

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6839896号
(P6839896)

(45) 発行日 令和3年3月10日 (2021.3.10)

(24) 登録日 令和3年2月18日 (2021.2.18)

(51) Int. Cl.	F I
H02P 27/06 (2006.01)	H02P 27/06
H02M 7/48 (2007.01)	H02M 7/48 E
H02P 25/022 (2016.01)	H02P 25/022

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2017-133845 (P2017-133845)	(73) 特許権者	509186579
(22) 出願日	平成29年7月7日 (2017.7.7)		日立Astemo株式会社
(65) 公開番号	特開2019-17209 (P2019-17209A)		茨城県ひたちなか市高場2520番地
(43) 公開日	平成31年1月31日 (2019.1.31)	(74) 代理人	110002365
審査請求日	令和2年2月17日 (2020.2.17)		特許業務法人サンネクスト国際特許事務所
		(72) 発明者	荒木 隆宏
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		(72) 発明者	宮崎 英樹
			茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内
		(72) 発明者	三井 利貞
			茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ制御装置および電動車両

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

各相に独立して巻かれた巻線を有するモータを駆動するインバータと、
トルク指令値と前記モータの回転子位置とに基づき、前記各相に対応する出力電圧パルス
を生成して前記インバータを制御するインバータ制御部とを備え、
前記インバータ制御部は、前記出力電圧パルスの1パルス周期中に前記モータから正負
いずれかの極性の一方のみの零相電圧が複数回出力するように、前記出力電圧パルスの少
なくとも一つの相の出力電圧パルスを前記1パルス周期中に複数に分割して生成するモ
ータ制御装置。

【請求項2】

請求項1に記載のモータ制御装置において、
前記インバータ制御部は、前記インバータの各相に出力する前記出力電圧パルスの総和
がゼロになる第1フェーズと、前記インバータの各相に出力する前記出力電圧パルスの総
和が正になる第2フェーズと、前記インバータの各相に出力する前記出力電圧パルスの総
和が負になる第3フェーズとを有するように前記出力電圧パルスを生成し、前記出力電圧
パルスは前記1パルス周期中に前記第2フェーズまたは前記第3フェーズを前記第1フェ
ーズで複数に区分するモータ制御装置。

【請求項3】

請求項1または請求項2に記載のモータ制御装置において、
前記インバータ制御部は、前記1パルス周期中の前記出力電圧パルスの幅が最も長い相

10

20

を除くいずれかの相の前記出力電圧パルスを前記 1 パルス周期中に複数に分割して生成するモータ制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 または請求項 2 に記載のモータ制御装置において、

前記インバータ制御部は、前記モータの角速度に基づいて、前記 1 パルス周期中に出力する零相電圧の回数が変化するように、前記出力電圧パルスを生成するモータ制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 までのいずれか一項に記載のモータ制御装置と、

前記モータ制御装置により駆動される前記モータとを備える電動車両。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータ制御装置および電動車両に関する。

【背景技術】

【0002】

ハイブリッド自動車や電気自動車は、駆動力向上の観点からモータ出力の向上が要求される。これらの要求に対し、三相の巻線を独立させたモータが考えられているが、中性点が接続されていないため、モータを駆動する駆動電流に零相電流が重畳し、銅損などの損失が増加する。

【0003】

20

特許文献 1 には、零相電流の現在値を減少させるような第 1 および第 2 の電圧形インバータの通電モードを選択する誘導電動機の高速トルク制御装置が記載されている。この装置は零相電流を抑制し、損失を低減する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特公平 6-101958 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

30

特許文献 1 に記載の方法では、零相電流に脈流電流(リップル)が発生して、損失が増加する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明によるモータ制御装置は、各相に独立して巻かれた巻線を有するモータを駆動するインバータと、トルク指令値と前記モータの回転子位置とに基づき、前記各相に対応する出力電圧パルスを生成して前記インバータを制御するインバータ制御部とを備え、前記インバータ制御部は、前記出力電圧パルスの 1 パルス周期中に前記モータから正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧が複数回出力するように、前記出力電圧パルスの少なくとも一つの相の出力電圧パルスを前記 1 パルス周期中に複数に分割して生成する。

40

本発明による電動車両は、前記モータ制御装置と、前記モータ制御装置により駆動される前記モータとを備える。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、零相電流に発生するリップルを抑えて損失を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図 1】第 1 の実施形態に係るモータ制御装置の構成を示す図である。

【図 2】第 1 の実施形態に係るインバータ制御部の構成を示す図である。

【図 3】第 1 の実施形態におけるスイッチング信号生成部のフローチャートを示す図であ

50

る。

【図４】Ａ２モードにおける出力電圧パルスを示す図である。

【図５】Ｂ２モードにおける出力電圧パルスを示す図である。

【図６】Ｃ２モードにおける出力電圧パルスを示す図である。

【図７】第２の実施形態に係るインバータ制御部の構成を示す図である。

【図８】第２の実施形態におけるスイッチング信号生成部のフローチャートを示す図である。

【図９】Ａ１モードにおける出力電圧パルスを示す図である。

【図１０】Ｂ１モードにおける出力電圧パルスを示す図である。

【図１１】Ｃ１モードにおける出力電圧パルスを示す図である。

【図１２】電動車両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】

【０００９】

－第１の実施形態－

以下、図１乃至図６を参照して第１の実施形態について説明する。

図１は、第１の実施形態に係るモータ制御装置１の構成を示す図である。

モータ制御装置１は、インバータ１００とインバータ制御部３００を含む。モータ制御装置１は、モータ２００の駆動を制御し、位置センサ２１０によりモータ２００の回転子の位置を検出し、電流センサ２２０によりモータ２００に流れる電流を検出する。

