

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4295734号
(P4295734)

(45) 発行日 平成21年7月15日(2009.7.15)

(24) 登録日 平成21年4月17日(2009.4.17)

(51) Int.Cl. F I
B60L 11/18 (2006.01) B60L 11/18 A
B60K 7/00 (2006.01) B60K 7/00

請求項の数 7 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2005-51832(P2005-51832)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成17年2月25日(2005.2.25)		三菱重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2006-238650(P2006-238650A)		東京都港区港南二丁目16番5号
(43) 公開日	平成18年9月7日(2006.9.7)	(74) 代理人	100102864
審査請求日	平成19年3月5日(2007.3.5)		弁理士 工藤 実
		(74) 代理人	100117617
			弁理士 中尾 圭策
		(72) 発明者	高野 真一
			神奈川県相模原市田名3000番地 三菱重工業株式会社汎用機・特車事業本部内
		(72) 発明者	中村 貢
			愛知県名古屋市中村区岩塚町字高道1番地 三菱重工業株式会社名古屋研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 バッテリー駆動車両及びその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

バッテリーと、
 第1駆動輪と、
 前記第1駆動輪を駆動する第1モータと、
 前記バッテリーから供給された直流電力から第1交流電力を発生し、前記第1交流電力を前記第1モータに供給する第1インバータと、
 第2駆動輪と、
 前記第2駆動輪を駆動する第2モータと、
 前記バッテリーから供給された直流電力から第2交流電力を発生し、前記第2交流電力を前記第2モータに供給する第2インバータとを具備し、
 前記第1インバータは、
 第1電圧指令を生成する第1電圧指令生成手段と、
 前記第1電圧指令にตอบสนองして前記第1モータに前記第1交流電力を出力する第1インバータ出力段とを備え、
 前記第2インバータは、
 第2電圧指令を生成する第2電圧指令生成手段と、
 前記第2電圧指令にตอบสนองして前記第2モータに前記第2交流電力を出力する第2イン

10

20

バータ出力段

とを備え、

前記第 1 電圧指令生成手段は、前記バッテリー、及び/又は前記第 1 インバータの状態に応じて前記第 1 電圧指令を制限し、且つ、前記第 1 電圧指令を制限した程度に応じて第 1 制御データを生成し、

前記第 2 電圧指令生成手段は、前記第 1 制御データにตอบสนองして前記第 2 電圧指令を制限する

バッテリー駆動車両。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のバッテリー駆動車両であって、

前記第 2 電圧指令生成手段は、前記バッテリー、及び/又は前記第 2 インバータの状態に応じて前記第 2 電圧指令を制限し、且つ、前記第 2 電圧指令を制限した程度に応じて第 2 制御データを生成し、

前記第 1 電圧指令生成手段は、前記第 2 制御データにตอบสนองして前記第 1 電圧指令を制限する

バッテリー駆動車両。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のバッテリー駆動車両であって、

前記第 1 電圧指令生成手段は、

前記第 1 モータに対応する第 1 トルク指令、及び前記第 1 モータの回転数から電流指令を生成する電流指令生成手段と、

前記電流指令と前記第 1 モータに供給される電流とにตอบสนองして前記第 1 電圧指令を生成する電圧制御手段

とを備え、

前記電流指令生成手段は、前記第 2 インバータの前記第 2 電圧指令生成手段から送信される前記第 2 制御データにตอบสนองして前記電流指令を制限する

バッテリー駆動車両。

【請求項 4】

請求項 2 に記載のバッテリー駆動車両であって、

前記第 1 電圧指令は、d 軸電圧指令と q 軸電圧指令とを含み、

前記第 1 電圧指令生成手段は、

前記第 1 モータに対応する第 1 トルク指令、前記第 1 モータの回転数、及び前記第 1 モータに供給される電流から暫定 d 軸電圧指令と暫定 q 軸電圧指令とを生成する電流制御手段と、

前記暫定 d 軸電圧指令と前記暫定 q 軸電圧指令とが所定の条件を満足する場合、前記 q 軸電圧指令を前記暫定 q 軸電圧指令よりも小さくなるように生成する電圧制限手段とを備え、

前記第 1 制御データは、前記 q 軸電圧指令が前記暫定 q 軸電圧指令から減少されている程度に応じて生成された q 軸制御データを含む

バッテリー駆動車両。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のバッテリー駆動車両であって、

前記電圧制限手段は、前記暫定 d 軸電圧指令と前記暫定 q 軸電圧指令とが前記所定の条件を満足する場合、前記 d 軸電圧指令を前記暫定 d 軸電圧指令よりも小さくなるように生成し、

前記第 1 制御データは、更に、前記 d 軸電圧指令が前記暫定 d 軸電圧指令から減少されている程度に応じて生成された d 軸制御データを含む

バッテリー駆動車両。

【請求項 6】

請求項 2 に記載のバッテリー駆動車両であって、

10

20

30

40

50

前記第 1 電圧指令は、d 軸電圧指令を含み、

前記第 1 電圧指令生成手段は、

前記第 1 モータに対応する第 1 トルク指令、前記第 1 モータの回転数、及び前記第 1 モータに供給される電流から暫定 d 軸電圧指令を生成する電流制御手段と、

前記バッテリーの電圧が所定の電圧よりも高い場合に前記 d 軸電圧指令を前記暫定 d 軸電圧指令よりも小さくなるように制限する電圧制限手段

とを備え、

前記第 1 制御データは、前記 d 軸電圧指令が前記暫定 d 軸電圧指令から減少されている程度に応じて生成された d 軸制御データを含む

バッテリー駆動車両。

10

【請求項 7】

バッテリーと、第 1 駆動輪と、前記第 1 駆動輪を駆動する第 1 モータと、第 1 インバータと、第 2 駆動輪と、前記第 2 駆動輪を駆動する第 2 モータと、第 2 インバータとを具備するバッテリー駆動車両の制御方法であって、

前記第 1 インバータにおいて第 1 電圧指令を生成するステップと、

前記第 1 電圧指令にตอบสนองして前記第 1 インバータから前記第 1 モータに交流電力を供給するステップと、

前記第 2 インバータにおいて第 2 電圧指令を生成するステップと、

前記第 2 電圧指令にตอบสนองして前記第 2 インバータから前記第 2 モータに交流電力を供給するステップと、

20

前記バッテリー、及び/又は前記第 1 インバータの状態に前記第 1 電圧指令を制限し、且つ、前記第 1 電圧指令を制限した程度に応じて第 1 制御データを生成するステップと、

