

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5872025号
(P5872025)

(45) 発行日 平成28年3月1日(2016.3.1)

(24) 登録日 平成28年1月22日(2016.1.22)

(51) Int.Cl.			F I		
EO2F	9/20	(2006.01)	EO2F	9/20	ZHVC
EO2F	9/00	(2006.01)	EO2F	9/20	Z
HO2M	7/48	(2007.01)	EO2F	9/00	Z
			HO2M	7/48	Z
			HO2M	7/48	F

請求項の数 8 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2014-507415 (P2014-507415)
 (86) (22) 出願日 平成25年3月22日 (2013.3.22)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2013/001956
 (87) 国際公開番号 W02013/145671
 (87) 国際公開日 平成25年10月3日 (2013.10.3)
 審査請求日 平成26年8月20日 (2014.8.20)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-69152 (P2012-69152)
 (32) 優先日 平成24年3月26日 (2012.3.26)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-79553 (P2012-79553)
 (32) 優先日 平成24年3月30日 (2012.3.30)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000002107
 住友重機械工業株式会社
 東京都品川区大崎二丁目1番1号
 (74) 代理人 100105924
 弁理士 森下 賢樹
 (74) 代理人 100109047
 弁理士 村田 雄祐
 (74) 代理人 100109081
 弁理士 三木 友由
 (74) 代理人 100116274
 弁理士 富所 輝観夫
 (72) 発明者 坂本 信一
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 産業機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電力変換装置を備える産業機械であって、
 前記電力変換装置は、
 少なくともひとつのパワーモジュールと、
 コンデンサと、
 駆動対象の負荷、前記パワーモジュール、前記コンデンサのいずれかの間に設けられた
 ブスバーと、
 を備え、
 前記ブスバーは、
 第1プレートと、
 前記第1プレートと同一方向に延びる第2プレートと、
 前記第1プレートと前記第2プレートそれぞれの対応する第1端を、所定の間隔離間し
 て支持するとともに、前記第1プレートと前記第2プレートそれぞれの第1端同士を電気
 的に接続する導電性を有する第1スペーサと、
 前記第1プレートと前記第2プレートそれぞれの対応する第2端を、所定の間隔離間し
 て支持するとともに、前記第1プレートと前記第2プレートそれぞれの第2端同士を電気
 的に接続する導電性を有する第2スペーサと、
 を備えることを特徴とする産業機械。

【請求項2】

前記電力変換装置は、リアクトルをさらに備え、

前記ブスバーは、前記負荷、前記パワーモジュール、前記コンデンサ、前記リアクトルのいずれかの間に設けられることを特徴とする請求項 1 に記載の産業機械。

【請求項 3】

前記ブスバーは、前記第 1 プレートと前記第 2 プレートの前記第 1 端と前記第 2 端の間の少なくとも 1 箇所設けられ、前記第 1 プレートと前記第 2 プレートの対応する箇所同士を電氣的に接続する導電性を有する少なくともひとつの第 3 スペースをさらに備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の産業機械。

【請求項 4】

前記産業機械は、走行機構および前記走行機構に旋回自在に搭載された上部旋回体を備える産業車両であり、

前記走行機構に対して前記上部旋回体を旋回駆動させる交流電動機を制御する電動旋回装置を備え、

前記電動旋回装置は、

前記上部旋回体に設けられ、交流電動機を前記負荷として駆動する前記電力変換装置に加えて、

前記電力変換装置に流れる電流が大きくなるにしたがい、前記電力変換装置のキャリア周波数を低下させるキャリア周波数制御部と、

を備え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産業機械。

【請求項 5】

前記キャリア周波数制御部は、前記交流電動機の旋回加速時において、前記キャリア周波数を変化させることを特徴とする請求項 4 に記載の産業機械。

【請求項 6】

前記キャリア周波数制御部は、前記交流電動機の旋回減速時において、前記キャリア周波数を変化させることを特徴とする請求項 4 に記載の産業機械。

【請求項 7】

前記キャリア周波数制御部は、前記電力変換装置を構成するパワーモジュールの温度が高くなるにしたがい、前記キャリア周波数を低下させることを特徴とする請求項 4 から 6 のいずれかに記載の産業機械。

【請求項 8】

前記キャリア周波数制御部は、

前記電力変換装置に流れる電流が所定値以下のとき、前記キャリア周波数を一定に保ち、前記電力変換装置に流れる電流が前記所定値より高くなると、前記キャリア周波数を電流に応じて線形に低下させることを特徴とする請求項 4 から 6 のいずれかに記載の産業機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電力変換装置を用いた産業機械に関する。

【背景技術】

【0002】

近年のパワーショベルやクレーンをはじめとする建設機械において、上部旋回体の動力源として、油圧モータと交流電動機のハイブリッド型が利用される。ハイブリッド型の旋回動力源は、上部旋回体の加速時において、交流電動機によって油圧モータをアシストし、減速時においては交流電動機によって回生運転を行い、発電エネルギーによってバッテリーを充電する。特許文献 1 から 3 には関連技術が開示される。また、建設機械以外の産業機械、たとえば、フォークリフトや鍛造プレス機械にも、電動機を駆動するための電力変換装置が搭載される。

【0003】

交流電動機を駆動するための電力変換装置（インバータ）は、交流電動機の各相ごとに

10

20

30

40

50

設けられた複数のスイッチング素子、交流電動機の目標トルク（あるいは回転数）に応じて変調された制御信号を生成するコントローラ、制御信号にもとづいて複数のスイッチング素子を駆動するドライバ、を備える。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平10-103112号公報

【特許文献2】特開2010-222815号公報

【特許文献3】特開2010-226782号公報

【特許文献4】実登録2524642号公報

10

【特許文献5】実開昭58-83933号公報

【特許文献6】実開昭60-33767号公報

【特許文献7】特開平10-145941号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

産業機械に用いる電力変換装置には大電流が流れるため、温度上昇が著しい。このため電力変換装置に温度異常が発生してしまうと、作業を継続することができなくなる。

【0006】

本発明は係る課題に鑑み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、温度対策を施した電力変換装置およびそれを具備する産業機械の提供にある。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明のある態様は、電力変換装置もしくはそれを備える産業機械に関する。電力変換装置は、少なくともひとつのパワーモジュールと、コンデンサと、駆動対象の負荷、パワーモジュール、コンデンサのいずれかの間に設けられたブスバーと、を備える。ブスバーは、第1プレートと、第2プレートと、第1プレートと第2プレートそれぞれの対応する第1端を、所定の間隔離間して支持するとともに、第1プレートと第2プレートそれぞれの第1端同士を電氣的に接続する第1スペーサと、第1プレートと第2プレートそれぞれの対応する第2端を、所定の間隔離間して支持するとともに、第1プレートと第2プレートそれぞれの第2端同士を電氣的に接続する第2スペーサと、を備える。

30

【0008】

この態様によると、第1プレートと第2プレートを離間して積層することにより、導体の表面積を大きくすることができ、ブスバーのサイズが制限される状況下でも電流量を大きくでき、電力変換装置ひいては産業機械を小型化できる。

【0009】

ある態様において、電力変換装置は、リアクトルをさらに備えてもよい。ブスバーは、負荷、パワーモジュール、コンデンサ、リアクトルのいずれかの間に設けられてもよい。

【0010】

ブスバーは、第1プレートと第2プレートの第1端と第2端の間の少なくとも1箇所に設けられ、第1プレートと第2プレートの対応する箇所同士を電氣的に接続する、少なくともひとつの第3スペーサをさらに備えてもよい。

40

第3スペーサを設けることにより、第1プレートと第2プレートの一方に電流が集中するのを抑制でき、電流を均一化することができる。

【0011】

本発明のある態様は、走行機構および走行機構に旋回自在に搭載された上部旋回体を備える産業機械に搭載され、交流電動機による動力によって旋回体を旋回させる電動旋回装置、もしくはその電動旋回装置を備える産業機械に関する。

電動旋回装置は、走行機構に対して上部旋回体を旋回駆動させる交流電動機を制御する。電動旋回装置は、上部旋回体に設けられ、交流電動機を駆動する電力変換装置と、電力

50

変換装置に流れる電流が大きくなるにしたがい、電力変換装置のキャリア周波数を低下させるキャリア周波数制御部と、を備える。

【0012】

電力変換装置に流れる電流が大きくなると、それにともないパワーモジュールでの局所的な発熱が大きくなる。この態様によれば、電力変換装置の電流に応じて、電力変換装置のキャリア周波数を低下させることにより、パワーモジュールの温度変動を抑制することができ、応力ひずみを低減して信頼性を高めることができる。

【0013】

キャリア周波数制御部は、交流電動機の旋回加速時において、キャリア周波数を変化させてもよい。またキャリア周波数制御部は、交流電動機の旋回減速時において、キャリア周波数を変化させてもよい。

10

パワーモジュールに流れる電流は、旋回開始にともなう旋回加速時あるいは旋回停止にともなう旋回減速時において特に大きくなり、パワーモジュール内に局所的な応力を発生させる。そこで旋回加速時、旋回減速時においてキャリア周波数を低下させることにより、パワーモジュールの信頼性を高めることができる。

【0014】

キャリア周波数制御部は、電力変換装置を構成するパワーモジュールの温度が高くなるにしたがい、キャリア周波数を低下させてもよい。

【0015】

キャリア周波数制御部は、電力変換装置に流れる電流が所定値以下のとき、キャリア周波数を一定に保ち、電力変換装置に流れる電流が所定値より高くなると、キャリア周波数を電流に応じて線形に低下させてもよい。

20

【0016】

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のもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、電力変換装置に用いられるブスバーを大容量化できる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

30

【図1】第1の実施の形態に係る電動旋回装置を備える建設機械の一例であるショベルの外観を示す斜視図である。

【図2】第1の実施の形態に係るショベルの電気系統や油圧系統などのブロック図である。

【図3】電動旋回装置の構成を示すブロック図である。

【図4】電流に応じたキャリア周波数制御の一例を示す図である。

【図5】温度Tに応じたキャリア周波数制御のいくつかの例を示す図である。

【図6】図6(a)は、キャリア周波数およびインバータの電流の時間波形図であり、図6(b)は温度の時間波形図である。

【図7】図7(a)は、キャリア周波数制御を行わない場合の波形図であり、図7(b)は、キャリア周波数制御を行った場合の波形図である。

40

【図8】一般的な三相の電力変換装置(インバータ)の回路図である。

【図9】第2の実施の形態に係るブスバーを示す斜視図である。

【図10】図10(a)は、第2の実施の形態に係るブスバーを備える電力変換装置の断面図であり、図10(b)はブスバーおよび絶縁サポータの斜視図である。

【図11】図11(a)~(c)は、ブスバーの詳細な構成を示す図である。

【図12】図12(a)は、図10の電力変換装置において、ブスバーに電流が流れる様子を示す図であり、図12(b)は、単板のブスバーに電流が流れる様子を示す図である。

【図13】図13(a)は、第1の変形例に係る電力変換装置の断面図であり、図13(b)

