

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-26931  
(P2018-26931A)

(43) 公開日 平成30年2月15日(2018.2.15)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>B60L 3/00 (2006.01)</b>	B60L 3/00	5H125
<b>H02M 7/48 (2007.01)</b>	H02M 7/48	5H770
	H02M 7/48	F

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2016-156534 (P2016-156534)	(71) 出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22) 出願日	平成28年8月9日(2016.8.9)	(74) 代理人	110000017 特許業務法人アイテック国際特許事務所
		(72) 発明者	山本 敏洋 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	山田 堅滋 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		F ターム (参考)	5H125 AA01 AC12 BB02 BB05 5H770 AA01 AA05 BA02 CA01 CA06 DA03 DA10 DA41 EA04 EA11 EA27 HA02W HA02Y HA03W HA07Z HA09W

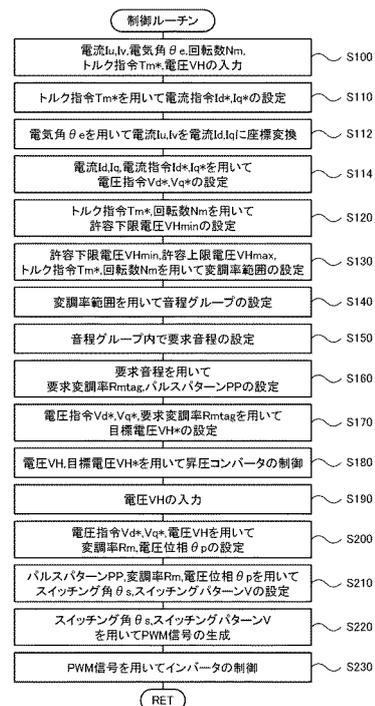
(54) 【発明の名称】 自動車

(57) 【要約】

【課題】 電圧の変調率と電圧位相とパルスタイプとパルス数とを用いてインバータの複数のスイッチング素子のPWM信号を生成して複数のスイッチング素子のスイッチングを行なうものにおいて、インバータの駆動に伴って生じる電磁音を調節する(所望のものとする)。

【解決手段】 電圧の変調率と電圧位相とパルスタイプとモータの電気角の所定周期のパルス数とを用いて複数のスイッチング素子のPWM信号を生成して複数のスイッチング素子のスイッチングを行なうと共に、高電圧側電力ラインの目標電圧を用いて昇圧コンバータを制御する。そして、この際において、複数のスイッチング素子のスイッチングに起因して生じる電磁音の音程が要求音程となるようにパルスタイプとパルス数と要求変調率とを設定し、変調率が要求変調率となるように目標電圧を設定する。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

走行用のモータと、  
複数のスイッチング素子のスイッチングによって前記モータを駆動するインバータと、  
バッテリーと、

前記バッテリーが接続された低電圧側電力ラインと前記インバータが接続された高電圧側電力ラインとの間で電圧の変換を伴って電力のやりとりを行なう昇圧コンバータと、

前記インバータと前記昇圧コンバータとを制御する制御装置と、  
を備える自動車であって、

前記制御装置は、電圧の変調率と電圧位相とパルスタイプと前記モータの電気角の所定周期のパルス数とを用いて前記複数のスイッチング素子のPWM信号を生成して前記複数のスイッチング素子のスイッチングを行なうと共に、前記高電圧側電力ラインの目標電圧を用いて前記昇圧コンバータを制御し、

更に、前記制御装置は、前記複数のスイッチング素子のスイッチングに起因して生じる電磁音の音程が要求音程となるように前記パルスタイプと前記パルス数と要求変調率とを設定し、前記変調率が前記要求変調率となるように前記目標電圧を設定する、

自動車。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、自動車に関し、詳しくは、モータとインバータとバッテリーと昇圧コンバータとを備える自動車に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、この種の自動車としては、電動機と、複数のスイッチング素子のスイッチングによって電動機を駆動するインバータ回路を有する電力変換装置と、を備えるものにおいて、電動機のトルク指令に基づく電圧の変調率および電圧位相と、電動機の電気1周期のパルス数と、に基づいて複数のスイッチング素子のパルス信号を生成して複数のスイッチング素子のスイッチング制御を行なうものが提案されている（例えば、特許文献1参照）。この自動車では、変調率と電圧位相とパルス数とに基づいて電力変換装置および電動機の電力損失が最小となるようにパルス信号を生成することにより、電力変換装置および電動機を有する駆動システム全体の損失の低減を図っている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】特開2013-162660号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

こうした自動車では、比較的高い静粛性が実現されることから、歩行者等が車両の接近に気づきにくい。このため、モータのトルク指令に基づく各相の電圧指令と搬送波電圧との比較によって複数のスイッチング素子のパルス信号を生成して複数のスイッチング素子のスイッチング制御を行なうものにおいて、複数のスイッチング素子のスイッチングに起因して生じる電磁音によって歩行者等に車両の接近を報知することが考えられている。この場合、搬送波電圧の周波数（キャリア周波数）を変化させることによって、電動機に供給される電流のリプル成分（リプル電流）を調節して、電磁音を調節している。しかしながら、上述の制御を行なうもの、即ち、電圧の変調率と電圧位相とパルス数とパルスタイプ（例えば、電力変換装置および電動機の電力損失が最小となるようにパルス信号を生成するタイプ）とに基づいて複数のスイッチング素子のパルス信号を生成して複数のスイッチング素子のスイッチング制御を行なうものにおいて、どのように電磁音を調節する（所

