

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7035546号

(P7035546)

(45)発行日 令和4年3月15日(2022.3.15)

(24)登録日 令和4年3月7日(2022.3.7)

(51)国際特許分類

F I

B 6 0 L 9/18 (2006.01)

B 6 0 L 9/18 J

H 0 2 M 3/155(2006.01)

H 0 2 M 3/155 H

B 6 0 L 50/70 (2019.01)

H 0 2 M 3/155 W

B 6 0 W 10/08 (2006.01)

B 6 0 L 50/70

B 6 0 W 20/19 (2016.01)

B 6 0 W 10/08 9 0 0

請求項の数 1 (全13頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2018-5476(P2018-5476)

(22)出願日 平成30年1月17日(2018.1.17)

(65)公開番号 特開2019-126182(P2019-126182

A)

(43)公開日 令和1年7月25日(2019.7.25)

審査請求日 令和2年8月26日(2020.8.26)

(73)特許権者 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(74)代理人 110000110

特許業務法人快友国際特許事務所

(72)発明者 山本 一成

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自

動車株式会社内

審査官 佐々木 淳

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 走行用のモータを有する自動車

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

走行用のモータを有する自動車であり、

電源の電圧を前記モータの駆動電圧まで昇圧する複数の昇圧コンバータ回路が並列に接続されている多相コンバータと、

複数の前記昇圧コンバータ回路を制御するコントローラと、

を備えており、

前記コントローラは、n個の前記昇圧コンバータ回路をデューティ比Dで1相ずつ順次駆動しているときにアクセルとブレーキが同時に操作されたことを検知すると、少なくとも2個の前記昇圧コンバータ回路を同時駆動し、駆動する前記昇圧コンバータ回路を切り換える間隔をアクセルとブレーキの同時操作前よりも長くするとともに、前記昇圧コンバータ回路へ供給する駆動信号のデューティ比を前記Dよりも大きくする、自動車。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書が開示する技術は、走行用のモータを有する自動車に関する。本明細書の技術が対象とする自動車は、走行用のモータの他にエンジンなどの他の駆動源を備えていてもよい。また、本明細書の技術が対象とする自動車は、走行用のモータの電源として、バッテリー、燃料電池、キャパシタなど、いかなる電源を有していても良い。走行用のモータを駆動するための電力は、車外から供給されるものであってもよい。本明細書では、走行用モ

ータを有する自動車を、説明の便宜上、電気自動車と総称することにする。

【背景技術】

【0002】

減速の直後に力強い加速を得るため、アクセルとブレーキを同時に操作する手法が知られている。エンジン車の場合、アクセルとブレーキを同時に操作すると、エンジントルクをブレーキで抑え込みながら減速する。ブレーキを解放すると、エンジントルクが一気に車輪に伝達されて力強い加速を素早く得ることができる。典型的には、サーキットにおけるコーナリングのときにそのような手法が使われる。

【0003】

電気自動車でも、アクセルとブレーキを同時操作し、ブレーキを解放した直後に力強い加速が得られるとよい。特許文献1には、エンジンとモータを有するハイブリッド車において、アクセルブレーキ同時操作からブレーキを解放したときに力強い加速を得る技術が開示されている。特許文献1の技術は、アクセルとブレーキの同時操作時にハイブリッドシステムの出力を絞るBOS(Brake Override System)と呼ばれる制御において、モータの出力を低下させ、エンジンの回転数の目標値を維持する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2013-121753号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1の技術は、アクセルブレーキ同時操作時にエンジンの回転数の目標値を維持するものであり、ブレーキが解放されたときにエンジンから素早く大きなトルクを得る技術である。走行用のモータについても、アクセルブレーキ同時操作後のブレーキ解放時に大きな出力トルクを良好に素早く得られる技術が望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本明細書が開示する技術は、電源の電力をモータの駆動電圧まで昇圧するコンバータを備える自動車(電気自動車)に着目する。特に、複数の昇圧コンバータ回路が並列に接続されている多相コンバータを備える自動車に着目する。本明細書が開示する自動車は、多相コンバータと、コントローラを備えている。多相コンバータは、電源の電圧をモータの駆動電圧まで昇圧する複数の昇圧コンバータ回路を含んでおり、それら昇圧コンバータ回路は並列に接続されている。コントローラは、複数の昇圧コンバータ回路を制御する。コントローラは、 n 個の昇圧コンバータ回路をデューティ比 D で1相ずつ順次駆動しているときにアクセルとブレーキが同時に操作されたことを検知すると、少なくとも2個の昇圧コンバータ回路を同時駆動する。さらに、コントローラは、駆動する昇圧コンバータ回路を切り換える間隔をアクセルとブレーキの同時操作前よりも長くするとともに、 n 個の昇圧コンバータ回路へ供給する駆動信号のデューティ比を前記 D (アクセルブレーキ同時操作前のデューティ比)よりも大きくする。

30

【0007】

アクセルブレーキ同時操作からブレーキを解放したときにモータの出力トルクを素早く高めるには、多相コンバータの各昇圧コンバータ回路に供給する駆動信号のデューティ比を大きくすればよい。デューティ比を大きくすることで、アクセルブレーキ同時操作からブレーキが解放されてモータの回転数が上昇していくとき、出力電圧を低下させずに大電流をモータに供給し続けることが可能となる。すなわち、アクセルブレーキ同時操作からブレーキが解放されたときに大トルクを出力し続けることができるようになる。すなわち、力強い加速を与えることができるようになる。