50

b) は、図 13 (a) のブスバーの斜視図である。

【図 14】図 14 (a)、(b) は、電力変換装置の等価回路図である。

【図 15】第 3 の変形例に係る電力変換装置の構成を示す回路図である。

【図 16】第 4 の変形例に係る電力変換装置の断面図である。

【図 17】作業機械であるショベルの平面図である。

【図 18】図 17 のショベルの部分破断側面図である。

【図 19】図 17 のショベルのブロック図である。

【図 20】作業機械である荷役作業車両 (フォークリフト) の部分破断側面図である。

【図 21】図 21 (a)、(b) は、作業機械である鍛造プレス機械の正面図および側面図である。

10

【図 22】鍛造プレス機械のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

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。

【0020】

部材を介して間接的に接続される場合も含む。

20

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。

【0021】

(第 1 の実施の形態)

【0022】

1.1 電動旋回装置に関する課題

上述のように、パワーショベルやクレーンをはじめとする建設機械において、上部旋回体の動力源として、油圧モータと交流電動機のハイブリッド型が利用される。建設機械の旋回体は、旋回、停止を頻繁に繰り返す。そして停止状態にある建設機械の旋回体を加速する際、あるいは回転状態にある旋回体を減速する際には、スイッチング素子に大電流が流れる。一般的にスイッチング素子は、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) をはじめとするパワーモジュールに内蔵されており、そのパワーモジュール内部における電氣的接続には、はんだが利用される場合がある。

30

【0023】

パワーモジュールは、ヒートシンクと熱的に結合されており、温度上昇を抑制する配慮がなされている。しかしながらこの場合であってもスイッチング素子に大電流が流れるたびに、局所的な温度が変動する。パワーモジュール内のはんだ、配線、基板等の材料はそれぞれ異なる熱膨張率を有しているため、スイッチング素子の温度変動にともなって応力ひずみが発生する。応力ひずみは、はんだクラックなどの原因となり、パワーモジュールの信頼性に影響を与える。

40

【0024】

以下、かかる課題を解決するための電動旋回装置について説明する。

【0025】

1.3 第 1 の実施の形態に係る電動旋回装置

図 1 は、第 1 の実施の形態に係る電動旋回装置 500 を備える建設機械の一例であるショベル 601 の外観を示す斜視図である。ショベル 601 は、主として走行機構 602 と、走行機構 602 の上部に旋回機構 603 を介して回動自在に搭載された旋回体 604 とを備えている。

50

【 0 0 2 6 】

旋回体 6 0 4 には、ブーム 6 0 5 と、ブーム 6 0 5 の先端にリンク接続されたアーム 6 0 6 と、アーム 6 0 6 の先端にリンク接続されたバケット 6 1 0 とが取り付けられている。バケット 6 1 0 は、土砂、鋼材などの吊荷を捕獲するための設備である。ブーム 6 0 5、アーム 6 0 6、及びバケット 6 1 0 は、それぞれブームシリンダ 6 0 7、アームシリンダ 6 0 8、及びバケットシリンダ 6 0 9 によって油圧駆動される。また、旋回体 6 0 4 には、バケット 6 1 0 の位置や励磁動作および釈放動作を操作する操作者を収容するための運転室 6 0 4 a や、油圧を発生するためのエンジン 6 1 1 といった動力源が設けられている。エンジン 6 1 1 は、例えばディーゼルエンジンで構成される。

【 0 0 2 7 】

図 2 は、第 1 の実施の形態に係るショベル 6 0 1 の電気系統や油圧系統などのブロック図である。なお、図 2 では、機械的に動力を伝達する系統を二重線で、油圧系統を太い実線で、操縦系統を破線で、電気系統を細い実線でそれぞれ示している。

【 0 0 2 8 】

ショベル 6 0 1 は電動発電機 6 1 2 および減速機 6 1 3 を備えており、エンジン 6 1 1 及び電動発電機 6 1 2 の回転軸は、共に減速機 6 1 3 の入力軸に接続されることにより互いに連結されている。エンジン 6 1 1 の負荷が大きいときには、電動発電機 6 1 2 が自身の駆動力によりエンジン 6 1 1 の駆動力を補助（アシスト）し、電動発電機 6 1 2 の駆動力が減速機 6 1 3 の出力軸を経てメインポンプ 6 1 4 に伝達される。一方、エンジン 6 1 1 の負荷が小さいときには、エンジン 6 1 1 の駆動力が減速機 6 1 3 を経て電動発電機 6 1 2 に伝達されることにより、電動発電機 6 1 2 が発電を行う。電動発電機 6 1 2 は、例えば、磁石がロータ内部に埋め込まれた I P M (Interior Permanent Magnetic) モータによって構成される。電動発電機 6 1 2 の駆動と発電との切り替えは、ショベル 6 0 1 における電気系統の駆動制御を行うコントローラ 6 3 0 により、エンジン 6 1 1 の負荷等に応じて行われる。

【 0 0 2 9 】

減速機 6 1 3 の出力軸にはメインポンプ 6 1 4 及びパイロットポンプ 6 1 5 が接続されており、メインポンプ 6 1 4 には高圧油圧ライン 6 1 6 を介してコントロールバルブ 6 1 7 が接続されている。コントロールバルブ 6 1 7 は、ショベル 6 0 1 における油圧系の制御を行う装置である。コントロールバルブ 6 1 7 には、図 1 に示した走行機構 6 0 2 を駆動するための油圧モータ 6 0 2 A 及び 6 0 2 B の他、ブームシリンダ 6 0 7、アームシリンダ 6 0 8、及びバケットシリンダ 6 0 9 が高圧油圧ラインを介して接続されており、コントロールバルブ 6 1 7 は、これらに供給する油圧を運転者の操作入力に応じて制御する。

【 0 0 3 0 】

電動発電機 6 1 2 の電気的な端子には、インバータ 6 1 8 A の 2 次側（出力）端が接続されている。インバータ 6 1 8 A の 1 次側（入力）端には、蓄電部 1 0 0 が接続されている。蓄電部 1 0 0 は、例えば蓄電池であるバッテリーと、バッテリーの充放電を制御する昇降圧コンバータと、正極及び負極の直流配線からなる D C バスとを備えている（図示せず）。ここで、D C バスは一定電圧蓄電部を構成し、バッテリーは変動電圧蓄電部を構成する。即ち、インバータ 6 1 8 A の入力端は、D C バスを介して昇降圧コンバータの入力端に接続されることとなる。昇降圧コンバータの出力端には、蓄電器としてバッテリーが接続されている。また上述では蓄電器の例としてキャパシタを示したが、キャパシタの代わりにリチウムイオン電池等の充電可能な 2 次電池、または電力の授受が可能なその他の形態の電源を蓄電器として用いてもよい。

【 0 0 3 1 】

インバータ 6 1 8 A は、コントローラ 6 3 0 からの指令に基づき、電動発電機 6 1 2 の運転制御を行う。すなわち、インバータ 6 1 8 A が電動発電機 6 1 2 を力行運転させる際には、必要な電力をバッテリー及び昇降圧コンバータから D C バスを介して電動発電機に供給する。また、電動発電機 6 1 2 を回生運転させる際には、電動発電機 6 1 2 により発電

10

20

30

40

50

された電力をDCバス及び昇降圧コンバータを介してバッテリーに充電する。なお、昇降圧コンバータの昇圧動作と降圧動作の切替制御は、DCバス電圧値、バッテリー電圧値、及びバッテリー電流値に基づき、コントローラ630によって行われる。これにより、DCバスを、予め定められた一定電圧値に蓄電された状態に維持することができる。

【0032】

蓄電部100には、インバータ618Bを介してブーム回生用発電機300が接続されている。ブームシリンダ607に油圧モータ310が接続されており、ブーム回生用発電機300の回転軸は、油圧モータ310によって駆動される。ブーム回生用発電機300は、ブーム605が重力の作用により下げられるときに、位置エネルギーを電気エネルギーに変換する電動作業要素である。

10

【0033】

油圧モータ310は、ブーム605が下げられるときにブームシリンダ607から吐出される油によって回転されるように構成されており、ブーム605が重力に従って下げられるときのエネルギーを回転力に変換するために設けられている。油圧モータ310は、コントロールバルブ617とブームシリンダ607の間の油圧管607Aに設けられている。ブーム回生用発電機300で発電された電力は、回生エネルギーとしてインバータ618Bを経て蓄電部100に供給される。

【0034】

電動旋回装置500は、図1の旋回機構603に設けられ、上部旋回体604を回転させる。電動旋回装置500は、主として、旋回用インバータ618C、旋回用電動機621、レゾルバ622、メカニカルブレーキ623、旋回減速機624およびコントローラ630の一部630Cを備える。

20

【0035】

旋回用電動機621は交流電動機であり、旋回体604を回転させる旋回機構603の動力源である。旋回用電動機621の回転軸621Aには、レゾルバ622、メカニカルブレーキ623、及び旋回減速機624が接続される。旋回用インバータ618Cは、蓄電部100からの電力を受け、旋回用電動機621を駆動する。また旋回用電動機621の回生運転時には、旋回用電動機621からの電力を蓄電部100に回収する。

【0036】

旋回用電動機621が力行運転を行う際には、旋回用電動機621の回転駆動力の回転力が旋回減速機624にて増幅され、旋回体604が加減速制御され回転運動を行う。また、旋回体604の慣性回転により、旋回減速機624にて回転数が増加されて旋回用電動機621に伝達され、回生電力を発生させる。旋回用電動機621は、PWM(Pulse Width Modulation)制御信号により旋回用インバータ618Cによって交流駆動される。旋回用電動機621としては、例えば、磁石埋込型のIPMモータが好適である。

30

【0037】

レゾルバ622は、旋回用電動機621の回転軸621Aの回転位置及び回転角度を検出するセンサであり、旋回用電動機621と機械的に連結することで回転軸621Aの回転角度及び回転方向を検出する。レゾルバ622が回転軸621Aの回転角度を検出することにより、旋回機構603の回転角度及び回転方向が導出される。メカニカルブレーキ623は、機械的な制動力を発生させる制動装置であり、コントローラ630からの指令によって、旋回用電動機621の回転軸621Aを機械的に停止させる。旋回減速機624は、旋回用電動機621の回転軸621Aの回転速度を減速して旋回機構603に機械的に伝達する減速機である。

40

【0038】

以上が電動旋回装置500の構成である。

【0039】

パイロットポンプ615には、パイロットライン625を介して操作装置626が接続されている。操作装置626は、旋回用電動機621、走行機構602、ブーム605、アーム606、及びバケット610を操作するための操作装置であり、操作者によって操

50

作される。操作装置 6 2 6 には、油圧ライン 6 2 7 を介してコントロールバルブ 6 1 7 が接続され、また、油圧ライン 6 2 8 を介して圧力センサ 6 2 9 が接続される。操作装置 6 2 6 は、パイロットライン 6 2 5 を通じて供給される油圧（１次側の油圧）を操作者の操作量に応じた油圧（２次側の油圧）に変換して出力する。操作装置 6 2 6 から出力される２次側の油圧は、油圧ライン 6 2 7 を通じてコントロールバルブ 6 1 7 に供給されるとともに、圧力センサ 6 2 9 によって検出される。

【 0 0 4 0 】

圧力センサ 6 2 9 は、操作装置 6 2 6 に対して旋回機構 6 0 3 を旋回させるための操作が入力されると、この操作量を油圧ライン 6 2 8 内の油圧の変化として検出する。圧力センサ 6 2 9 は、油圧ライン 6 2 8 内の油圧を表す電気信号を出力する。この電気信号は、

