、

前記モータ駆動装置は、前記電動フォークリフトの目標速度を示す速度指令値にもとづいて前記左走行モータおよび前記右走行モータを制御するものであり、

前記トルク指令値生成部は、前記速度指令値、転舵角、前記左走行モータの現在の速度を示す左速度検出値および前記右走行モータの現在の速度を示す右速度検出値にもとづき、前記左走行モータのトルクを指示する左トルク指令値および前記右走行モータのトルクを指示する右トルク指令値を生成するよう構成され、

前記ピッチング補正部は、前記左トルク指令値および前記右トルク指令値それぞれに、前記第 2 補正值を合成することを特徴とする請求項 6 または 7 に記載のモータ駆動装置。

【請求項 9】

前記ピッチング検出部は、

前記左速度検出値および前記右速度検出値にもとづき、車体の加速度、または車輪の角加速度を示す加速度検出値を生成する第 2 演算部と、

前記左トルク指令値および前記右トルク指令値にもとづき、車体の合成加速度、または車輪の角加速度を指示する合成加速度指令値を生成する第 3 演算部と、

前記加速度検出値と前記合成加速度指令値の差分に応じて、ピッチ角速度の推定値を生成する第 4 演算部と、

を含むことを特徴とする請求項 8 に記載のモータ駆動装置。

【請求項 10】

前記トルク指令値を、前記速度検出値および所定のトルクリミットカーブに応じて定まる上限値以下に制限するトルクリミット部をさらに備えることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれかに記載のモータ駆動装置。

【請求項 11】

前記ピッチング補正部は、前記トルクリミット部の後段に設けられることを特徴とする請求項 10 に記載のモータ駆動装置。

【請求項 12】

駆動輪と、

車体前方に取り付けられたマストと、

前記マストに沿って昇降する昇降体と、

前記駆動輪に動力を伝達する走行モータと、

前記走行モータを駆動する請求項 1 から 11 のいずれかに記載のモータ駆動装置と、を備えることを特徴とするフォークリフト。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電動フォークリフト用のモータ駆動装置に関する。

【背景技術】

【0002】

産業車両のひとつに、電池を動力源とする電動フォークリフトがある。電動フォークリフト（以下単にフォークリフトとも称する）は、走行用車輪（駆動輪）である前輪に動力を伝達する走行モータと、転舵輪である後輪の転舵角（操舵角）を制御する油圧ポンプに動力を伝達する油圧アクチュエータ用モータ（ステアリングモータ）と、昇降体を制御する油圧ポンプに動力を伝達する油圧アクチュエータ用モータ（荷役モータ）と、走行モータ、ステアリングモータ、荷役モータそれぞれを駆動する電力変換装置を備える。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2005-184978号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

フォークリフトは、あらかじめ定められた車線を走行する一般車両と異なり、自由な空間において大きな転舵角、つまり小さな回転半径で使用されるケースが多く、また、路面状態が悪いフィールドで使用されることも想定される。かかる事情に加えて車両前方に重

10

【0005】

ピッチングは運転者に不快感を与えるばかりでなく、それが原因で、横滑り、荷崩れ等が発生する恐れもある。

【0006】

本発明はかかる状況においてなされたものであり、そのある態様の例示的な目的のひとつは、ピッチングを抑制可能なフォークリフトの走行モータの駆動装置の提供にある。

【課題を解決するための手段】

20

【0007】

本発明のある態様は、電動フォークリフトに搭載され、電動フォークリフトの目標速度を示す速度指令値にもとづいて電動フォークリフトの駆動輪に動力を伝達する走行モータを制御するモータ駆動装置に関する。モータ駆動装置は、少なくとも速度指令値および走行モータの現在の速度を示す速度検出値にもとづき、走行モータのトルクを指示するトルク指令値を生成するトルク指令値生成部と、電動フォークリフトの車体のピッチ軸周りのピッチ角加速度を検出するピッチング検出部と、ピッチング検出部により検出されたピッチ角加速度に第1係数を乗算し、第1補正值を生成する第1乗算器と、トルク指令値に、第1補正值を合成するピッチング補正部と、を備える。

【0008】

30

この態様によると、ピッチ軸周りの角加速度にもとづいて、走行モータのトルクを補正することにより、ピッチングを抑制することができる。

【0009】

ピッチング検出部は、ピッチ角加速度に加えて、電動フォークリフトの車体のピッチ軸周りのピッチ角速度を検出してもよい。モータ駆動装置は、ピッチング検出部により検出されたピッチ角速度に第2係数を乗算し、第2補正值を生成する第2乗算器をさらに備えてもよい。ピッチング補正部は、トルク指令値に第1補正值および第2補正值を合成してもよい。

【0010】

ピッチ軸周りの角加速度に加えて、ピッチ軸周りの角速度にもとづいて、左右の走行モータのトルクを補正することにより、より適切にピッチングを抑制することができる。

40

【0011】

ピッチング検出部は、ピッチ角速度を検出するジャイロセンサと、ジャイロセンサの出力を微分し、ピッチ角加速度を生成する第1演算部と、を含んでもよい。

【0012】

ピッチング検出部は、左速度検出値および右速度検出値にもとづき、車体の加速度、または車輪の角加速度を示す加速度検出値を生成する第2演算部と、左トルク指令値および右トルク指令値にもとづき、車体の合成加速度、または車輪の角加速度を指示する合成加速度指令値を生成する第3演算部と、加速度検出値と合成加速度指令値の差分に応じて、ピッチ角速度の推定値を生成する第4演算部と、ピッチ角速度の推定値を微分し、ピッチ