10

20

30

40

50

望のものとする) については未だ課題とされている。

【0005】

本発明の自動車は、電圧の変調率と電圧位相とパルスタイプとパルス数とを用いてインバータの複数のスイッチング素子のPWM信号を生成して複数のスイッチング素子のスイッチングを行なうものにおいて、インバータの駆動に伴って生じる電磁音を調節する(所望のものとする)ことを主目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の自動車は、上述の主目的を達成するために以下の手段を採った。

【0007】

本発明の自動車は、  
走行用のモータと、  
複数のスイッチング素子のスイッチングによって前記モータを駆動するインバータと、  
バッテリーと、  
前記バッテリーが接続された低電圧側電力ラインと前記インバータが接続された高電圧側電力ラインとの間で電圧の変換を伴って電力のやりとりを行なう昇圧コンバータと、  
前記インバータと前記昇圧コンバータとを制御する制御装置と、  
を備える自動車であって、

前記制御装置は、電圧の変調率と電圧位相とパルスタイプと前記モータの電気角の所定周期のパルス数とを用いて前記複数のスイッチング素子のPWM信号を生成して前記複数のスイッチング素子のスイッチングを行なうと共に、前記高電圧側電力ラインの目標電圧を用いて前記昇圧コンバータを制御し、

更に、前記制御装置は、前記複数のスイッチング素子のスイッチングに起因して生じる電磁音の音程が要求音程となるように前記パルスタイプと前記パルス数と要求変調率とを設定し、前記変調率が前記要求変調率となるように前記目標電圧を設定する、  
ことを要旨とする。

【0008】

この本発明の自動車では、電圧の変調率と電圧位相とパルスタイプとモータの電気角の所定周期のパルス数とを用いて複数のスイッチング素子のPWM信号を生成して複数のスイッチング素子のスイッチングを行なうと共に、高電圧側電力ラインの目標電圧を用いて昇圧コンバータを制御する。そして、この際において、複数のスイッチング素子のスイッチングに起因して生じる電磁音の音程が要求音程となるようにパルスタイプとパルス数と要求変調率とを設定し、変調率が要求変調率となるように目標電圧を設定する。このようにして設定した目標電圧を用いて昇圧コンバータを制御することにより、要求音程に応じたパルスタイプおよびパルス数および要求変調率(変調率)に基づいて複数のスイッチング素子のPWM信号を生成して複数のスイッチング素子のスイッチングを行なうことになるから、要求音程の電磁音を発生させて、歩行者等に車両の接近を報知することができる。ここで、パルスタイプは、モータの鉄損を低減するようにPWM信号を生成するタイプと高調波を低減するようにPWM信号を生成するタイプとを含む、ものとしてもよい。

【0009】

こうした本発明の自動車において、前記制御装置は、前記モータのトルク指令および回転数に基づいて前記高電圧側電力ラインの許容電圧範囲を設定し、前記許容範囲に基づいて前記変調率として選択可能な変調率範囲を設定し、前記変調率範囲に基づいて前記音程として選択可能な音程グループを設定し、前記音程グループ内で前記要求音程を設定する、ものとしてもよい。こうすれば、高電圧側電力ラインの許容電圧範囲を考慮して要求音程を設定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の一実施例としての駆動装置を搭載する電気自動車20の構成の概略を示す構成図である。

10

20

30

40

50

【図2】実施例の電子制御ユニット50により実行される制御ルーチンの一例を示すフローチャートである。

【図3】モータ32の回転数Nmが或る値のときの電磁音の各周波数成分の一例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

次に、本発明を実施するための形態を実施例を用いて説明する。

【実施例】

【0012】

図1は、本発明の一実施例としての駆動装置を搭載する電気自動車20の構成の概略を示す構成図である。実施例の電気自動車20は、図示するように、モータ32と、インバータ34と、バッテリー36と、昇圧コンバータ40と、電子制御ユニット50と、を備える。

10

【0013】

モータ32は、同期発電電動機として構成されており、永久磁石が埋め込まれた回転子と、三相コイルが巻回された固定子と、を備える。このモータ32の回転子は、駆動輪22a, 22bにデファレンシャルギヤ24を介して連結された駆動軸26に接続されている。

【0014】

インバータ34は、モータ32に接続されると共に高電圧側電力ライン42を介して昇圧コンバータ40に接続されている。このインバータ34は、6つのトランジスタT11~T16と、6つのダイオードD11~D16と、を有する。トランジスタT11~T16は、それぞれ、高電圧側電力ライン42の正極母線と負極母線とに対して、ソース側とシンク側になるように、2個ずつペアで配置されている。6つのダイオードD11~D16は、それぞれ、トランジスタT11~T16に逆方向に並列接続されている。トランジスタT11~T16の対となるトランジスタ同士の接続点の各々には、モータ32の三相コイル(U相, V相, W相)の各々が接続されている。したがって、インバータ34に電圧が作用しているときに、電子制御ユニット50によって、対となるトランジスタT11~T16のオン時間の割合が調節されることにより、三相コイルに回転磁界が形成され、モータ32が回転駆動される。以下、トランジスタT11~T13を「上アーム」、トランジスタT14~T16を「下アーム」ということがある。高電圧側電力ライン42の正極母線と負極母線とには、平滑用のコンデンサ46が取り付けられている。