40

【0008】

一方、多相コンバータでは、並列に接続されている n 個の昇圧コンバータ回路を、1制御

50

周期の間に位相を $360/n$ 度ずつずらして駆動する。すなわち、 n 個の昇圧コンバータ回路を一定間隔で 1 相ずつ順番に駆動する。 n 個の昇圧コンバータ回路を 1 相ずつ順次に駆動することで、電流リップルを抑え、効率を高めることができる。 n 個の昇圧コンバータ回路を順次駆動する場合、駆動タイミングの間隔は、 T_s/n となる。ここで、記号 T_s は制御周期を表す。昇圧コンバータ回路に供給する駆動信号のデューティ比におけるオン時間がこの駆動間隔 T_s/n に近づくと、特定の昇圧コンバータ回路のスイッチング素子のオフタイミングと、次に駆動する昇圧コンバータ回路のスイッチング素子のオンタイミングが重なるおそれが生じる。昇圧コンバータ回路のオンタイミングと別の昇圧コンバータ回路のオフタイミングが重なると、電流リップルや電圧サージが増えたり発熱量が増えたりして好ましくない。本明細書が開示する自動車では、アクセルブレーキ同時操作時に各昇圧コンバータ回路に供給する駆動信号のデューティ比を高くする。デューティ比を高くすることで、ブレーキが解放されてモータの回転数が上昇するとき出力電圧の低下を抑え、モータに大電流を供給し続けることができる。即ち、ブレーキ解放後に大トルクを出力し続けることができるようになる。

10

【0009】

同時に、本明細書が開示する自動車では、 n 個の昇圧コンバータ回路のうち、少なくとも 2 個を同時駆動にして順次駆動の回数を減らし、1 制御周期における順次駆動における駆動タイミングの間隔（別言すれば、駆動する昇圧コンバータ回路を切り換える間隔）を長くする。このことにより、デューティ比を大きくしても、一の昇圧コンバータ回路のスイッチング素子のオフタイミングと次に駆動される昇圧コンバータ回路のスイッチング素子のオンタイミングが重なることを防止する。スイッチング素子のオフタイミングと別のスイッチング素子のオンタイミングが重なることを防止しつつ、デューティ比を高めることで、アクセルブレーキ同時操作後のブレーキ解放時に大きな出力トルクを良好に素早く得られる。

20

【0010】

本明細書が開示する技術の詳細とさらなる改良は以下の「発明を実施するための形態」にて説明する。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】実施例の電気自動車の電力系のブロック図である。

30

【図 2】多相コンバータの駆動モードの遷移図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

図面を参照して実施例の電気自動車 100 を説明する。図 1 に、電気自動車 100 の電力系のブロック図を示す。実施例の電気自動車 100 は、走行用のモータ 32 を有している。

【0013】

電気自動車 100 は、モータ 32 のほか、直流電源としての燃料電池 21 及びバッテリー 34 と、多相コンバータ 2 と、インバータ 31 と、電力変換器 35 を備えている。多相コンバータ 2 は、燃料電池 21 の出力電圧を、モータ 32 の駆動電圧まで昇圧してインバータ 31 に供給する。電力変換器 35 は、バッテリー 34 の出力電力をモータ 32 の駆動電圧まで昇圧してインバータ 31 に供給する。インバータ 31 は、多相コンバータ 2 及び電力変換器 35 が出力した直流電力を交流電力に変換してモータ 32 に供給する。

40

【0014】

インバータ 31 は、モータ 32 が発電した交流電力を直流電力に変換する機能も有している。電力変換器 35 は、インバータ 31 によって変換された直流電力を降圧してバッテリー 34 へ供給する機能も有している。電力変換器 35 は、いわゆる双方向 DC-DC コンバータである。電力変換器 35 によって降圧された電力はバッテリー 34 に蓄えられる。電力変換器 35 は、燃料電池 21 が出力する電力のうち、モータ 32 の駆動に使われなかった余剰電力を降圧してバッテリー 34 に蓄える場合もある。

【0015】

50

多相コンバータ 2 は、4 個の昇圧コンバータ回路 10 a - 10 d と、コンデンサ 2 2、2 4 と、電流センサ 2 3 と、電圧センサ 2 5 と、コントローラ 1 7 を備えている。以下では、説明の便宜上、昇圧コンバータ回路 10 a - 10 d を、単純に、コンバータ回路 10 a - 10 d と称する。

【0016】

4 個のコンバータ回路 10 a - 10 d は、共通の入力端 1 2 a、1 2 b と、共通の出力端 1 3 a、1 3 b の間に並列に接続されている。4 個のコンバータ回路 10 a - 10 d は、全て、入力される電力の電圧を昇圧して出力する機能を有している。すなわち、コンバータ回路 10 a - 10 d は、それぞれ、燃料電池 2 1 の出力電圧を、モータ 3 2 の駆動電圧まで昇圧する。コンバータ回路 10 a - 10 d は、全て、同じ構造を有している。

10

【0017】

共通の入力端 1 2 a、1 2 b の間にはコンデンサ 2 2 が接続されており、共通の出力端 1 3 a、1 3 b の間にはコンデンサ 2 4 が接続されている。コンデンサ 2 2 は、コンバータ回路 10 a - 10 d に入力される電流を平滑化し、コンデンサ 2 4 は、コンバータ回路 10 a - 10 d から出力される電流を平滑化する。