50

角加速度を生成する第1演算部と、を含んでもよい。

ピッチングは、トルクの指令に対して、実際の車体の挙動が遅れた場合に発生する。この態様によれば、左右の速度検出値から、現在の車体の加速度を計算し、左右のトルク指令値から、車体の加速度（トルク）の目標値を計算し、それらの差分を計算することにより、ピッチングの大きさを推定することができ、高価なジャイロセンサが不要となる。

【0013】

電動フォークリフトは、左駆動輪と右駆動輪それぞれに動力を伝達する左走行モータおよび右走行モータを備えてもよい。モータ駆動装置は、電動フォークリフトの目標速度を示す速度指令値にもとづいて左走行モータおよび右走行モータを制御してもよい。トルク指令値生成部は、速度指令値、転舵角、左走行モータの現在の速度を示す左速度検出値および右走行モータの現在の速度を示す右速度検出値にもとづき、左走行モータのトルクを指示する左トルク指令値および右走行モータのトルクを指示する右トルク指令値を生成するよう構成されてもよい。ピッチング補正部は、左トルク指令値および右トルク指令値それぞれに、第1補正値を合成してもよい。

10

【0014】

本発明の別の態様もまた、モータ駆動装置である。モータ駆動装置は、少なくとも速度指令値および走行モータの現在の速度を示す速度検出値にもとづき、走行モータのトルクを指示するトルク指令値を生成するトルク指令値生成部と、電動フォークリフトの車体のピッチ軸周りのピッチ角速度を検出するピッチング検出部と、ピッチング検出部により検出されたピッチ角速度に第2係数を乗算し、第2補正値を生成する第2乗算器と、トルク指令値に第2補正値を合成するピッチング補正部と、を備える。

20

【0015】

この態様によると、ピッチ軸周りの角速度にもとづいて、左右の走行モータのトルクを補正することにより、適切にピッチングを抑制することができる。

【0016】

ピッチング検出部は、ピッチ角速度を検出するジャイロセンサを含んでもよい。

【0017】

電動フォークリフトは、左駆動輪と右駆動輪それぞれに動力を伝達する左走行モータおよび右走行モータを備えてもよい。モータ駆動装置は、電動フォークリフトの目標速度を示す速度指令値にもとづいて左走行モータおよび右走行モータを制御してもよい。トルク指令値生成部は、速度指令値、転舵角、左走行モータの現在の速度を示す左速度検出値および右走行モータの現在の速度を示す右速度検出値にもとづき、左走行モータのトルクを指示する左トルク指令値および右走行モータのトルクを指示する右トルク指令値を生成するよう構成されてもよい。ピッチング補正部は、左トルク指令値および右トルク指令値それぞれに、第2補正値を合成してもよい。

30

【0018】

ピッチング検出部は、左速度検出値および右速度検出値にもとづき、車体の加速度、または車輪の角加速度を示す加速度検出値を生成する第2演算部と、左トルク指令値および右トルク指令値にもとづき、車体の合成加速度、または車輪の角加速度を指示する合成加速度指令値を生成する第3演算部と、加速度検出値と合成加速度指令値の差分に応じて、ピッチ角速度の推定値を生成する第4演算部と、を含んでもよい。

40

【0019】

モータ駆動装置は、トルク指令値を、速度検出値および所定のトルクリミットカーブに応じて定まる上限値以下に制限するトルクリミット部をさらに備えてもよい。

【0020】

ピッチング補正部は、トルクリミット部の後段に設けられてもよい。

トルクリミット部より前段では、トルク指令値は上限値より高い場合が多いため、トルクリミット部の前段でピッチング補正を行っても、最終的なトルク指令に反映されない可能性がある。そこでピッチング補正部をトルクリミット部の後段に設けることにより、補正値を確実に実際のトルクに反映させることができる。

50

【0021】

本発明の別の態様は、フォークリフトに関する。フォークリフトは、駆動輪と、駆動輪に動力を伝達する走行モータと、走行モータを駆動する上述のいずれかのモータ駆動装置と、を備える。

【0022】

なお、以上の構成要素の任意の組み合わせや本発明の構成要素や表現を、方法、装置、システムなどの間で相互に置換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、ピッチングを抑制できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】フォークリフトの外観図を示す斜視図である。

【図2】フォークリフトの操縦パネルの一例を示す図である。

【図3】デュアルモータ式のフォークリフトの電気系統、機械系統の構成を示すブロック図である。

【図4】図4（a）、（b）は、デュアルモータ式のフォークリフトを模式的に示す図である。

【図5】実施の形態にモータ駆動装置の構成を示すブロック図である。

【図6】変形例に係るピッチング検出部の構成を示すブロック図である。

20

【図7】角速度と、ピッチング検出部により推定された角速度を示す波形図である。

【図8】変形例に係るモータ駆動装置の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明を好適な実施の形態をもとに図面を参照しながら説明する。各図面に示される同一または同等の構成要素、部材、処理には、同一の符号を付するものとし、適宜重複した説明は省略する。また、実施の形態は、発明を限定するものではなく例示であって、実施の形態に記述されるすべての特徴やその組み合わせは、必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。