20

30

【0015】

バッテリー36は、例えばリチウムイオン二次電池やニッケル水素二次電池として構成されており、低電圧側電力ライン44を介して昇圧コンバータ40に接続されている。低電圧側電力ライン44の正極母線と負極母線とには、平滑用のコンデンサ48が取り付けられている。

【0016】

昇圧コンバータ40は、高電圧側電力ライン42と低電圧側電力ライン44とに接続されている。この昇圧コンバータ40は、2つのトランジスタT31, T32と、2つのダイオードD31, D32と、リアクトルLと、を有する。トランジスタT31は、高電圧側電力ライン42の正極母線に接続されている。トランジスタT32は、トランジスタT31と、高電圧側電力ライン42および低電圧側電力ライン44の負極母線と、に接続されている。2つのダイオードD31, D32は、それぞれ、トランジスタT31, T32に逆方向に並列接続されている。リアクトルLは、トランジスタT31, T32同士の接続点と、低電圧側電力ライン44の正極母線と、に接続されている。昇圧コンバータ40は、電子制御ユニット50によって、トランジスタT31, T32のオン時間の割合が調節されることにより、低電圧側電力ライン44の電力を電圧の昇圧を伴って高電圧側電力ライン42に供給したり、高電圧側電力ライン42の電力を電圧の降圧を伴って低電圧側電力ライン44に供給したりする。

40

50

## 【 0 0 1 7 】

電子制御ユニット50は、CPU52を中心とするマイクロプロセッサとして構成されており、CPU52の他に、処理プログラムを記憶するROM54やデータを一時的に記憶するRAM56、入出力ポートを備える。

## 【 0 0 1 8 】

電子制御ユニット50には、各種センサからの信号が入力ポートを介して入力されている。電子制御ユニット50に入力される信号としては、例えば、モータ32の回転子の回転位置を検出する回転位置検出センサ(例えばレゾルバ)32aからの回転位置  $\theta$ 、モータ32の各相に流れる電流を検出する電流センサ32u、32vからの相電流  $I_u$ 、 $I_v$ を挙げることができる。また、バッテリー36の端子間に取り付けられた電圧センサ36aからの電圧  $V_B$ 、バッテリー36の出力端子に取り付けられた電流センサ36bからの電流  $I_B$ も挙げることができる。さらに、コンデンサ46の端子間に取り付けられた電圧センサ46aからのコンデンサ46(高電圧側電力ライン42)の電圧  $V_H$ 、コンデンサ48の端子間に取り付けられた電圧センサ48aからのコンデンサ48(低電圧側電力ライン44)の電圧  $V_L$ も挙げることができる。加えて、イグニッションスイッチ60からのイグニッション信号、シフトレバー61の操作位置を検出するシフトポジションセンサ62からのシフトポジション  $S_P$ 、アクセルペダル63の踏み込み量を検出するアクセルペダルポジションセンサ64からのアクセル開度  $A_{cc}$ 、ブレーキペダル65の踏み込み量を検出するブレーキペダルポジションセンサ66からのブレーキペダルポジション  $B_P$ も挙げることができる。また、車速センサ68からの車速  $V_S$ も挙げることができる。

## 【 0 0 1 9 】

電子制御ユニット50からは、各種制御信号が出力ポートを介して出力されている。電子制御ユニット50から出力される信号としては、例えば、インバータ34のトランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$ へのスイッチング制御信号、昇圧コンバータ40のトランジスタ  $T_{31}$ 、 $T_{32}$ へのスイッチング制御信号を挙げることができる。

## 【 0 0 2 0 】

電子制御ユニット50は、回転位置検出センサ32aからのモータ32の回転子の回転位置  $\theta$ に基づいてモータ32の電気角  $e$ や角速度  $\omega$ 、回転数  $N_m$ を演算している。また、電子制御ユニット50は、電流センサ36bからのバッテリー36の電流  $I_B$ の積算値に基づいてバッテリー36の蓄電割合  $SOC$ を演算している。ここで、蓄電割合  $SOC$ は、バッテリー36の全容量に対するバッテリー36から放電可能な電力の容量の割合である。

## 【 0 0 2 1 】

こうして構成された実施例の電気自動車20では、電子制御ユニット50は、以下の走行制御を行なう。走行制御では、アクセル開度  $A_{cc}$ と車速  $V_S$ とに基づいて駆動軸26に要求される要求トルク  $T_d^*$ を設定し、設定した要求トルク  $T_d^*$ をモータ32のトルク指令  $T_m^*$ に設定し、モータ32がトルク指令  $T_m^*$ で駆動されるようにインバータ34のトランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$ のスイッチング制御を行なう。また、モータ32をトルク指令  $T_m^*$ に基づいて高電圧側電力ライン42の目標電圧  $V_H^*$ を設定し、高電圧側電力ライン42の電圧  $V_H$ が目標電圧  $V_H^*$ となるように昇圧コンバータ40のトランジスタ  $T_{31}$ 、 $T_{32}$ のスイッチング制御を行なう。