【0018】

コンバータ回路 10 a について説明する。コンバータ回路 10 a は、スイッチング素子 3 a と、ダイオード 4 a、6 a と、リアクトル 5 a を備えている。リアクトル 5 a の一端が入力端正極 1 2 a に接続されており、他端はダイオード 6 a のアノードに接続されている。ダイオード 6 a のカソードは出力端正極 1 3 a に接続されている。

20

【0019】

コンバータ回路 10 a の入力端負極 1 2 b と出力端負極 1 3 b は直接に接続されている。リアクトル 5 a とダイオード 6 a の中間点と入力端負極 1 2 b (出力端負極 1 3 b) の間に、スイッチング素子 3 a が接続されている。ダイオード 4 a は、スイッチング素子 3 a に対して逆並列に接続されている。

【0020】

コンバータ回路 10 b は、スイッチング素子 3 b と、ダイオード 4 b、6 b と、リアクトル 5 b を備えている。コンバータ回路 10 c は、スイッチング素子 3 c と、ダイオード 4 c、6 c と、リアクトル 5 c を備えている。コンバータ回路 10 d は、スイッチング素子 3 d と、ダイオード 4 d、6 d と、リアクトル 5 d を備えている。コンバータ回路 10 b - 10 d の構造は、コンバータ回路 10 a の構造と同一である。

30

【0021】

コンバータ回路 10 a - 10 d のスイッチング素子 3 a - 3 d は、トランジスタであり、例えば、MOSFET (Metal Oxide Field Effect Transistor) や IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) である。スイッチング素子 3 a - 3 d は、コントローラ 1 7 によって制御される。コントローラ 1 7 は、所定のデューティ比の駆動信号をスイッチング素子 3 a - 3 d に供給する。スイッチング素子 3 a - 3 d の夫々が駆動信号のデューティ比でオンオフすると、入力端 1 2 a、1 2 b に印加されている燃料電池 2 1 の電力の電圧が昇圧されて、出力端 1 3 a、1 3 b から出力される。別言すれば、コンバータ回路 10 a (10 b - 10 d) は、デューティ比で制御される電力変換用のスイッチング素子 3 a (3 b - 3 d) によって入力電圧を昇圧する。

40

【0022】

コンバータ回路 10 a - 10 d は、同じ構造を有している。コントローラ 1 7 は、同じデューティ比の駆動信号をスイッチング素子 3 a - 3 d の夫々に供給する。ただし、コントローラ 1 7 は、タイミングを異ならせて、スイッチング素子 3 a - 3 d の夫々に駆動信号を供給する。コンバータ回路 10 a - 10 d は、タイミングは異なるが同じ動作をする。4 個のコンバータ回路 10 a - 10 d が同じ動作をすることで、4 個のコンバータ回路 10 a - 10 d は、あたかもひとつのコンバータ回路のように動作する。多相コンバータ 2 は、燃料電池 2 1 から供給される電流 (多相コンバータ 2 への入力電流 I_{fd}) を計測する電流センサ 2 3 と、昇圧後の電圧 (多相コンバータ 2 の出力電圧 V_H) を計測する電

50

圧センサ 25 を備えており、夫々のセンサの計測値はコントローラ 17 へ送られる。コントローラ 17 は、センサからのデータなど、後述する上位コントローラ 40 から送られる情報に基づいて、コンバータ回路 10 a - 10 d を制御する。

【0023】

多相コンバータ 2 のコントローラ 17 は、上位コントローラ 40 から送られる情報に基づいて 4 個のコンバータ回路 10 a - 10 d を制御する。上位コントローラ 40 には、モード選択スイッチ 41、アクセルペダル 42、ブレーキペダル 43 が接続されており、それらのデバイスからの信号に基づいて多相コンバータ 2 のコントローラ 17 に各種の情報を送る。上位コントローラ 40 には、上記したデバイスのほか、車両のメインスイッチ（イグニッションスイッチ）なども接続されている。また、上位コントローラ 40 は、多相コンバータ 2 だけでなく、燃料電池 21 や電力変換器 35 も制御する。上位コントローラ 40 は、燃料電池 21 の出力を制御することができる。

10

【0024】

モード選択スイッチ 41 は、運転席に備えられている。モード選択スイッチ 41 は、車両の運動性能をスポーツモードと非スポーツモードに切り換えるスイッチである。スポーツモードは、きびきびした運動性能を実現するモードであり、非スポーツモードは、静粛性や電力消費量抑制を優先したモードである。実施例の電気自動車 100 は、スポーツモードにおいて、運転者がアクセルペダル 42 とブレーキペダル 43 を同時操作してからブレーキペダル 43 を解放したときに大きいトルクが出力できるようになっている。そのような運動特性は、多相コンバータ 2 の制御に起因する。以下では、スポーツモードと非スポーツモードの夫々における多相コンバータ 2 の制御について説明する。

20

【0025】

なお、アクセルペダルとブレーキペダルが同時に操作される状況は、典型的には、サーキットのコーナリング時に起こり得る。コーナの入り口では、運転者は減速のためにブレーキペダルを操作する。一方、コーナの出口では、運転者は、ブレーキペダルを解放した瞬間に力強い加速を要求する。エンジン車では、アクセルペダルとブレーキペダルを同時に操作すると、エンジントルクをブレーキで抑えつつ減速する。ブレーキペダルを解放した瞬間にエンジントルクが一気に解放されて力強い加速が得られる。実施例の電気自動車 100 は、多相コンバータ 2 の制御により、アクセルブレーキ同時操作からのブレーキ解放のときに大きなモータトルクが得られるようになっている。