【0026】

30

本明細書において、「部材Aが、部材Bと接続された状態」とは、部材Aと部材Bが物理的に直接的に接続される場合のほか、部材Aと部材Bが、それらの電氣的な接続状態に実質的な影響を及ぼさない、あるいはそれらの結合により奏される機能や効果を損なわない、その他の部材を介して間接的に接続される場合も含む。

同様に、「部材Cが、部材Aと部材Bの間に設けられた状態」とは、部材Aと部材C、あるいは部材Bと部材Cが直接的に接続される場合のほか、それらの電氣的な接続状態に実質的な影響を及ぼさない、あるいはそれらの結合により奏される機能や効果を損なわない、その他の部材を介して間接的に接続される場合も含む。

【0027】

図1は、フォークリフトの外観図を示す斜視図である。フォークリフト600は、車体（シャーシ）602、フォーク604、昇降体（リフト）606、マスト608、車輪610、612を備える。マスト608は車体602の前方に設けられる。昇降体606は、油圧アクチュエータ（図1に不図示、図3の116）などの動力源によって駆動され、マスト608に沿って昇降する。昇降体606には、荷物を支持するためのフォーク604が取り付けられている。

40

【0028】

図2は、フォークリフトの操縦パネル700の一例を示す図である。操縦パネル700は、イグニッションスイッチ702、ステアリングホイール704、リフトレバー706、アクセルペダル708、ブレーキペダル710、ダッシュボード714、前後進レバー712を備える。

50

【0029】

イグニッションスイッチ702は、フォークリフト600の起動用のスイッチである。ステアリングホイール704は、フォークリフト600の操舵を行うための操作手段である。リフトレバー706は、昇降体606を上下に移動させるための操作手段である。アクセルペダル708は、走行用の車輪の回転を制御する操作手段であり、ユーザが踏み込み量を調節することでフォークリフト600の走行が制御される。ユーザがブレーキペダル710を踏み込むと、ブレーキがかかる。前後進レバー712は、フォークリフト600の走行方向を、前進と後進で切りかえるためのレバーである。そのほか、図示しないインチャージペダルが設けられてもよい。

【0030】

続いて、フォークリフト600の構成を、走行、荷役、操舵それぞれについて説明する。図3は、デュアルモータ式のフォークリフト600の電気系統、機械系統の構成を示すブロック図である。ECU（電子制御コントローラ）110は、フォークリフト600全体を制御するためのプロセッサである。

【0031】

電池106は、P線およびN線の間に、電池電圧 V_{BAT} を出力する。

第1電力変換装置100、第2電力変換装置102、第3電力変換装置104は、モータ駆動装置300を構成する。モータ駆動装置300は、ECU110からの、第1制御指令値S1～第3制御指令値S3にもとづき、走行モータM1L、M1R、荷役モータM2、ステアリングモータM3それぞれを駆動する。第1電力変換装置100、第2電力変換装置102、第3電力変換装置104はそれぞれ、電池電圧 V_{BAT} を受け、3相交流信号に変換して、対応するモータM1L、M1R、M2、M3に供給する。

【0032】

（走行）

ECU110は、前後進レバー712からの前進、後進を指示する信号と、アクセルペダル708からの、踏み込み量に応じた走行操作量を示す信号を受け、それに応じた第1制御指令値S1を第1電力変換装置100に出力する。第1電力変換装置100は、第1制御指令値S1に応じて左走行モータM1L、右走行モータM1Rそれぞれに供給する電力を制御する。第1制御指令値S1は、走行モータM1の目標速度を指示する速度指令値と相関を有する。駆動輪である左前輪（左駆動輪）610Lは、左走行モータM1Lの動力により回転し、右前輪（右駆動輪）610Rは、右走行モータM1Rの動力により回転する。

【0033】

（荷役）

リフトレバー706の傾きによって、昇降体606の上下動が制御される。ECU110は、リフトレバー706の傾きを検出し、傾きに応じた荷役操作量を示す第2制御指令値S2を第2電力変換装置102に出力する。第2電力変換装置102は、第2制御指令値S2に応じた電力を荷役モータM2に供給し、その回転を制御する。昇降体606は、油圧アクチュエータ116と連結される。油圧アクチュエータ116は、荷役モータM2が生成する回転運動を、直線運動に変換し、昇降体606を制御する。

【0034】

（操舵）

エンコーダ122は、ステアリングホイール704の回転角を検出し、回転角を示す信号をECU110に出力する。ECU110は、回転角に応じた第3制御指令値S3を第3電力変換装置104に出力する。第3電力変換装置104は、第3制御指令値S3に応じた電力をステアリングモータM3に供給し、その回転数を制御する。転舵輪である後輪612は、タイロッド126を介してギアボックス124と連結される。ステアリングモータM3の回転運動は、油圧アクチュエータ118およびギアボックス124を介して、タイロッド126に伝達され、操舵が制御される。

