

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7003677号  
(P7003677)

(45)発行日 令和4年1月20日(2022.1.20)

(24)登録日 令和4年1月6日(2022.1.6)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 2 M 3/155(2006.01) H 0 2 M 3/155 W

請求項の数 1 (全11頁)

(21)出願番号	特願2018-5479(P2018-5479)	(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
(22)出願日	平成30年1月17日(2018.1.17)	(74)代理人	110000110 特許業務法人快友国際特許事務所
(65)公開番号	特開2019-126184(P2019-126184 A)	(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
(43)公開日	令和1年7月25日(2019.7.25)	審査官	遠藤 尊志
審査請求日	令和2年8月26日(2020.8.26)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 多相コンバータ

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

多相コンバータであって、  
並列に接続されており、入力電力を変換して出力する複数のコンバータ回路と、  
前記多相コンバータへの入力電流が大きくなるにつれて駆動する前記コンバータ回路の数を増やしていくコントローラと、  
を備えており、  
前記コントローラは、少なくとも1個の前記コンバータ回路が停止しており動作している前記コンバータ回路の温度の中で最も高い温度が所定の上限温度を超えている場合、前記入力電流の傾きが正値から負値に切り変わった後の所定時間の間は、前記「最も高い温度」が前記上限温度以下のときの前記入力電流に対応する駆動数よりも多い数の前記コンバータ回路を駆動する、多相コンバータ。

## 【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、複数の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に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

複数の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が知られている。特許文献

1の多相コンバータは、入力電流が大きくなるにつれて駆動するコンバータ回路の数を増やす。入力電流の大きさに応じて駆動するコンバータ回路の数を調整することで、負荷を分散するとともに、効率のよい範囲でコンバータ回路を使うことができる。一般に、コンバータ回路には、効率が高い入力電流範囲が存在し、多相コンバータへの入力電流が少ないときに駆動するコンバータ回路の数を減らすことで、効率が高い入力電流範囲でコンバータ回路を使う頻度を高めることができるからである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2017-153244号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1の多相コンバータは、複数のコンバータ回路に負荷を分散することで、コンバータ回路の過熱を防ぐことができる。しかしながら、例えば、大きな入力電流に対応して複数のコンバータ回路が動作した後に入力電流が減少して1個のコンバータ回路のみが継続して動作する場合、その1個のコンバータ回路の温度が他のコンバータ回路の温度よりも高くなってしまふ。特に、大きな入力電流に対応してそれぞれのコンバータ回路の温度が相応に高くなった後に、1個だけ継続して動作すると、その1個のコンバータの温度が過熱防止のための温度上限値を超えてしまふおそれがある。多相コンバータにおいて負荷を分散させる仕組みには改善の余地がある。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

本明細書が開示する多相コンバータは、並列に接続されており入力電力を変換して出力する複数のコンバータ回路と、コントローラを備えている。コントローラは、入力電流が大きくなるにつれて駆動するコンバータ回路の数を増やしていく。このコントローラは、コンバータ回路の温度とコンバータ回路に流れる電流の少なくとも一方に基づいて設定される負荷指標値が所定の負荷許容範囲を外れているとともに、高負荷期間判定指標値が所定の終了判定閾値を下回った後の所定期間の間は、負荷指標値が負荷許容範囲を超えないときの入力電力に対応する駆動数よりも多い数のコンバータ回路を駆動する(ただし、所定期間において、負荷指標値が負荷許容範囲内のときの駆動数が最大駆動数の場合はその最大駆動数を維持する)。本明細書が開示する多相コンバータは、各コンバータ回路の負荷が高かった後は、負荷が低くなっても通常よりも多い数のコンバータ回路を駆動し、負荷を分散し続ける。そのような処理により、特定のコンバータ回路が過熱してしまふことを防止する。具体的には、コントローラは、少なくとも1個のコンバータ回路が停止しており動作しているコンバータ回路の温度の中で最も高い温度が所定の上限温度を超えている場合、多相コンバータへの入力電流の傾きが正值から負値に切り換わった後の所定時間の間は、「最も高い温度」が上限温度以下のときの多相コンバータへの入力電流に対応する駆動数よりも多い数のコンバータ回路を駆動する。