30

【0026】

図 2 を参照して、多相コンバータ 2 の制御について説明する。図 2 は、多相コンバータ 2 の駆動モードの遷移図である。以下では、コンバータ回路 10 a - 10 d を、「相」と表現する場合がある。また、コンバータ回路 10 a - 10 d の夫々を、第 1 コンバータ回路 10 a、第 2 コンバータ回路 10 b、第 3 コンバータ回路 10 c、第 4 コンバータ回路 10 d と称する場合がある。

【0027】

非スポーツモードにおける多相コンバータ 2 の駆動モードは 3 種類ある。車両のメインスイッチ（IG：イグニッションスイッチとも呼ばれる）が入れると、コントローラ 17 は、まず、非スポーツモードの第 1 モード（M1）を選択する。第 1 モードは、4 相のコンバータ回路 10 a - 10 d のうち、2 相を駆動する駆動モードである。第 1 モードでは、コントローラ 17 は、コンバータ回路 10 a - 10 d の中から 2 相を選択し、それらを 180 度の位相で順次に駆動する。即ち、制御周期の開始時に第 1 コンバータ回路 10 a に駆動信号を供給し、半制御周期（位相 180 度）のタイミングで第 2 コンバータ回路 10 b に駆動信号を供給する。第 1 コンバータ回路 10 a と第 2 コンバータ回路 10 b には、同じデューティ比の駆動信号が供給される。

40

【0028】

先に述べたように、燃料電池 21 は、上位コントローラ 40 によって制御される。多相コンバータ 2 のコントローラ 17 は、電流センサ 23 によって燃料電池 21 の出力電流（多相コンバータ 2 への入力電流 $I_{fd c}$ ）をモニタしている。非スポーツモードでは、コン

50

トローラ 17 は、入力電流 $I_{f d c}$ の大きさに応じて、駆動する相数を調整する。

【0029】

入力電流 $I_{f d c}$ が第 1 電流閾値 I_1 を超えると、コントローラ 17 は、多相コンバータ 2 の駆動モードを第 1 モード (M1) から第 2 モード (M2) に切り換える。第 2 モードでは、コントローラ 17 は、4 相のコンバータ回路 10 a - 10 d のうち、3 相を駆動する。コントローラ 17 は、コンバータ回路 10 a - 10 dの中から 3 相を選択し、それらを 120 度の位相で順次に駆動する。即ち、制御周期の開始時に第 1 コンバータ回路 10 a に駆動信号を供給し、1/3 制御周期 (位相 120 度) のタイミングで第 2 コンバータ回路 10 b に駆動信号を供給する。さらに、2/3 制御周期 (位相 240 度) のタイミングで第 3 コンバータ回路 10 c に駆動信号を供給する。第 1 コンバータ回路 10 a と第 2 コンバータ回路 10 b と第 3 コンバータ回路 10 c には、同じデューティ比の駆動信号が供給される。1 制御周期が経過したら、再び、第 1 コンバータ回路 10 a から順番に駆動する。

10

【0030】

燃料電池 21 の出力電流 $I_{f d c}$ が第 2 電流閾値 I_2 を超えると、コントローラ 17 は、多相コンバータ 2 の駆動モードを第 2 モード (M2) から第 3 モード (M3) に切り換える。第 3 モード (M3) では、コントローラ 17 は、4 相のコンバータ回路 10 a - 10 d の全てを駆動する。コントローラ 17 は、コンバータ回路 10 a - 10 d を、90 度の位相で順次に駆動する。即ち、制御周期の開始時に第 1 コンバータ回路 10 a に駆動信号を供給し、1/4 制御周期 (位相 90 度) のタイミングで第 2 コンバータ回路 10 b に駆動信号を供給する。さらに、1/2 制御周期 (位相 180 度) のタイミングで第 3 コンバータ回路 10 c に駆動信号を供給し、3/4 制御周期 (位相 270 度) のタイミングで第 4 コンバータ回路 10 d に駆動信号を供給する。コンバータ回路 10 a - 10 d には、同じデューティ比の駆動信号が供給される。1 制御周期が経過したら、コントローラ 17 は、再び、第 1 コンバータ回路 10 a から順番に駆動する。

20

【0031】

コンバータ回路 10 a - 10 d の夫々は、入力電流が小さすぎるときよりも、入力電流が適切な範囲で効率がよい。コントローラ 17 は、多相コンバータ 2 への入力電流 $I_{f d c}$ が大きくなるにつれて駆動する相数を増やす。そうすることで、コンバータ回路 10 a - 10 d をなるべく効率の良い範囲で利用するとともに、コンバータ回路 10 a - 10 d の負荷が過大とならないようにする。

30

【0032】

また、複数の相を、位相をずらして順次駆動するのは、第 1 コンバータ回路 10 a のスイッチング素子 3 a のオフタイミングと、次に駆動する第 2 コンバータ回路 10 b のスイッチング素子 3 b のオンタイミングが重ならないようにするためである。スイッチング素子 3 a のオフタイミングとスイッチング素子 3 b のオンタイミングが重なると、電流リップルが重畳し、損失が大きくなる。

【0033】

順次に駆動されるコンバータ回路のスイッチング素子のオンタイミングとオフタイミングが重ならないようにするために、コントローラ 17 は、各コンバータ回路のスイッチング素子に与える駆動信号のデューティ比を制限する。コントローラ 17 は、 m 個のコンバータ回路を駆動するときの各相のスイッチング素子に与える駆動信号のデューティ比 D を、 $100/m$ [%] 未満に制限する。これは、次の理由による。