【0035】

図4 (a)、(b)は、デュアルモータ式のフォークリフト600を模式的に示す図である。Lはホイールベース、Trfは前トレッド、Trrは後トレッド、nl (rpm)は左駆動輪610Lの速度を、nr (rpm)は右駆動輪610Rの速度を、Vl (m/s)は左駆動輪610Lの速度を、Vr (m/s)は右駆動輪610Rの速度を示す。

【0036】

転舵輪である後輪612L、612Rは、アッカーマンステアリング機構によって転舵角が制御可能となっている。後輪612L、612Rそれぞれの車軸の交点が、車体の回転中心Oとなり、回転中心Oは、転舵角 δr に応じて、前輪610L、610Rの軸上に左右に移動する。本実施の形態では、転舵角 δr を右後輪の回転角として定義しているが、当業者には、転舵角 δr の定義がそれには限定されないことが理解される。転舵角 δr は、図4 (a)に示す左旋回時に正、図4 (b)に示す左旋回時に負をとるものとする。

10

ρx は、回転中心Oと、前輪610L、610Rの中点（車体代表点Xという）の距離である。

【0037】

このフォークリフト600のステアリング機構は、回転中心Oが、前輪610L、610Rの間に移動することを許容する。この場合、左右の駆動輪610L、610Rは逆回転するよう制御される。

【0038】

図5は、実施の形態にモータ駆動装置300（第1電力変換装置100）の構成を示すブロック図である。モータ駆動装置300は、速度分配部200、トルク指令値生成部202、トルクリミット部208、インバータ210、速度センサ220、回転数/速度 (n/V) 変換器221L、221R、転舵角センサ222、ピッチング検出部230、第1乗算器240、第2乗算器242、ピッチング補正部244を備える。

20

【0039】

速度センサ220は、レゾルバとも称され、左走行モータM1L、右走行モータM1Rそれぞれの回転速度nl、nrを検出する。n/V変換器221L、221Rは、回転速度nl、nrに、タイヤの周長、減速ギア比などに応じた係数を乗算することにより、左駆動輪610Lの車輪速度（左速度検出値）Vl、右駆動輪610Rの車輪速度（右速度検出値）Vrを計算する。転舵角センサ222は、転舵角 δr を検出する。

【0040】

30

速度分配部200およびトルク指令値生成部202は、速度指令値Vref、転舵角 θr 、左走行モータM1Lの現在の速度を示す左速度検出値Vrおよび右走行モータM1Rの現在の速度を示す右速度検出値Vlにもとづき、左走行モータM1Lのトルクを指示する左トルク指令値Tlcomおよび右走行モータM1Rのトルクを指示する右トルク指令値Trcomと、を生成する。

【0041】

具体的には、速度分配部200は、アクセルの操作量に応じた速度指令値Vrefを受ける。速度分配部200は、現在の転舵角 δr に応じて、左走行モータM1Lの目標速度である左速度指令値Vlrefと、右走行モータM1Rの目標速度である右速度指令値Vrrefを以下の式にもとづいて計算する。

40

【0042】

1. $\delta r = 0$ （直進）

$$Vlref = Vrref = Vref$$

【0043】

2. $\delta r > 0$ （左旋回）

$$Vrref = Vref$$

$$Vlref = (\rho x - Trf / 2) / (\rho x + Trf / 2) \times Vref$$

ただし、 $\rho x = L / \tan(\delta r) - Trf / 2$ である。

【0044】

3. $\delta r < 0$ （右旋回）

50

$$V_{rref} = (\rho x - Trf / 2) / (\rho x + Trf / 2) \times V_{ref}$$

$$V_{lref} = V_{ref}$$

ただし、 $\delta r \neq -\pi / 2$ のとき、 $\rho x = -L / \tan(\delta r) + Trr / 2$ であり、 $\delta r = -\pi / 2$ のとき、 $\rho x = Trr / 2$ である。

【0045】

なお、速度分配部200は公知の技術を用いればよく、その構成や計算アルゴリズムは上記のそれに限定されない。

【0046】

トルク指令値生成部202は、左速度指令値 V_{lref} と現在の左速度検出値 V_l の誤差に応じて、左走行モータM1Lのトルクを指示する左トルク指令値 T_{lcom} を生成する。同様に、右速度指令値 V_{rref} と現在の右速度検出値 V_r の誤差に応じて、右走行モータM1Rのトルクを指示する右トルク指令値 T_{rcom} を生成する。

10

【0047】

トルク指令値生成部202は、左速度指令値 V_{lref} と左速度検出値 V_l の誤差を生成する減算器204Lと、誤差をPI（比例、積分）制御し、左トルク指令値 T_{lcom} を生成するPI制御部206Lを含む。右輪についても同様である。

【0048】

なお左右のトルク指令値 T_{lcom} 、 T_{rcom} を演算する方法は、図5のそれには限定されず、公知の、あるいは将来利用可能な別の方法を利用してもよい。

【0049】

20

トルクリミット部208には、トルク指令値 T_{lcom} 、 T_{rcom} の上限値 T_{lim} を規定するトルクリミットカーブ $T_{lim}(n)$ がモータの速度 n の関数として定義されている。