30

【0006】

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。

40

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】実施例の電気自動車の電力系のブロック図である。

【図2】多相コンバータの駆動モードの遷移図である。

【図3】多相コンバータの駆動数変化の一例を示すタイムチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0008】

図面を参照して実施例の多相コンバータを説明する。実施例の多相コンバータは、電気自

50

動車に搭載されている。図 1 に、多相コンバータ 2 を搭載した電気自動車 100 の電力系のブロック図を示す。図 1 における矢印付破線は信号線を意味している。

【0009】

電気自動車 100 は、走行用のモータ 32 と、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。

【0010】

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。

【0011】

多相コンバータ 2 は、4 個の昇圧コンバータ回路 10a - 10d と、コンデンサ 22、24 と、電流センサ 23 と、電圧センサ 25 と、コントローラ 17 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 10a - 10d を、単純に、コンバータ回路 10a - 10d と称する。

【0012】

4 個のコンバータ回路 10a - 10d は、共通の入力端 12a、12b と、共通の出力端 13a、13b の間に並列に接続されている。4 個のコンバータ回路 10a - 10d 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 10a - 10d は、それぞれ、燃料電池 21 の出力電圧を、モータ 32 の駆動電圧まで昇圧する。コンバータ回路 10a - 10d は、全て、同じ構造を有している。

【0013】

共通の入力端 12a、12b の間にはコンデンサ 22 が接続されており、共通の出力端 13a、13b の間にはコンデンサ 24 が接続されている。コンデンサ 22 は、コンバータ回路 10a - 10d に入力される電流を平滑化し、コンデンサ 24 は、コンバータ回路 10a - 10d から出力される電流を平滑化する。

【0014】

コンバータ回路 10a について説明する。コンバータ回路 10a は、スイッチング素子 3a と、ダイオード 4a、6a と、リアクトル 5a と、温度センサ 7a を備えている。リアクトル 5a の一端が入力端正極 12a に接続されており、他端はダイオード 6a のアノードに接続されている。ダイオード 6a のカソードは出力端正極 13a に接続されている。温度センサ 7a は、スイッチング素子 3a の温度を計測する。

【0015】

温度センサ 7a は、コンバータ回路 10a のなかで、最も温度が高くなる箇所に配置されていけばよい。温度センサ 7a は、例えば、スイッチング素子 3a のチップ内に備えられている。コンバータ回路 10a のなかでリアクトル 5a の温度の方が重要である場合は、温度センサ 7a はリアクトル 5a に配置されてもよい。あるいは、スイッチング素子とリアクトルの双方に温度センサが備えられていても良い。

【0016】

コンバータ回路 10a の入力端負極 12b と出力端負極 13b は直接に接続されている。リアクトル 5a とダイオード 6a の中間点と入力端負極 12b (出力端負極 13b) の間に、スイッチング素子 3a が接続されている。ダイオード 4a は、スイッチング素子 3a に対して逆並列に接続されている。

【0017】

10

20

30

40

50

コンバータ回路10bは、スイッチング素子3bと、ダイオード4b、6bと、リアクトル5bと、温度センサ7bを備えている。コンバータ回路10cは、スイッチング素子3cと、ダイオード4c、6cと、リアクトル5cと、温度センサ7cを備えている。コンバータ回路10dは、スイッチング素子3dと、ダイオード4d、6dと、リアクトル5dと温度センサ7dを備えている。コンバータ回路10b - 10dの構造は、コンバータ回路10aの構造と同一である。