40

【0034】

今、コントローラ 17 の 1 制御周期を T_s [sec] で表す。 m 個のコンバータ回路を等間隔で順次に駆動するとき、駆動間隔は T_s/m [sec] となる。一方、デューティ比 100 [%] とは、1 制御周期 T_s [sec] を全てオンに割り当てることを意味する。1 制御周期 T_s [sec] を 100 [%] としたとき、駆動間隔 T_s/m [sec] は、 $100/m$ [%] に相当する。従って、 m 個のコンバータ回路を順次駆動する際のデューティ比を $100/m$ [%] 未満に制限することによって、一のコンバータ回路のスイッチ

50

ング素子のオフタイミングと次に駆動するコンバータ回路のスイッチング素子のオンタイミングが重なることを回避できる。

【 0 0 3 5 】

なお、コントローラ 17 は、第 3 モードで 3 相駆動しているときに、入力電流 $I_{fd c}$ が第 3 電流閾値 I_3 を下回ったら駆動モードを第 3 モードから第 2 モードに変更する。コントローラ 17 は、第 2 モードで 2 相駆動しているときに、入力電流 $I_{fd c}$ が第 4 電流閾値 I_4 を下回ったら駆動モードを第 2 モードから第 1 モードに変更する。第 1 モードから第 2 モードへ切り換えるときの入力電流 $I_{fd c}$ の閾値（第 1 電流閾値 I_1 ）と、第 2 モードから第 1 モードへ切り換えるときの入力電流 $I_{fd c}$ の閾値（第 4 電流閾値 I_4 ）が相違するのは、モード切り換えのハンチングを防止するためである。第 2 モードから第 3

10

【 0 0 3 6 】

先に述べたように、非スポーツモードとスポーツモードの切り替えは、運転者のモード選択スイッチ 41 の操作による。モード選択スイッチ 41 の操作結果は、上位コントローラ 40 を介してコントローラ 17 に伝達される。モード選択スイッチ 41 においてスポーツモードが選択されると、コントローラ 17 は、多相コンバータ 2 の駆動モードが第 1 - 第 3 モードのいずれにあっても、第 4 モード（ M_4 ）に切り換える。

【 0 0 3 7 】

第 4 モード（ M_4 ）は、入力電流 $I_{fd c}$ の大きさに関わらずに、常に 4 相を位相 90 度で順次に駆動するモードである。入力電流 $I_{fd c}$ の大きさに関わらずに、常に 4 相を駆動しているので、運転者がアクセルペダル 42 を急に踏み込んでも多相コンバータ 2 は素早く大電流を供給することが可能になる。即ち、スポーツモードでは、運転者のアクセルワークに対する出力トルクのレスポンスが良くなる。

20

【 0 0 3 8 】

なお、運転者がモード選択スイッチ 41 をスポーツモードから非スポーツモードに切り替えると、コントローラ 17 は、そのときの入力電流 $I_{fd c}$ の大きさに応じて、第 1 モード（ M_1 ）から第 3 モード（ M_3 ）のいずれかを選択して実行する。

【 0 0 3 9 】

第 4 モードにおいては、コントローラ 17 は、各相に与える駆動信号のデューティ比 D を、25 [%] 未満に制限する。第 4 モードでは 4 相駆動なので、デューティ比 D が $100 / 4 = 25$ [%] 未満であると、特定のコンバータ回路のスイッチング素子のオフタイミングと次に駆動するコンバータ回路のスイッチング素子のオンタイミングが重ならない。

30

【 0 0 4 0 】

図 2 の「スポーツモード」を示す破線内の英字「A」はアクセルを意味しており、英字「B」はブレーキを意味している。また、「AB 操作」は、アクセルペダル 42 とブレーキペダル 43 が同時に操作されたことを意味している。

【 0 0 4 1 】

コントローラ 17 は、上位コントローラ 40 からアクセルペダル 42 とブレーキペダル 43 の操作情報を取得し、アクセルペダル 42 とブレーキペダル 43 が同時に操作されると第 4 モード（ M_4 ）から第 5 モード（ M_5 ）又は第 6 モード（ M_6 ）に移行する。

40

【 0 0 4 2 】

アクセルペダル 42 とブレーキペダル 43 が同時に操作されたとき、入力電流 $I_{fd c}$ が第 1 電流閾値 I_1 を超えていたら、コントローラ 17 は、駆動モードを第 5 モード（ M_5 ）に切り換える。一方、入力電流 $I_{fd c}$ が第 1 電流閾値 I_1 以下であったら、コントローラ 17 は、駆動モードを第 6 モード（ M_6 ）に切り換える。以下では、説明の便宜上、アクセルペダル 42 とブレーキペダル 43 が同時に操作されることを、「アクセルブレーキ同時操作」と表現する。

【 0 0 4 3 】

50

第5モード(M5)について説明する。第5モードでは、コントローラ17は、第1コンバータ回路10aと第2コンバータ回路10bを同時に駆動し、第3コンバータ回路10cと第4コンバータ回路10dを同時に駆動する。ただし、コントローラ17は、第1/第2コンバータ回路10a、10bの駆動タイミングに対して、第3/第4コンバータ回路10c、10dの駆動タイミングの位相を180度ずらす。さらに、コントローラ17は、各相に供給する駆動信号のデューティ比を、第4モードのときのデューティ比(25%未満)よりも高く、かつ、50[%]未満に設定する。さらに、コントローラ17は、多相コンバータ2の出力電圧VHを、アクセルペダル42の操作量に関わらずに、上限値に保持する(VH固定)。また、コントローラ17は、スイッチング素子への駆動信号を生成するためのキャリア信号の周波数fcをf1[kHz]に固定する。