10

【 0 0 4 1 】

コントローラ 6 3 0 は、CPU (Central Processing Unit) 及び内部メモリを含む演算処理装置によって構成され、内部メモリに格納された駆動制御用のプログラムを CPU が実行することにより実現される。コントローラ 6 3 0 は、各種センサ及び操作装置 6 2 6 等からの操作入力を受けて、インバータ 6 1 8 A、6 1 8 B、6 1 8 C 及び蓄電部 1 0 0 等の駆動制御を行う。

【 0 0 4 2 】

以上がシヨベル 6 0 1 の全体構成である。続いて、第 1 の実施の形態に係る電動旋回装置 5 0 0 について詳細に説明する。旋回体 6 0 4 の起動（加速）時には、旋回用電動機 6 2 1 に高トルクを発生させるため、旋回用インバータ 6 1 8 C から旋回用電動機 6 2 1 に大電流を供給する必要がある。また旋回体 6 0 4 の停止（減速）時における回生運動時には、旋回用電動機 6 2 1 から大電流が旋回用インバータ 6 1 8 C を経由して蓄電部 1 0 0 に供給される。また定速の旋回時においても、バケット 6 1 0 に重い荷物が積載されたり、アーム 6 0 6 が障害物に接触したりすると、旋回用インバータ 6 1 8 C には大電流が流れることになる。

20

【 0 0 4 3 】

旋回、停止を頻繁に繰り返す電動旋回装置 5 0 0 では、旋回用インバータ 6 1 8 C に大電流が頻繁に流れると、旋回用インバータ 6 1 8 C を構成するパワーモジュールの内部、あるいはその周辺において応力ひずみが発生し、電動旋回装置 5 0 0 の信頼性が低下するおそれがある。以下では、このような問題を解決するための技術を説明する。

30

【 0 0 4 4 】

図 3 は、電動旋回装置 5 0 0 の構成を示すブロック図である。電動旋回装置 5 0 0 は、旋回用インバータ 6 1 8 C、旋回用電動機 6 2 1、レゾルバ 6 2 2、電流センサ 6 4 2、温度センサ 6 4 4、コントローラ 6 3 0 の一部であるインバータ制御部 6 3 0 C を備える。

【 0 0 4 5 】

たとえば旋回用電動機 6 2 1 は三相交流電動機であり、旋回用インバータ 6 1 8 C は、U 相、V 相、W 相のスイッチング回路を含む。電流センサ 6 4 2 は、インバータ 6 1 8 C の各相に流れる電流を検出し、電流値を示す電流検出値 S 1 をインバータ制御部 6 3 0 C

40

【 0 0 4 6 】

旋回用インバータ 6 1 8 C を構成するスイッチング回路は、たとえば IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) などのパワートランジスタで構成され、パワートランジスタは、インテリジェントパワーモジュール (IPM: Intelligent Power Module) に内蔵されている。IPM は、温度センサ等の各種センサを搭載しており、各種センサは、過電流、制御電源電圧低下、出力短絡、温度異常といった事象を検出し、これらの事象を検出した場合には、IPM エラー信号を出力する。ここで、温度異常の事象は、インバータ

50

の温度が所定の運転停止温度以上になったことを意味する。運転停止温度は、例えば100に設定される。IPMは、IPMエラー信号を検出すると、駆動対象のモータやインバータの焼損防止のために、駆動対象のモータを駆動するための電流の供給を停止する。この場合には、シヨベル601の動作自体も停止され、連続運転が中断される。かかる自動停止保護は、信頼性向上の観点から必要なものであるが、自動停止は作業効率を低下させるため、極力発生しないことが望ましい。

【0047】

温度センサ644は、パワーモジュールと熱的に結合されており、パワーモジュールの温度に応じた温度検出値S2を生成し、インバータ制御部630Cに出力する。温度センサ644は、パワーモジュールに内蔵されるサーミスタなどを利用してよいし、パワーモジュールの直近に設けてもよい。温度センサ644がパワーモジュールに内蔵される場合、パワーモジュールの内部の局所的な温度を検出することができ、それをパワーモジュールの外部に設ける場合には、パワーモジュール全体の平均的な温度を検出することができる。当然ながら、温度センサ644は、パワーモジュールの内部と外部の両方に設けられ、それぞれの温度を示す温度検出値S2を生成してもよい。

10

【0048】

インバータ制御部630Cは、減算器631、PI制御部632、旋回動作検出部638、PWM信号生成部640、キャリア周波数制御部650を備える。

【0049】

レゾルバ622は、旋回用電動機621の回転位置の変化を検出する。旋回動作検出部638は、旋回用電動機621の回転位置の変化に基づいて旋回速度値S3を算出し、減算器631に出力する。

20

減算器631は、旋回用電動機621の旋回速度を指示する速度指令値S4から旋回速度値S3を減算し、それらの偏差を出力する。速度指令値S4は例えば操作装置626の操作量に応じた指令値である(図2参照)。

【0050】

PI制御部632は、減算器631から出力された偏差に基づいて、旋回用電動機621の回転速度を速度指令値に近づけて偏差が小さくなるようにPI制御を行い、その制御のためのトルク電流指令値S5を生成する。

【0051】

トルク制限部633は、PI制御部632から出力されたトルク電流指令値S5によって旋回用電動機621に生じるトルクが、旋回用電動機621の許容トルク値以下になるように、トルク電流指令値S5を所定のトルクリミット値(トルクの上限值)S6以下の範囲に制限する。旋回用インバータ618Cを制御するインバータ制御部630Cでは、通常時には、例えば加速時トルクリミット値XUは駆動対象の旋回用電動機621における定格トルクの150%、減速時トルクリミット値XDは定格トルクの250%に設定される。

30

【0052】

PWM信号生成部640は、トルク制限されたトルク電流指令値S7を、設定されたキャリア周波数 f_c でパルス幅変調(Pulse Width Modulation)することにより、インバータ618Cの各相のスイッチング素子(IGBT)に対するゲート駆動パルスを生成する。本実施の形態においては、PWM信号生成部640におけるキャリア周波数 f_c は、電動旋回装置500の状態に応じて可変となっている。

40

【0053】

キャリア周波数制御部650は、電流センサ642からの電流検出値S1と、温度センサ644からの温度検出値S2と、にもとづいて、キャリア周波数 f_c を制御する。

【0054】

具体的には、キャリア周波数制御部650は、インバータ618Cに流れる電流 I_{CT} が大きくなるにしたがい、キャリア周波数 f_c を低下させる。図4は、電流 I_{CT} に応じたキャリア周波数制御の一例を示す図である。キャリア周波数 f_c は、電流 I_{CT} がある

50

しきい値以下の領域(Ⅰ)において、あらかじめ定められた定格周波数 $f_{100\%}$ に設定される。しきい値は、たとえば定格トルクに対応する電流値 $I_{100\%}$ であってもよい。

【0055】

電流 I_{CT} がしきい値 $I_{100\%}$ を超える領域(Ⅱ)では、キャリア周波数 f_c は、電流 I_{CT} に応じて線形に低下し、式(1)で与えられる。

$$f_c = a \times (I_{CT} - I_{100\%}) + f_{100\%} \quad \dots (1)$$

a は、キャリア周波数 f_c の傾きであり、負の値を有する。

【0056】

図3に戻る。キャリア周波数制御部650は、旋回用インバータ618Cの温度を、キャリア周波数 f_c に反映させる。具体的にはキャリア周波数制御部650は、温度検出値 S_2 を参照し、旋回用インバータ618Cを構成するパワーモジュールの温度 T が高くなるにしたがい、キャリア周波数 f_c を低下させる。

10

【0057】

旋回用インバータ618Cの設計者は、パワーモジュールに、あるキャリア周波数である大きさの電流が流れたときの温度上昇をあらかじめ予測することができる。そこで、キャリア周波数制御部650は、現在の温度 T が運転停止温度 T_{max} を超えないように、温度 T が運転停止温度 T_{max} に近づくほどキャリア周波数 f_c を低下させる。

【0058】

図5は、温度 T に応じたキャリア周波数制御のいくつかの例を示す図である。実線 a で示すように、キャリア周波数 f_c は、温度 T があるしきい値以下の領域(Ⅰ)において、あらかじめ定められた初期周波数 f_{INIT} であり、しきい値以上の領域(Ⅱ)において、温度に対して線形に低下してもよい。あるいは実線 b で示すように、キャリア周波数 f_c は、全温度範囲において温度に対して低下してもよい。

20

【0059】

旋回用インバータ618Cおよび旋回用電動機621を駆動する信号のキャリア周波数 f_c が可聴帯域 ($< 5 \text{ kHz}$) であると、周囲の人間が音響ノイズを知覚する。市街地でも利用されるシヨベル601には静音性も要求されるため、初期周波数 f_{INIT} は、人間が近くにくい周波数帯域、たとえば 8 kHz 、あるいはそれ以上に設定することが好ましい。

【0060】

以上が電動旋回装置500の構成である。続いてその動作を説明する。

30

図6(a)は、キャリア周波数 f_c およびインバータ618Cの電流 I_{CT} の時間波形図であり、図6(b)は温度 T の時間波形図である。

旋回用電動機621の加速、あるいは減速は、2~3秒と短い時間スケールで行われ、したがって電流 I_{CT} にもとづくキャリア周波数制御も、数秒の短い時間スケールで行われる。時刻 t_1 付近において旋回用電動機621が加速し、時刻 t_2 付近において旋回用電動機621が減速する。なお、本明細書における波形図やタイムチャートの縦軸および横軸は、理解を容易とするために適宜拡大、縮小したものであり、また示される各波形も、理解の容易のために簡略化されている。

【0061】

図6(a)に示されるように、定格電流 $I_{100\%}$ 以下の電流 I_2 が流れる場合、周波数 f_{c2} は定格周波数 $f_{100\%}$ に維持される。この場合、電流 I_2 が小さいため、図6(b)に実線で示すように、旋回用インバータ618Cの温度はそれほど上昇しない。

40

【0062】

一方、定格電流 $I_{100\%}$ 以上の電流 I_1 が流れる場合には、電流 I_1 の上昇にともなってキャリア周波数 f_{c1} が低下する。定格を超える電流 I_1 が流れたときに、キャリア周波数 f_c を低下させなければ、温度 T は図6(b)に一点鎖線で示すように上昇してしまうところ、キャリア周波数 f_c を低下させることで旋回用インバータ618Cの発熱が抑制され、図6(b)に実線で示すように温度上昇を抑制できる。

【0063】

50

図6(b)に示すように温度Tは、瞬時的には電流 I_{CT} の変動と同じ短い時間スケールで変動するが、温度Tの平均値は、数分～数時間という長い時間スケールで変動する。したがって温度Tに応じた周波数制御は、以下で説明するように、長い時間スケールで行うことが望ましい。

【0064】

具体的には、温度Tにもとづいて長い時間スケールで定格周波数 $f_{100\%}$ を変化させ、その定格周波数 $f_{100\%}$ を基準として、短い時間スケールで電流 I_{CT} にもとづいて式(1)にしたがいキャリア周波数 f_c を制御してもよい。

【0065】

図7(a)は、キャリア周波数制御を行わない場合の波形図であり、図7(b)は、キャリア周波数制御を行った場合の波形図である。図7(a)、(b)の時間スケールは、図6(a)、(b)のそれと比べて十分に長い。また電流 I_{CT} は、短い時間スケールで見れば、図6(a)に示すように上昇、低下を繰り返すが、図7(a)、(b)には時間的に平滑化した電流が示される。

