

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4933632号
(P4933632)

(45) 発行日 平成24年5月16日 (2012.5.16)

(24) 登録日 平成24年2月24日 (2012.2.24)

(51) Int. Cl.	F I
HO 2 M 7/48 (2007.01)	HO 2 M 7/48 M
HO 2 P 29/02 (2006.01)	HO 2 P 7/00 U
HO 2 M 7/493 (2007.01)	HO 2 M 7/493

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2009-540806 (P2009-540806)	(73) 特許権者	511154180
(86) (22) 出願日	平成19年12月7日 (2007.12.7)		メシエーブガッティードウティ
(65) 公表番号	特表2010-514390 (P2010-514390A)		フランス国, 78140 ベリジィ ビラ
(43) 公表日	平成22年4月30日 (2010.4.30)		クーブライ, イノベル パルク スユド
(86) 国際出願番号	PCT/FR2007/002013	(74) 代理人	100099759
(87) 国際公開番号	W02008/087270		弁理士 青木 篤
(87) 国際公開日	平成20年7月24日 (2008.7.24)	(74) 代理人	100092624
審査請求日	平成21年6月15日 (2009.6.15)		弁理士 鶴田 準一
(31) 優先権主張番号	0610862	(74) 代理人	100114018
(32) 優先日	平成18年12月13日 (2006.12.13)		弁理士 南山 知広
(33) 優先権主張国	フランス (FR)	(74) 代理人	100165191
			弁理士 河合 章
		(74) 代理人	100141162
			弁理士 森 啓

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多相電気機械アクチュエータ用の直列接続された2つのインバータを有する電源

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電気機械アクチュエータに電力を供給する2つの直列のインバータ (A、B) を有する電源であって、前記電気機械アクチュエータは相を形成する複数の巻線 (R 1、R 2、R 3) を含む電動機を有し、前記インバータの各々は該インバータ自身のグラウンド (5 0、5 1) に接続され、電圧源を横断して接続されるアームであって電力供給される巻線と同数のアーム (A 1、A 2、A 3、B 1、B 2、B 3) を有する電圧源 (U 1、U 2) を有し、各アームは直列接続された2つの制御スイッチ (5、6) を有し、前記巻線の1つの終端に接続されるようこれらの間に設けられた1つの点を有し、前記インバータの各々は2つの制御スイッチを有する追加のアーム (A 4、B 4) を含み、該2つの追加のアームはブリッジ (7) により相互接続され、該ブリッジは該制御スイッチの間に位置する1つの点で該2つの追加のアームの各々に接続される、

ことを特徴とする電源。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電源と該電源が接続される回転機械とを備えたアセンブリ。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の電源を用いる方法であって、

複数のインバータのうちの1つにおける少なくとも2つの巻線 (R 1、R 2) と前記ブリッジ (7) との間に共通点 (N) を作るように前記複数のインバータのうちの1つのスイッチを制御するステップを備えた、

ことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、多相電気機械アクチュエータ用の直列接続された2つのインバータを有する電源に関する。

【背景技術】

【0002】

相を形成する巻線を含む多相モータを有する電気機械アクチュエータに電力供給するため、直列接続された2つのインバータを有する電源を用いることが知られている。各インバータはその機械に電力供給する巻線の数に等しい数のアーム (arm: 腕) に接続された端子を有する。各アームは直列接続された上流制御スイッチと下流制御スイッチとを有する。各巻線は前記アームの複数の制御スイッチ間に位置する1つの点で複数のインバータの1つに対する複数のアームの1つに接続される第1終端と同様に前記アームの複数の制御スイッチ間に位置する1つの点で他のインバータの複数のアームの1つに接続される第2終端とを有する。

10

【0003】

複数のインバータのうち1つに対する複数のアームの1つのうちの複数の制御スイッチの1つが永久に開または閉のままとなるように故障した場合、そのインバータに接続された巻線の終端間の共通点であって電源の端子の一方に接続された共通点を作るため問題のインバータの一方のスイッチを閉じ、他のスイッチを開くことが知られている。2つの電圧源が他のものと区別できるグラウンドに接続されているので、共通点は他のインバータから見てニュートラルである。したがって、上記問題のインバータは他のインバータに対し単独に制御可能となり、それゆえ実質的に一定のトルクで回転機械の操作を確かなものに継続することが可能となる。