10

【0044】

まず、デューティ比を第4モードのときよりも高めるとともに、4相のコンバータ回路10a-10dを、2相ずつ、180度の位相差で駆動する処理について述べる。先に述べたように、第4モードでは、4相のコンバータ回路10a-10dを、90度の位相差で1相ずつ順次に駆動する。このときのデューティ比Dの上限は25[%]である。これは、一のコンバータ回路のスイッチング素子のオフタイミングと次のコンバータ回路のスイッチング素子のオンタイミングが重ならないための条件であった。第5モードでは、4相のコンバータ回路10a-10dを2相ずつ、180度の位相差で駆動するので、スイッチング素子のタイミングが重ならないためのデューティ比の上限値は50[%]となる。第5モードでは、4相のコンバータ回路10a-10dを2相ずつ、180度の位相差で駆動することによって、デューティ比を25[%]よりも高めても、リップルが大きくなり、損失が大きくなる。そして、アクセルブレーキ同時操作時はデューティ比を第4モード時のデューティ比よりも高めているので、ブレーキが解放されたときに素早く大トルクを出力することができる。デューティ比は、第4モードのときよりも高くするが、スイッチング素子のオフタイミングと別のスイッチング素子のオンタイミングが重ならないように、50[%]未満に制限する。

20

【0045】

コンバータ回路10aと10b(10cと10d)は同時にスイッチング素子がオンオフするのでリップルが大きくなる。ただし、1個のスイッチング素子のオフタイミングと別のスイッチング素子のオンタイミングが重なるときのリップルの増大よりも、2個のスイッチング素子が同時にオン(オフ)するときのリップルの増大の方が小さい。

30

【0046】

なお、図2に示すように、アクセルブレーキ同時操作の間は、多相コンバータ2は第5モードで駆動されるがブレーキが解放されると第4モードに遷移する。図2では示されていないが、第5モードから第4モードに遷移する場合には、第4モードに切り替える前に所定時間の待ち時間が設けてある。それゆえ、アクセルブレーキ同時操作からブレーキが解放された後しばらくは第5モードが維持され(即ち、25[%]以上のデューティ比が維持され)、素早く大きなモータトルクが出力され得る。

【0047】

次に、第5モードにおいて、多相コンバータ2の出力電圧VHを、アクセルペダル42の操作量に関わらずに、上限値に保持することの利点を述べる。アクセルブレーキ同時操作からブレーキが解放されるとモータ32の回転数が急激に上昇する。そうすると、モータ32に流れる電流が急増する。すなわち、多相コンバータ2からインバータ31へ流れる電流が急増する。多相コンバータ2からの出力電流が急増するので、多相コンバータ2の出力電圧が低下し易くなる。そこで、多相コンバータ2のコントローラ17は、多相コンバータ2の出力電圧VHを上限値に保持するようにデューティ比を調整する。コントローラ17は、出力電圧VHが低下し始めたならデューティ比を高め、出力電圧VHの低下を抑える。出力電圧VHを上限値に保持するようにデューティ比を調整することによって、アクセルブレーキ同時操作からブレーキ解放後に出力電流が増えても出力電圧VHの低下が抑えられる。その結果、モータ32の出力トルクが低下せず、大きい出力トルクが継続す

40

50

る。

【 0 0 4 8 】

第 5 モードにおいて、コントローラ 1 7 は、スイッチング素子への駆動信号を生成するためのキャリア信号の周波数 f_c を f_1 [k H z] に固定する。なお、後述するように、アクセルブレーキ同時操作が検知されたときに入力電流 $I_{fd c}$ が第 1 電流閾値 I_1 以下の場合は、キャリア周波数 f_c は f_2 [k H z] に設定される。ここで、周波数 f_1 は、周波数 f_2 よりも大きい値に設定されている。即ち、コントローラ 1 7 は、アクセルブレーキ同時操作が検知されたとき、入力電流 $I_{fd c}$ が高い場合（第 5 モード）のキャリア周波数（ $f_c = f_1$ [k H z]）を、低い場合（第 6 モード）のキャリア周波数（ $f_c = f_2$ [k H z]）よりも高くする。入力電流 $I_{fd c}$ が大きいときにキャリア周波数を高めることによって、次の 3 点の利点を得られる。

10

【 0 0 4 9 】

第一に、キャリア周波数を高くすることで、コンデンサ 2 2、2 4 の発熱が抑えられる。第二に、キャリア周波数を高くすることで、制御の応答性が高まる。第三に、キャリア周波数を高くすることで、リアクトル 5 a - 5 d の損失（鉄損）を抑制できる。

【 0 0 5 0 】

次に、第 6 モード（M 6）について説明する。第 6 モードでは、コントローラ 1 7 は、2 相のコンバータ回路（例えば、第 1、第 2 コンバータ回路 1 0 a、1 0 b）を、1 8 0 度の位相差で交互に駆動する。各相に供給するデューティ比は、5 0 [%] 未満に制限する。さらに、コントローラ 1 7 は、多相コンバータ 2 の出力電圧 V_H を、アクセルペダル 4 2 の操作量に関わらずに、上限値に保持する（ V_H 固定）。また、コントローラ 1 7 は、スイッチング素子への駆動信号を生成するためのキャリア信号の周波数 f_c を f_2 [k H z] に固定する（ $f_2 < f_1$ ）。