【0050】

トルクリミット部208は、左トルク指令値 T_{lcom} を、現在の左走行モータM1Lの速度 n_l およびトルクリミットカーブ $T_{lim}(n)$ に応じて定まる上限値 T_{llim} 以下に制限する。同様に、トルクリミット部208は、右トルク指令値 T_{rcom} を、現在の右走行モータM1Rの速度 n_r およびトルクリミットカーブ $T_{lim}(n)$ に応じて定まる上限値 T_{rlim} 以下に制限する。

【0051】

30

ピッチング検出部230は、電動フォークリフトの車体のピッチ軸（図1のY軸）周りのピッチ角加速度を検出する。たとえば、ジャイロセンサ232および第1演算部234を含む。ジャイロセンサ232は、ピッチ角速度 ω_p を検出する。第1演算部234は、たとえばデジタルハイパスフィルタであり、ジャイロセンサ232の出力を微分し、ピッチ角加速度 ω_p' を生成する。本実施の形態では、ピッチ角速度 ω_p およびピッチ角加速度 ω_p' は、図1のY軸の周りにZ軸からX軸に向かう向きを正にとるものとする。

【0052】

第1乗算器240は、ピッチング検出部230により検出されたピッチ角加速度 ω_p' に第1係数 K_1 を乗算し、第1補正值 T_{cmp1} を生成する。第2乗算器242は、ピッチング検出部230により検出されたピッチ角速度 ω_p に第2係数 K_2 を乗算し、第2補正值 T_{cmp2} を生成する。

40

【0053】

ピッチング補正部244は、左トルク指令値 T_{lref} および右トルク指令値 V_{rref} それぞれに、第1補正值 T_{cmp1} および第2補正值 T_{cmp2} を合成する。具体的には、加算器246Lは、左トルク指令値 T_{lref} に、第1補正值 T_{cmp1} および第2補正值 T_{cmp2} を加算し、加算器246Rは、右トルク指令値 T_{rref} に、第1補正值 T_{cmp1} および第2補正值 T_{cmp2} を加算する。

【0054】

インバータ210L、210Rは、ピッチング補正部244から出力されるトルク指令値 T_{lref}' 、 T_{rref}' にもとづいて走行モータM1L、M1Rを駆動する。

50

【0055】

以上がモータ駆動装置300の構成である。

【0056】

続いてその動作を説明する。

(加速動作)

たとえばフォークリフトが静止状態から前方向（X軸方向）に加速すると、ピッチ軸（Y軸）周り負の方向に車体が傾く。このとき、ピッチ角速度 ω_p は負の値をとる。したがってピッチ角速度 ω_p に第2係数 K_2 を乗じて得られる第2補正值 T_{cmp2} も負となる。負の第2補正值 T_{cmp2} を、トルク指令値 T_{lref} 、 T_{rref} に加算合成することにより、車体を前進させようとするトルクが減少する方向に補正され、ピッチングが抑制される。

10

【0057】

静止状態から前方向（X軸方向）に加速するとき、ピッチ角速度 ω_p は負であり、その絶対値は増大するため、ピッチ角加速度 ω_p' も負の値をとる。したがってピッチ角速度 ω_p' に第1係数 K_1 を乗じて得られる第1補正值 T_{cmp1} も負となる。負の第1補正值 T_{cmp1} を、トルク指令値 T_{lref} 、 T_{rref} に加算合成することにより、車体を前進させようとするトルクが減少する方向に補正され、ピッチングが抑制される。

【0058】

(減速動作)

たとえばフォークリフトが前方向（X軸方向）に走行中にブレーキが踏まれ、減速する。このときピッチ軸（Y軸）周り正の方向に車体が傾く。このとき、ピッチ角速度 ω_p は正の値をとる。したがってピッチ角速度 ω_p に第2係数 K_2 を乗じて得られる第2補正值 T_{cmp2} は正となる。正の第2補正值 T_{cmp2} を、トルク指令値 T_{lref} 、 T_{rref} に加算合成することにより、停止しようとする車体を前方向に前進させる方向に補正がかかり、ピッチングが抑制される。

20

【0059】

また減速時には、ピッチ角速度 ω_p は正であり、その絶対値は増大するため、ピッチ角加速度 ω_p' も正の値をとる。したがってピッチ角速度 ω_p' に第1係数 K_1 を乗じて得られる第1補正值 T_{cmp1} も正となる。正の第1補正值 T_{cmp1} を、トルク指令値 T_{lref} 、 T_{rref} に加算合成することにより、車体を前進させようとするトルクが減少する方向に補正され、ピッチングが抑制される。

30

【0060】

ここでは、代表的な加速動作と減速動作について説明したが、車体のピッチングの挙動は、以下の4通りに分けることができる。

1. $\omega_p > 0$ 、 $\omega_p' > 0$
2. $\omega_p > 0$ 、 $\omega_p' < 0$
3. $\omega_p < 0$ 、 $\omega_p' > 0$
2. $\omega_p < 0$ 、 $\omega_p' < 0$