## 【 0 0 2 2 】

ここで、インバータ34の制御について説明する。実施例では、インバータ34の制御として、正弦波PWM(パルス幅変調)制御、過変調PWM制御、矩形波制御の何れかを実行する。正弦波PWM制御は、擬似的な三相交流電圧がモータ32に印加(供給)されるようにインバータ34を制御する制御であり、過変調PWM制御は、過変調電圧がモータ32に印加されるようにインバータ34を制御する制御であり、矩形波制御は、矩形波電圧がモータ32に印加されるようにインバータ34を制御する制御である。正弦波PWM制御を実行する場合、正弦波電圧に基づくパルス幅変調電圧を擬似的な三相交流電圧とするときには、変調率  $R_m$ は値0~略0.61となり、正弦波電圧に3n次(例えば3次)高調波電圧を重畳して得られる重畳後電圧に基づくパルス幅変調電圧を擬似的な三相交

流電圧とするときには、変調率  $R_m$  は値  $0 \sim$  略  $0.71$  となる。変調率  $R_m$  は、インバータ 34 の入力電圧（高電圧側電力ライン 42 の電圧  $V_H$ ）に対する出力電圧（モータ 32 の印加電圧）の実効値の割合である。実施例では、正弦波 PWM 制御を実行できる変調率  $R_m$  の領域を大きくするために、重畳後電圧に基づくパルス幅変調電圧を擬似的な三相交流電圧とするものとした。また、矩形波制御を実行する場合、変調率  $R_m$  は略  $0.78$  となる。実施例では、これらを踏まえて、変調率  $R_m$  に基づいて、正弦波 PWM 制御、過変調 PWM 制御、矩形波制御の何れかを実行するものとした。以下、正弦波 PWM 制御について説明する。過変調 PWM 制御や矩形波制御については本発明の中核をなさないことから、詳細な説明は省略する。

#### 【0023】

正弦波 PWM 制御として、実施例では、電圧の変調率  $R_m$  および電圧位相  $p$  とパルスパターン  $PP$  とに基づいてトランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$  の PWM 信号を生成してトランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$  のスイッチング制御を行なうものとした。ここで、パルスパターン  $PP$  は、パルスタイプ  $PT$  と所定周期（例えば、モータ 32 の電気角  $e$  の半周期や 1 周期など）のパルス数  $N_p$  との組み合わせである。パルスタイプ  $PT$  としては、モータ 32 の鉄損を低減する（例えば最小にする）ように PWM 信号を生成するタイプ  $PT_a$  と、電圧や電流の高調波（特に、モータ 32 の回転 6 次や回転 12 次などの低次高調波）を低減する（例えば最小にする）ように PWM 信号を生成するタイプ  $PT_b$  と、を用いるものとした。これにより、モータ 32 の鉄損を低減したり高調波を低減したりすることができる。

#### 【0024】

次に、こうして構成された実施例の電気自動車 20 の動作について説明する。図 2 は、実施例の電子制御ユニット 50 により実行される制御ルーチンの一例を示すフローチャートである。このルーチンは、繰り返し実行される。

#### 【0025】

制御ルーチンが実行されると、電子制御ユニット 50 の CPU 52 は、まず、モータ 32 の  $I_u$ 、 $I_v$  や電気角  $e$ 、回転数  $N_m$ 、トルク指令  $T_m^*$ 、高電圧側電力ライン 42 の電圧  $V_H$  などのデータを入力する（ステップ S100）。ここで、モータ 32 の相電流  $I_u$ 、 $I_v$  は、電流センサ 32u、32v によって検出された値を入力するものとした。モータ 32 の電気角  $e$  や回転数  $N_m$  は、回転位置検出センサ 32a によって検出されたモータ 32 の回転子の回転位置  $m$  に基づいて演算された値を入力するものとした。モータ 32 のトルク指令  $T_m^*$  は、上述の走行制御によって設定された値を入力するものとした。高電圧側電力ライン 42 の電圧  $V_H$  は、電圧センサ 46a によって検出されたものを入力するものとした。

#### 【0026】

こうしてデータを入力すると、モータ 32 のトルク指令  $T_m^*$  に基づいて d 軸、q 軸の電流指令  $I_d^*$ 、 $I_q^*$  を設定する（ステップ S110）。続いて、モータ 32 の各相（U 相、V 相、W 相）に流れる電流の総和が値 0 であるとして、モータ 32 の電気角  $e$  を用いて、U 相、V 相の相電流  $I_u$ 、 $I_v$  を d 軸、q 軸の電流  $I_d$ 、 $I_q$  に座標変換（3 相 - 2 相変換）する（ステップ S112）。そして、d 軸、q 軸の電流指令  $I_d^*$ 、 $I_q^*$  と d 軸、q 軸の電流  $I_d$ 、 $I_q$  との差分  $I_d$ 、 $I_q$  に基づくフィードバック項と、d 軸、q 軸の各軸相互に干渉する項をキャンセルするためのフィードフォワード項と、の和によって、d 軸、q 軸の電圧指令  $V_d^*$ 、 $V_q^*$  を設定する（ステップ S114）。