20

【 0 0 5 1 】

出力電流 $I_{fd c}$ が低い場合には、多相コンバータ 2 の損失は、スイッチング損失よりも、リアクトル 5 a - 5 d の鉄損の影響が大きくなる。そこで、入力電流 $I_{fd c}$ が低い場合には、コントローラ 1 7 は、アクセルブレーキ同時操作においても、駆動相数を 4 相から 2 相に減らし、リアクトル 5 a - 5 d の鉄損を抑制する。一方、コントローラ 1 7 は、アクセルペダル 4 2 の操作量に関わらずに、多相コンバータ 2 の出力電圧 V_H を上限値に保持する。そうすることで、アクセルブレーキ同時操作からブレーキが解放されてモータ 3 2 の回転数が上昇したときに、所定のトルクが継続して出力されるようにする。

30

【 0 0 5 2 】

なお、図 2 に示すように、アクセルブレーキ同時操作の間は、多相コンバータ 2 は第 6 モードで駆動されるがブレーキが解放されると第 4 モードに遷移する。図 2 では示されていないが、第 6 モードから第 4 モードに遷移する場合には、第 4 モードに切り替える前に所定時間の待ち時間が設けてある。それゆえ、アクセルブレーキ同時操作からブレーキが解放された後しばらくは第 4 モードが維持され、所定のトルクが継続して出力され得る。

【 0 0 5 3 】

アクセルブレーキ同時操作中であって駆動モードが第 5 モード（M 5）の間に入力電流 $I_{fd c}$ が第 1 電流閾値 I_1 以下となった場合は、コントローラ 1 7 は、駆動モードを第 6 モード（M 6）に変更する。また、アクセルブレーキ同時操作中であって駆動モードが第 6 モード（M 6）の間に入力電流 $I_{fd c}$ が第 1 電流閾値 I_1 を超えた場合は、コントローラ 1 7 は、駆動モードを第 6 モード（M 6）に変更する。

40

【 0 0 5 4 】

以上の通り、実施例の電気自動車 1 0 0 は、多相コンバータ 2 への入力電流 $I_{fd c}$ が第 1 電流閾値 I_1 を超えており多相コンバータ 2 の駆動モードが第 4 モードのときにアクセルブレーキ同時操作が検知されると、コントローラ 1 7 は、コンバータ回路 1 0 a - 1 0 d を 2 相ずつ、1 8 0 度の位相差で駆動する第 5 モードに遷移する。コントローラ 1 7 は、第 4 モードではデューティ比が 2 5 [%] 未満に制限するが、第 5 モードに遷移したら、コントローラ 1 7 はデューティ比を 2 5 [%] を超える値に変更する。第 5 モードで多

50

相コンバータ2を駆動することで、アクセルブレーキ同時操作からブレーキが解放されたときに大きいモータトルクを出力することができる。

【0055】

上記で説明した技術に関する留意点を述べる。本明細書が開示する技術は、4個のコンバータ回路を有する多相コンバータに限定されない。例えば、2個のコンバータ回路を有する多相コンバータの場合を説明する。多相コンバータのコントローラは、スポーツモードが選択されると、2個のコンバータ回路を180度の位相差で交互に駆動する。コントローラは、それぞれのコンバータ回路に供給する駆動信号のデューティ比を50 [%]未満に制限する。その状態でアクセルブレーキ同時操作が検知されると、コントローラは、2相を同時に制御する。コントローラは、コンバータ回路に供給する駆動信号のデューティ比を、アクセルブレーキ同時操作を検知する前のデューティ比よりも高くする。また、コントローラは、アクセルの操作量に関わらずに、多相コンバータの出力電圧を上限値に固定する。そうすることで、アクセルブレーキ同時操作からブレーキが解放された後、大きいトルクを継続して出力することができる。

10

【0056】

多相コンバータがn個のコンバータ回路を有している場合について述べる。なお、n個のコンバータ回路は、同じ構造を有しており、所定のデューティ比の駆動信号でオンオフするスイッチング素子の動作で入力電圧を昇圧する回路である。多相コンバータのコントローラは、n個のコンバータ回路をデューティ比Dで1相ずつ順次駆動しているときにアクセルとブレーキが同時に操作されたことを検知すると、少なくとも2個の昇圧コンバータ回路を同時駆動し、コンバータ回路の駆動タイミングの間隔をアクセルとブレーキの同時操作前よりも長くする。さらに、コントローラは、コンバータ回路へ供給する駆動信号のデューティ比を上記D（即ち、アクセルブレーキ同時操作の検知前）よりも大きくする。

20

【0057】

n個のコンバータ回路を有する多相コンバータのコントローラの制御を別言すると次の通りである。コントローラは、n個のコンバータ回路に対して、デューティ比D1の駆動信号を、位相を360度/nずつずらして供給しているときにアクセルとブレーキが同時に操作されたことを検知すると、n個のコンバータ回路に対してD1よりも大きいデューティ比の駆動信号を供給するとともに、少なくとも2個のコンバータ回路を同時駆動する。コントローラは、残りのコンバータ回路を、位相を360度/nよりも大きくずらして駆動する。

30

【0058】

特に、数値nが偶数の場合、コントローラは、次の処理を行うとよい。コントローラは、偶数のn個のコンバータ回路に対して、位相を360度/nずつずらしてデューティ比D1の駆動信号を供給しているときにアクセルとブレーキが同時に操作されたことを検知すると、2個ずつのn/2組の昇圧コンバータ回路に対して、位相を180度/nずつずらしてD1よりも大きいデューティ比の駆動信号を供給する。