【００１０】

インバータ１００は、Ｕ相フルブリッジインバータ１１０と、Ｖ相フルブリッジインバータ１１１と、Ｗ相フルブリッジインバータ１１２とにより構成される。Ｕ相フルブリッジインバータ１１０と、Ｖ相フルブリッジインバータ１１１と、Ｗ相フルブリッジインバータ１１２とは、図示省略した直流電源に並列接続される。

【００１１】

Ｕ相フルブリッジインバータ１１０は、スイッチング素子１１０ａ～１１０ｄにより構成される。スイッチング素子１１０ａはＵ相左レグ上アームに配置される。スイッチング素子１１０ｂはＵ相左レグ下アームに配置される。スイッチング素子１１０ｃはＵ相右レグ上アームに配置される。スイッチング素子１１０ｄはＵ相右レグ下アームに配置される。

【００１２】

Ｖ相フルブリッジインバータ１１１は、スイッチング素子１１１ａ～１１１ｄにより構成される。スイッチング素子１１１ａはＶ相左レグ上アームに配置される。スイッチング素子１１１ｂはＶ相左レグ下アームに配置される。スイッチング素子１１１ｃはＶ相右レグ上アームに配置される。スイッチング素子１１１ｄはＶ相右レグ下アームに配置される。

【００１３】

Ｗ相フルブリッジインバータ１１２は、スイッチング素子１１２ａ～１１２ｄにより構成される。スイッチング素子１１２ａはＷ相左レグ上アームに配置される。スイッチング素子１１２ｂはＷ相左レグ下アームに配置される。スイッチング素子１１２ｃはＷ相右レグ上アームに配置される。スイッチング素子１１２ｄはＷ相右レグ下アームに配置される。

【００１４】

スイッチング素子１１０ａ～１１０ｄと、スイッチング素子１１１ａ～１１１ｄと、スイッチング素子１１２ａ～１１２ｄは、金属酸化膜型電界効果トランジスタ（ＭＯＳＦＥＴ）や絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（ＩＧＢＴ）などと、ダイオードを組み合わせで構成される。本実施形態では、ＭＯＳＦＥＴとダイオードを用いる構成で説明する。

【００１５】

インバータ制御部３００で生成された出力電圧パルスはインバータ１００へ出力される。出力電圧パルスに基づいて、スイッチング素子１１０ａ～１１０ｄと、スイッチング素

10

20

30

40

50

子 1 1 1 a ~ 1 1 1 d と、スイッチング素子 1 1 2 a ~ 1 1 2 d がオンもしくはオフ制御される。これにより、図示省略した直流電源より印加された直流電圧を交流電圧に変換する。変換された交流電圧は、モータ 2 0 0 の固定子に巻かれた 3 相巻線 2 0 1 ~ 2 0 3 に印加され、3 相交流電流を発生させる。この 3 相交流電流がモータ 2 0 0 に回転磁界を発生させ、モータ 2 0 0 の回転子が回転する。

【0 0 1 6】

モータ 2 0 0 は中性点が接続されていない埋込磁石同期モータなどにより構成される。モータ 2 0 0 の固定子に巻かれた U 相巻線 2 0 1 は、U 相フルブリッジインバータ 1 1 0 の出力端子に接続される。モータ 2 0 0 の固定子に巻かれた V 相巻線 2 0 2 は、V 相フルブリッジインバータ 1 1 1 の出力端子に接続される。モータ 2 0 0 の固定子に巻かれた W 相巻線 2 0 3 は、W 相フルブリッジインバータ 1 1 2 の出力端子に接続される。モータ 2 0 0 は中性点が接続されていないことにより、U 相巻線 2 0 1 と、V 相巻線 2 0 2 と、W 相巻線 2 0 3 に流れる電流をそれぞれ独立に制御することができる。

【0 0 1 7】

位置センサ 2 1 0 は、モータ 2 0 0 の回転子の位置を検出し、検出した回転子位置 θ をインバータ制御部 3 0 0 へ出力する。

【0 0 1 8】

電流センサ 2 2 0 は、モータ 2 0 0 の固定子に巻かれた、U 相巻線 2 0 1 と、V 相巻線 2 0 2 と、W 相巻線 2 0 3 に流れる電流を検出し、検出した三相電流 i_u 、 i_v 、 i_w をインバータ制御部 3 0 0 へ出力する。

【0 0 1 9】

インバータ制御部 3 0 0 は、図示省略した車両コントローラからのトルク指令値 T^* 、電流センサ 2 2 0 で検出された三相電流 i_u 、 i_v 、 i_w 、位置センサ 2 1 0 で検出された回転子位置 θ に基づいてインバータ 1 0 0 へ出力電圧パルスを出力する。

【0 0 2 0】

図 2 は、第 1 の実施形態に係るインバータ制御部 3 0 0 の構成を示す図である。

インバータ制御部 3 0 0 は、d q 変換部 4 0、零相電流算出部 5 0、速度変換部 7 0、電流指令演算部 1 0、d q 軸電流制御部 2 0、零相電流制御部 6 0、U V W 変換部 9 0、スイッチング信号生成部 3 0 を備える。

【0 0 2 1】

d q 変換部 4 0 は、電流センサ 2 2 0 で検出された三相電流 i_u 、 i_v 、 i_w と、位置センサ 2 1 0 で検出された回転子位置 θ が入力され、d q 軸電流検出値 i_d 、 i_q を出力する。

【0 0 2 2】

零相電流算出部 5 0 は、三相電流 i_u 、 i_v 、 i_w が入力され、次式 (1) に基づいて算出された零相電流検出値 i_z を出力する。

【数 1】

$$i_z = \frac{i_u}{\sqrt{3}} + \frac{i_v}{\sqrt{3}} + \frac{i_w}{\sqrt{3}} \quad \cdots \quad (1)$$

【0 0 2 3】

速度変換部 7 0 は、位置センサ 2 1 0 で検出された回転子位置 θ が入力され、角速度 ω を出力する。

【0 0 2 4】

電流指令演算部 1 0 は、車両コントローラから入力されたトルク指令値 T^* と、角速度 ω とに基づき、d q 軸電流指令値 i_d^* 、 i_q^* と、零相電流指令値 i_z^* を算出する。