#### 【0018】

コンバータ回路10a - 10dのスイッチング素子3a - 3d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3a - 3dは、コントローラ17によって制御される。図1では、コントローラ17からスイッチング素子3a - 3dへの信号線の図示は省略してある。コントローラ17は、所定のデューティ比の駆動信号をスイッチング素子3a - 3dに供給する。スイッチング素子3a - 3d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12a、12bに印加されている燃料電池21の電力の電圧が昇圧されて、出力端13a、13bから出力される。別言すれば、コンバータ回路10a (10b - 10d) 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3a (3b - 3d) によって入力電圧を昇圧する。

#### 【0019】

コンバータ回路10a - 10dは、同じ構造を有している。コントローラ17は、同じデューティ比の駆動信号をスイッチング素子3a - 3dの夫々に供給する。ただし、コントローラ17は、タイミングを異ならせて、スイッチング素子3a - 3dの夫々に駆動信号を供給する。コンバータ回路10a - 10d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10a - 10dが同じ動作をすることで、4個のコンバータ回路10a - 10d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21から供給される電流 (多相コンバータ2への入力電流 $I_{fd c}$ ) を計測する電流センサ23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と、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10a - 10dを制御する。詳しくは後述するが、コントローラ17は、入力電流 $I_{fd c}$ の大きさに応じて、駆動するコンバータ回路の数を調整する。

#### 【0020】

上位コントローラ40には、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。特に、上位コントローラ40は、アクセルペダル42の操作量が大きい場合には、燃料電池21の出力を大きくする。

#### 【0021】

多相コンバータ2の説明に戻る。多相コンバータ2のコントローラ17は、入力電流 $I_{fd c}$  (燃料電池21の出力電流) の大きさに応じて、駆動するコンバータ回路の数を調整する。具体的には、入力電流 $I_{fd c}$ が大きくなるにつれて、駆動するコンバータ回路の数を増やす。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10a - 10dを、「相」と表現する場合がある。また、コンバータ回路10a - 10dの夫々を、第1コンバータ回路10a、第2コンバータ回路10b、第3コンバータ回路10c、第4コンバータ回路10dと称する場合がある。

#### 【0022】

多相コンバータ2の駆動モードには、図2に示されている第1 - 第3モードと、後述する

10

20

30

40

50

特別モードがある。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）が入れられると、コントローラ17は、まず、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10a - 10d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10a - 10dの中から2相を選択し、それらを180度の位相で順番に駆動する。即ち、制御周期の開始時に第1コンバータ回路10a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10bに駆動信号を供給する。第1コンバータ回路10aと第2コンバータ回路10bには、同じデューティ比の駆動信号が供給される。

#### 【0023】

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。それゆえ、燃料電池21の出力電流の大きさは変化する。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から供給される入力電流 $I_{fd}$ をモニタしている。コントローラ17は、入力電流 $I_{fd}$ の大きさに応じて、駆動する相数を調整する。

10

#### 【0024】

入力電流 $I_{fd}$ 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10a - 10d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10a - 10d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10a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10b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10cに駆動信号を供給する。第1コンバータ回路10aと第2コンバータ回路10bと第3コンバータ回路10c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10aから順番に駆動する。

20

#### 【0025】

入力電流 $I_{fd}$ が第2電流閾値 $I_2$ （ $> I_1$ ）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10a - 10dの全てを駆動する。コントローラ17は、コンバータ回路10a - 10d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10a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10b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10c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10dに駆動信号を供給する。コンバータ回路10a - 10d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10aから順番に駆動する。

30

#### 【0026】

コンバータ回路10a - 10dの夫々は、入力が小さすぎるときよりも、入力が適切な範囲で効率がよい。コントローラ17は、入力電流 $I_{fd}$ 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10a - 10d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10a - 10dの負荷が過大とならないようにする。

40

#### 【0027】

また、複数の相を、位相をずらして順次駆動するのは、それぞれのコンバータ回路のスイッチング素子のオンオフのタイミングが重ならないようにするためである。スイッチング素子のオンオフタイミングが重なると、電流リップルや電圧サージ、リングングが重畳し、損失が大きくなる。