前記第 1 制御データを前記第 1 インバータから前記第 2 インバータに送信するステップと、

前記第 2 インバータにおいて、前記第 1 制御データにตอบสนองして前記第 2 電圧指令を制限するステップ

とを具備する

バッテリー駆動車両の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、バッテリー駆動車両に関しており、特に、2つの駆動輪を、別々のインバータ及びモータで駆動するように構成されたバッテリー駆動車両技術に関する。

【背景技術】

【0002】

バッテリーフォークリフトに例示されるバッテリー駆動車両は、左右2つの駆動輪を、別々のインバータ及びモータで駆動する駆動システムを採用することがある。このような駆動システムは、動力伝達機構を簡素化し、駆動効率を高めるために有効である。

【0003】

2つのモータが協調的に制御され、これにより、全体としてのエネルギー効率が向上されることは、2つ以上のモータを含むシステム全般に重要なことである。複数のモータを協調的に制御する技術は、例えば特開平6-329608号公報(特許文献1)に開示されている。この公報に記載の技術は、複数のモータから駆動電流が要求されている場合に駆動の優先順位を設定することにより、複数のモータへの最適な電流配分を実現している。

40

【0004】

バッテリーを電源として使用する駆動システムで重要なことの一つは、バッテリーの能力を有効に活用することであり、そのためには、バッテリー電圧になるべく近い出力電圧を出力するようにインバータが制御されることが好ましい。

【0005】

50

しかし、バッテリー電圧になるべく近い出力電圧を出力するようにインバータを制御することは、2つのモータの特性にばらつきがある場合に問題を生じさせ得る。第1に、モータの特性のばらつきは、一方のモータについては、要求されたトルクを出力するために必要な出力電圧がバッテリー電圧よりも低い、他方のモータについては、要求されたトルクを出力するために必要な出力電圧がバッテリー電圧よりも高いという事態を生じさせ得る。このような場合、後者のモータや、それに接続されたインバータを保護するためには、後者のモータに接続されたインバータは、要求されたトルクを出力するために必要な出力電圧よりも小さい出力電圧を出力するように制御されざるを得ない。しかし、単純に出力電圧を制限するだけでは、左右の駆動輪に供給されるトルクが不均一になり、バッテリー駆動車両が不所望な方向に進んでしまう。

10

【0006】

第2に、モータの特性のばらつきは、電力のバッテリーへの回生を行うときにも問題を生じさせ得る。より具体的には、一方のモータからインバータを介してバッテリーに供給される回生電圧はバッテリーの許容最大電圧よりも小さいが、他方のモータからインバータを介してバッテリーに供給される回生電圧がバッテリーの許容最大電圧よりも大きいという事態を生じさせ得る。このような場合、バッテリーを保護するためには、後者のモータに対して弱め界磁制御が行われ、回生電圧が低下される必要がある。しかし、単純に後者のモータに対する弱め界磁制御を行うだけでは、左右の駆動輪に供給されるトルクが不均一になり、バッテリー駆動車両が不所望な方向に進んでしまう。

【0007】

20

2つのモータの特性のばらつきを考慮して、バッテリー電圧が十分に高いバッテリーを使用すれば、このような問題は回避できるかもしれない。しかし、バッテリー電圧が高いバッテリーを使用することは、経済性の面からは問題である。

【0008】

このような背景から、駆動輪を駆動する2つのモータの特性にばらつきがあっても、バッテリーの能力を最大限に活用できるようなバッテリー駆動車両の提供が望まれている。

【特許文献1】特開平6-329608号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

30

本発明の目的は、駆動輪を駆動する2つのモータの特性にばらつきがあっても、バッテリーの能力を有効に活用できるバッテリー駆動車両を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記の目的を達成するために、本発明は、以下に述べられる手段を採用する。その手段を構成する技術的事項の記述には、[特許請求の範囲]の記載と[発明を実施するための最良の形態]の記載との対応関係を明らかにするために、[発明を実施するための最良の形態]で使用される番号・符号が付加されている。但し、付加された番号・符号は、[特許請求の範囲]に記載されている発明の技術的範囲を限定的に解釈するために用いてはならない。

40

【0011】

本発明によるバッテリー駆動車両(10)は、バッテリー(4)と、第1駆動輪(3₁)と、第1駆動輪(3₁)を駆動する第1モータ(2₁)と、前記バッテリー(4)から供給された直流電力から第1交流電力を発生し、前記第1交流電力を第1モータ(2₁)に供給する第1インバータ(1₁)と、第2駆動輪(3₂)と、第2駆動輪(3₂)を駆動する第2モータ(2₂)と、バッテリー(4)から供給された直流電力から第2交流電力を発生し、前記第2交流電力を第2モータ(2₂)に供給する第2インバータ(1₂)とを具備する。第1インバータ(1₁)は、第1電圧指令を生成する第1電圧指令生成手段(11₁-14₁)と、前記第1電圧指令にตอบสนองして前記第1モータ(2₁)に前記第1交流電力を出力する第1インバータ出力段(17₁)とを備える。第2インバータ(1

50

2) は、第2電圧指令を生成する第2電圧指令生成手段(11₂-14₂)と、前記第2電圧指令にตอบสนองして第2モータ(21)に前記第2交流電力を出力する第2インバータ出力段(17₂)とを備える。第1電圧指令生成手段(11₁-14₁)は、バッテリー(4)及び/又は第1インバータ(1₁)の状態に応じて前記第1電圧指令を制限し、且つ、前記第1電圧指令を制限した程度に応じて第1制御データを生成する。第2電圧指令生成手段(11₂-14₂)は、前記第1制御データにตอบสนองして前記第2電圧指令を制限する。

【0012】

このようなバッテリー駆動車両(10)では、バッテリー(4)及び/又は第1インバータ(1₁)の状態に応じて第1インバータ(11)の前記第1電圧指令が制限された場合に、第2インバータ(1₂)の前記第2電圧指令も制限される。したがって、第1電圧指令を制限する制御を行ってバッテリー(4)や第1インバータ(1₁)を保護しても、当該バッテリー駆動車両(10)は不所望な方向に進まない。これは、第1インバータ(1₁)及び第2インバータ(1₂)に許容される最大の出力電圧を、バッテリー電圧に近づけることを可能にし、バッテリー(4)の能力を最大限に活用することを可能にする。