【0 0 2 5】

d q 軸電流制御部 2 0 には、d q 軸電流指令値 i_d^* 、 i_q^* と、d q 軸電流検出値 i_d 、 i_q が入力され、d q 軸電流制御部 2 0 は、比例制御や積分制御などを用いて d q 軸電圧指令値 v_d^* 、 v_q^* を演算してこれを出力する。

【0026】

零相電流制御部60には、零相電流指令値 i_z^* と、零相電流検出値 i_z が入力され、零相電流制御部60は、比例制御や積分制御などを用いて零相電圧指令値 v_z^* を演算してこれを出力する。すなわち、零相電流指令値 i_z^* と零相電流検出値 i_z との差分をとり、その差分が無くなる方向の零相電圧指令値 v_z^* を出力する。

【0027】

UVW変換部90には、dq軸電圧指令値 v_d^* 、 v_q^* と、零相電圧指令値 v_z^* と、回転子位置 θ とが入力され、UVW変換部90は、回転座標変換によりUVW相電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* を演算してこれを出力する。UVW相電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* は出力電圧パルス幅を示す値である。

10

【0028】

スイッチング信号生成部30は、UVW相電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* に基づいて、インバータ100をPWM制御する。具体的には、スイッチング素子110a~110dと、スイッチング素子111a~111dと、スイッチング素子112a~112dとをオンもしくはオフ制御する出力電圧パルスを生成する。スイッチング信号生成部30は、一般に、1パルス周期に1パルスの出力電圧パルスによりインバータ100をPWM制御するが、本実施形態では、後述するように、1パルスの出力電圧パルスを複数に分割する。

インバータ100は、出力電圧パルスに基づいてスイッチング素子を制御し、モータ200を駆動する。

20

【0029】

次に、第1の実施形態におけるモータ制御装置1の動作を説明する。

図3は第1の実施形態におけるスイッチング信号生成部30のフローチャートを示す図である。

【0030】

ステップS1において、スイッチング信号生成部30は、UVW相電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* に基づいて、電圧指令値の出力パルス幅が最も長い最大相、電圧指令値の出力パルス幅が最も短い最小相、これらの中間の中間相を判定する。

【0031】

次に、ステップS2において、ステップS1で判定した中間相の電圧指令値の極性と、最小相の電圧指令値の極性が同一であるかを判定する。中間相の電圧指令値の極性と最小相の電圧指令値が同一ではない場合、ステップS3へ進む。

30

【0032】

ステップS3において、スイッチング信号生成部30は、詳細は後述するA2モードの出力電圧パルスを生成する。A2モードでは、UVW相電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* のうち、最大相の電圧指令値と極性が同一である中間相もしくは最小相の電圧指令値について、その出力電圧パルスを分割する。これにより、1パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を複数回出力することができる。

【0033】

なお1パルス周期とは、三角波キャリア比較法など従来のPWM制御による1パルス周期であり、例えば、本実施形態では出力電圧パルスが分割されない最大相の出力電圧パルスの周期に相当する。

40

【0034】

一方、ステップS2において中間相の電圧指令値の極性と最小相の電圧指令値の極性が同一の場合、ステップS4へ進む。ステップS4において中間相の電圧指令値の極性および最小相の電圧指令値の極性が最大相の電圧指令値の極性と同一か判定する。中間相の電圧指令値の極性および最小相の電圧指令値の極性が最大相の電圧指令値の極性と同一ではない場合、ステップS5へ進む。

【0035】

ステップS5において、スイッチング信号生成部30は、詳細は後述するB2モードの

50

出力電圧パルスを生成する。B 2 モードでは、中間相または最小相のいずれか一方の出力電圧パルスを分割する。これにより、1 パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を複数回出力する。

【0036】

一方、ステップ S 4 において中間相の電圧指令値の極性および最小相の電圧指令値の極性が最大相の電圧指令値の極性と同一の場合、ステップ S 6 へ進む。

ステップ S 6 において、スイッチング信号生成部 30 は、詳細は後述する C 2 モードの出力電圧パルスを生成する。C 2 モードでは、全ての相の出力電圧パルスを分割することで1 パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を複数回出力する。

【0037】

図 4 (a) ~ (c) はステップ S 3 において生成される A 2 モードの出力電圧パルスの例を示す図である。A 2 モードでは、最大相の電圧指令値と極性が同一である中間相もしくは最小相の電圧指令値について、その出力パルス幅を分割する。

【0038】

例えば、図 4 (c) に示す最小相である W 相の電圧指令値の極性が、図 4 (a) に示す最大相である U 相の電圧指令値の極性と同一である。この場合は、図 4 (c) に示す W 相の電圧指令値の出力電圧パルスを分割する。ここでは1 パルス周期 T を前半 T_1 と後半 T_2 に分け、1 パルス周期の前半 T_1 では、分割する図 4 (c) に示す W 相の出力電圧パルスの出力開始タイミング t_{w1} を図 4 (a) に示す U 相の出力電圧パルスの出力開始タイミングと一致させる。さらに、1 パルス周期の後半 T_2 では、図 4 (c) に示す W 相の出力電圧パルスの出力停止タイミング t_{w2} を図 4 (a) に示す U 相の出力電圧パルスの出力停止タイミングと一致させる。分割しない U 相の出力電圧パルスは、図 4 (a) に示すように、前半 T_1 と後半 T_2 で出力電圧パルスを結合する。さらに、分割しない V 相の出力電圧パルスは、図 4 (b) に示すように、前半 T_1 と後半 T_2 で出力電圧パルスを結合する。