【0061】

実施の形態に係るモータ駆動装置300によれば、ピッチ角速度 ω_p 、ピッチ角加速度 ω_p' の両方を利用することにより、1～4のすべての状況において、ピッチングを抑制できる。

40

【0062】

また実施の形態では、ピッチング補正部244を、トルクリミット部208の後段に設けることとした。

トルクリミット部208より前段では、トルク指令値 T_{lcom} 、 T_{rcom} は上限値 T_{rlim} 、 T_{llim} より高い場合が多いため、トルクリミット部208の前段でピッチング補正を行っても、最終的なトルク指令に反映されない可能性がある。本実施の形態では、ピッチング補正部244をトルクリミット部208の後段に設けることにより、補正值 T_{cmp1} 、 T_{cmp2} を確実に実際のトルク T_{lref}' 、 T_{rref}' に反映さ

50

せることができる。

【0063】

以上、本発明について、実施の形態をもとに説明した。この実施の形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組み合わせにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。以下、こうした変形例について説明する。

【0064】

(変形例1)

実施の形態では、ジャイロセンサ232を用いてピッチ角速度 ω_p を検出する場合を説明したが、この変形例では、数値演算処理によりピッチ角速度 ω_{p*} を推定する。

10

【0065】

図6は、変形例に係るピッチング検出部230aの構成を示すブロック図である。ピッチング検出部230aは、第2演算部250、第3演算部260、第4演算部270を含む。

【0066】

第2演算部250は、左速度検出値 V_l および右速度検出値 V_r にもとづき、車体の加速度を示す加速度検出値 V_x' を生成する。

【0067】

たとえば第2演算部250は、合成部252、ローパスフィルタ254、微分回路256を含む。合成部252は、左速度検出値 V_l 、右速度検出値 V_r にもとづいて、現在の車体の前後方向(X軸方向)の速度 V_x を計算する。合成部252の計算アルゴリズムは特に限定されないが、重み付け平均、たとえば加算平均などを利用できる。

20

$$V_x = (V_l + V_r) / 2$$

ローパスフィルタ254は、ノイズ除去、演算処理の安定化のために設けられ、省略してもよい。微分回路256は、速度 V_x を微分することにより、加速度検出値 V_x' を生成する。微分回路256は、ハイパスフィルタであってもよい。

【0068】

第3演算部260は、左トルク指令値 T_{lcom} および右トルク指令値 T_{rcom} にもとづき、車体の合成加速度を指示する合成加速度指令値 V_{xcom}' を生成する。たとえば第3演算部260は、合成部262、ローパスフィルタ264、ハイパスフィルタ266を含む。合成部262は、左トルク指令値 T_{lcom} および右トルク指令値 T_{rcom} にもとづき、車体の合成トルクを指示する合成トルク指令値 T_{xcom} を計算する。合成部262の計算アルゴリズムは特に限定されないが、たとえば左右のトルク指令値の差分を計算してもよい。

30

$$T_{xcom} = T_{rcom} - T_{lcom}$$

ローパスフィルタ264は低周波ノイズ除去のために設けられる。ハイパスフィルタ266は走行抵抗成分を除去するために設けられる。ディメンジョン調節部268は、合成トルク指令値 T_{xcom} に係数を乗算することにより、そのディメンジョンを加速度に変換し、合成加速度指令値 V_{xcom}' を生成する。

【0069】

第4演算部270は、加速度検出値 V_x' と合成加速度指令値 T_{xcom} の差分に応じてピッチ角速度 ω_{p*} を生成する。たとえば第4演算部270は、調整部271、減算器272および乗算器274を含む。

40

【0070】

減算器272は、加速度検出値 V_x' と加速度指令値 T_{xcom} の差分を生成する。乗算器274は、差分に、インダクタンス値に応じた所定の係数 L を乗算することにより、ピッチ角速度 $\omega_{p*} [rad/s^2]$ を生成する。

【0071】

図7は、角速度と、ピッチング検出部230aにより推定された角速度を示す波形図である。

50

【0072】

図6のピッチング検出部230aによれば、ジャイロセンサを用いずに、演算処理によってピッチ角速度の推定値 ωp^* を計算することができる。ピッチ角速度の推定値 ωp^* を図5の第1演算部234によって微分すれば、ピッチ角加速度の推定値 $\omega p'^*$ を計算することもできる。

【0073】

この変形例によれば、高価なジャイロセンサが不要となるため、コストを下げるができる。

【0074】

変形例1において、第2演算部250は、車体の前後方向の加速度に代えて、車輪の角加速度を示す加速度検出値 $\omega x'$ を生成してもよい。この場合、微分回路256の後段にディメンジョン調整部を設け、加速度のディメンジョンを有する信号に、車輪の周長、減速比等に応じた係数を乗算することにより、車輪の角加速度に変換してもよい。

【0075】

また第3演算部260は、車体の合成加速度に代えて、車輪の角加速度を指示する合成加速度指令値 $\omega xc om'$ を生成してもよい。この場合、ディメンジョン調節部268は、トルクのディメンジョンを有する信号 $T xc om$ に、所定の係数を乗算することにより、角加速度のディメンジョンを有する信号 $\omega xc om'$ に変換し、第4演算部270に出力してもよい。この場合、乗算器274の係数も、併せて変更すればよい。