10

【0013】

好適には、第2電圧指令生成手段(11₂-14₂)は、バッテリー(4)及び/又は第2インバータ(1₂)の状態に応じて前記第2電圧指令を制限し、且つ、前記第2電圧指令を制限した程度に応じて第2制御データを生成し、第1電圧指令生成手段(11₁-14₁)は、前記第2制御データにตอบสนองして前記第1電圧指令を制限する。

20

【0014】

第1電圧指令生成手段(11₁-14₁)が、第1モータ(21)に対応する第1トルク指令(T_1^*)、及び第1モータ(21)の回転数(N_1)から電流指令を生成する電流指令生成手段(11₁)と、前記電流指令と第1モータ(21)に供給される電流とにตอบสนองして前記第1電圧指令を生成する電流制御手段(12₁-14₁)とを備える場合には、電流指令生成手段(11₁)が、第2インバータ(1₂)の第2電圧指令生成手段(11₂-14₂)から送信される前記第2制御データにตอบสนองして前記電流指令を制限することが好ましい。

【0015】

好適な実施形態では、前記第1電圧指令は、d軸電圧指令(v_{1d}^*)とq軸電圧指令(v_{1q}^*)とを含む。この場合、第1電圧指令生成手段(11₁-14₁)は、第1トルク指令(T_1^*)、前記第1モータ(21)の回転数(N_1)、及び第1モータ(21)に供給される電流から暫定d軸電圧指令($v_{1d_ref}^*$)と暫定q軸電圧指令($v_{1q_ref}^*$)とを生成する電圧制御手段(11₁-13₁)と、暫定d軸電圧指令($v_{1d_ref}^*$)と暫定q軸電圧指令($v_{1q_ref}^*$)とが所定の条件を満足する場合、前記q軸電圧指令(v_{1q}^*)を前記暫定q軸電圧指令($v_{1q_ref}^*$)よりも小さくなるように生成する電圧制限手段(14₁)とを備え、前記第1制御データは、前記q軸電圧指令(v_{1q}^*)が前記暫定q軸電圧指令($v_{1q_ref}^*$)から減少されている程度に応じて生成されたq軸制御データを含むことが好ましい。

30

【0016】

この場合、電圧制限手段(14₁)は、前記暫定d軸電圧指令($v_{1d_ref}^*$)と前記暫定q軸電圧指令($v_{1q_ref}^*$)とが前記所定の条件を満足するときに、前記d軸電圧指令(v_{1d}^*)を前記暫定d軸電圧指令($v_{1d_ref}^*$)よりも小さくなるように生成し、前記第1制御データは、更に、前記d軸電圧指令(v_{1d}^*)が前記暫定d軸電圧指令($v_{1d_ref}^*$)から減少されている程度に応じて生成されたd軸制御データを含んでもよい。

40

【0017】

他の好適な実施形態では、前記第1電圧指令生成手段(11₁-14₁)は、前記バッテリーの電圧(V_{dc})が所定の電圧(V_{dcMAX})よりも高い場合に前記d軸電圧指令(v_{1d}^*)を前記暫定d軸電圧指令($v_{1d_ref}^*$)よりも小さくなるように制

50

限する電圧制限手段(14₁)を備え、且つ、前記第1制御データは、前記d軸電圧指令が前記暫定d軸電圧指令から減少されている程度に応じて生成されたd軸制御データを含む。

【0018】

本発明によるバッテリー駆動車両の制御方法は、バッテリー(4)と、第1駆動輪(3₁)と、第1駆動輪(3₁)を駆動する第1モータ(2₁)と、第1インバータ(1₁)と、第2駆動輪(3₂)と、第2駆動輪(3₂)を駆動する第2モータ(2₂)と、第2インバータ(1₂)とを具備するバッテリー駆動車両の制御方法である。当該制御方法は、

第1インバータ(1₁)において第1電圧指令を生成するステップと、
前記第1電圧指令にตอบสนองして第1インバータ(1₁)から第1モータ(2₁)に交流電力を供給するステップと、
第2インバータ(1₂)において第2電圧指令を生成するステップと、
前記第2電圧指令にตอบสนองして第2インバータ(1₂)から第2モータ(2₂)に交流電力を供給するステップと、
バッテリー(4)及び/又は第1インバータ(1₁)の状態に応じて前記第1電圧指令を制限し、且つ、前記第1電圧指令を制限した程度に応じて第1制御データを生成するステップと、
前記第1制御データを第1インバータ(1₁)から第2インバータ(1₂)に送信するステップと、
第2インバータ(1₂)において、前記第1制御データにตอบสนองして前記第2電圧指令を制限するステップとを具備する。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、駆動輪を駆動する2つのモータの特性にばらつきがあっても、バッテリーの能力を有効に活用できるバッテリー駆動車両を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、添付図面を参照しながら、本発明によるバッテリー駆動車両の好適な実施形態を説明する。

【0021】

第1 全体構成

図1は、本発明の一実施形態に係るバッテリー駆動車両10のブロック図である。バッテリー駆動車両10は、左走行インバータ1₁と、右走行インバータ1₂と、左誘導モータ2₁と、右誘導モータ2₂と、左駆動輪3₁と、右駆動輪3₂と、バッテリー4と、上位コントローラ5とを備えている；本明細書の全体に渡り、参照符号に付された添字"1"は、「左」に対応しており、添字"2"は、「右」に対応していることに留意されたい。

【0022】

左走行インバータ1₁は、バッテリー4から供給される直流電力から3相交流電力を生成して、左駆動輪3₁を駆動する左誘導モータ2₁に供給する。左走行インバータ1₁から左誘導モータ2₁に3相交流電力を供給する電力ケーブルには、左誘導モータ2₁のu相電流 i_{1u} 、v相電流 i_{1v} 、及びw相電流 i_{1w} を測定する電流センサ6₁が設けられている。左走行インバータ1₁は、u相電流 i_{1u} 、v相電流 i_{1v} 、及びw相電流 i_{1w} に基づいたベクトル制御を行って3相交流電力を生成する。

【0023】

同様に、右走行インバータ1₂は、バッテリー4から供給される直流電力から3相交流電力を生成して、右駆動輪3₂を駆動する右誘導モータ2₂に供給する。右走行インバータ1₂から右誘導モータ2₂に3相交流電力を供給する電力ケーブルには、右誘導モータ2₂のu相電流 i_{2u} 、v相電流 i_{2v} 、及びw相電流 i_{2w} を測定する電流センサ6₂

が設けられる。右走行インバータ1₂は、u相電流 i_{2u} 、v相電流 i_{2v} 、及びw相電流 i_{2w} に基づいたベクトル制御を行って3相交流電力を生成する。