【0039】

そして、図 4 に示すように、インバータ制御部 300 は、インバータ 100 の各相に出力する出力電圧パルスの総和がゼロになる第 1 フェーズと、インバータ 100 の各相に出力する出力電圧パルスの総和が正になる第 2 フェーズとを有するように出力電圧パルスを生成し、1 パルス周期中に第 2 フェーズを第 1 フェーズで 2 つに区分する。すなわち、1 パルス周期は、第 2 フェーズ、第 1 フェーズ、第 2 フェーズの順に構成される。換言すれば、インバータ制御部は、1 パルス周期中の出力電圧パルスの幅が最も長い相を除くいずれかの相の出力電圧パルスを1 パルス周期中に複数に分割して生成する。

【0040】

このようにして生成された出力電圧パルスをインバータ 100 へ出力した結果、モータ 200 には、図 4 (d) に示すように、1 パルス周期中に正の極性のみの零相電圧が 2 回出力される。なお、本実施形態では零相電圧を 2 回出力する例で説明したが、例えば、1 パルス周期 T を複数に分けて出力電圧パルスを分割することにより、1 パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を複数回出力してもよい。

【0041】

図 5 (a) ~ (c) はステップ S 5 において生成される B 2 モードの出力電圧パルスの例を示す図である。B 2 モードでは、中間相または最小相のいずれか一方の出力電圧パルスを分割することで、1 パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を複数回出力する。最小相の出力電圧パルスを分割するとインバータ 100 が出力困難なほどにパルス幅が細くなる場合がある。これを防ぐために、ここでは、よりパルス幅が広い、図 5 (b) に示す、中間相の出力電圧パルスを分割する。図 5 (a) ~ (c) においては、最大相が U 相、中間相が V 相、最小相が W 相のため、ステップ S 3 の処理と同様、1 パルス周期 T の前半 T_1 では分割する V 相の出力電圧パルスの出力開始タイミングを U 相の出力電圧パルスの出力開始タイミングと一致させ、後半では V 相の出力電圧パルスの出力停止タイミングを U 相の出力電圧パルスの出力停止タイミングと一致させる。分割しない U

10

20

30

40

50

相とW相は前半T1と後半T2で出力電圧パルスを結合する。

【0042】

そして、図5に示すように、インバータ制御部300は、インバータ100の各相に出力する出力電圧パルスの総和がゼロになる第1フェーズと、インバータ100の各相に出力する出力電圧パルスの総和が負になる第3フェーズとを有するように出力電圧パルスを生成し、1パルス周期中に第3フェーズを第1フェーズで3つに区分する。すなわち、1パルス周期は、第1フェーズ、第3フェーズ、第1フェーズ、第3フェーズ、第1フェーズの順に構成される。換言すれば、インバータ制御部は、1パルス周期中の出力電圧パルスの幅が最も長い相を除くいずれかの相の出力電圧パルスを1パルス周期中に複数に分割して生成する。

10

【0043】

このようにして生成された出力電圧パルスをインバータ100へ出力した結果、モータ200には、図5(d)に示すように、1パルス周期中に負の極性のみの零相電圧が2回出力される。

【0044】

図6(a)～(c)はステップS6において生成されるC2モードの出力電圧パルスの例を示す図である。C2モードでは、全ての相の出力電圧パルスを分割することで1パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を複数回出力する。図6(a)～(c)においては、最大相がU相、中間相がV相、最小相がW相であるが、1パルス周期Tの前半T1では分割するUVW相の出力電圧パルスの出力開始タイミングをU相の出力電圧パルスの出力開始タイミングと一致させ、後半ではUVW相の出力電圧パルスの出力停止タイミングをU相の出力電圧パルスの出力停止タイミングと一致させる。

20

【0045】

そして、図6に示すように、インバータ制御部300は、インバータ100の各相に出力する出力電圧パルスの総和がゼロになる第1フェーズと、インバータ100の各相に出力する出力電圧パルスの総和が正になる第2フェーズとを有するように出力電圧パルスを生成し、1パルス周期中に第2フェーズを第1フェーズで2つに区分する。すなわち、1パルス周期は、第2フェーズ、第1フェーズ、第2フェーズの順に構成される。換言すれば、インバータ制御部は、1パルス周期中の出力電圧パルスの幅が最も長い相を除くいずれかの相の出力電圧パルスを1パルス周期中に複数に分割して生成する。

30

【0046】

このようにして生成された出力電圧パルスをインバータ100へ出力した結果、モータ200には、図6(d)に示すように、1パルス周期中に正の極性のみの零相電圧が2回出力される。

本実施形態によれば、1パルス周期中に零相電圧が複数回出力されるようにして零相電流の制御周期を短縮することにより零相電流のリプルを低減することができる。

【0047】

－第2の実施形態－

図7は第2の実施形態に係るインバータ制御部300の構成を示す図である。

モータ制御装置1の構成は、図1で示した第1の実施形態に係る構成と同様であるのでその説明を省略する。以下、図7乃至図11を参照して第2の実施形態について説明する。

40

【0048】

第2の実施形態において、インバータ制御部300は、零相電圧出力回数算出部80を新たに備え、その他の構成は図2で示した第1の実施形態に係る構成と同様であるのでその説明を省略する。

【0049】

零相電圧出力回数算出部80は、速度変換部70より出力される角速度 ω に基づき、1パルス周期に出力する零相電圧の回数を算出する。角速度 ω が低い場合、モータに流れる駆動電流の周波数は低く、零相電流の周波数も低いため、1パルス周期に1回だけ零相電

50

圧を出力すればよい。一方、角速度 ω が高くなった場合、零相電流の周波数も高くなるため、零相電圧の出力回数を増加させる必要がある。零相電圧の出力回数はモータ毎に異なるため、モータ毎に予め設定したテーブルデータなどを参照して零相電圧の出力回数を算出する。スイッチング信号生成部30では、算出された零相電圧の出力回数に基づいて出力電圧パルスを生成する。