【0076】

(変形例2)

実施の形態では、ピッチ角加速度 $\omega p'$ とピッチ角速度 ωp の両方を用いてピッチングを抑制する場合を説明したが、本発明はそれには限定されない。たとえばピッチ角加速度 $\omega p'$ の項が支配的である場合、第2乗算器242を省略してもよい。反対に、ピッチ角速度 ωp の項が支配的である場合、第1乗算器240を省略してもよい。

【0077】

(変形例3)

実施の形態では、デュアルモータ式のフォークリフトについて説明したが、本発明はシングルモータ式のフォークリフトにも適用可能である。図8は、変形例3に係るモータ駆動装置の構成を示すブロック図である。

シングルモータ式のフォークリフトでは、左右の駆動輪に対して共通の走行モータM1が設けられる。この変形例では、速度分配部200は省略することができる。またトルク指令値生成部202、トルクリミット部208、インバータ210、速度センサ220、回転数/速度(n/V)変換器221およびピッチング補正部244は、左右の駆動輪に対して共通の信号に対して、図5のデュアルモータ式のモータ駆動装置と同様の処理を行う。

【0078】

(変形例4)

本発明は、電動フォークリフトには限定されず、それと類似する機構を有するさまざまな産業車両に適用できる。

【符号の説明】

【0079】

600…フォークリフト、602…車体、604…フォーク、606…昇降体、608…マスト、610…前輪、612…後輪、106…電池、100…第1電力変換装置、102…第2電力変換装置、104…第3電力変換装置、110…ECU、116、118…油圧アクチュエータ、120…ステアリングシャフト、122…レゾルバ、124…ギアボックス、126…タイロッド、200…速度分配部、202…トルク指令値生成部、204…加減算器、206…PI制御部、208…トルクリミット部、210…インバータ、220…速度センサ、221… n/V 変換器、222…転舵角センサ、230…ピッチング検出部、232…ジャイロセンサ、234…第1演算部、240…第1乗算器、24

10

20

30

40

50

2…第2乗算器、244…ピッチング補正部、250…第2演算部、252…合成部、254…ローパスフィルタ、256…微分回路、260…第3演算部、262…合成部、264…ローパスフィルタ、266…ハイパスフィルタ、270…第4演算部、272…減算器、274…乗算器、M1…走行モータ、M1L…左走行モータ、M1R…右走行モータ、M2…荷役モータ、M3…ステアリングモータ、300…モータ駆動装置、700…操縦パネル、610L…左駆動輪、610R…右駆動輪、702…イグニッションスイッチ、704…ステアリングホイール、706…リフトレバー、708…アクセルペダル、710…ブレーキペダル、712…前後進レバー、714…ダッシュボード。