20

【0004】

このようなアーキテクチャ (基本設計) は制御スイッチの一方の故障に耐えることができる。しかしながら、このようなアーキテクチャは巻線の一方の終端が対応するアームから接続が解除されたとき回転機械の正確な連続的操作を可能としない。例えば巻線の1つの接続が解除された3相回転機械に対して制御可能な2つの相がなお残される。巻線の1つが接続解除されていなかったかのごとくインバータのスイッチを連続的に制御できる場合、回転機械は高いリップルを有するので所定の応用、例えば航空機の高リフト装置の作動または着陸装置の作動に非常に有害である。

30

【0005】

上述したようにインバータの1つのスイッチを適切に開閉することにより2つの良好な相間に共通点を作るよう追求することができる。それにもかかわらず、上記のように共通点を介して相互接続された2つの相は合計0となる電流を用いてのみ制御でき、電流はそれゆえ角度 π で位相オフセットされる必要があり、これらの2つの相は $2\pi/3$ だけ空間的にオフセットされた位相を組み合わせても上記同様に高レベルのリップルを有するトルクが導かれる。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は2つの直列インバータを有する電源をスイッチの1つが故障した場合および他の故障状況下においてアクチュエータを満足できるよう連続的に動作できるように改良することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するため本発明は電気機械アクチュエータに電力を供給する2つの直列のインバータを有する電源を提供する。上記電気機械アクチュエータは相を形成する複数

50

の巻線を含む電動機を有する。上記インバータの各々は該インバータ自身のグラウンドに接続され、電源を横断して接続されるアームであって電圧源であって電力供給される巻線と同数のアームを有する電圧源を有し、各アームは直列接続された2つの制御スイッチを有し、巻線の1つの終端に接続されるようこれらの間に設けられた1つの点を有する。本発明によれば、前記インバータの各々は2つの制御スイッチを有する追加のアームを含み、該2つの追加のアームはブリッジにより相互接続され、該ブリッジは前記制御スイッチの間に位置する1つの点で追加のアームの各々に接続される。

【0008】

このように通常の状況下で追加のアームの制御スイッチは追加のアームとブリッジがアクチュエータの作動に故障が生じないように開を保持する。電源は従来の方法におけるスイッチの故障を扱うように再構成できる。

10

【0009】

複数の巻線の1つは、対応する相がもはや制御できないように複数のアームの1つから切続解除されたとき、モータを一定トルクで回転できるように絶えず0でない合計を提示する電流を有する良好な相に電力供給できる。良好な相における電流の0でない合計から来る残りの電流はこのような電流を発生するインバータに戻されるようにブリッジを介して流し出される。ブリッジおよび追加のアームの存在はアクチュエータを一定トルクで動作可能にする。

【0010】

特に、相の1つが接続解除された3相モータで2つの良好な相とブリッジ間に共通点を作ることはスイッチを適切に制御することにより可能であり、これにより $\pi/3$ だけ位相シフトされた電源電流を提供することによりアクチュエータを2相モードにおいて一定トルクで制御でき、一方相はそれら自身 $2\pi/3$ に等しい角度だけ空間的に位相オフセットされ、一定トルクが得られる。このことが、相の1つが接続解除された場合でさえも動作を一定トルクで続けることを可能とする。