【0050】

図8は、第2の実施形態におけるスイッチング信号生成部30のフローチャートを示す図である。第1の実施形態におけるスイッチング信号生成部30のフローチャートと同一の処理には同一の符号を付してその説明を簡略にする。

【0051】

スイッチング信号生成部30は、まずステップS1において、電圧指令値の出力パルス幅が最も長い最大相、電圧指令値の出力パルス幅が最も短い最小相、これらの中間の中間相を判定する。

【0052】

次に、ステップS2において、中間相の電圧指令値の極性と、最小相の電圧指令値の極性が同一かを判定する。中間相の電圧指令値の極性と最小相の電圧指令値が同一ではない場合、ステップS11において零相電圧出力回数算出部80からの零相電圧出力回数を判定する。

【0053】

ステップS11において、零相電圧出力回数が1回の場合、ステップS12に進み、A1モードの出力電圧パルスを生成する。A1モードでは、1パルス周期に1回だけ零相電圧を出力する。

【0054】

図9(a)～(c)は、スイッチング信号生成部30において生成されるA1モードの出力電圧パルスの例を示す図である。A1モードでは、零相電圧出力回数が1回のため電圧指令値は分割されない。その結果、A1モードでは、図4で示したA2モードの前半T1に相当する出力電圧パルスを生成する。すなわち、図9に示す出力電圧パルスは、図9(c)に示す最小相であるW相と図9(a)に示す最大相であるU相のパルス出力開始タイミングを一致させ、図9(b)に示す中間相であるV相と図9(a)に示す最大相であるU相のパルス出力停止タイミングを一致させる。

【0055】

このようにして生成された出力電圧パルスをインバータ100へ出力した結果、モータ200には、図9(d)に示すように、1パルス周期中に正の極性のみの零相電圧が1回出力される。

【0056】

ステップS11において、零相電圧出力回数が2回の場合、ステップS4においてA2モードの出力電圧パルスを生成する。A2モードについては、第1の実施形態において図4を参照して説明したとおりであり、1パルス周期中に正の極性のみの零相電圧が2回出力される。

【0057】

ステップS11において、零相電圧出力回数が n 回($n \geq 3$)の場合、ステップS13においてAnモードの出力電圧パルスを生成する。Anモードでは、1パルス周期 T を複数に分けて出力電圧パルスを分割することにより、1パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を n 回出力するように、出力電圧パルスを生成する。具体的には、1パルス周期 T を複数の区分 T_n に分ける。そして、複数に分けた区分 T_n において、A2モードの前半T1もしくは後半T2と同様の手法で出力電圧パルスを生成する。結果として、複数に分割した出力電圧パルスが生成される。

【0058】

一方、ステップS2において中間相の電圧指令値の極性と最小相の電圧指令値の極性が同一の場合、ステップS4に進む。ステップS4において中間相の電圧指令値の極性およ

10

20

30

40

50

び最小相の電圧指令値の極性が最大相の電圧指令値の極性と同一か判定する。中間相の電圧指令値の極性および最小相の電圧指令値の極性が最大相の電圧指令値の極性と同一ではない場合、ステップS 1 4において零相電圧出力回数算出部8 0からの零相電圧出力回数を判定する。

【0059】

ステップS 1 4において、零相電圧出力回数が1 回の場合、ステップS 1 5においてB 1 モードの出力電圧パルスを出力する。B 1 モードでは、1 パルス周期に1 回だけ零相電圧を出力する。

【0060】

図1 0 (a) ~ (c) は、スイッチング信号生成部3 0において生成されるB 1 モードの出力電圧パルスの例を示す図である。B 1 モードでは、零相電圧出力回数が1 回のため電圧指令値は分割されない。その結果、B 1 モードでは図5で示したB 2 モードの前半T 1に相当する出力電圧パルスを生成する。すなわち、図1 0に示す出力電圧パルスは、図1 0 (b)に示す中間相であるV相と図1 0 (a)に示す最大相であるU相のパルス出力開始タイミングを一致させ、図1 0 (c)に示す最小相であるW相と図1 0 (a)に示す最大相であるU相のパルス出力停止タイミングを一致させる。

10

【0061】

このようにして生成された出力電圧パルスをインバータ1 0 0へ出力した結果、モータ2 0 0には、図1 0 (d)に示すように、1 パルス周期中に負の極性のみの零相電圧が1 回出力される。

20

【0062】

ステップS 1 4において、零相電圧出力回数が2 回の場合、ステップS 5においてB 2 モードの出力電圧パルスを生成する。B 2 モードについては、第1の実施形態において図5を参照して説明したとおりであり、1 パルス周期中に負の極性のみの零相電圧が2 回出力される。

【0063】

ステップS 1 4において、零相電圧出力回数が n 回 ($n \geq 3$) の場合、ステップS 1 6においてB n モードの出力電圧パルスを生成する。B n モードでは、1 パルス周期 T を複数に分けて出力電圧パルスを分割することにより、1 パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を n 回出力するように、出力電圧パルスを生成する。

30

【0064】

ステップS 4において中間相の電圧指令値の極性および最小相の電圧指令値の極性が最大相の電圧指令値の極性と同一の場合、ステップS 1 7に進む。ステップS 1 7において零相電圧出力回数算出部8 0からの零相電圧出力回数を判定する。

【0065】

ステップS 1 7において、零相電圧出力回数が1 回の場合、ステップS 1 8においてC 1 モードの出力電圧パルスを出力する。C 1 モードでは、1 パルス周期に1 回だけ零相電圧を出力する。

【0066】

図1 1 (a) ~ (c) は、スイッチング信号生成部3 0において生成されるC 1 モードの出力電圧パルスの例を示す図である。C 1 モードでは、零相電圧出力回数が1 回のため電圧指令値は分割されない。その結果、C 1 モードでは、図6で示したC 2 モードの前半T 1に相当する出力電圧パルスを生成する。