#### 【0028】

50

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。ここで、電流閾値の大きさの関係は、 $I_2 > I_3 > I_1 > I_4$  である。第 1 モードから第 2 モードへ切り換えするときの入力電流  $I_{fd c}$  の閾値（第 1 電流閾値  $I_1$ ）と、第 2 モードから第 1 モードへ切り換えするときの入力電流  $I_{fd c}$  の閾値（第 4 電流閾値）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 モードへ切り換えするときの入力電流  $I_{fd c}$  の閾値（第 2 電流閾値  $I_2$ ）と、第 3 モードから第 2 モードへ切り換えするときの入力電流  $I_{fd c}$  の閾値（第 3 電流閾値）が相違するのも、モード切り換えのハンチングを防止するためである。

10

#### 【0029】

コントローラ 17 は、さらに、4 個のコンバータ回路 10 a - 10 d の負荷を抑えるために、即ち、4 個のコンバータ回路 10 a - 10 d の温度を平準化するために、次のロジックによる制御を実施する。コントローラ 17 は、コンバータ回路 10 a - 10 d の温度とコンバータ回路 10 a - 10 d に流れる電流（即ち入力電流  $I_{fd c}$ ）の少なくとも一方に基づいて設定される負荷指標値が所定の負荷許容範囲を外れており、かつ、高負荷期間判定指標値が終了判定閾値を下回った後の所定期間の間は、負荷指標値が負荷許容範囲内のときの入力電流  $I_{fd c}$  に対応する駆動数よりも多い数のコンバータ回路を駆動する。例えば、入力電流  $I_{fd c}$  の大きさが、通常であれば第 2 モードで 3 相駆動する値であっても、コントローラ 17 は、上記した条件が成立している場合には（即ち、高負荷状態が続いた後は）、負荷が下がっても 4 相駆動する。そのような制御モードを以下では、特別モードと称することにする。なお、高負荷期間判定指標値が終了判定閾値を下回った後の所定期間において、負荷指標値が負荷許容範囲内のときの駆動数が最大駆動数の場合は、所定期間の全体にわたって最大駆動数を維持する。

20

#### 【0030】

負荷指標値には、例えば、温度センサ 7 a - 7 d が計測する温度（即ち、コンバータ回路 10 a - 10 d の温度）のうち、最も高い温度  $T_k$  が選定される。この場合、負荷許容範囲は、 $T_k < T_{max}$  に設定される。温度  $T_{max}$  は、コンバータ回路 10 a - 10 d に許容される温度範囲の上限値である。高負荷期間判定指標値には、例えば、入力電流  $I_{fd c}$  の変化率が選定される。終了判定閾値には、入力電流  $I_{fd c}$  の変化率 = ゼロが選定される。コントローラ 17 は、入力電流  $I_{fd c}$  の変化率がゼロを下回ったら、即ち、入力電流  $I_{fd c}$  の時間変化が正值から負値に変化したときに、高負荷期間が終了したと判定する。所定期間の終了時期は、例えば、モータ 32 の出力トルクが所定のトルク閾値  $A_{th}$  を下回ったときに定められる。

30

#### 【0031】

この場合、コンバータ回路 10 a - 10 d のなかで最も高い温度  $T_k$  が上限温度  $T_{max}$  を上回ると、コントローラ 17 は、高負荷期間であると判断する。高負荷期間において、コントローラ 17 は、入力電流  $I_{fd c}$  の傾きが正值から負値に切り換わったときに、高負荷期間が終了したと判定する。高負荷期間の終了時点から後、モータ 32 の出力トルクがトルク閾値  $A_{th}$  を下回るまで、コントローラ 17 は、駆動モードが第 1 モード（2 相駆動）又は第 2 モード（3 相駆動）であっても、4 相のコンバータ回路を駆動する。即ち、コントローラ 17 は、多相コンバータ 2 を特別モードで駆動する。