10

【0066】

はじめに図7(a)を参照する。キャリア周波数制御を行わない場合、電流 I_{CT} が時間とともに増大すると、温度Tも時間とともに上昇していく。時刻 t_3 に温度Tが運転停止温度 T_{max} を超えると、シヨベル601は自動停止する。

【0067】

続いて図7(b)を参照し、キャリア周波数制御を行った場合の動作を説明する。図7(b)には示されない短い時間スケールでは、電流 I_{CT} に応じてキャリア周波数制御が行われ、それにより短い時間スケールの温度変動が抑制されている。しかしながら、電流 I_{CT} に応じたキャリア周波数制御を行っても、電流 I_{CT} の平均値が増大すれば、温度Tは上昇していく。温度Tが上昇していくと、それにもなってキャリア周波数 f_c の定格値 $f_{100\%}$ が低下していく。これにより、温度Tが運転停止温度 T_{max} 以下に保たれる。

20

【0068】

以上が電動旋回装置500の動作である。この電動旋回装置500によれば以下の効果を得ることができる。

【0069】

図5に示すように、電流 I_{CT} にもとづくキャリア周波数制御を行うことにより、短い時間スケールでの温度変動を抑制される。その結果、パワーモジュール内部、あるいはその周辺部における応力ひずみが低減され、はんだクラックなどを抑制でき、電動旋回装置500の信頼性を高めることができる。

30

【0070】

さらに、温度Tにもとづくキャリア周波数制御を行うことにより、運転停止温度 T_{max} を超えて温度Tが上昇し続けるのを防止できる。これにより、シヨベル601の自動停止の発生頻度を低減でき、作業効率を高めることができる。

【0071】

以上、本発明を実施例にもとづいて説明した。本発明は上記実施の形態に限定されず、種々の設計変更が可能であり、様々な変形例が可能であること、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、こうした変形例を説明する。

40

【0072】

実施の形態では、キャリア周波数制御に、電流および温度の両方を反映させる場合を説明したが、本発明はそれには限定されず、いずれか一方にもとづいてキャリア周波数制御を行ってもよい。

【0073】

また、電流とキャリア周波数、温度とキャリア周波数の関係は、図4、図5には限定されない。またキャリア周波数は、電流および温度の両方を引数とする関数で定義してもよ

50

いし、あるいは、電流および温度の組み合わせとキャリア周波数の関係をテーブルに格納しておいてもよい。

【0074】

実施の形態では、本発明に係るハイブリッド型建設機械の一例として、ショベル601を示したが、本発明のハイブリッド型建設機械の他の例としては、旋回機構を備えるリフティングマグネット車両やクレーン等が挙げられる。

【0075】

(第2の実施の形態)

第1の実施の形態では、制御的な解決策によって、電力変換装置の温度上昇を抑制する技術について説明した。これに対して、第2の実施の形態では、構造的な解決策によって、電力変換装置の温度上昇を抑制する技術について説明する。第2の実施の形態に係る技術は、単独で、あるいは第1の実施の形態に係る技術と組み合わせて利用することができる。

10

【0076】

図8は、一般的な三相の電力変換装置(インバータ)2の回路図である。電力変換装置2は、図示しない電池あるいはコンバータによって生成された直流電圧 V_{DC} を受け、それを交流に変換して、モータなどの負荷1に供給する。

【0077】

電力変換装置2は、上側電源ライン10、下側電源ライン12、平滑コンデンサ18、インバータ20を備える。

20

【0078】

平滑コンデンサ18は、上側電源ライン10と下側電源ライン12の間に設けられ、上側電源ライン10と下側電源ライン12間の直流電圧 V_{DC} を平滑化する。

【0079】

インバータ20は、相ごとのハイサイドスイッチMH(U~W)、相ごとのローサイドスイッチML(U~W)、ハイサイド駆動回路14H、ローサイド駆動回路14L、コントローラ16を備える。

具体的には各相において、ハイサイドスイッチMHおよびローサイドスイッチMLは、上側電源ライン10と下側電源ライン12の間に順に直列に設けられる。コントローラ16は、各相の出力電圧、各相の出力電流等にもとづいて、制御信号S1を生成する。ハイサイド駆動回路14Hは、コントローラ16からの制御信号S1にもとづいて各相のハイサイドスイッチMH(U~W)をスイッチングする。同様にローサイド駆動回路14Lは、制御信号S1にもとづいてローサイドスイッチML(U~W)をスイッチングする。

30

【0080】

大容量の電力変換装置2では、出力ラインOUTU~OUTW、あるいは上側電源ライン10とハイサイドスイッチMH間の配線、ローサイドスイッチMLと下側電源ライン12間の配線に大電流が流れるため、それらの配線のインピーダンスを小さくすることが要求される。

【0081】

一方で、電力変換装置2の小型化が進んでおり、これにともなって配線のスペースが狭小化している。このような状況において径の太いツイスト線などを引き回すことが困難である場合、ブスバー(バスバーともいう)によって信号を伝送する手法がとられている。従来においては、ブスバーは、一枚の金属プレートで構成するのが一般的であった。

40

【0082】

2.1 電力変換装置に関する課題

本発明者は、交流電流が流れるブスバーについて検討を行った結果、以下の課題を認識するに至った。

【0083】

近年の高周波数化が進む電力変換装置2においては、ブスバーに流れる交流電流の周波数も上昇の一途をたどっている。高周波信号が導体を伝搬する場合、交流電流が導体の表

50

面に集中して流ることが知られている。これを表皮効果という。ブスバーの電流量を大きくするためには、金属導体の断面積を大きくしてインピーダンスを低下させる必要があるところ、表皮効果によって、ブスバーの厚みを厚くしてその断面積を大きくしても、期待通りに電流量が大きくなれないという問題がある。

【 0 0 8 4 】

なお、表皮効果によるブスバーの電流量の制約に関する上記考察を、当業者の一般的な技術常識として捉えてはならない。

【 0 0 8 5 】

以下、かかる課題を解決するための電力変換装置について説明する。

【 0 0 8 6 】

2.2 第2の実施の形態に係る電力変換装置

図9は、第2の実施の形態に係るブスバー30を示す斜視図である。ブスバー30は、図8の電力変換装置2に搭載される。図8の電力変換装置2において、ハイサイドスイッチMHおよびローサイドスイッチMLは、少なくともひとつのパワーモジュールを用いて構成される。

【 0 0 8 7 】

たとえばブスバー30は、負荷1とパワーモジュール(MH、ML)の間の配線をはじめとする、交流電流が流れる経路に利用される。あるいはブスバー30は、図8の平滑コンデンサ18とパワーモジュール(MH、ML)の間に利用することもできる。

【 0 0 8 8 】

図9のブスバー30は、主として第1プレート32、第2プレート34、第1スペーサ36、第2スペーサ38を備える。

【 0 0 8 9 】

第1プレート32、第2プレート34、第1スペーサ36、第2スペーサ38は、導電性の材料、たとえば銅で構成される。第1プレート32および第2プレート34の厚みはたとえば2mm程度が好ましい。第1プレート32および第2プレート34は、同じ形状を有しており、オーバーラップして配置される。第1スペーサ36は、厚みdを有し、第1プレート32と第2プレート34の第1端32a、34aに挟まれており、第1プレート32および第2プレート34それぞれの第1端32a、34aを、所定の間隔d、離間して支持する。そして第1スペーサ36は、第1プレート32の第1端32aと第2プレート34の第1端34a同士を電氣的に接続する。第2スペーサ38は、第1プレート32および第2プレート34それぞれの第2端32b、34bを、所定の間隔d、離間して支持する。そして第2スペーサ38は、第1プレート32の第2端32bと第2プレート34の第2端34b同士を電氣的に接続する。

【 0 0 9 0 】

第1プレート32、第2プレート34、第1スペーサ36、第2スペーサ38は、後述するようにねじ止めされてもよいし、別の構造によって互いに連結されてもよい。

【 0 0 9 1 】

以上がブスバー30の構成である。続いてその具体的な用途を説明する。

【 0 0 9 2 】

上述のように、ブスバー30は、電力変換装置2において交流の大電流が流れる経路に設けられる。図10(a)は、実施の形態に係るブスバー30を備える電力変換装置2の断面図であり、図10(b)はブスバー30および絶縁サポータ56の斜視図である。

【 0 0 9 3 】

電力変換装置2は、図8の部材に加えて、筐体50を備える。パワーモジュール52(U、V、W)は相ごとに設けられ、対応する相のハイサイドスイッチMH(U、V、W)およびローサイドスイッチML(U、V、W)を内蔵する。各符号に添えられたU、V、Wは、U相、V相、W相に関連する部材であることを示す。図10には、U相に関連する構造のみが示され、V相、W相は省略されている。筐体50には、パワーモジュール52の出力端子OUTUと負荷1を接続するための配線を通すために開口54Uが設けられて

10

20

30

40

50

いる。

【0094】

絶縁サポータ56Uは、筐体50の底面にねじ止めされている。ブスバー30Uは、U相の出力端子OUTUと負荷1の間に設けられ、出力端子OUTUと負荷1を接続する配線の一部となっている。より具体的にはブスバー30Uは、電力変換装置2と負荷1を結線する外部配線62を接続するための端子としても機能する。

【0095】

ブスバー30Uの第1端E1は、絶縁サポータ56Uの上面にねじ止めされる。またブスバー30Uの第1端E1には、内部配線60の一端がねじ止めされる。内部配線60の他端は、パワーモジュール52Uの出力端子OUTUにねじ止めされる。

10

【0096】

ブスバー30Uの第2端E2は、開口54Uを介して筐体50の外部に露出している。ブスバー30Uの第2端E2には、外部配線62の一端がねじ止めされる。外部配線62は、図示しない負荷に接続される。

【0097】

ブスバー30Uは、図9のブスバー30に加えて、第3スペーサ40を備える。第3スペーサ40は、第1プレート32および第2プレート34の第1端E1と、それらの第2端E2の間に設けられる。第3スペーサ40は、第1プレート32と第2プレート34の対応する箇所同士を電氣的に接続する。

【0098】

20

図11(a)~(c)は、ブスバー30Uの詳細な構成を示す図である。図11(a)は、第1プレート32と第1スペーサ36、第2スペーサ38、第3スペーサ40の平面図、正面図および側面図である。図11(b)は第2プレート34およびナット42の底面図、正面図および側面図である。図11(c)は、ブスバー30U全体の平面図、底面図および側面図である。

【0099】

図11(a)に示すように、第1プレート32と第1スペーサ36は、2本のねじ44a、44bによって接続される。また第1プレート32と第1スペーサ36の対応する箇所には、それぞれ開口H1、H2が設けられる。同様に第1プレート32と第2スペーサ38は、2本のねじ44c、44dによって接続される。また第1プレート32と第2スペーサ38の対応する箇所には、それぞれ開口H3、H4が設けられる。また第1プレート32と第3スペーサ40の対応する箇所には、それぞれ開口H5、H6が設けられる。

30

【0100】

図11(b)に示すように、第2プレート34の開口H3の箇所には、ナット42が設けられる。図11(c)に示すように、第1プレート32および第2プレート34は、ねじ44e、44fによって接続される。

【0101】

以上がブスバー30Uの具体的な構成である。

【0102】

続いて、実施の形態に係るブスバー30を備える電力変換装置2の利点を説明する。

40

【0103】

続いてブスバー30の効果を説明する。図12(a)は、図10の電力変換装置2において、ブスバー30に電流が流れる様子を示す図であり、図12(b)は、単板のブスバーに電流が流れる様子を示す図である。電流の流れは破線の矢印で示される。