40

【0067】

このようにして生成された出力電圧パルスをインバータ1 0 0へ出力した結果、モータ2 0 0には、図1 1 (d)に示すように、1 パルス周期中に正の極性のみの零相電圧が1 回出力される。

【0068】

ステップS 1 7において、零相電圧出力回数が2 回の場合、ステップS 6においてC 2 モードの出力電圧パルスを生成する。C 2 モードについては、第1の実施形態において図

50

6を参照して説明したとおりであり、1パルス周期中に正の極性のみの零相電圧が2回出力される。

【0069】

ステップS17において、零相電圧出力回数が n 回 ($n \geq 3$) の場合、ステップS19においてCnモードの出力電圧パルスを生成する。Cnモードでは、1パルス周期 T を複数に分けて出力電圧パルスを分割することにより、1パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を n 回出力するように、出力電圧パルスを生成する。

【0070】

本実施形態によれば、検出した零相電圧の回数に応じて、1パルス周期中に零相電圧が複数回出力されるようにして零相電流の制御周期を短縮することにより零相電流のリプルを低減することができる。

10

【0071】

—第3の実施形態—

図12は、電動車両の構成を示すブロック図である。この電動車両は、第1の実施形態もしくは第2の実施形態で説明したモータ制御装置1を備える。インバータ100には、直流電源400から直流電圧がコンデンサ500を介して供給される。インバータ制御部300には、車両コントローラ600よりトルク指令値が入力される。

【0072】

電動車両は電気自動車であり、モータ200の軸出力トルクは、減速ギア700、ディファレンシャルギア800を介して左右の駆動輪900A、900Bに伝達される。なお、電動車両はハイブリッド自動車であってもよい。

20

【0073】

本実施形態によれば、モータ制御装置を備えた電動車両において、1パルス周期中に零相電圧が複数回出力されるようにして零相電流の制御周期を短縮することにより零相電流のリプルを低減することができる。

【0074】

以上説明した実施形態によれば、次の作用効果が得られる。

(1) モータ制御装置1は、各相に独立して巻かれた巻線を有するモータ200を駆動するインバータ100と、トルク指令値とモータ200の回転子位置とに基づき、各相に対応する出力電圧パルスを生成してインバータ100を制御するインバータ制御部300とを備える。インバータ制御部300は、出力電圧パルスの1パルス周期中にモータ200から正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧が複数回出力するように、出力電圧パルスの少なくとも一つの相の出力電圧パルスを1パルス周期中に複数に分割して生成する。これにより、1パルス周期中に零相電圧が複数回出力されるので、零相電流に発生するリプルを抑えて損失を低減することができる。

30

【0075】

(2) モータ制御装置1において、インバータ制御部300は、インバータ100の各相に出力する出力電圧パルスの総和がゼロになる第1フェーズと、インバータ100の各相に出力する出力電圧パルスの総和が正になる第2フェーズと、インバータ100の各相に出力する出力電圧パルスの総和が負になる第3フェーズとを有するように出力電圧パルスを生成する。出力電圧パルスは1パルス周期中に第2フェーズまたは第3フェーズを第1フェーズで複数に区分する。これにより、1パルス周期中に零相電圧が複数回出力されるので、零相電流に発生するリプルを抑えて損失を低減することができる。

40

【0076】

(3) モータ制御装置1において、インバータ制御部300は、1パルス周期中の出力電圧パルスの幅が最も長い相を除くいずれかの相の出力電圧パルスを1パルス周期中に複数に分割して生成する。これにより、1パルス周期中に零相電圧が複数回出力されるので、零相電流に発生するリプルを抑えて損失を低減することができる。

【0077】

(4) モータ制御装置1において、インバータ制御部300は、モータ200の角速度に

50

基づいて、1パルス周期中に出力する零相電圧の回数に変化するように、出力電圧パルス
を生成する。これにより、検出した零相電圧の回数に応じて、1パルス周期中に零相電圧
が複数回出力されるので、零相電流の制御周期が短縮され、零相電流のリプルを低減する
ことができる。

【0078】

(5) 電動車両は、モータ制御装置1と、モータ制御装置1により駆動されるモータ200
とを備える。これにより、モータ制御装置を備えた電動車両において、1パルス周期中
に零相電圧が複数回出力されるので、零相電流の制御周期を短縮され、零相電流のリプル
を低減することができる。

【0079】

10

(変形例)

本発明は、以上説明した第1乃至第3の実施形態を次のように変形して実施することが
できる。

(1) 第1乃至第3の実施形態では3相モータを駆動するモータ制御装置について説明し
たが、その他の複数相モータを駆動するモータ制御装置であってもよい。

【0080】

本発明は、上記の実施形態に限定されるものではなく、本発明の特徴を損なわない限り
、本発明の技術思想の範囲内で考えられるその他の形態についても、本発明の範囲内に含
まれる。また、上述の実施形態と変形例を組み合わせた構成としてもよい。

【符号の説明】

20

【0081】

- 1 . . . モータ制御装置
- 10 . . . 電流指令演算部
- 20 . . . d q 軸電流制御部
- 30 . . . スイッチング信号生成部
- 40 . . . d q 変換部
- 50 . . . 零相電流算出部
- 60 . . . 零相電流制御部
- 70 . . . 速度変換部
- 80 . . . 零相電圧出力回数算出部
- 90 . . . U V W 変換部
- 100 . . . インバータ
- 110 . . . U 相フルブリッジインバータ
- 110 a . . . スイッチング素子
- 110 b . . . スイッチング素子
- 110 c . . . スイッチング素子
- 110 d . . . スイッチング素子
- 111 . . . V 相フルブリッジインバータ
- 110 a . . . スイッチング素子
- 110 b . . . スイッチング素子
- 110 c . . . スイッチング素子
- 110 d . . . スイッチング素子
- 112 . . . W 相フルブリッジインバータ
- 112 a . . . スイッチング素子
- 112 b . . . スイッチング素子
- 112 c . . . スイッチング素子
- 112 d . . . スイッチング素子
- 200 . . . モータ
- 210 . . . 位置センサ
- 220 . . . 電流センサ