【0024】

バッテリー4から左走行インバータ1₁及び右走行インバータ1₂に直流電力を供給する電源線には、電圧センサ7が設けられている。電圧センサ7は、バッテリー電圧 V_{dc} （即ち、バッテリー4の正極と負極との間の電圧）を測定する。電圧センサ7によって測定されたバッテリー電圧 V_{dc} は、バッテリー4への電力の回生の制御の際に使用される。

【0025】

左走行インバータ1₁と右走行インバータ1₂の制御は、上位コントローラ5によって行われる。上位コントローラ5は、アクセル開度とステアリング角度とにตอบสนองして、左トルク指令 T_1^* と右トルク指令 T_2^* とを生成し、左トルク指令 T_1^* を左走行インバータ1₁に、右トルク指令 T_2^* を右走行インバータ1₂に供給する。左トルク指令 T_1^* と右トルク指令 T_2^* とは、通常、同一の値である。

【0026】

左走行インバータ1₁と右走行インバータ1₂とは、上位コントローラ5によってのみ制御されるのではなく、制御データを相互に交換し、相手方から受け取った制御データにตอบสนองして動作するように構成されている。より具体的には、左走行インバータ1₁は、システム全体の保護のためにd軸電圧とq軸電圧とを制限する制御を行ったときには、d軸電圧とq軸電圧とを制限した程度を示す制御データを、右走行インバータ1₂に送信する。右走行インバータ1₂は、左走行インバータ1₁から送られてくる制御データにตอบสนองして、左走行インバータ1₁と同じくd軸電圧とq軸電圧とを制限する動作を行う。同様に、右走行インバータ1₂は、システム全体の保護のためにd軸電圧とq軸電圧とを制限する制御を行ったときには、d軸電圧とq軸電圧とを制限した程度を示す制御データを、左走行インバータ1₁に送信する。左走行インバータ1₁は、右走行インバータ1₂から送られてくる制御データにตอบสนองして、右走行インバータ1₂と同じくd軸電圧とq軸電圧とを制限する動作を行う。

【0027】

本実施の形態では、左走行インバータ1₁から右走行インバータ1₂に送られる制御データは、d軸オーバーライド係数 k_{1d} とq軸オーバーライド係数 k_{1q} とで構成されている。d軸オーバーライド係数 k_{1d} 及びq軸オーバーライド係数 k_{1q} とは、それぞれ、左走行インバータ1₁の内部においてd軸電圧指令 v_{1d}^* とq軸電圧指令 v_{1q}^* が制限された程度を表す、0以上1以下の係数である。d軸電圧指令 v_{1d}^* とq軸電圧指令 v_{1q}^* を制限するような動作が行われていないときには、d軸オーバーライド係数 k_{1d} 及びq軸オーバーライド係数 k_{1q} は、いずれも1である。d軸オーバーライド係数 k_{1d} とq軸オーバーライド係数 k_{1q} は、左トルク指令 T_1^* と左誘導モータ2₁の回転数 N_1 とから定まるd軸電圧指令及びq軸電圧指令がシステムを保護するためには大きすぎる場合に、d軸電圧指令 v_{1d}^* とq軸電圧指令 v_{1q}^* を制限すべき程度に応じて減少される。右走行インバータ1₂は、左走行インバータ1₁から供給されるd軸オーバーライド係数 k_{1d} とq軸オーバーライド係数 k_{1q} にตอบสนองして、その内部で発生されるd軸電圧指令 v_{2d}^* とq軸電圧指令 v_{2q}^* を減少させる。

【0028】

同様に、右走行インバータ1₂から左走行インバータ1₁に送られる制御データは、d軸オーバーライド係数 k_{2d} とq軸オーバーライド係数 k_{2q} とで構成されている。d軸オーバーライド係数 k_{2d} 及びq軸オーバーライド係数 k_{2q} とは、それぞれ、右走行インバータ1₂の内部においてd軸電圧指令 v_{2d}^* とq軸電圧指令 v_{2q}^* が制限された程度を表す、0以上1以下の係数である。左走行インバータ1₁は、右走行インバータ1₂から供給されるd軸オーバーライド係数 k_{2d} とq軸オーバーライド係数 k_{2q} にตอบสนองして、その内部で発生されるd軸電圧指令 v_{2d}^* とq軸電圧指令 v_{1q}^* を減少させる。

【0029】

10

20

30

40

50

後述されるように、制御データ（即ち、d軸オーバライド係数 k_{1d} 、q軸オーバライド係数 k_{1q} 、d軸オーバライド係数 k_{2d} 、及びq軸オーバライド係数 k_{2q} ）を左走行インバータ 1_1 と右走行インバータ 1_2 との間で交換することは、d軸電圧指令とq軸電圧指令とを制限する制御が行われたときに、バッテリー駆動車両10が不所望な方向に進んでしまうことを防ぐために重要である。バッテリー駆動車両10は、左走行インバータ 1_1 と右走行インバータ 1_2 の一方においてd軸電圧指令及びq軸電圧指令を制限する制御が行われた場合に他方においてもd軸電圧指令及びq軸電圧指令を制限する制御が行われるように構成され、これにより、バッテリー駆動車両10が不所望な方向に進んでしまうことが防止されている。以下では、d軸オーバライド係数 k_{1d} 、q軸オーバライド係数 k_{1q} 、d軸オーバライド係数 k_{2d} 、及びq軸オーバライド係数 k_{2q} を用いた左走行インバータ 1_1 、右走行インバータ 1_2 の制御について詳細に説明する。

10

【0030】

第2 インバータの構成及び動作

図2は、左走行インバータ 1_1 と右走行インバータ 1_2 の構成を示すブロック図である。左走行インバータ 1_1 と右走行インバータ 1_2 とは、同一の構成及び同一の機能を有しており、以下では、左走行インバータ 1_1 の構成及び動作についてのみ説明が行われる；右走行インバータ 1_2 の各構成要素の機能は、左走行インバータ 1_1 の対応する構成要素の機能の説明を参照することによって当業者には容易に理解されよう。以下の説明において、左走行インバータ 1_1 の構成要素、及び左走行インバータ 1_1 によって生成される制御データには、添字“1”が付されており、右走行インバータ 1_2 の構成要素、及び右走行インバータ 1_2 によって生成される制御データには、添字“2”が付されていることに留意されたい。