#### 【0027】

次に、モータ 32 のトルク指令  $T_m^*$  および回転数  $N_m$  に基づいて、高電圧側電力ライン 42 の許容下限電圧  $V_{Hmin}$  を設定する（ステップ S120）。ここで、高電圧側電力ライン 42 の許容下限電圧  $V_{Hmin}$  は、実施例では、モータ 32 のトルク指令  $T_m^*$  および回転数  $N_m$  と高電圧側電力ライン 42 の許容下限電圧  $V_{Hmin}$  との予め定められた関係に、モータ 32 のトルク指令  $T_m^*$  および回転数  $N_m$  を適用して設定するものとした。

#### 【0028】

10

20

30

40

50

続いて、高電圧側電力ライン42の許容下限電圧 $V_{Hmin}$ および許容上限電圧 $V_{Hmax}$ とモータ32のトルク指令 $T_m^*$ および回転数 $N_m$ とに基づいて、変調率 $R_m$ として選択可能な変調率範囲を設定する(ステップS130)。ここで、変調率範囲は、高電圧側電力ライン42の許容下限電圧 $V_{Hmin}$ および許容上限電圧 $V_{Hmax}$ とモータ32のトルク指令 $T_m^*$ および回転数 $N_m$ と変調率範囲との予め定められた関係に、高電圧側電力ライン42の許容下限電圧 $V_{Hmin}$ および許容上限電圧 $V_{Hmax}$ とモータ32のトルク指令 $T_m^*$ および回転数 $N_m$ とを適用して設定するものとした。なお、高電圧側電力ライン42の許容上限電圧 $V_{Hmax}$ は、高電圧側電力ライン42の仕様などに基づいて定められる。

#### 【0029】

そして、設定した変調率範囲に基づいて、インバータ34のスイッチングに起因して生じる電磁音の音程として選択可能な音程グループを設定する(ステップS140)。ここで、音程グループは、変調率範囲と音程グループとの予め定められた関係に変調率範囲を適用して設定するものとした。図3は、モータ32の回転数 $N_m$ が或る値のときの電磁音の各周波数成分の一例を示す説明図である。なお、電磁音の音程は、電磁音の各周波数成分のうち比較的音レベルの大きい周波数成分や各周波数の積算値などに応じて定まり、各周波数成分は、パルスパターン $PP$ (パルスタイプ $PT$ およびパルス数 $N_p$ )と変調率 $R_m$ とに応じて定まる。図3の例では、音程Aについてはパルス数 $N_p$ が11でパルスタイプ $PT$ がタイプ $PTa$ で変調率 $R_m$ が0.30のときの音程を示し、音程Bについてはパルス数 $N_p$ が11でパルスタイプ $PT$ がタイプ $PTb$ で変調率 $R_m$ が0.30のときの音程を示し、音程Cについてはパルス数 $N_p$ が11でパルスタイプ $PT$ がタイプ $PTa$ で変調率 $R_m$ が0.40のときの音程を示し、音程Dについてはパルス数 $N_p$ が11でパルスタイプ $PT$ がタイプ $PTb$ で変調率 $R_m$ が0.40のときの音程を示す。なお、電磁音の音程は、パルス数 $N_p$ とパルスタイプ $PT$ と変調率 $R_m$ との組み合わせの数だけ設定することができる。音程グループとしては、例えば、音程A, C, ...などの変調率 $R_m$ が0.30のグループを選択したり、音程B, D, ...などの変調率 $R_m$ が0.40のグループを選択したりすることができる。

#### 【0030】

こうして音程グループを設定すると、設定した音程グループ内で要求音程を設定し(ステップS150)、設定した要求音程に基づいて要求変調率 $R_{mtag}$ およびパルスパターン $PP$ (パルスタイプ $PT$ およびパルス数 $N_p$ )を設定する(ステップS160)。ここで、要求変調率 $R_{mtag}$ およびパルスパターン $PP$ は、要求音程の変調率 $R_m$ およびパルスパターン $PP$ を設定すればよい。

#### 【0031】

続いて、d軸, q軸の電圧指令 $V_d^*$ ,  $V_q^*$ および要求変調率 $R_{mtag}$ に基づいて、変調率 $R_m$ が要求変調率 $R_{mtag}$ となるように高電圧側電力ライン42の目標電圧 $V_H^*$ を設定し(ステップS170)、高電圧側電力ライン42の電圧 $V_H$ が目標電圧 $V_H^*$ となるように昇圧コンバータ40のトランジスタ $T_{31}$ ,  $T_{32}$ のスイッチング制御を行なう(ステップS180)。ここで、高電圧側電力ライン42の目標電圧 $V_H^*$ は、d軸, q軸の電圧指令 $V_d^*$ ,  $V_q^*$ および要求変調率 $R_{mtag}$ と高電圧側電力ライン42の目標電圧 $V_H^*$ との予め定められた関係に、d軸, q軸の電圧指令 $V_d^*$ ,  $V_q^*$ および要求変調率 $R_{mtag}$ を適用して設定するものとした。