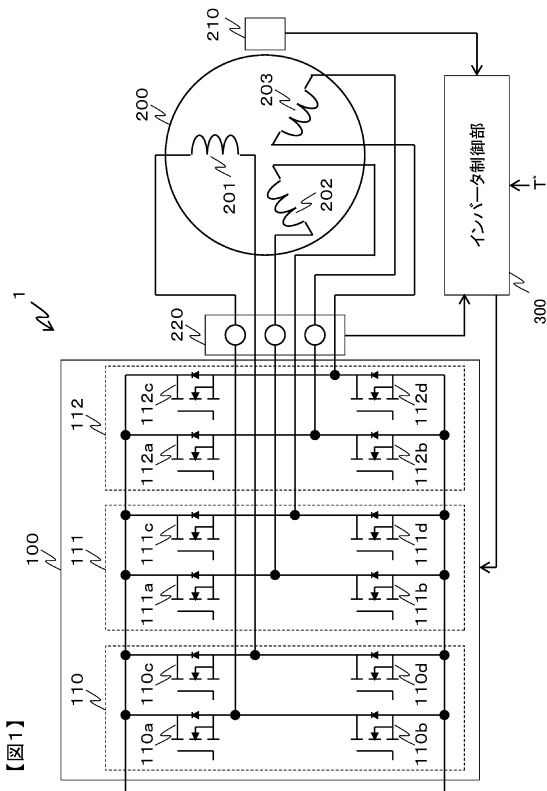
30

40

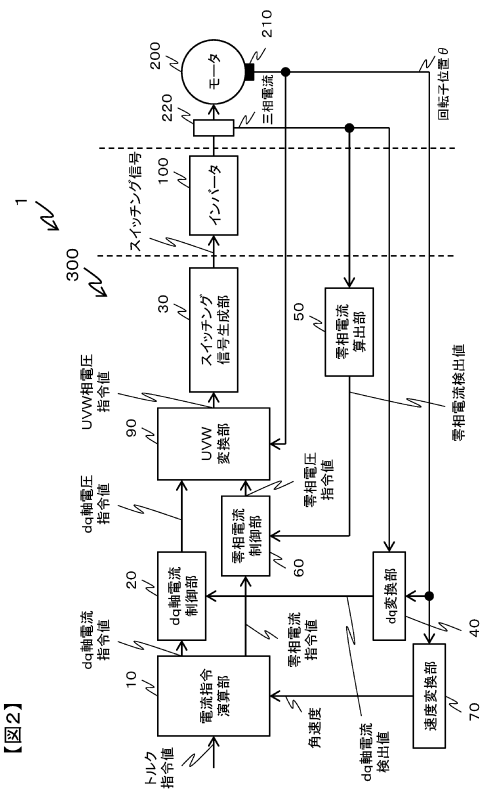
50

- 300・・・インバータ制御部
 400・・・直流電源
 500・・・コンデンサ
 600・・・車両コントローラ

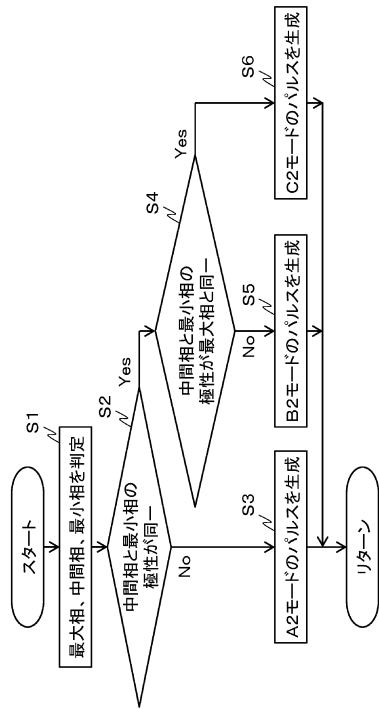
【図1】



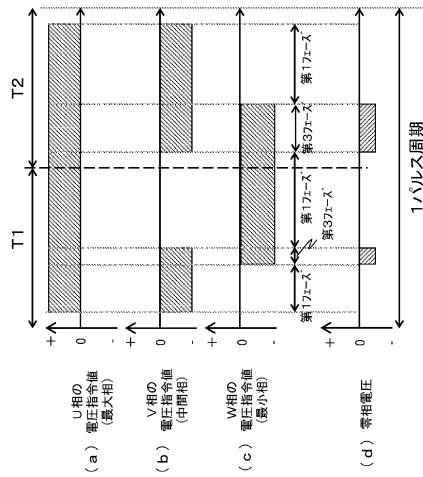
【図2】



【図 3】

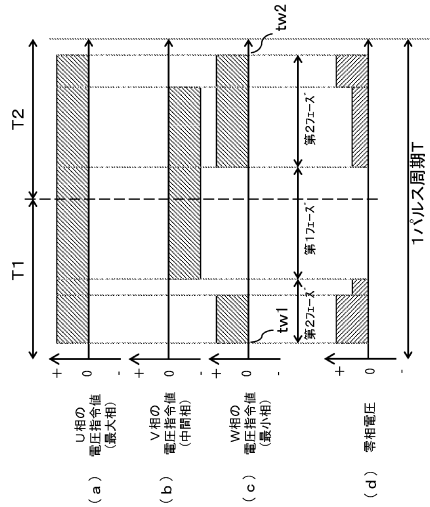


【図 5】



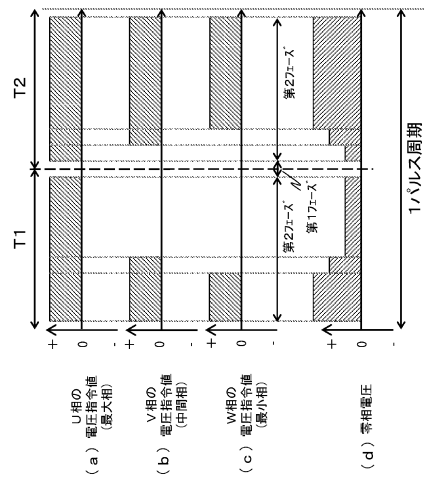
【図5】

【図 4】



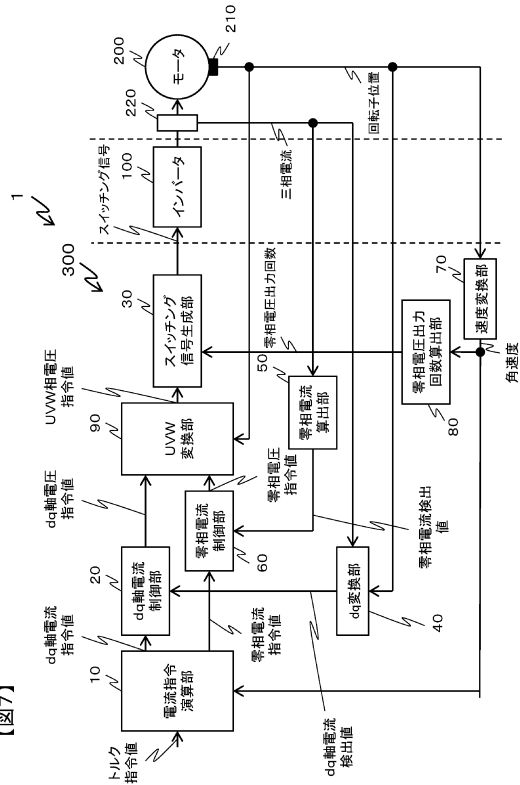
【図4】

【図 6】

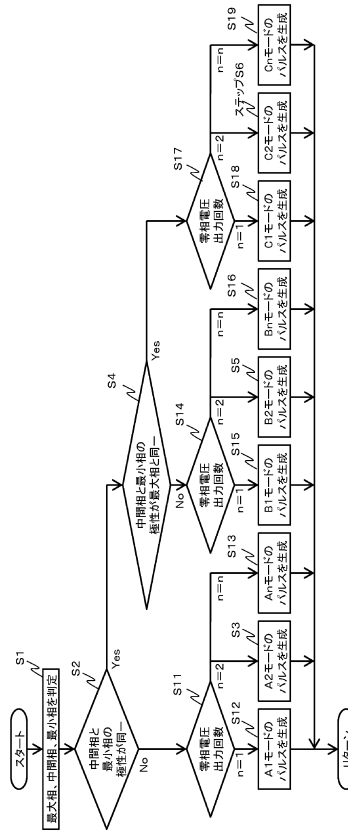