【0104】

図12(b)に示すように、単板のブスバーを用いる場合、表皮効果によって、電流は導体表面に集中し、その内部には電流がほとんど流れない。したがって導体の厚みdを厚くしても、直流抵抗は小さくなるが、交流電流に対するインピーダンスは小さくならず、ブスバーの体積を大きくしても、電流容量はそれほど大きくできない。

【0105】

50

一方、実施の形態に係るブスバー 30 によれば、第 1 プレート 32 および第 2 プレート 34 それぞれの表面に交流電流が流れるため、同じスペースを占有する単板のブスバーに比べて大容量化が可能となる。

【0106】

また第 3 スペース 40 を設け、第 1 プレート 32 と第 2 プレート 34 を、両端のみでなく、その途中の箇所においても電氣的に接続することにより、プレートの途中の箇所で、電流を相互に流入、流出させることができるため、一方のプレートに電流が集中するのを防止できる。これにより、第 1 プレート 32 および第 2 プレート 34 のすべての表面を有効に利用して交流電流を流すことができ、さらなる大容量化が可能となる。

【0107】

以上、本発明を実施例にもとづいて説明した。本発明は上記実施形態に限定されず、種々の設計変更が可能であり、様々な変形例が可能であること、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、こうした変形例を説明する。

【0108】

(第 1 の変形例)

図 10 では、ブスバー 30 が、外部配線接続用の端子に利用される場合を説明したが、本発明はそれには限定されない。図 13 (a) は、第 1 の変形例に係る電力変換装置 2 a の断面図であり、図 13 (b) は、図 13 (a) のブスバー 30 b の斜視図である。図 10 と同様に、図 13 には U 相の構造のみが示され、V 相、W 相は省略される。

【0109】

ブスバー 30 a は、図 10 のブスバー 30 U に対応する。電力変換装置 2 a は、図 10 の内部配線 60 に代えて、ブスバー 30 b を備える。ブスバー 30 b の構造は、ブスバー 30 a と同様である。

電力変換装置 2 a は、大容量化のために並列に接続された複数のパワーモジュール 52 U₁、52 U₂ を備える。複数のパワーモジュール 52 U₁、52 U₂ はそれぞれ、上アームと下アーム（いずれも不図示）を内蔵するとともに、上アームと下アームの接続点には、交流端子（出力端子）OUTU が設けられる。ブスバー 30 b の第 1 端 E1 と、パワーモジュール 52 U₁ の交流端子 OUTU は、パーティカルブスバー 64 を介して接続される。また、ブスバー 30 b の第 3 スペース 40 の箇所と、パワーモジュール 52 U₂ の交流端子 OUTU は、パーティカルブスバー 66 を介して接続される。ブスバー 30 b の第 2 端 E2 と、ブスバー 30 a の間は、パーティカルブスバー 68 を介して接続される。

【0110】

このように筐体 50 の内部において、太い内部配線を設けることが困難な場合、ブスバー 30 b を用いることで、省スペースの配線が可能となる。

【0111】

(第 2 の変形例)

これまでの実施の形態では、ブスバー 30 が、パワーモジュールの出力端子 OUTU と負荷の間に配線である場合を説明したが、本発明はそれに限定されない。図 14 (a)、(b) は、電力変換装置の等価回路図である。

【0112】

図 14 (a) の電力変換装置 2 b は、インバータ 20 と負荷 1 の間に設けられた出力リアクトル 22 をさらに備える。上述のブスバー 30 は、負荷 1 と出力リアクトル 22 の間の配線 L1 に利用してもよいし、インバータ 20 と出力リアクトル 22 の間の配線 L2 に利用してもよい。あるいは、パワーモジュール 52 と上側電源ライン 10 の間の配線 L3、パワーモジュール 52 と下側電源ライン 12 の間の配線 L4 に利用してもよい。あるいは、平滑コンデンサ 18 とインバータ 20 の間の配線に利用してもよい。

【0113】

図 14 (b) の電力変換装置 2 c は、インバータ 20 の前段に設けられたコンバータ 2

10

20

30

40

50

4と、コンバータ24の前段に設けられた入力リアクトル26を備える。上述のブスバー30は、商用交流電源と入力リアクトル26の間の配線L5に利用してもよいし、入力リアクトル26とコンバータ24の間の配線L6に利用してもよい。

【0114】

(第3変形例)

図15は、第3の変形例に係る電力変換装置2dの構成を示す回路図である。電力変換装置2dは、蓄電部100、昇降圧コンバータ102、インバータ104、DCバス106およびコントローラ118を備える。蓄電部100は、2次電池やコンデンサである。

電力変換装置2dは、力行運転時には、蓄電部100からの電力を交流に変換し、図示しない負荷に供給する。電力変換装置2dは、回生運転時には、負荷からの電力を回収し、蓄電部100に蓄電する。

10

【0115】

昇降圧コンバータ102は、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を含むパワーモジュール110、112、リアクトル114を含む。力行運転時には、昇降圧コンバータ102は、蓄電部100からの直流電圧 V_{BAT} を受け、それを昇圧して直流電圧 V_{DC} を生成し、DCバス106を介してインバータ104に供給する。DCバス106は、P線およびN線の間に設けられた平滑コンデンサ18を含み、直流電圧 V_{DC} を平滑化する。インバータ104は、DCバス106からの直流電圧 V_{DC} を受け、交流に変換して負荷に供給する。コントローラ118は、電池電流 I_{BAT} 、電池電圧 V_{BAT} 、直流電圧 V_{BAT} の監視結果にもとづいて、パワーモジュール110、112をスイッチングする。

20

【0116】

回生運転時には、インバータ104は負荷が生成する交流信号を直流電圧 V_{DC} に変換する。直流電圧 V_{DC} はDCバス106によって平滑化され、昇降圧コンバータ102に供給される。昇降圧コンバータ102は、直流電圧 V_{DC} を降圧して蓄電部100に供給する。

【0117】

上述のブスバー30は、蓄電部100とリアクトル114の間、蓄電部100とパワーモジュール110の間、蓄電部100とパワーモジュール112の間、パワーモジュール110と平滑コンデンサ18の間、パワーモジュール112と平滑コンデンサ18の間にも適用できる。

30

【0118】

(第4変形例)

図16は、第4の変形例に係る電力変換装置の断面図である。図16において、ブスバー30cは、平滑コンデンサ18と、パワーモジュール52U~52Wの間に設けられる。すなわちブスバー30cは、図8の上側電源ライン10に相当する。ブスバー30cの構造は、図13(a)のブスバー30bと同様である。ブスバー30cの第2端E2には、平滑コンデンサ18の正側電極が接続される。パーティカルブスバー64は、第1プレート32および第2プレート34を、パワーモジュール52UのP端子(直流入力端子)と接続し、パーティカルブスバー66は、第1プレート32および第2プレート34を、パワーモジュール52VのP端子(直流入力端子)と接続し、パーティカルブスバー69は、第1プレート32および第2プレート34を、パワーモジュール52WのP端子(直流入力端子)と接続する。図16と同様に、ブスバー30cを図8の下側電源ライン12に適用することも可能である。

40

【0119】

最後に、電力変換装置2の用途を説明する。電力変換装置2は、ショベル、フォークリフト、産業プレスをはじめとする作業機械、産業機械に好適に利用できる。

【0120】

図17は、作業機械であるショベルの平面図である。下部走行体71に、回転軸受け73を介して、上部旋回体70が取り付けられている。上部旋回体70に、エンジン74、

50

メインポンプ 75、旋回用電動モータ 76、油タンク 77、冷却ファン 78、座席 79、蓄電モジュール 80、電動発電機 83、電動発電機用インバータ 90、旋回用インバータ 91、及び蓄電器用コンバータ 92 が搭載されている。エンジン 74 は、燃料の燃焼により動力を発生する。エンジン 74、メインポンプ 75、及び電動発電機 83 が、トルク伝達機構 81 を介して相互にトルクの送受を行う。メインポンプ 75 は、ブーム 82 等の油圧シリンダに圧油を供給する。

【 0 1 2 1 】

電動発電機 83 は、エンジン 74 の動力によって駆動され、発電を行う（発電運転）。発電された電力は、蓄電モジュール 80 に供給され、蓄電モジュール 80 が充電される。また、電動発電機 83 は、蓄電モジュール 80 からの電力によって駆動され、エンジン 74 をアシストするための動力を発生する（アシスト運転）。油タンク 77 は、油圧回路の油を貯蔵する。冷却ファン 78 は、油圧回路の油温の上昇を抑制する。操作者は、座席 79 に着座して、ハイブリッド型ショベルを操作する。

10

【 0 1 2 2 】

図 18 は、図 17 のショベルの部分破断側面図である。下部走行体 71 に、旋回軸受け 73 を介して上部旋回体 70 が搭載されている。上部旋回体 70 は、旋回フレーム 70A、カバー 70B、及びキャビン 70C を含む。旋回フレーム 70A は、キャビン 70C、及び種々の部品の支持構造体として機能する。カバー 70B は、支持構造体 70A に搭載された種々の部品、例えば蓄電モジュール 80、蓄電器用コンバータ 92 等を覆う。キャビン 70C 内に座席 79（図 17）が収容されている。

20

【 0 1 2 3 】

旋回用電動モータ 76（図 17）が、その駆動対象である旋回フレーム 70A を、下部走行体 71 に対して、時計回り、または反時計周りに旋回させる。上部旋回体 70 に、ブーム 82 が取り付けられている。ブーム 82 は、油圧駆動されるブームシリンダ 107 により、上部旋回体 70 に対して上下方向に揺動する。ブーム 82 の先端に、アーム 85 が取り付けられている。アーム 85 は、油圧駆動されるアームシリンダ 108 により、ブーム 82 に対して前後方向に揺動する。アーム 85 の先端にバケット 86 が取り付けられている。バケット 86 は、油圧駆動されるバケットシリンダ 109 により、アーム 85 に対して上下方向に揺動する。

【 0 1 2 4 】

蓄電モジュール 80 が、蓄電モジュール用マウント 95 及びダンパ（防振装置）96 を介して、旋回フレーム 70A に搭載されている。蓄電器用コンバータ 92 は、コンバータ用マウント 97 及びダンパ 98 を介して、旋回フレーム 70A に搭載されている。カバー 70B が蓄電モジュール 80 を覆う。蓄電モジュール 80 から供給される電力によって、旋回用電動モータ 76（図 17）が駆動される。また、旋回用電動モータ 76 は、運動エネルギーを電気エネルギーに変換することによって回生電力を発生する。発生した回生電力によって、蓄電モジュール 80 が充電される。

30

【 0 1 2 5 】

図 19 は、図 17 のショベルのブロック図である。図 19 において、機械的動力系を二重線で表し、高圧油圧ラインを太い実線で表し、パイロットラインを破線で表す。

40

【 0 1 2 6 】

エンジン 74 の駆動軸がトルク伝達機構 81 の入力軸に連結されている。エンジン 74 には、電気以外の燃料によって駆動力を発生するエンジン、例えばディーゼルエンジン等の内燃機関が用いられる。エンジン 74 は、作業機械の運転中は、常時駆動されている。

【 0 1 2 7 】

電動発電機 83 の駆動軸が、トルク伝達機構 81 の他の入力軸に連結されている。電動発電機 83 は、電動（アシスト）運転と、発電運転との双方の運転動作を行うことができる。電動発電機 83 には、例えば磁石がロータ内部に埋め込まれた内部磁石埋込型（IPM）モータが用いられる。