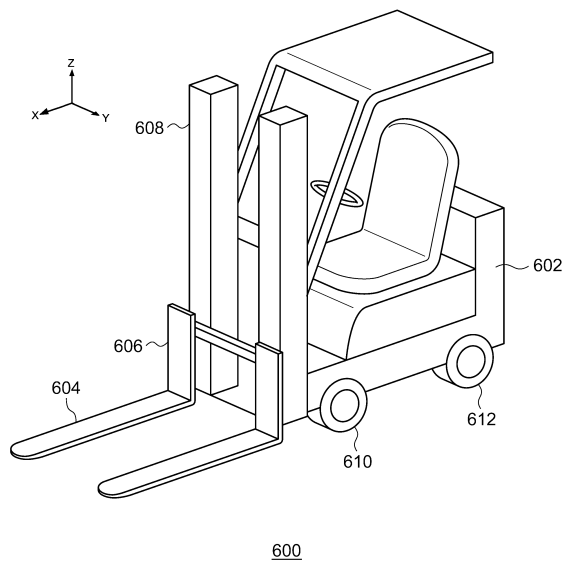
【産業上の利用可能性】

【0080】

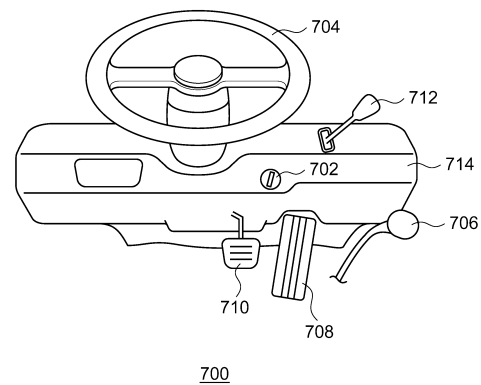
本発明は、電動フォークリフトに利用可能である。

10

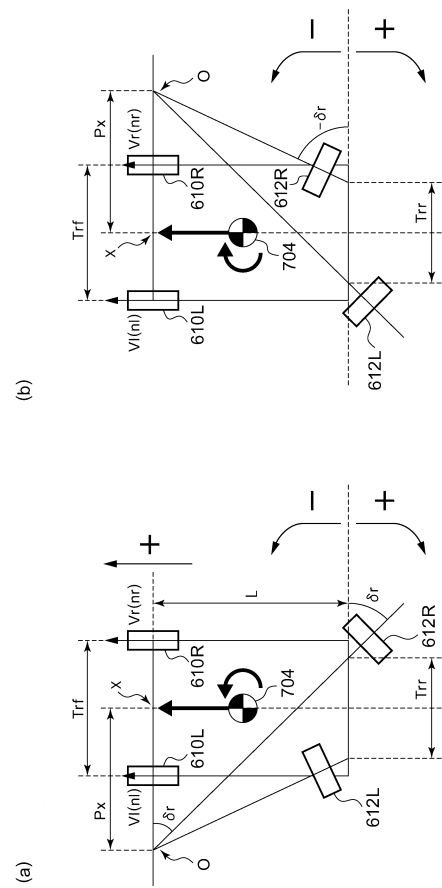
【図1】



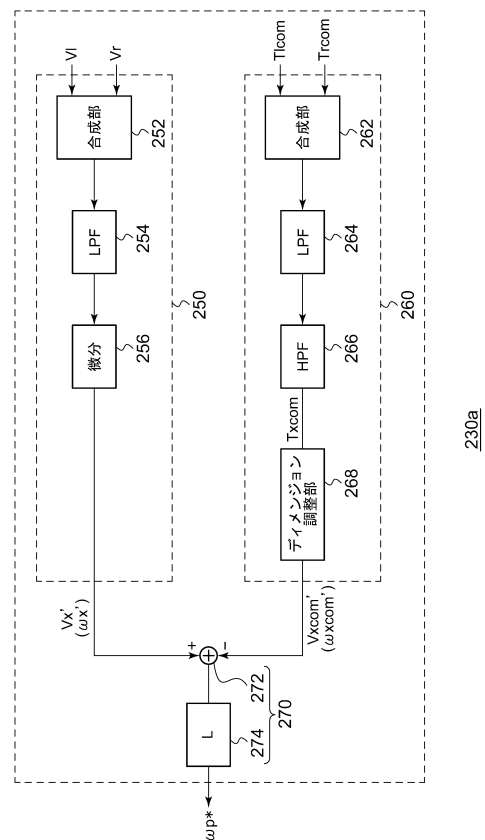
【図2】



【図 4】

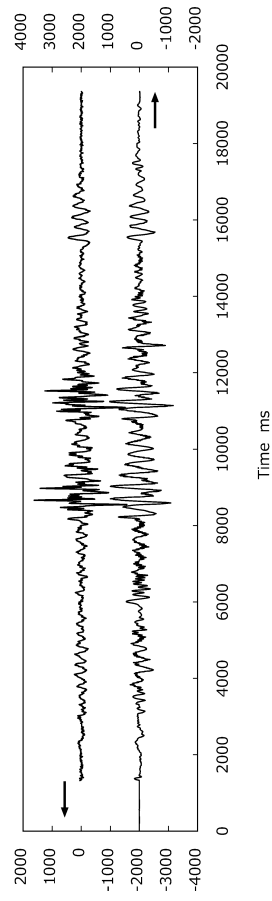


【图 6】

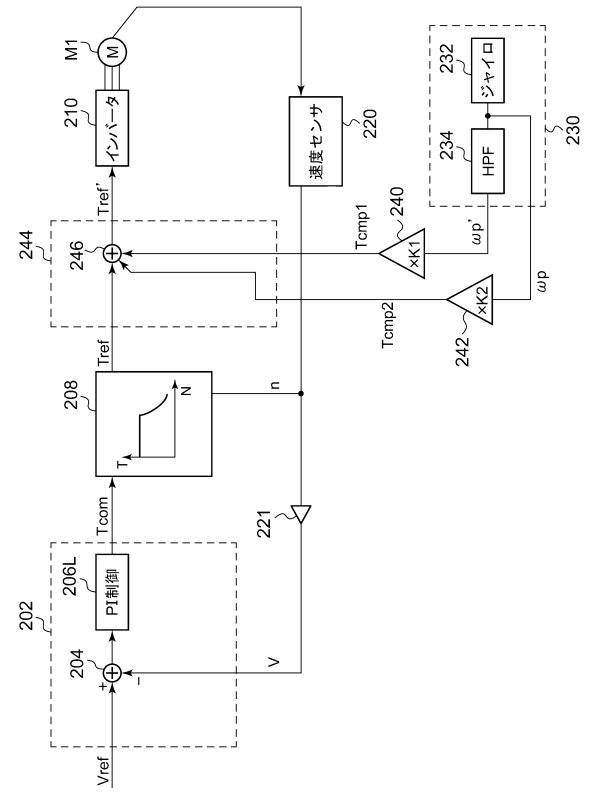


230a

【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (72)発明者 岡田 純一
神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重機械工業株式会社横須賀製造所内
- (72)発明者 牧野 健一
神奈川県横須賀市夏島町19番地 住友重機械工業株式会社横須賀製造所内

審査官 大内 俊彦

- (56)参考文献 国際公開第2012/026441 (WO, A1)

特開2008-109787 (JP, A)

特開2009-38858 (JP, A)

特開2011-57026 (JP, A)

特開2011-203549 (JP, A)

特開平8-175146 (JP, A)

特開2011-78241 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 9/00-9/32, 15/00-15/42