20

【図面の簡単な説明】

【0011】

本発明は添付図面を参照しつつ以下の説明を照らせばより良く理解可能である。

【0012】

【図1】3相電動機に適合するアクチュエータに対し直列接続された2つのインバータを有する本発明の特別な実施例の電源を示す図である。

30

【図2】スイッチの1つが閉位置にブロックされた故障状態を示す図1に類似した図である。

【図3】図2に等しい図であるが機能としてのアームのみを示す図である。

【図4】モータの巻線の1つがアームの1つから接続解除された故障状態を示す図1に類似した図である。

【図5】接続解除された相を管理する第2の方法を示す図4に類似した図である。

【図6】図5に等しい図であるが機能としてのアームのみを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

40

図1を参照すると、電源の構成が示されている。ここでは3つの巻線がR1、R2およびR3で表記され、各々が直列接続された抵抗器、インダクタおよび逆起電力（逆e.m.f）で表わされる3相電動機または回転機1を備えた電気機械式アクチュエータへの応用が示されている。各巻線は回転機の相の1つを形成し、各々は他の巻線に対し $2\pi/3$ だけ空間的にオフセットされている。ここに示す本発明の電源は第1コンバータすなわちインバータAおよび第2コンバータすなわちインバータBを備える。

【0014】

インバータAは第1グラウンド50に接続された端子の1つを有する第1電圧源U1を備える。第1電圧源U1の端子間に3つのアームA1、A2およびA3が伸び、アームの各々はアームに沿って直列に接続された上流制御スイッチ5および下流制御スイッチ6を

50

備える。例としてインバータAおよびBの部品を形成する制御スイッチ5および6はパイポーラ接合トランジスタ、金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ(MOSFETs)、ゲートターンオフサイリスタまたは絶縁グリッドトランジスタで構成される。

【0015】

各巻線R1、R2またはR3は、対応する制御スイッチ5および6の間に位置する点で対応するアームA1、A2またはA3に接続された第1終端を有する。

【0016】

同様にインバータBは第1グラウンド50とは独立の第2グラウンド51に接続された端子の1つを有する第2電圧源U2を備える。第2電圧源U2の端子間は端子に接続された3つのアームB1、B2およびB3を有し、各アームはアームに直列に接続された上流制御スイッチ5および下流制御スイッチ6を備える。

10

【0017】

各巻線R1、R2またはR3は対応する制御スイッチ5および6の間に位置する点で各アームA1、A2またはA3に接続されたそれぞれの第2終端を有する。

【0018】

したがって各巻線R1、R2およびR3は第1インバータAのアームの1つおよび第2インバータBのアームの1つに直列接続される。公知のように制御スイッチ5および6は位相が $2\pi/3$ だけオフセットした電流が巻線R1、R2およびR3を介して流れる(電流の合計が絶えず0である)ように制御される。回転機械はこのように一定トルクで動作するように抑制される。機械は第1インバータAを用いて、第2インバータBを用いてまたは同時に同期して動作する両方のインバータを用いて制御することができる。

20

【0019】

この型式の電源は別個のグラウンドを有する2つの完全に独立した電源回路を有し、航空機に搭載することができる。代わりに、かつ公知の方法で、絶縁トランス(変圧器)または絶縁スイッチモード電源(SMPS)により第1電源回路から第2電源回路を作ることができる。

【0020】

本発明によれば第1インバータAはまたアームA1、A2およびA3に完全に類似した追加のアームA4を有する。同様に第2インバータBはアームB1、B2およびB3に完全に類似した追加のアームB4を有する。追加のアームA4およびB4は制御スイッチ5および6の間に位置する各点でアームA4およびB4の各々に接続されるブリッジ7により相互接続される。通常の動作において、追加のアームA4およびB4の制御スイッチ5および6は追加のアームまたはブリッジ7の何れもが回転機械の動作を妨害しないように開に保持される。

30

【0021】

以下の図において、種々の故障モードおよびそれらの対処方法を見ることができる。これらの図において、閉位置にブロックされるかまたは閉位置に自発的に保持されるスイッチが電氣的接続により表される。開位置にブロックされるかまたは開の状態に自発的に保持されるスイッチが開の回路の位置により表される。

【0022】

第1の故障モードにおいて、第1インバータAのアームA1、A2またはA3の1つのスイッチ5または6の1つが故障する。例えば、図2に示すようにアームA1における下流スイッチ6は故障の結果として閉位置にブロックされたままとなる。