20

【0031】

左走行インバータ 1_1 は、電流指令生成部 11_1 と、3相2相変換部 12_1 と、電流制御部 13_1 と、電圧制限部 14_1 と、2相3相変換部 15_1 と、PWM制御部 16_1 と、インバータ出力段 17_1 とを備えている。電流指令生成部 11_1 と、3相2相変換部 12_1 と、電流制御部 13_1 と、電圧制限部 14_1 と、2相3相変換部 15_1 と、PWM制御部 16_1 は、インバータ出力段 17_1 に搭載されているパワートランジスタのオンオフを制御するPWM信号 S_{1PWM} を生成するための制御系を構成しており、最も典型的には、DSP (digital signal processor) に実装される。電流指令生成部 11_1 と、3相2相変換部 12_1 と、電流制御部 13_1 と、電圧制限部 14_1 と、2相3相変換部 15_1 と、PWM制御部 16_1 には、共通の制御クロックが供給されており、これらの演算部は、それぞれが行うべき演算を当該制御クロックの各クロック周期に実行するように構成されている。以下、左走行インバータ 1_1 の各構成要素について詳細に説明する。

30

【0032】

電流指令生成部 11_1 は、上位コントローラ5から送信される左トルク指令 T_1^* と左誘導モータ 2_1 の回転数 N_1 とにตอบสนองして、d軸電流指令 i_{1d}^* とq軸電流指令 i_{1q}^* とを生成する。

【0033】

3相2相変換部 12_1 は、電流センサ 6_1 によって測定されたu相電流 i_{1u} 、v相電流 i_{1v} 、及び、w相電流 i_{1w} についてd-q変換を行い、d軸電流 i_{1d} 及びq軸電流 i_{1q} を算出する。当業者に周知であるように、d軸電流 i_{1d} 及びq軸電流 i_{1q} の算出には、u相電流 i_{1u} 、v相電流 i_{1v} 、及び、w相電流 i_{1w} の全てが必要ではなく、これらのうちの2つからd軸電流 i_{1d} 及びq軸電流 i_{1q} を算出することも可能である。

40

【0034】

電流制御部 13_1 は、d軸電流 i_{1d} がd軸電流指令 i_{1d}^* に一致するように、且つ、q軸電流 i_{1q} がq軸電流指令 i_{1q}^* に一致するようなd軸電圧指令及びq軸電圧指令を生成する。ただし、電流制御部 13_1 が生成するd軸電圧指令及びq軸電圧指令は、最終的に使用されるとは限らない；d軸電圧指令及びq軸電圧指令は、電圧制限部 14_1

50

によって制限され、制限された d 軸電圧指令及び q 軸電圧指令が最終的に使用されることがある。この点を明確にするために、電流制御部 13₁ が生成する d 軸電圧指令及び q 軸電圧指令は、それぞれ、d 軸電圧指令 $v_{1d_ref}^*$ 、q 軸電圧指令 $v_{1q_ref}^*$ と記載することがある。

【0035】

電圧制限部 14₁ は、電流制御部 13₁ によって生成された d 軸電圧指令、q 軸電圧指令を、バッテリー駆動車両 10 の駆動システムの保護に必要である場合に制限し、最終的に使用される d 軸電圧指令 v_{1d}^* 及び q 軸電圧指令 v_{1q}^* を生成する。電流制御部 13₁ によって生成された d 軸電圧指令及び q 軸電圧指令が制限される場合には、以下の 3 種類がある。第 1 の場合は、要求されたトルクを左誘導モータ 2₁ が出力するために必要なインバータ出力電圧を左走行インバータ 1₁ が出力できない場合である。このような事態は、最も典型的には、左誘導モータ 2₁ が要求されたトルクを出力するために必要なインバータ出力電圧が、バッテリー 4 のバッテリー電圧よりも高い場合に起こり得る。このような場合には、d 軸電圧指令及び q 軸電圧指令が制限される必要がある。第 2 の場合は、電力の回生時に、左誘導モータ 2₁ から左走行インバータ 1₁ を介してバッテリー 4 に供給される回生電圧がバッテリー 4 の許容最大電圧よりも大きい場合である。このような場合には、弱め界磁制御が行われるように、d 軸電圧指令が制限される必要がある。第 3 の場合は、右走行インバータ 1₂ において d 軸電圧指令及び q 軸電圧指令が制限される制御が行われた場合である。このような場合には、右走行インバータ 1₂ において d 軸電圧指令及び q 軸電圧指令が制限される制御が行われた場合には、左走行インバータ 1₁ においても右走行インバータ 1₂ において d 軸電圧指令及び q 軸電圧指令が制限される制御が行われる。既述のように、このような制御は、バッテリー駆動車両 10 が不所望な方向に進んでしまうのを防ぐために重要である。電圧制限部 14₁ の構成及び動作については、後に詳細に説明が行われる。

【0036】

2 相 3 相変換部 15₁ は、電圧制限部 14₁ によって最終的に決定された d 軸電圧指令 v_{1d}^* 及び q 軸電圧指令 v_{1q}^* について 2 相 3 相変換を行い、u 相電圧指令 v_{1u}^* 、v 相電圧指令 v_{1v}^* 、及び w 相電圧指令 v_{1w}^* を生成する。

【0037】

PWM 制御部 16₁ は、u 相電圧指令 v_{1u}^* 、v 相電圧指令 v_{1v}^* 、及び w 相電圧指令 v_{1w}^* に応答して、インバータ出力段 17₁ のパワートランジスタのオンオフを制御する PWM 信号 S_{1PWM} を生成する。より詳細には、PWM 制御部 16₁ は、u 相電圧指令 v_{1u}^* 、v 相電圧指令 v_{1v}^* 、及び w 相電圧指令 v_{1w}^* に応答してデューティ比 r_{duty1} を決定し、そのデューティ比 r_{duty1} に対応する波形を有する PWM 信号 S_{1PWM} を生成する。

【0038】

インバータ出力段 17₁ は、PWM 信号 S_{1PWM} に応答してパワートランジスタのスイッチングを行い、これにより、バッテリー 4 から供給される直流電力から 3 相交流電力を生成する。インバータ出力段 17₁ から出力された 3 相交流電力が左誘導モータ 2₁ に供給される。

【0039】

電流指令生成部 11₁、3 相 2 相変換部 12₁、電流制御部 13₁、電圧制限部 14₁、2 相 3 相変換部 15₁、及び PWM 制御部 16₁ は、ハードウェア、ソフトウェア、及びそれらの組み合わせのいずれによって実装されることも可能であることに留意されたい。