#### 【0032】

次に、高電圧側電力ライン42の電圧 $V_H$ を入力し(ステップS190)、d軸, q軸の電圧指令 $V_d^*$ ,  $V_q^*$ と高電圧側電力ライン42の電圧 $V_H$ とに基づいて電圧の変調率 $R_m$ および電圧位相 $p$ を設定する(ステップS200)。ここで、変調率 $R_m$ は、d軸の電圧指令 $V_d^*$ の二乗とq軸の電圧指令 $V_q^*$ の二乗との和の平方根として計算される電圧指令絶対値 $V_{dq}$ を高電圧側電力ライン42の電圧 $V_H$ で除して得ることができる。実施例では、上述したように、変調率 $R_m$ が要求変調率 $R_{mtag}$ となるように高電圧側電力ライン42の目標電圧 $V_H^*$ を設定すると共に高電圧側電力ライン42の電圧 $V_H$

10

20

30

40

50

が目標電圧  $V_H^*$  となるように昇圧コンバータ 40 を制御するから、ステップ S 200 の処理では、高電圧側電力ライン 42 の電圧  $V_H$  に基づいて、要求変調率  $R_{mtag}$  と略同一の値を変調率  $R_m$  として設定することになる。電圧位相  $p$  は、 $d$  軸、 $q$  軸の電圧指令  $V_d^*$ 、 $V_q^*$  を成分とする電圧ベクトルの  $q$  軸に対する角度として得ることができる。

【0033】

続いて、パルスパターン  $PP$  と変調率  $R_m$  と電圧位相  $p$  とに基づいてスイッチング角  $s$  とスイッチングパターン  $V$  とを設定し (ステップ S 210)、設定したスイッチング角  $s$  とスイッチングパターン  $V$  とに基づいてインバータ 34 のトランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$  の PWM 信号を生成し (ステップ S 220)、生成した PWM 信号を用いてトランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$  のスイッチング制御を行なって (ステップ S 230)、本ルーチンを終了する。

10

【0034】

ここで、スイッチング角  $s$  は、モータ 32 の各相の相電圧 (トランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$  のうち対応する相のトランジスタのオンオフ、例えば  $U$  相についてはトランジスタ  $T_{11}$ 、 $T_{14}$  のオンオフ) を切り替える角度である。

【0035】

また、スイッチングパターン  $V$  は、トランジスタ  $T_{11} \sim T_{13}$  のオンオフの組み合わせを示すパターンであり、パターン  $V_0 \sim V_7$  を用いるものとした。なお、トランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$  のオンオフの組み合わせでなくトランジスタ  $T_{11} \sim T_{13}$  のオンオフの組み合わせを用いるのは、通常、トランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$  のうち対応する上アームと下アームとを同時にオンとすることはなく、トランジスタ  $T_{14} \sim T_{16}$  のオンオフの組み合わせを省略しても差し支えないためである。パターン  $V_0 \sim V_7$  は以下の通りである。

20

パターン  $V_0$  : トランジスタ  $T_{11} \sim T_{13}$  の全てがオフ

パターン  $V_1$  : トランジスタ  $T_{11}$ 、 $T_{12}$  がオフでトランジスタ  $T_{13}$  がオン

パターン  $V_2$  : トランジスタ  $T_{11}$ 、 $T_{13}$  がオフでトランジスタ  $T_{12}$  がオン

パターン  $V_3$  : トランジスタ  $T_{11}$  がオフでトランジスタ  $T_{12}$ 、 $T_{13}$  がオン

パターン  $V_4$  : トランジスタ  $T_{11}$  がオンでトランジスタ  $T_{12}$ 、 $T_{13}$  がオフ

パターン  $V_5$  : トランジスタ  $T_{11}$ 、 $T_{13}$  がオンでトランジスタ  $T_{12}$  がオフ

パターン  $V_6$  : トランジスタ  $T_{11}$ 、 $T_{12}$  がオンでトランジスタ  $T_{13}$  がオフ

パターン  $V_7$  : トランジスタ  $T_{11} \sim T_{13}$  が全てオン

30

【0036】

こうして PWM 信号を生成すると、生成した PWM 信号を用いてインバータ 34 のトランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$  のスイッチングを行なう。即ち、モータ 32 のスイッチング角  $s$  で、スイッチング角  $s$  に対応するスイッチングパターン  $V$  となるようにトランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$  のスイッチングを行なう。こうしたインバータ 34 の制御により、パルスタイプ  $PT$  (タイプ  $PTa$  またはタイプ  $PTb$ ) およびパルス数  $N_p$  からなるパルスパターン  $PP$  に応じて、モータ 32 の鉄損を低減したり電圧や電流の高調波を低減したりすることができる。