40

【0023】

当然、対応する相は電力供給しないことにより中性に(neutralize)することができると思われるかもしれない。しかしながら、以下のようにすると3相のすべてを用いることを継続することができる。アームA2およびA3の下流スイッチ6を閉に保持しアームA1、A2およびA3の上流スイッチ5を開に保持するだけでよい。これによりインバータAの他に巻線R1、R2およびR3の終端間に共通点Nを作る。この共通点Nを介して通過する接続を太線で示す。電源アーキテクチャはあたかも図3に示されるように動作する

50

。

【 0 0 2 4 】

全ての3相は第2インバータBの制御スイッチ5および6を用いることにより位相が相互に $2\pi/3$ だけオフセットした電流を巻線R1、R2およびR3を介して流れるように制御を継続できる。第1インバータAは完全に中性に(neutralize)され、もはや第2インバータBにより回転機械の制御に影響を及ぼさない。特に、共通点Nの電位は実際電源U1により課せられた電位に依存し電源U2により課せられることはない。第2インバータBから見ると、共通点Nはそれゆえ浮遊の電位を有する。このことは位相が $2\pi/3$ だけオフセットした電流を有する相の各々に対し電流の合計が絶えず0となるように電力供給することを可能とする。空間位相オフセット $2\pi/3$ を組み合わせることにより、このように電力供給された回転機械からのトルクが一定かつスイッチの故障前の公称のトルクに等しく保持される。必然的に一定電圧U2でこのように発生された速度(speed)は半分に減少する。初期の早さに戻すためには電圧U2を上記半分の減少に応じて上昇することが必要である。

10

【 0 0 2 5 】

第1インバータAのアームA1、A2およびA3の1つにおける下流スイッチ6の1つが開の位置にブロックしようとする、アームにおける他の下流スイッチ6を開に保持し、かつアームにおける上流スイッチ5を閉に保持することで十分である。このことは同様に回転機械が完全に制御下に保持されるように相間に共通点を再生するように動作する。

【 0 0 2 6 】

20

第1インバータAのアームA1、A2およびA3の上流スイッチ6の1つが開位置または閉位置に保持されたとき同様な対策が適用される。同様に第2インバータBのアームB1、B2およびB3のスイッチ5、6の1つがブロックを保持したとき同様な対策が適用される。

【 0 0 2 7 】

上記故障時、追加のアームA4およびB4のスイッチは追加のアームがこのような故障を処理するために使用されないように開を保持する。

【 0 0 2 8 】

他の故障の構成において巻線の1つはアームの1つから接続解除されてもよい。図4から判るようかつ図式的に示されるようにその故障は、巻線R1が第1インバータAのアームA1から接続解除されたものと見なされる。対応する相を電力供給することはもはや不能である。上記方策はそれゆえ適用できない。

30

【 0 0 2 9 】

安全のため、故障の巻線を経由するインバータ間における短絡回路の危険を避けるため巻線R1に関連するアームA1およびB1のスイッチ5および6を開にすることにより接続解除された巻線R1を最初に絶縁することが適切である。

【 0 0 3 0 】

第1の方策において、アームA2、A3、B2およびB3ならびに追加のアームA4およびB4のスイッチは良好な $\pi/3$ だけ位相オフセットした巻線R2およびR3を介して電流*i*2および*i*3が流れるように制御される。このような状況下において電流*i*2および*i*3の合計は絶えず0ではない。それにもかかわらず、電流の残余 $I = i_2 + i_3$ はブリッジ7により集められ電流*i*2および*i*3を発生するインバータに戻るようそこを通過する。このような動作は一定のトルクを引き起こす。図4は電流*i*2および*i*3が良好な相(巻線R2およびR3)を電力供給し電流*I*がブリッジ7により流出することを示す。このように電力供給されるとき回転機械は一定トルクを生み出すがこのトルクは巻線の1つが接続解除されないときに発生することができるトルクの57%に等しい。

40

【 0 0 3 1 】

公称トルクに回復することが望まれるときこれに応じた電力供給電流を増加することが適切である。この動作モードにおいてアクチュエータの回転の速度は回転の公称速度に等しい。