【0040】

続いて、電圧制限部 14₁ の詳細な説明が行われる。電圧飽和オーバーライド係数生成部 18₁ と、電圧制限オーバーライド係数生成部 19₁ と、オーバーライド係数生成部 20₁ と、リミット処理部 21₁ とを備えている。

【0041】

10

20

30

40

50

電圧飽和オーバーライド係数生成部 18₁ は、要求されたトルクを左誘導モータ 2₁ が出力するために必要なインバータ出力電圧を左走行インバータ 1₁ が出力できるか（即ち、インバータ出力電圧が飽和しているか）を判断し、その判断結果に応じて d 軸電圧飽和オーバーライド係数 k_{1d_sat} と q 軸電圧飽和オーバーライド係数 k_{1q_sat} を生成する。

【0042】

より具体的には、d 軸電圧飽和オーバーライド係数 k_{1d_sat} と q 軸電圧飽和オーバーライド係数 k_{1q_sat} の生成は下記のようにして行われる。まず、電圧飽和オーバーライド係数生成部 18₁ は、その前のクロック周期において PWM 制御部 16₁ が使用したデューティ比 r_{duty1} から、左走行インバータ 1₁ が現クロック周期において出力可能な最大のインバータ出力電圧 V_{1MAX} を算出する。続いて、下記式により、電圧飽和オーバーライド量 v_{sat} が決定される：

$$v_{sat} = V_{1MAX} \cdot \left\{ (v_{1d_ref}^*)^2 - (v_{1q_ref}^*)^2 \right\} \cdot \dots (1)$$

既述のとおり、 $v_{1d_ref}^*$ 、及び $v_{1q_ref}^*$ は、電流制御部 13₁ によって算出された、暫定的な d 軸電圧指令及び q 軸電圧指令である。電圧飽和オーバーライド量 v_{sat} が 0 V 以上である場合には、電圧飽和オーバーライド係数生成部 18₁ は、d 軸電圧指令及び q 軸電圧指令の制限は不要であると判断し、d 軸電圧飽和オーバーライド係数 k_{1d_sat} と q 軸電圧飽和オーバーライド係数 k_{1q_sat} をいずれも 1 に設定する。一方、電圧飽和オーバーライド量 v_{sat} が負である場合には、電圧飽和オーバーライド係数生成部 18₁ は、要求されたトルクを左誘導モータ 2₁ が出力するために必要なインバータ出力電圧を左走行インバータ 1₁ が出力できない、即ち、d 軸電圧指令及び q 軸電圧指令を制限する必要であると判断する。この場合、電圧飽和オーバーライド係数生成部 18₁ は、下記式によって d 軸電圧飽和オーバーライド係数 k_{1d_sat} と q 軸電圧飽和オーバーライド係数 k_{1q_sat} を生成する：

$$k_{1d_sat} = 1 - \gamma_{1d}, \quad \dots (2a)$$

$$k_{1q_sat} = 1 - \gamma_{1q}, \quad \dots (2b)$$

ここで、 γ_{1d} は、1 以下の正の数であり、且つ、電圧飽和オーバーライド量 v_{sat} の絶対値 $|v_{sat}|$ の増加とともに増加する値である；同様に、 γ_{1q} は、1 以下の正の数であり、且つ、電圧飽和オーバーライド量 v_{sat} の大きさ $|v_{sat}|$ の増加とともに増加する値である。

【0043】

電圧制限オーバーライド係数生成部 19₁ は、電力をバッテリーに回生されるときに回生電圧（即ち、回生時のバッテリー電圧 V_{dc} ）がバッテリー 4 の許容最大電圧よりも大きいかを判断し、その判断結果に応じて d 軸電圧飽和オーバーライド係数 k_{1d_lim} を生成する。より具体的には、d 軸電圧飽和オーバーライド係数 k_{1d_lim} は、下記のようにして算出される。まず、下記式により、電圧制限オーバーライド量 v_{lim} が算出される：

$$v_{lim} = V_{dcMAX} - V_{dc}, \quad \dots (3)$$

ここで、 V_{dcMAX} は、バッテリー 4 の許容最大電圧であり、バッテリー 4 の仕様によって予め決定される値である；一方、 V_{dc} は、電圧センサ 7 によって測定されたバッテリー電圧である。電圧制限オーバーライド量 v_{lim} が 0 V 以上である場合には、電圧制限オーバーライド係数生成部 19₁ は、d 軸電圧指令の制限は不要であると判断し、d 軸電圧制限オーバーライド係数 k_{1d_lim} を 1 に設定する。一方、電圧制限オーバーライド量 v_{lim} が負である場合には、電圧制限オーバーライド係数生成部 19₁ は、回生電圧がバッテリー 4 の許容最大電圧よりも大きい、即ち、d 軸電圧指令を制限して弱め界磁制御を行う必要があると判断する。この場合、電圧飽和オーバーライド係数生成部 18₁ は、下記式によって d 軸電圧制限オーバーライド係数 k_{1d_lim} を生成する：

$$k_{1d_lim} = 1 - \gamma_{1d}, \quad \dots (4)$$

ここで、 γ_{1d} は、1 以下の正の数であり、且つ、電圧制限オーバーライド量 v_{lim} の絶

10

20

30

40

50

対値 $|v_{lim}|$ の増加とともに増加する値である。

【0044】

オーバーライド係数生成部 20₁ は、d 軸電圧飽和オーバーライド係数 k_{1d_sat} 、q 軸電圧飽和オーバーライド係数 k_{1q_sat} 、及び d 軸電圧制限オーバーライド係数 k_{1d_lim} から、最終的に d 軸電圧指令、q 軸電圧指令を制限するために使用される d 軸オーバーライド係数 k_{1d} 及び q 軸オーバーライド係数 k_{1q} を生成する。最も簡便には、オーバーライド係数生成部 20₁ は、下記式によって d 軸オーバーライド係数 k_{1d} 及び q 軸オーバーライド係数 k_{1q} を生成する：