【図6】

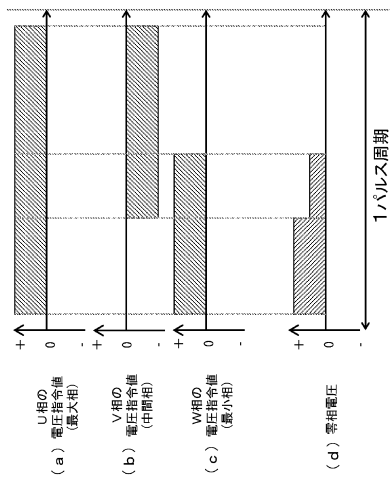
【図 7】



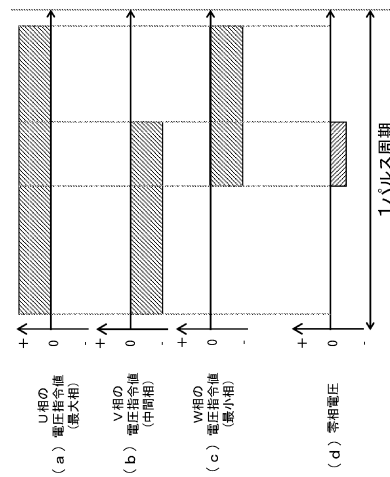
【图 8】



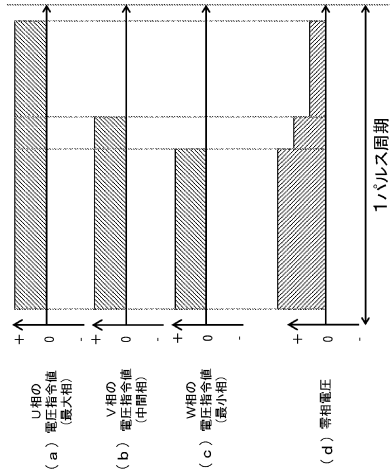
【图 9】



【図 10】

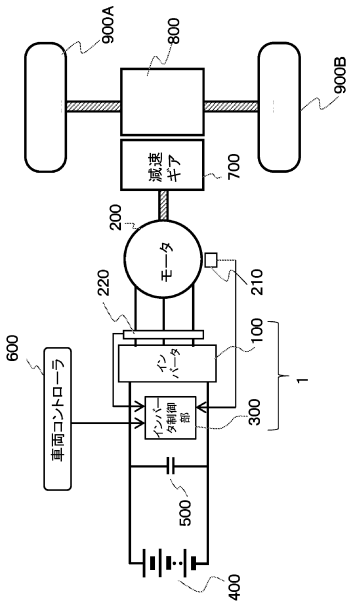


【図 1 1】



【図 1 2】

図12



フロントページの続き

審査官 池田 貴俊

- (56)参考文献 国際公開第2017/090350 (WO, A1)
特開2010-284018 (JP, A)
特開2003-312517 (JP, A)
中国特許出願公開第102843090 (CN, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02P 27/06
H02M 7/48
H02P 25/022