【 0 1 2 8 】

50

トルク伝達機構 8 1 は、2 つの入力軸と 1 つの出力軸とを有する。この出力軸には、メインポンプ 7 5 の駆動軸が連結されている。

【 0 1 2 9 】

エンジン 7 4 に加わる負荷が大きい場合には、電動発電機 8 3 がアシスト運転を行い、電動発電機 8 3 の駆動力がトルク伝達機構 8 1 を介してメインポンプ 7 5 に伝達される。これにより、エンジン 7 4 に加わる負荷が軽減される。一方、エンジン 7 4 に加わる負荷が小さい場合には、エンジン 7 4 の駆動力がトルク伝達機構 8 1 を介して電動発電機 8 3 に伝達されることにより、電動発電機 8 3 が発電運転される。電動発電機 8 3 をアシスト運転するときには、インバータ 9 0 から電動発電機 8 3 に三相交流電力が供給される。電動発電機 8 3 が発電運転されているときには、電動発電機 8 3 からインバータ 9 0 に三相交流電力が供給される。インバータ 9 0 は、制御装置 1 3 0 により制御される。

10

【 0 1 3 0 】

制御装置 1 3 0 は、中央処理装置 (C P U) 1 3 0 A 及び内部メモリ 1 3 0 B を含む。C P U 1 3 0 A は、内部メモリ 1 3 0 B に格納されている駆動制御用プログラムを実行する。制御装置 1 3 0 は、表示装置 1 3 5 に、各種装置の劣化状態等を表示することにより、運転者の注意を喚起する。

【 0 1 3 1 】

メインポンプ 7 5 は、高圧油圧ライン 1 1 6 を介して、コントロールバルブ 1 1 7 に油圧を供給する。コントロールバルブ 1 1 7 は、運転者からの指令により、油圧モータ 1 0 1 A、1 0 1 B、ブームシリンダ 1 0 7、アームシリンダ 1 0 8、及びバケットシリンダ 1 0 9 に油圧を分配する。油圧モータ 1 0 1 A 及び 1 0 1 B は、それぞれ図 2 0 に示した下部走行体 7 1 に備えられた左右の 2 本のクローラを駆動する。

20

【 0 1 3 2 】

電動発電機 8 3 の電気系統の入出力端子が、インバータ 9 0 を介して蓄電回路 1 9 0 に接続されている。蓄電回路 1 9 0 は、蓄電モジュール 8 0 (図 1 7) 及び蓄電器用コンバータ 9 2 (図 1 7) を含む。インバータ 9 0 は、制御装置 1 3 0 からの指令に基づき、電動発電機 8 3 から供給された三相交流電力を直流電力に変換して、蓄電回路 1 9 0 に供給する。または、蓄電回路 1 9 0 から供給された直流電力を三相交流電力に変換して、電動発電機 8 3 に供給する。蓄電回路 1 9 0 には、さらに、他のインバータ 9 1 を介して旋回モータ 7 6 が接続されている。蓄電回路 1 9 0 及びインバータ 9 1 は、制御装置 1 3 0 により制御される。

30

【 0 1 3 3 】

旋回モータ 7 6 は、インバータ 9 1 からのパルス幅変調 (P W M) 制御信号により交流駆動され、力行動作及び回生動作の双方の運転を行うことができる。旋回モータ 7 6 には、例えば I P M モータが用いられる。I P M モータは、回生時に大きな誘導起電力を発生する。力行動作時には、インバータ 9 1 が、蓄電回路 1 9 0 から供給される直流電力を三相交流電力に変換して、旋回モータ 7 6 に供給する。回生動作時には、インバータ 9 1 が、旋回モータ 7 6 から供給される三相交流電力を直流電力に変換して、蓄電回路 1 9 0 に供給する。

【 0 1 3 4 】

旋回モータ 7 6 の力行動作中は、旋回モータ 7 6 が、減速機 1 2 4 を介して、上部旋回体 7 0 を旋回させる。この際、減速機 1 2 4 は、回転速度を遅くする。これにより、旋回モータ 7 6 で発生した回転力が増大する。また、回生運転時には、上部旋回体 7 0 の回転運動が、減速機 1 2 4 を介して旋回モータ 7 6 に伝達されることにより、旋回モータ 7 6 が回生電力を発生する。この際、減速機 1 2 4 は、力行運転の時とは逆に、回転速度を速める。これにより、旋回モータ 7 6 の回転数を上昇させることができる。

40

【 0 1 3 5 】

レゾルバ 1 2 2 が、旋回モータ 7 6 の回転軸の回転方向の位置を検出する。検出結果は、制御装置 1 3 0 に入力される。旋回モータ 7 6 の運転前と運転後における回転軸の回転方向の位置を検出することにより、旋回角度及び旋回方向が導出される。

50

【 0 1 3 6 】

メカニカルブレーキ 1 2 3 が、旋回モータ 7 6 の回転軸に連結されており、機械的な制動力を発生する。メカニカルブレーキ 1 2 3 の制動状態と解除状態とは、制御装置 1 3 0 からの制御を受け、電磁的スイッチにより切り替えられる。

【 0 1 3 7 】

パイロットポンプ 1 1 5 が、油圧操作系に必要なパイロット圧を発生する。発生したパイロット圧は、パイロットライン 1 2 5 を介して操作装置 1 2 6 に供給される。操作装置 1 2 6 は、レバーやペダルを含み、運転者によって操作される。操作装置 1 2 6 は、パイロットライン 1 2 5 から供給される 1 次側の油圧を、運転者の操作に応じて、2 次側の油圧に変換する。2 次側の油圧は、油圧ライン 1 2 7 を介してコントロールバルブ 1 1 7 に伝達されると共に、他の油圧ライン 1 2 8 を介して圧力センサ 1 2 9 に伝達される。

10

【 0 1 3 8 】

圧力センサ 1 2 9 で検出された圧力の検出結果が、制御装置 1 3 0 に入力される。これにより、制御装置 1 3 0 は、下部走行体 7 1、旋回モータ 7 6、ブーム 8 2、アーム 8 5、及びバケット 8 6 の操作の状況を検知することができる。特に、ハイブリッド型ショベルでは、旋回モータ 7 6 が旋回軸受け 7 3 を駆動する。このため、旋回モータ 7 6 を制御するためのレバーの操作量を高精度に検出することが望まれる。制御装置 1 3 0 は、圧力センサ 1 2 9 を介して、このレバーの操作量を高精度に検出することができる。

【 0 1 3 9 】

図 1 7 に示した電動発電機用インバータ 9 0、旋回用インバータ 9 1、及び蓄電器用コンバータ 9 2 には、上述の実施の形態に係る電力変換装置 2 が用いられる。この作業機械によれば、電動発電機用インバータ 9 0、旋回用インバータ 9 1、及び蓄電器用コンバータ 9 2 内において、大容量が必要とされる配線を、上述のブスバー 3 0 を用いて構成することにより、電力変換装置を狭小スペースに効率的にレイアウトできる。

20

【 0 1 4 0 】

図 2 0 は、作業機械である荷役作業車両（フォークリフト）の部分破断側面図である。荷役作業車両は、フォーク 2 1 1、車輪 2 1 2、インストルメントパネル 2 1 3、ハンドル 2 1 4、レバー 2 1 5、及び座席 2 1 6 を含む。車台に、走行モータ用インバータ 2 2 0 及び蓄電器用コンバータ 2 2 1 が、ダンパ等を介して搭載されている。走行モータ用インバータ 2 2 0 は、走行用モータに電力を供給する。蓄電器用コンバータ 2 2 1 は、蓄電器の充放電を行う。

30

【 0 1 4 1 】

運転者が、座席 2 1 6 に搭乗し、ハンドル 2 1 4、複数のレバー 2 1 5、アクセルペダル、ブレーキペダル、その他の各種スイッチを操作する。これらの操作により、フォーク 2 1 1 の昇降、荷役作業車両の前進と後退、右折と左折等の動作が行われる。これらの動作を組み合わせることにより、荷物の積み降ろし、搬送等を行うことができる。

【 0 1 4 2 】

この作業機械によれば、走行モータ用インバータ 2 2 0 及び蓄電器用コンバータ 2 2 1 において大容量が必要とされる配線を上述のブスバー 3 0 を用いて構成することにより、電力変換装置を狭小スペースに効率的にレイアウトできる。

40

【 0 1 4 3 】

図 2 1 (a)、(b) は、作業機械である鍛造プレス機械の正面図および側面図である。

閉塞鍛造は、上下金型とパンチを用い、上下金型を型締めして素材を型空間に閉じ込めた後、素材にパンチを押し込んで型空間を埋め尽くして成形する方法である。この閉塞鍛造には複動鍛造プレスが用いられ、複数の加圧装置で上下金型とパンチとを別々のタイミングで加圧するようになっている。

【 0 1 4 4 】

鍛造プレスとして、コンロッド式、ナックル式、リンク式等の機械式のものがある。図 2 1 (a)、(b) に示すように、一般的なコンロッドプレスは、エキセン軸 8 0 1 と、

50

エキセン軸 8 0 1 の偏心部に回転自在に嵌め込まれたコンロッド 8 0 2 が用いられ、コンロッド 8 0 2 の下端にスライド 8 0 3 が揺動自在に取り付けられた構造を有している。このため、エキセン軸 8 0 1 を回転させるとコンロッド 8 0 2 が揺動し、スライド 8 0 3 を上下に昇降させることができる。

【 0 1 4 5 】

コンロッドプレス等の機械式プレスはシンプルな回転運動と直線運動だけでスライド駆動ができるので、液圧式プレスに比べて高速かつ精度の良い運転ができる。

【 0 1 4 6 】

図 2 2 は、鍛造プレス機械のブロック図である。鍛造プレスにおいて、エキセン軸 8 0 1 には、減速機 8 1 0 等を介してサーボモータ 8 1 2 等の駆動機構が連結されている。そしてサーボモータ 8 1 2 を駆動するためにインバータ 8 1 4 が利用される。このインバータ 8 1 4 に、実施の形態に係る電力変換装置 2 が用いられる。

【 0 1 4 7 】

この作業機械によれば、サーボモータ駆動用のインバータ 8 1 4 において大容量が必要とされる配線を上述のブスバー 3 0 を用いて構成することにより、電力変換装置を狭小スペースに効率的にレイアウトできる。

【 0 1 4 8 】

本明細書には、以下の技術的思想が開示される。

1 . 技術的思想の一側面は、産業機械用の電力変換装置に関する。電力変換装置は、少なくともひとつのパワーモジュールと、コンデンサと、駆動対象の負荷、前記パワーモジュール、前記コンデンサのいずれかの間に設けられたブスバーと、を備える。ブスバーは、第 1 プレートと、第 2 プレートと、第 1 プレートと第 2 プレートそれぞれの対応する第 1 端を、所定の間隔離間して支持するとともに、第 1 プレートと第 2 プレートそれぞれの第 1 端同士を電氣的に接続する第 1 スペーサと、第 1 プレートと第 2 プレートそれぞれの対応する第 2 端を、所定の間隔離間して支持するとともに、第 1 プレートと第 2 プレートそれぞれの第 2 端同士を電氣的に接続する第 2 スペーサと、を備える。