$$k_{1d} = k_{1d_sat} \cdot k_{1d_lim}, \quad \dots (5a)$$

$$k_{1q} = k_{1q_sat} \cdot \dots (5b)$$

10

【0045】

リミット処理部 21₁ は、電流制御部 13₁ によって生成された暫定的な d 軸電圧指令 $v_{1d_ref}^*$ 及び q 軸電圧指令 $v_{1q_ref}^*$ と、オーバーライド係数生成部 20₁ によって生成された d 軸オーバーライド係数 k_{1d} 及び q 軸オーバーライド係数 k_{1q} と、右走行インバータ 1₂ から供給される d 軸オーバーライド係数 k_{2d} 及び q 軸オーバーライド係数 k_{2q} とから、最終的な d 軸電圧指令 v_{1d}^* 及び q 軸電圧指令 v_{1q}^* を生成する。より具体的には、d 軸電圧指令 v_{1d}^* 及び q 軸電圧指令 v_{1q}^* は、下記式によって生成される：

$$v_{1d}^* = \min[k_{1d}, k_{2d}] \cdot v_{1d_ref}^*, \quad \dots (6a)$$

$$v_{1q}^* = \min[k_{1q}, k_{2q}] \cdot v_{1q_ref}^* \cdot \dots (6a)$$

20

【0046】

右走行インバータ 1₂ における d 軸電圧指令 v_{2d}^* 及び q 軸電圧指令 v_{2q}^* の生成も、同様にして行われる。

【0047】

このようにして d 軸電圧指令 v_{1d}^* 、q 軸電圧指令 v_{1q}^* 、d 軸電圧指令 v_{2d}^* 及び q 軸電圧指令 v_{2q}^* が生成されることにより、左走行インバータ 1₁ と右走行インバータ 1₂ の一方において d 軸電圧指令及び q 軸電圧指令を制限する制御が行われた場合には、他方においても d 軸電圧指令及び q 軸電圧指令を制限する制御が行われる。

【0048】

左走行インバータ 1₁ において生成される d 軸オーバーライド係数 k_{1d} 及び q 軸オーバーライド係数 k_{1q} 、並びに、右走行インバータ 1₂ において生成される d 軸オーバーライド係数 k_{2d} 及び q 軸オーバーライド係数 k_{2q} は、更に、左走行インバータ 1₁、右走行インバータ 1₂ における d 軸電流指令及び q 軸電流指令の制限を行うためにも使用される。これにより、不適正に大きい d 軸電流指令及び q 軸電流指令が生成されることが防がれる。例えば、左走行インバータ 1₁ について、d 軸オーバーライド係数 k_{1d} 、q 軸オーバーライド係数 k_{1q} が 1 未満であることは、システムの保護の観点からは、d 軸電流指令 i_{1d}^* 及び q 軸電流指令 i_{1q}^* が過剰に大きいことを意味している。加えて、d 軸オーバーライド係数 k_{1d} 、q 軸オーバーライド係数 k_{1q} が 1 未満であることは、右走行インバータ 1₂ について d 軸電圧指令及び q 軸電圧指令を制限する動作が行われていることを意味している。このような場合には、d 軸電流指令 i_{1d}^* 及び q 軸電流指令 i_{1q}^* が制限され、これにより、左走行インバータ 1₁ の内部で生成される d 軸電圧指令 v_{1d}^* 及び q 軸電圧指令 v_{1q}^* が制限される。右走行インバータ 1₂ の内部で生成される d 軸電圧指令 v_{2d}^* 及び q 軸電圧指令 v_{2q}^* についても同様である。

30

40

【0049】

より具体的には、左走行インバータ 1₁ の電流指令生成部 11₁ は、前のクロック周期における d 軸オーバーライド係数 k_{1d} 、 k_{2d} との少なくとも一方が 1 未満であることを検出すると、左トルク指令 T_1^* と回転数 N_1 から決定される d 軸電流指令 i_{1d}^* よりも小さい電流値を、d 軸電流指令 i_{1d}^* として決定する。詳細には、d 軸オーバーライド係数 k_{1d} 、 k_{2d} の一方のみが 1 未満である場合には、その一方の係数に応じて d 軸電流指令 i_{1d}^* を決定し、両方が 1 未満である場合には、その小さいほうに応じて d 軸電

50

流指令 i_{1d}^* を決定する。ただし、d 軸オーバライド係数 k_{1d} 、 k_{2d} が 1 に戻っても、d 軸電流指令 i_{1d}^* をすぐには増加させない；d 軸電流指令 i_{1d}^* の増加率は所定の値以下に制限され、d 軸電流指令 i_{1d}^* は、徐々にしか増加されない。

【0050】

更に電流指令生成部 11₁ は、前のクロック周期における q 軸オーバライド係数 k_{1q} 、 k_{2q} との少なくとも一方が 1 未満であることを検出すると、左トルク指令 T_1^* と回転数 N_1 から決定される q 軸電流指令 i_{1q}^* よりも小さい電流値を、q 軸電流指令 i_{1q}^* として決定する。詳細には、q 軸オーバライド係数 k_{1q} 、 k_{2q} の一方のみが 1 未満である場合には、その一方の係数に応じて q 軸電流指令 i_{1q}^* を決定し、両方が 1 未満である場合には、その小さいほうに応じて q 軸電流指令 i_{1q}^* を決定する。ただし、q 軸オーバライド係数 k_{1q} 、 k_{2q} が 1 に戻っても、q 軸電流指令 i_{1q}^* をすぐには増加させない；q 軸電流指令 i_{1q}^* の増加率は所定の値以下に制限され、q 軸電流指令 i_{1q}^* は、徐々にしか増加されない。

10

【0051】

右走行インバータ 1₂ の電流指令生成部 11₂ も同様な制御を行う。電流指令生成部 11₂ は、d 軸オーバライド係数 k_{1d} 、 k_{2d} の小さい方に対応して d 軸電流指令 i_{2d}^* を決定し、q 軸オーバライド係数 k_{1q} 、 k_{2q} の小さい方に対応して q 軸電流指令 i_{2q}^* を決定する。

【0052】

このような制御によれば、一方のモータについては要求されたトルクを出力するために必要なインバータ出力電圧がバッテリー電圧よりも低い、他方のモータについては要求されたトルクを出力するために必要なインバータ出力電圧がバッテリー電圧よりも高いという事態が発生しても、それに適切に対処することができる；d 軸電圧指令や q 軸電圧指令を制限する制御を行ってモータ及びインバータを保護しても、バッテリー駆動車両 10 は不所望な方向に進まない。これは、インバータに許容される出力電圧を、バッテリー電圧に近づけることを可能にし、バッテリーの能力を最大限に活用することを可能にする。