【0037】

電気自動車 20 では、比較的高い静粛性が実現されることから、歩行者等が車両の接近に気づきにくい。このため、モータ 32 のトルク指令  $T_m^*$  に基づく各相の電圧指令と搬送波電圧 (三角波電圧) との比較によってトランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$  の PWM 信号を生成してトランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$  のスイッチング制御を行なうものにおいて、トランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$  のスイッチングに起因して生じる電磁音によって歩行者等に車両の接近を報知することが考えられている。この場合、搬送波電圧の周波数 (キャリア周波数) を変化させることによって、モータ 32 に供給される電流のリプル成分 (リプル電流) を調節して、電磁音を調節している。しかしながら、実施例のように変調率  $R_m$  と電圧位相  $p$  とパルスパターン  $PP$  とパルス数  $N_p$  とに基づいてトランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$  の PWM 信号を生成してトランジスタ  $T_{11} \sim T_{16}$  のスイッチング制御を行なうものにおい

40

50

て、どのように電磁音を調節するかについては未だ課題とされていた。このことを踏まえて、実施例では、高電圧側電力ライン42の電圧 $V_H$ が要求音程に応じた変調率 $R_m$ となるように高電圧側電力ライン42の目標電圧 $V_H^*$ を設定して昇圧コンバータ40を制御するものとした。これにより、要求音程に応じた要求変調率 $R_{mtag}$ （変調率 $R_m$ ）およびパルスタイプ $P_T$ およびパルス数 $N_p$ に基づいてインバータ34のトランジスタ $T_{11} \sim T_{16}$ のPWM信号を生成してトランジスタ $T_{11} \sim T_{16}$ のスイッチング制御を行なうことになるから、要求音程（所望の音程）の電磁音を発生させて、歩行者等に車両の接近を報知することができる。しかも、モータ32のトルク指令 $T_m^*$ および回転数 $N_m$ に基づく高電圧側電力ライン42の許容下限電圧 $V_{Hmin}$ と、許容上限電圧 $V_{Hmax}$ と、に基づいて変調率範囲を設定すると共に変調率 $R_m$ が変調率範囲内となる音程グループから要求音程を設定する。これにより、高電圧側電力ライン42の許容下限電圧 $V_{Hmin}$ および許容上限電圧 $V_{Hmax}$ を考慮して（高電圧側電力ライン42の電圧 $V_H$ が許容下限電圧 $V_{Hmin}$ および許容上限電圧 $V_{Hmax}$ の範囲内となるように）要求音程を設定することができる。

10

#### 【0038】

以上説明した実施例の電気自動車20では、変調率 $R_m$ と電圧位相 $p$ とパルスタイプ $P_T$ およびパルス数 $N_p$ とを用いてインバータ34のトランジスタ $T_{11} \sim T_{16}$ のPWM信号を設定してトランジスタ $T_{11} \sim T_{16}$ のスイッチング制御を行なうと共に、高電圧側電力ライン42の電圧 $V_H$ が目標電圧 $V_H^*$ となるように昇圧コンバータ40のトランジスタ $T_{31}$ 、 $T_{32}$ のスイッチング制御を行なう。そして、この際において、トランジスタ $T_{11} \sim T_{16}$ のスイッチングに起因して生じる電磁音の音程が要求音程となるようにパルスタイプ $P_T$ とパルス数 $N_p$ と要求変調率 $R_{mtag}$ とを設定し、この変調率 $R_m$ に基づいて目標電圧 $V_H^*$ を設定する。これにより、要求音程に応じた要求変調率 $R_{mtag}$ （変調率 $R_m$ ）およびパルスタイプ $P_T$ およびパルス数 $N_p$ に基づいてインバータ34のトランジスタ $T_{11} \sim T_{16}$ のPWM信号を生成してトランジスタ $T_{11} \sim T_{16}$ のスイッチング制御を行なうことになるから、要求音程（所望の音程）の電磁音を発生させて、歩行者等に車両の接近を報知することができる。

20

#### 【0039】

実施例の電気自動車20では、高電圧側電力ライン42の許容下限電圧 $V_{Hmin}$ および許容上限電圧 $V_{Hmax}$ とモータ32のトルク指令 $T_m^*$ および回転数 $N_m$ とに基づいて変調率範囲を設定し、この変調率範囲に基づいて音程グループを設定し、この音程グループ内で要求音程を設定するものとした。しかし、高電圧側電力ライン42の許容下限電圧 $V_{Hmin}$ および許容上限電圧 $V_{Hmax}$ とモータ32のトルク指令 $T_m^*$ および回転数 $N_m$ とに基づいて、変調率範囲や音程グループを設定することなく、要求音程を直接設定するものとしてもよい。

30

#### 【0040】

実施例の電気自動車20では、昇圧コンバータ40の目標電圧 $V_H^*$ は、 $d$ 軸、 $q$ 軸の電圧指令 $V_d^*$ 、 $V_q^*$ および要求変調率 $R_{mtag}$ に基づいて設定するものとした。しかし、モータ32のトルク指令 $T_m^*$ および回転数 $N_m$ と要求変調率 $R_{mtag}$ とに基づいて設定するものとしてもよい。