50

【 0 0 3 2 】

図 5 および図 6 に示す第 2 の方策において、共通点 N は良好な相およびブリッジ 7 の間に作られる。この目的のため、残りのアーム A 2 および A 3 の下流スイッチ 6 は追加のアーム A 4 の下流スイッチ 6 のように閉に保持される。アーム A 1、A 2 および A 3 の上流スイッチ 5 および追加のアーム A 4 の上流スイッチ 5 は開に保持される。このことは巻線 R 2 および R 3 の終端およびブリッジ 7 の間に共通点 N を作る。第 1 インバータ A は中性にすることができる。

【 0 0 3 3 】

図 5 に示すように、ブリッジ 7 および 2 つの良好な巻線 R 2 および R 3 は 1 つの共通の終端を有する。第 2 インバータ B のアーム B 2 および B 3 ならびに追加のアーム B 4 のスイッチは位相オフセット $\pi/3$ である電流 i_2 および i_3 が良好な巻線 B 2 および B 3 を介して流れるように制御される。このような条件下で電流 i_2 および i_3 の合計は絶えず 0 ではない。それにもかかわらず、電流の残余 $I = i_2 + i_3$ は共通点 N で集められブリッジ 7 を介して第 2 インバータ B に戻るよう流れて通過する。このことは、単一のインバータの補助によりアクチュエータの回転機械を制御可能にする。ここで、同様に発生されたトルクは一定であり公称トルクの 57% に等しい。しかしながら、一定電圧 U_2 において回転速度は半分である。公称の回転速度に戻すためこれに応じて電圧 U_2 を増加することが適切である。

10

【 0 0 3 4 】

追加のアーム A 4 および B 4 およびブリッジ 7 なしで良好な巻線 R 2 および R 3 に位相オフセット $\pi/3$ の電流で電力供給することはできない。電流の残りを通過させる通路がないので電流 i_2 および i_3 の合計が 0 であることを確実にする必要がある。それゆえ巻線に位相オフセット π の電流 i_2 および i_3 で電力供給することが必要となり、これにより所定の応用において有害となり得る高いリップルを有するトルクを導くことができる。

20

【 0 0 3 5 】

ブリッジにより共に接続された追加のアーム A 4 および B 4 が存在することにより巻線の 1 つが接続解除された場合でも一定トルクでの故障モード動作を可能にする。

【 0 0 3 6 】

示された電源アーキテクチャはこのようにインバータのアームにおけるスイッチの 1 つの故障に耐えることができ回転機械の巻線の 1 つが接続解除することに耐えることができる。

30

【 0 0 3 7 】

本発明は上記記載に限定されず特許請求により規定された範囲内の変形に及ぶものである。

【 0 0 3 8 】

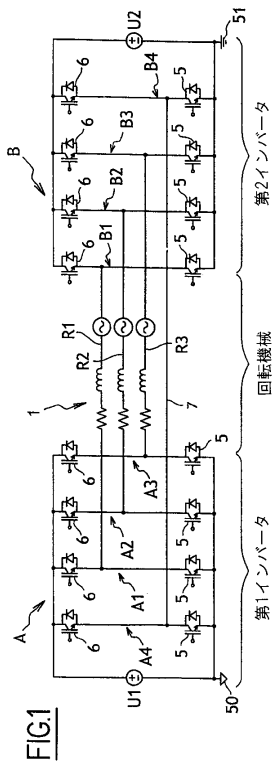
特に、本発明は 3 相回転機械を含む電気機械アクチュエータに電力供給することに限定されるものではなく、3 相を超える多相機械に適用される。

【 0 0 3 9 】

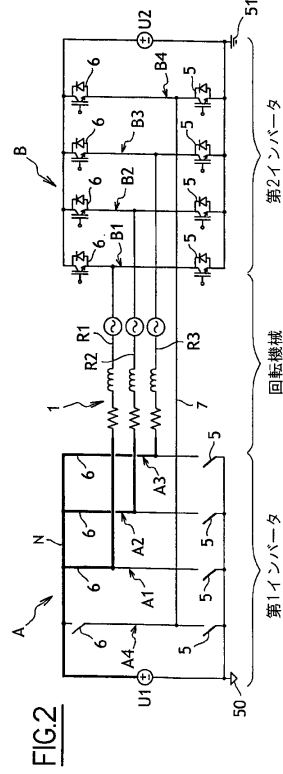
さらに以上回転電気モータに適合する電気機械アクチュエータを参照してかつ回転機械を引用して本発明を説明したが本発明はまたリニアモータを有するアクチュエータへの電力供給に適合する。