20

【0053】

なお、本実施の形態において、d 軸電圧飽和オーバライド係数 k_{1d_sat} 、 k_{2d_sat} が生成されず、d 軸電圧制限オーバライド係数 k_{1d_lim} 、 k_{2d_lim} が、そのまま、d 軸オーバライド係数 k_{1d} 、 k_{2d} として使用されることも可能である。言い換えれば、要求されたトルクを左誘導モータ 2₁ が出力するために必要なインバータ出力電圧を左走行インバータ 1₁ が出力できない場合でも、q 軸電圧指令 v_{1q}^* 、 v_{2q}^* 、q 軸電流指令 i_{1q}^* 、 i_{2q}^* のみが制限され、d 軸電圧指令 v_{1d}^* 、 v_{2d}^* 、d 軸電流指令 i_{1d}^* 、 i_{2d}^* は制限されない。これは、物理的には、モータ出力の代わりにモータトルクが制限されることを意味している。このような制御でも、本発明の目的が達成できることは、当業者には自明的であろう。

30

【0054】

また、本発明が、タイヤを駆動輪として使用する場合のみならず、無限軌道を有する装軌車の駆動輪を駆動する場合にも適用可能であることは、当業者には自明的である。加えて、本発明が、多軸車両、即ち、左駆動輪 3₁ と右駆動輪 3₂ とを複数の組だけ有する構成のバッテリー駆動車両に適用可能であることも、当業者には自明的である。この場合、各組の左駆動輪 3₁ と右駆動輪 3₂ に対して上記と同様の制御が行われる。

40

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図 1】図 1 は、本発明の一実施形態に係るバッテリー駆動車両の構成を示すブロック図である。

【図 2】図 2 は、本実施形態における左走行インバータ及び左走行インバータの構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

【0056】

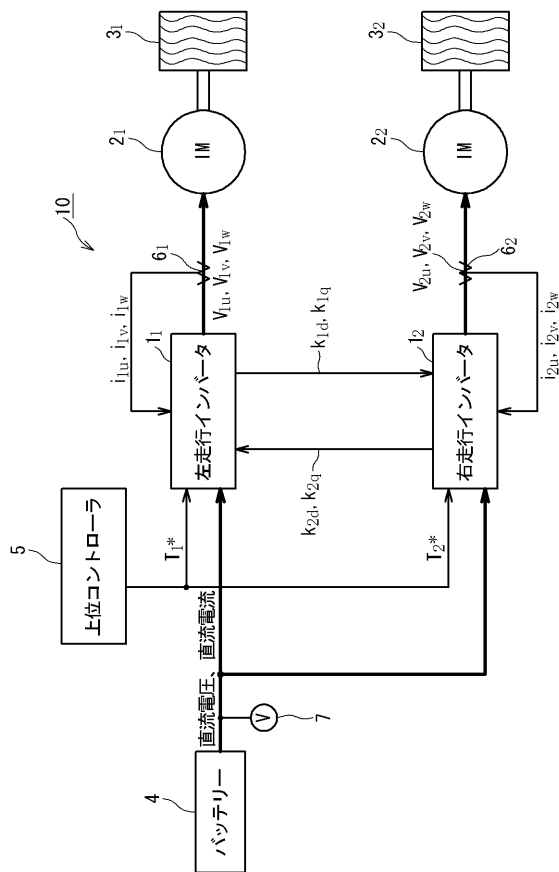
50

- 1₁ : 左走行インバータ
- 1₂ : 右走行インバータ
- 2₁ : 左誘導モータ
- 2₂ : 右誘導モータ
- 3₁ : 左駆動輪
- 3₂ : 右駆動輪
- 4 : バッテリー
- 5 : 上位コントローラ
- 6₁、6₂ : 電流センサ
- 7 : 電圧センサ
- 11₁、11₂ : 電流指令生成部
- 12₁、12₂ : 3相2相変換部
- 13₁、13₂ : 電流制御部
- 14₁、14₂ : 電圧制限部
- 15₁、15₂ : 2相3相変換部
- 16₁、16₂ : PWM制御部
- 17₁、17₂ : インバータ出力段
- 18₁、18₂ : 電圧飽和オーバーライド係数生成部
- 19₁、19₂ : 電圧制限オーバーライド係数生成部
- 20₁、20₂ : オーバライド係数生成部
- 21₁、21₂ : リミット処理部

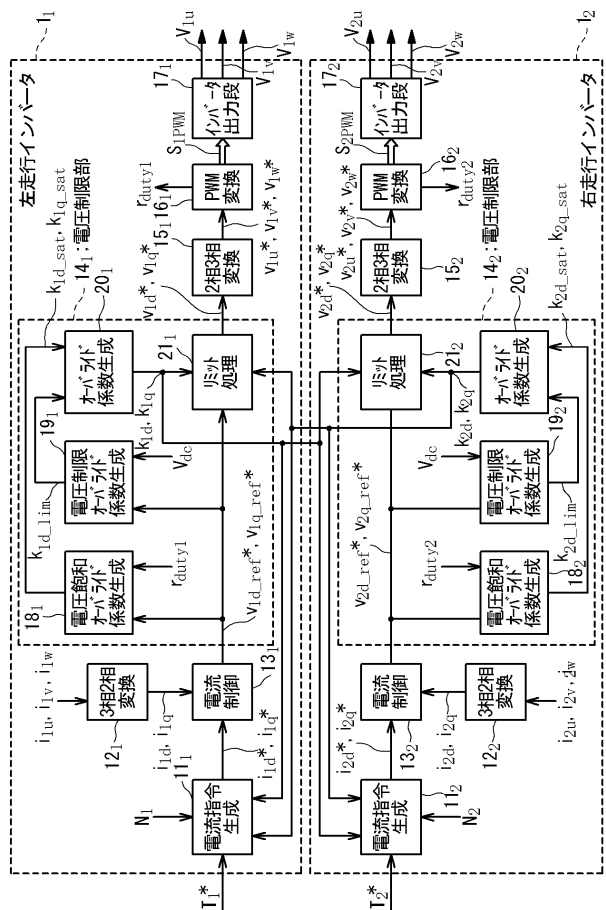
10

20

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 水野 輝雄

神奈川県相模原市田名3000番地 エム・エイチ・アイさがみハイテック株式会社内

(72)発明者 福田 和也

神奈川県相模原市田名3000番地 エム・エイチ・アイさがみハイテック株式会社内

審査官 上野 力

(56)参考文献 特開平04 - 145810 (JP, A)

特開2005 - 168140 (JP, A)

特開平06 - 062509 (JP, A)

特開2004 - 023843 (JP, A)

特開平08 - 098329 (JP, A)

特開2001 - 197800 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 11/18

B60K 7/00