【0059】

その他の留意点を述べる。コントローラは、アクセルブレーキが同時に操作されている間、直流電源（燃料電池21）の出力電流が所定の閾値よりも高い場合は低い場合よりもキャリア周波数を高くするとよい。

40

【0060】

コントローラは、スポーツモードが選択されている間は、バッテリー34の残充電量（SOC：State Of Charge）を50 [%]以下に抑える。スポーツモードでは、運転者のアクセルブレーキワークが頻繁になる傾向がある。このことは、スポーツモードでは、回生電力が非スポーツモードのときよりも多く発生する可能性があることを意味する。バッテリー34の残充電量を50 [%]以下に保つことで、頻繁に発生する回生電力を常に充電できるようにしておくことができる。

【0061】

本明細書が開示する技術は、走行用のモータとともにエンジンを備えるハイブリッド車に

50

適用することもできる。

【 0 0 6 2 】

以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成し得るものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 3 】

- 2 : 多相コンバータ
- 3 a - 3 d : スイッチング素子
- 4 a - 4 d、6 a - 6 d : ダイオード
- 5 a - 5 d : リアクトル
- 1 0 a - 1 0 d : 昇圧コンバータ回路 (コンバータ回路)
- 1 7 : コントローラ
- 2 1 : 燃料電池
- 2 2、2 4 : コンデンサ
- 2 3 : 電流センサ
- 2 5 : 電圧センサ
- 3 1 : インバータ
- 3 2 : モータ
- 3 4 : バッテリ
- 3 5 : 電力変換器
- 4 0 : 上位コントローラ
- 4 1 : モード選択スイッチ
- 4 2 : アクセルペダル
- 4 3 : ブレーキペダル
- 1 0 0 : 電気自動車

10

20

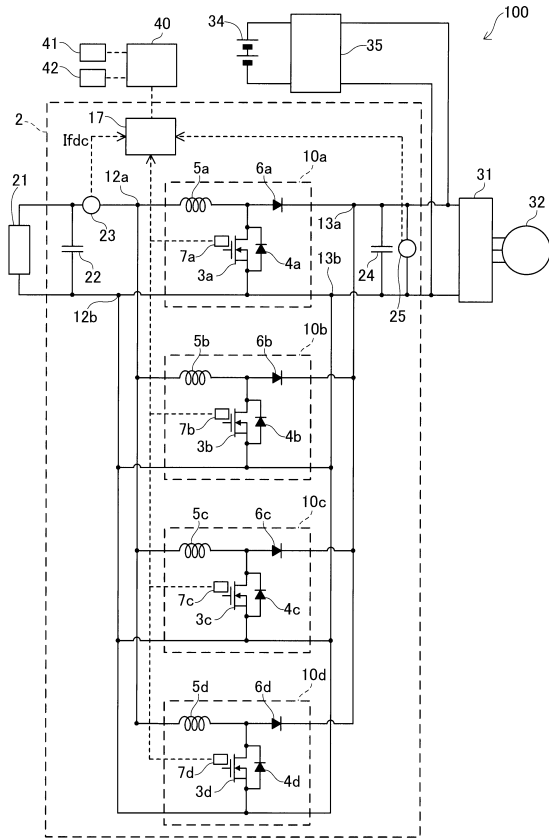
30

40

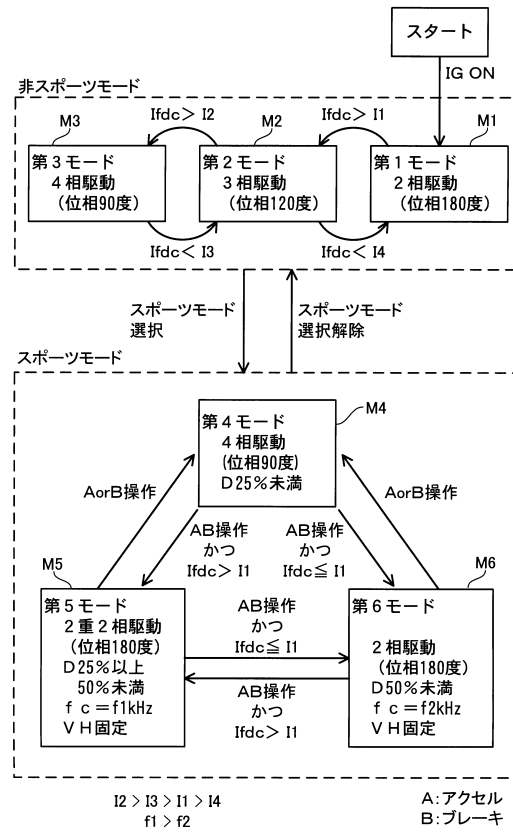
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

B 6 0 K 6/40 (2007.10)

F I

B 6 0 W 20/19

Z H V

B 6 0 K 6/40

(56)参考文献

特開 2 0 1 7 - 1 5 3 2 3 9 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 2 1 3 5 1 6 (U S , A 1)

特開 2 0 1 3 - 1 6 2 5 8 6 (J P , A)

特開 2 0 0 9 - 0 7 7 5 3 7 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

B 6 0 L 1 / 0 0 - 5 8 / 4 0

H 0 2 M 3 / 1 5 5

B 6 0 W 1 0 / 0 0 - 2 0 / 5 0

B 6 0 K 6 / 2 0 - 6 / 5 4 7