40

【図 1】

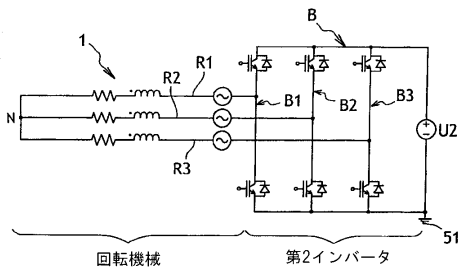


【図 2】

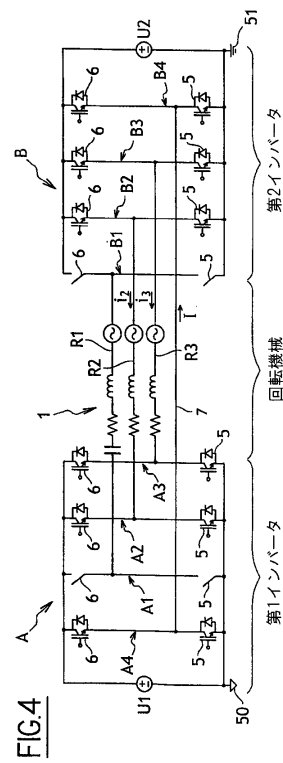


【図 3】

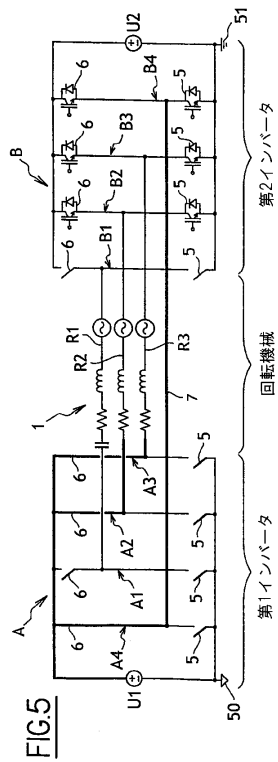
FIG.3



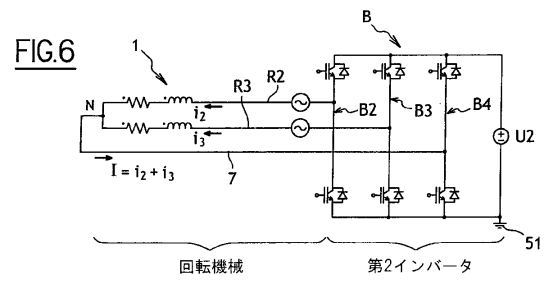
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(74)代理人 100122965

弁理士 水谷 好男

(72)発明者 マット, ダニエル

フランス国, エフ - 3 4 1 7 0 カステルノー, リュ デュ カピトール 7

(72)発明者 ジャック, ジュリアン

フランス国, エフ - 3 4 0 7 0 モンペリエ, パサージュ サラ ベルナール 1 5

(72)発明者 ジーグレレ, ニコラ

フランス国, エフ - 3 4 0 7 0 モンペリエ, リュ ドゥ ラ ソルブ 7 0, レジダンス オル
テュ

審査官 安池 一貴

(56)参考文献 独国特許出願公開第 4 4 3 9 9 3 2 (D E , A 1)

特開昭 6 2 - 2 4 4 2 7 8 (J P , A)

特開昭 4 7 - 4 0 1 2 3 (J P , A)

WALLMARK Oskar, Post-Fault Operation of Fault-Tolerant Inverters for PMSM Drives, EURO
PEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS, 米国, IEEE, 2 0 0 5 年 9 月 1
1 日, P.1-P.10

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

H02M 7/48

H02M 7/493

H02P 29/02