40

#### 【0041】

実施例の電気自動車20では、パルスパターン $PP$ のパルスタイプ $P_T$ として、モータ32の鉄損を低減するようにPWM信号を生成するタイプ $P_{Ta}$ と、電圧や電流の高調波を低減するようにPWM信号を生成するタイプ $P_{Tb}$ と、の2つのタイプを用いるものとした。しかし、パルスタイプ $P_T$ として、3つ以上のパルスタイプ $P_T$ を用いるものとしてもよい。この場合、例えば、モータ32の鉄損を低減するようにPWM信号を生成するタイプ、モータ32の銅損を低減するようにPWM信号を生成するタイプ、モータ32のトルクリプルを低減するようにPWM信号を生成するタイプ、インバータ34の損失を低減するようにPWM信号を生成するタイプ、モータ32およびインバータ34のトータル損失を低減するようにPWM信号を生成するタイプ、電圧の高調波を低減するようにPW

50

M信号を生成するタイプ、電流の高調波を低減するようにPWM信号を生成するタイプなどを用いるものとしてもよい。

【0042】

実施例では、走行用のモータ32を備える電気自動車20の構成とした。しかし、複数のモータを備える電気自動車の構成としてもよいし、モータの他にエンジンを備える、パラレルタイプやシリーズタイプのハイブリッド自動車の構成としてもよい。

【0043】

実施例の主要な要素と課題を解決するための手段の欄に記載した発明の主要な要素との対応関係について説明する。実施例では、モータ32が「モータ」に相当し、インバータ34が「インバータ」に相当し、バッテリー36が「バッテリー」に相当し、昇圧コンバータ40が「昇圧コンバータ」に相当し、図2の制御ルーチンを実行する電子制御ユニット50が「制御装置」に相当する。

【0044】

なお、実施例の主要な要素と課題を解決するための手段の欄に記載した発明の主要な要素との対応関係は、実施例が課題を解決するための手段の欄に記載した発明を実施するための形態を具体的に説明するための一例であることから、課題を解決するための手段の欄に記載した発明の要素を限定するものではない。即ち、課題を解決するための手段の欄に記載した発明についての解釈はその欄の記載に基づいて行なわれるべきものであり、実施例は課題を解決するための手段の欄に記載した発明の具体的な一例に過ぎないものである。

【0045】

以上、本発明を実施するための形態について実施例を用いて説明したが、本発明はこうした実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施し得ることは勿論である。

【産業上の利用可能性】

【0046】

本発明は、電気自動車の製造産業などに利用可能である。

【符号の説明】

【0047】

20 電気自動車、22a, 22b 駆動輪、24 デファレンシャルギヤ、26 駆動軸、32 モータ、32a 回転位置検出センサ、32u, 32v, 36b 電流センサ、34 インバータ、36 バッテリ、36a, 46a, 48a 電圧センサ、40 昇圧コンバータ、42 高電圧側電力ライン、44 低電圧側電力ライン、46, 48 コンデンサ、50 電子制御ユニット、52 CPU、54 ROM、56 RAM、60 イグニッションスイッチ、61 シフトレバー、62 シフトポジションセンサ、63 アクセルペダル、64 アクセルペダルポジションセンサ、65 ブレーキペダル、66 ブレーキペダルポジションセンサ、68 車速センサ、D11~D16, D31, D32 ダイオード、L リアクトル、T11~T16, T31, T32 トランジスタ。

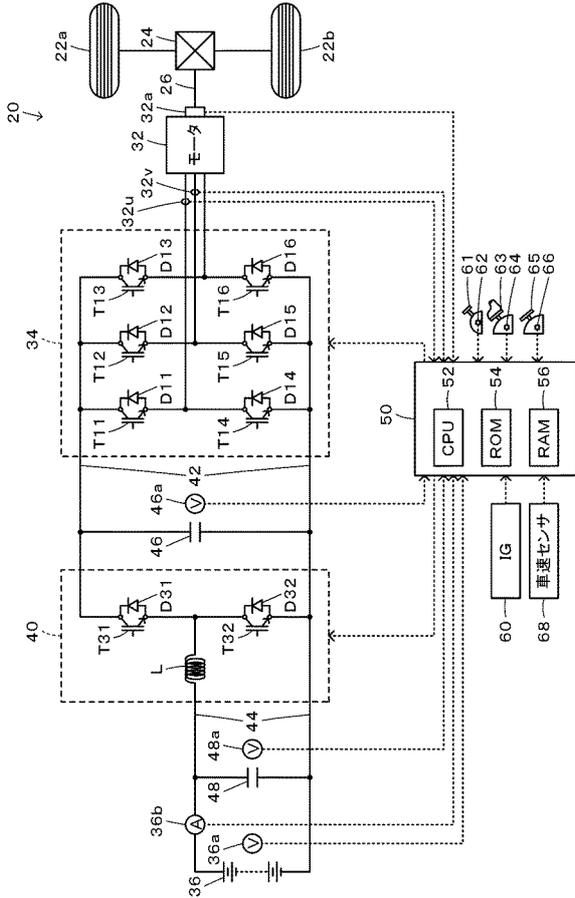
10

20

30

40

【図1】



【図2】



【図3】