【 0 1 4 9 】

2 . ある態様において、電力変換装置はリアクトルをさらに備えてもよい。ブスバーは、負荷、パワーモジュール、コンデンサ、リアクトルのいずれかの間に設けられてもよい。

【 0 1 5 0 】

3 . ある態様において、ブスバーは、第 1 プレートと第 2 プレートの第 1 端と第 2 端の間の少なくとも 1 箇所設けられ、第 1 プレートと第 2 プレートの対応する箇所同士を電氣的に接続する少なくともひとつの第 3 スペーサをさらに備えてもよい。

【 符号の説明 】

【 0 1 5 1 】

1 ... 負荷、 2 ... 電力変換装置、 MH ... ハイサイドスイッチ、 ML ... ローサイドスイッチ、 1 0 ... 上側電源ライン、 1 2 ... 下側電源ライン、 1 4 H ... ハイサイド駆動回路、 1 4 L ... ローサイド駆動回路、 1 6 ... コントローラ、 1 8 ... 平滑コンデンサ、 2 0 ... インバータ、 2 2 ... 出力リアクトル、 2 4 ... コンバータ、 2 6 ... 入力リアクトル、 3 0 ... ブスバー、 3 2 ... 第 1 プレート、 3 4 ... 第 2 プレート、 3 6 ... 第 1 スペーサ、 3 8 ... 第 2 スペーサ、 4 0 ... 第 3 スペーサ、 4 2 ... ナット、 5 0 ... 筐体、 5 2 ... パワーモジュール、 5 4 ... 開口、 5 6 ... 絶縁サポータ、 6 0 ... 内部配線、 6 2 ... 外部配線、 6 4 , 6 6 , 6 8 ... パーチカルブスバー、 6 0 1 ... ショベル、 6 0 2 ... 走行機構、 6 0 2 A ... 油圧モータ、 6 0 3 ... 旋回機構、 6 0 4 ... 旋回体、 6 0 4 a ... 運転室、 6 0 5 ... ブーム、 6 0 6 ... アーム、 6 0 7 ... ブームシリンダ、 6 0 7 A ... 油圧管、 6 0 8 ... アームシリンダ、 6 0 9 ... バケットシリンダ、 6 1 0 ... バケット、 6 1 1 ... エンジン、 6 1 2 ... 電動発電機、 6 1 3 ... 減速機、 6 1 4 ... メインポンプ、 6 1 5 ... パイロットポンプ、 6 1 6 ... 高圧油圧ライン、 6 1 7 ... コントロールバルブ、 6 1 8 , 6 1 8 A , 6 1 8 B ... インバータ、 6 1 8 C ... 旋回用インバータ、 6 2 1 ... 旋回用電動機、 6 2 1 A ... 回転軸、 6 2 2 ... レゾルバ、 6 2 3 ... メカニカルブレーキ、 6 2 4 ... 旋回減速機、 6 2 5 ... パイロットライン、 6 2 6 ... 操作装置、 6 2 7

10

20

30

40

50

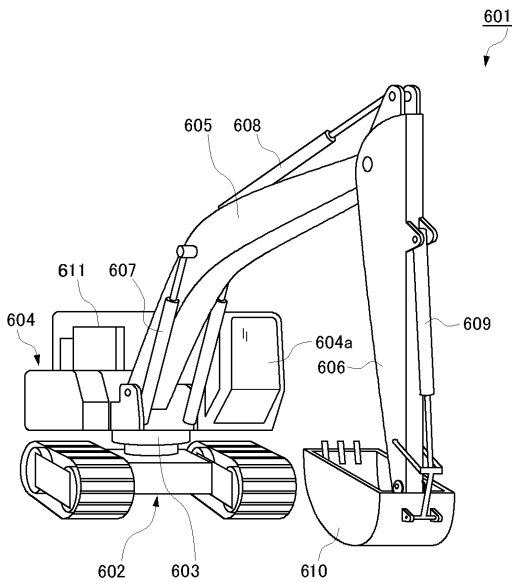
、 6 2 8 ... 油圧ライン、 6 2 9 ... 圧力センサ、 6 3 0 ... コントローラ、 6 3 0 A , 6 3 0 C ... インバータ制御部、 6 3 0 D ... 全体制御部、 6 3 1 ... 減算器、 6 3 2 ... P I 制御部、 6 3 8 ... 旋回動作検出部、 6 4 0 ... PWM 信号生成部、 6 4 2 ... 電流センサ、 6 4 4 ... 温度センサ、 6 5 0 ... キャリア周波数制御部、 1 0 0 ... 蓄電部、 1 0 1 ... バッテリ、 1 0 2 ... 昇降圧コンバータ、 3 0 0 ... ブーム回生用発電機、 3 1 0 ... 油圧モータ、 4 0 0 ... タンク、 4 0 1 ... ポンプ、 4 0 2 ... ポンプモータ、 4 0 3 ... ラジエタ、 4 0 4 ... 水温計、 5 0 0 ... 電動旋回装置、 S 1 ... 電流検出値、 S 2 ... 温度検出値、 S 3 ... 旋回速度値、 S 4 ... 速度指令値、 S 5 ... トルク電流指令値、 S 6 ... トルクリミット値、 S 7 ... トルク電流指令値。

【産業上の利用可能性】

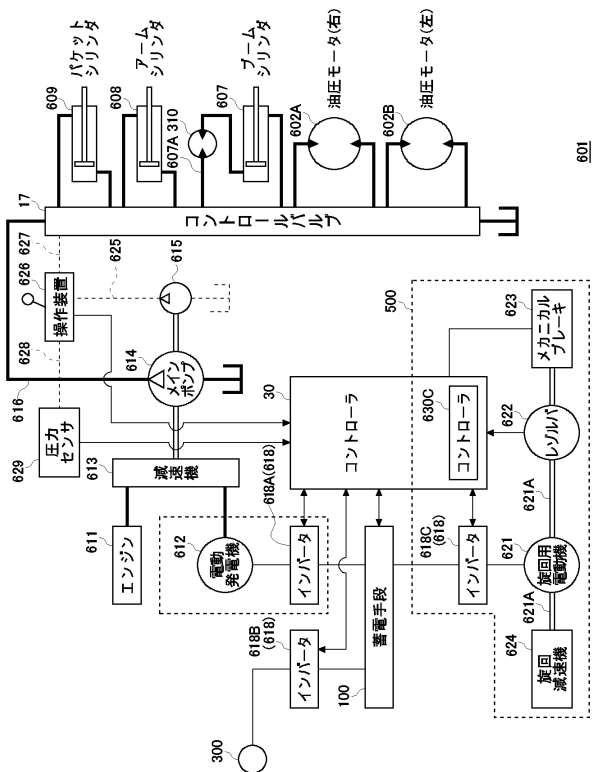
【0152】

本発明は、産業機械に利用できる。

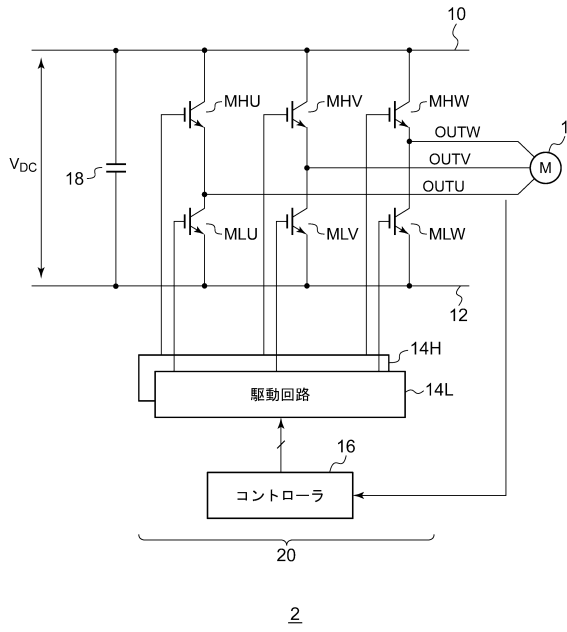
【図1】



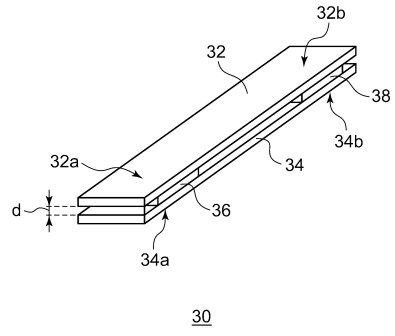
【図2】



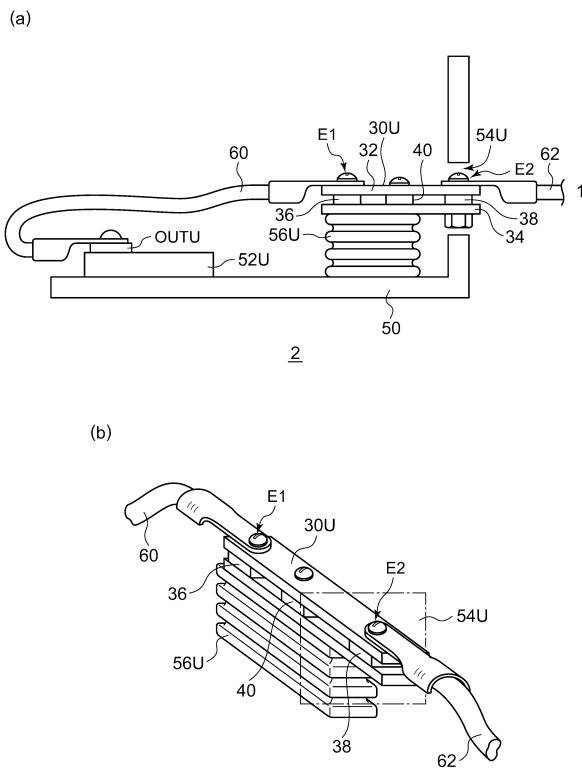
【図8】



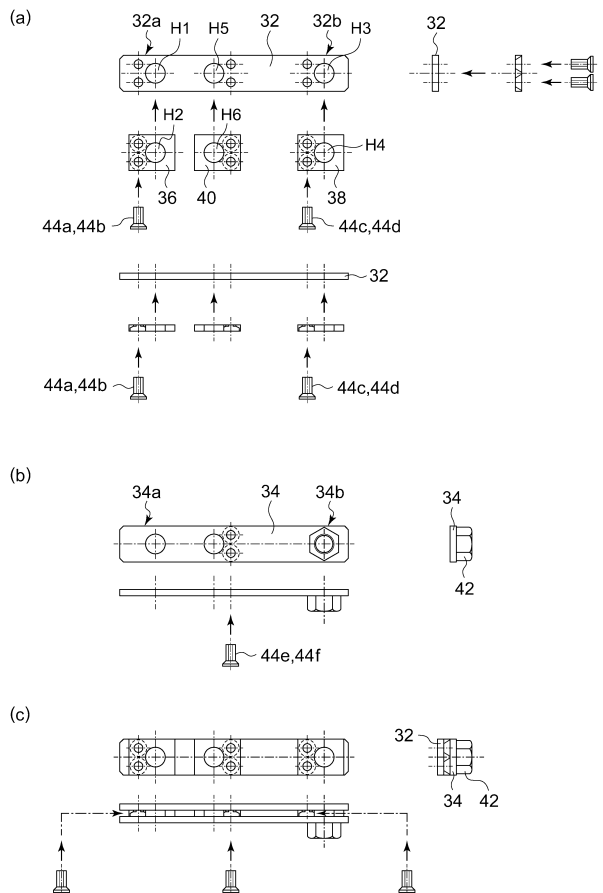
【図9】



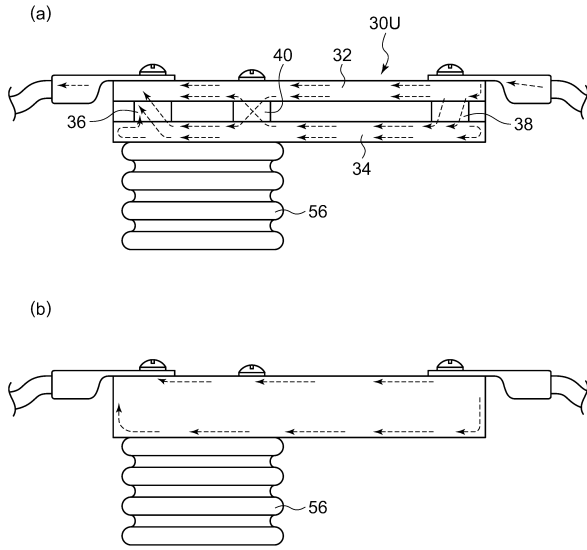
【図10】



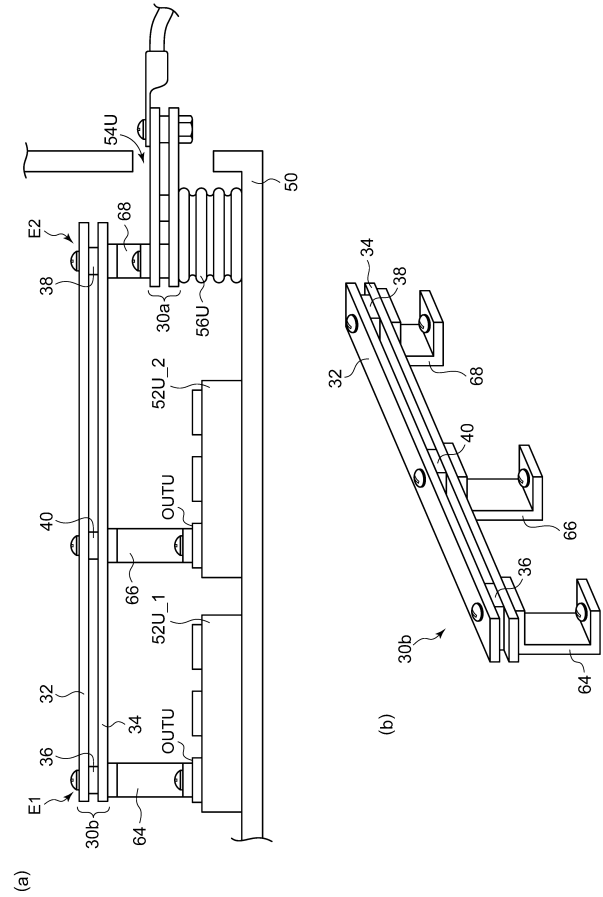
【図11】



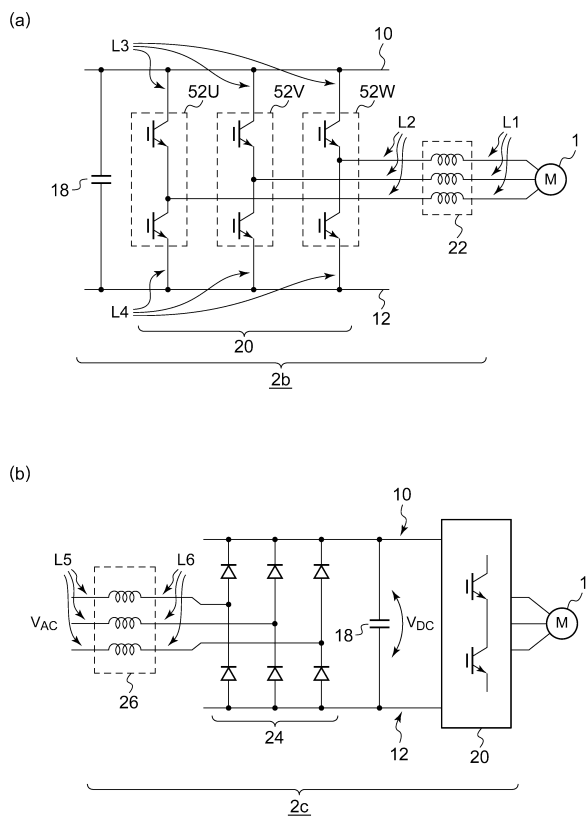
【図12】



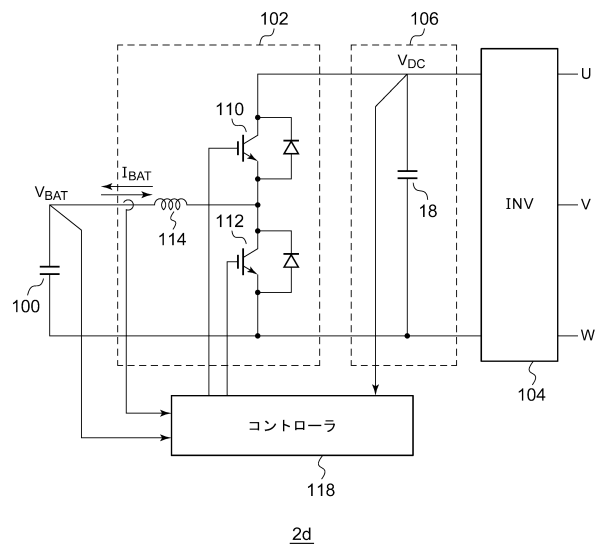
【図13】



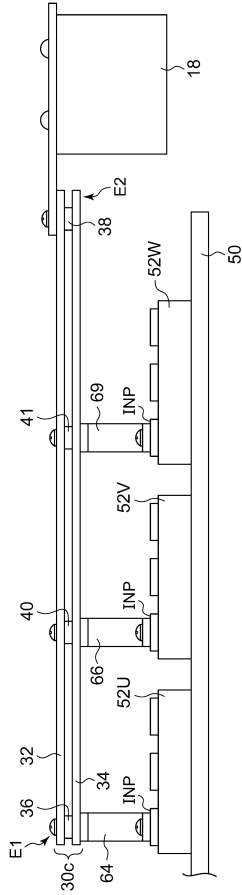
【図14】



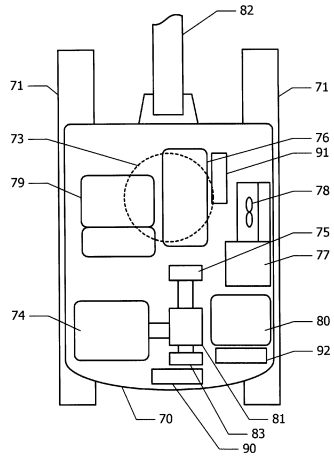
【図15】



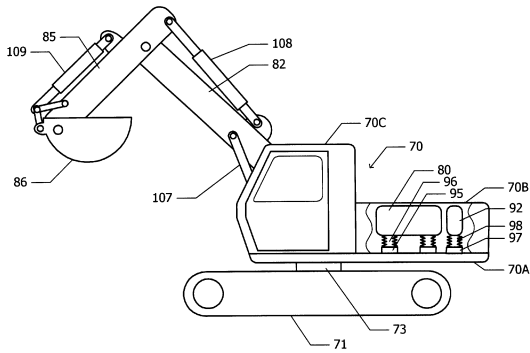
【図16】



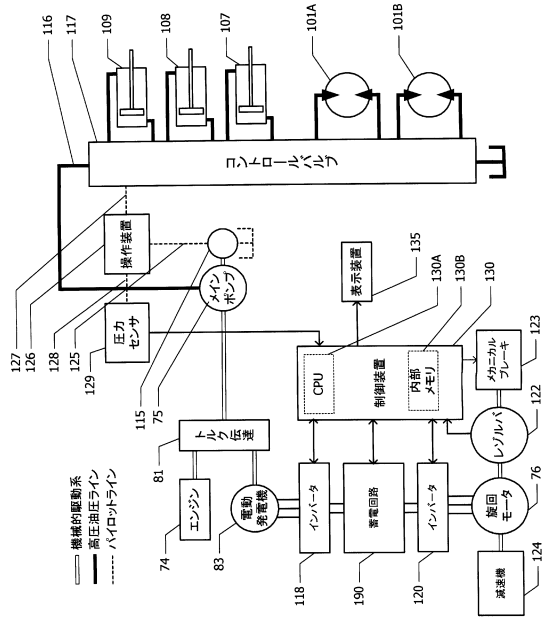
【図17】



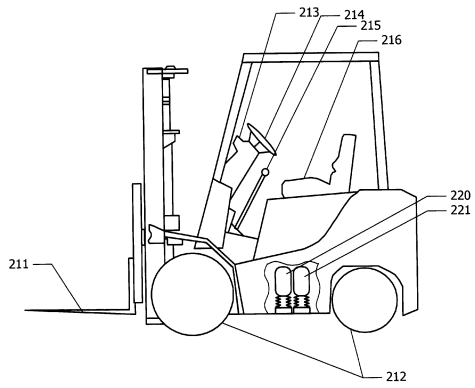
【図18】



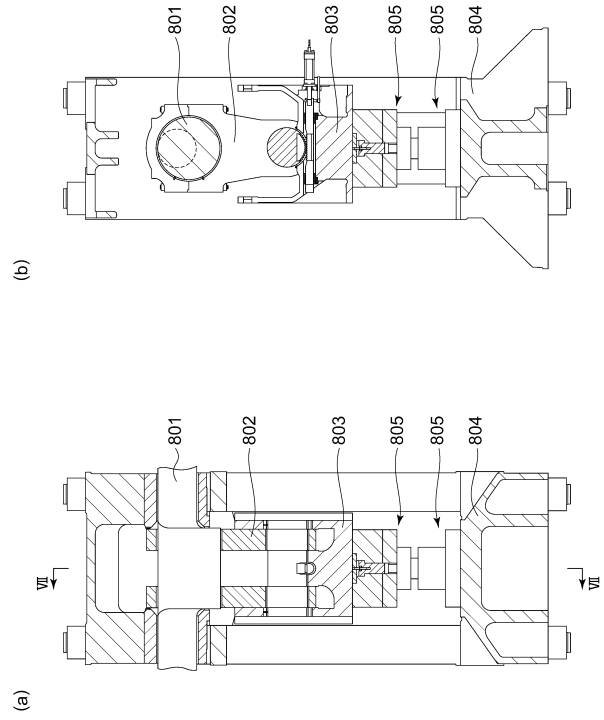
【図19】



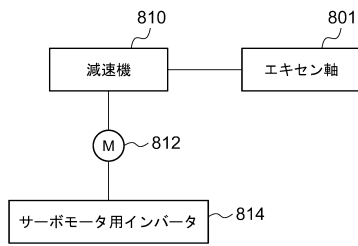
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 湯浅 英昭

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 桐山 愛世

(56)参考文献 特開2010-226781(JP,A)

特開平06-169138(JP,A)

特開2011-229304(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E02F 9/00, 20

H02M 7/48

H02G 3/16

H02G 5/00 - 5/06

H01G 4/38, 58

H01B 5/02