40

#### 【0032】

図 3 を参照して、コントローラ 17 の制御の具体例を説明する。図 3 は、4 個のコンバータ回路 10 a - 10 d を有する多相コンバータ 2 の駆動数の変化の一例を示すタイムチャートである。（1）は、入力電流  $I_{fd c}$  の変化を示している。（2）は、第 1 相（第 1 コンバータ回路 10 a）と第 2 相（第 2 コンバータ回路 10 b）の出力電流を示している。第 1 相（第 1 コンバータ回路 10 a）と第 2 相（第 2 コンバータ回路 10 b）は、図 2 のモード遷移図に示されているように、常に同時に駆動される。（3）は、第 3 相（第 3

50

コンバータ回路 10c) の出力電流を示しており、(4) は第 4 相 (第 4 コンバータ回路 10d) の出力電流を示している。出力電流がゼロの間は、駆動されていないことを意味する。(5) は、モータ 32 の出力トルクの変化を示している。なお、図 3 では、理解を助けるために、第 1 電流閾値 (第 1 モードから第 2 モードへ切り換えるときの閾値) と、第 4 電流閾値 (第 2 モードから第 1 モードへ切り換えるときの閾値) は、いずれも第 1 電流閾値  $I_1$  であると仮定する。

#### 【0033】

時刻  $t_1$  までは入力電流  $I_{fd c}$  が第 1 電流閾値  $I_1$  よりも低いので、コントローラ 17 は、第 1 モード、即ち、2 個のコンバータ回路 10a、10b を駆動する。時刻  $t_1$  に、入力電流  $I_{fd c}$  が第 1 電流閾値  $I_1$  を超えるので、コントローラ 17 は、第 2 モードへ移行する。即ち、コントローラ 17 は、時刻  $t_1$  以降、3 個のコンバータ回路 10a - 10c を駆動する。時刻  $t_2$  に入力電流  $I_{fd c}$  が第 1 電流閾値  $I_1$  を下回るので、コントローラ 17 は、第 2 モードから第 1 モードに移行する。即ち、コントローラ 17 は、時刻  $t_2$  以降は、第 3 コンバータ回路 10c を停止し、2 個のコンバータ回路 10a、10b を駆動する。

10

#### 【0034】

時刻  $t_3$  で入力電流  $I_{fd c}$  が再び第 1 電流閾値  $I_1$  を超える。そこで、コントローラ 17 は、時刻  $t_3$  以降は、第 3 モードに移行し、3 個のコンバータ回路 10a - 10c を駆動する。ここまでは、4 個のコンバータ回路 10a - 10d の温度の中で最も高い温度  $T_k$  が、上限温度  $T_{max}$  を超えていないとする。

20

#### 【0035】

時刻  $t_4$  にて、温度  $T_k$  が上限温度  $T_{max}$  を超えたとする。即ち、時刻  $t_4$  にて、負荷指標値 (温度  $T_k$ ) が、負荷許容範囲 ( $T_k < \text{上限温度 } T_{max}$ ) を外れる。時刻  $t_5$  にて、入力電流  $I_{fd c}$  の傾きが正值から負値に変化する (図 3 のポイント P1 参照)。先に述べたように、高負荷期間判定指標値には、入力電流  $I_{fd c}$  の変化率が選定されている。そして、終了判定閾値には、入力電流  $I_{fd c}$  の変化率 = ゼロが選定されている。即ち、時刻  $t_5$  にて、高負荷期間判定指標値 (入力電流  $I_{fd c}$  の傾き) が終了判定閾値 (傾き = ゼロ) を下回る。そこで、コントローラ 17 は、時刻  $t_5$  から時刻  $t_6$  までは、通常であれば第 2 モード (3 相駆動) を選択すべきであるところを、4 個のコンバータ回路 10a - 10d を全て駆動する。また、時刻  $t_6$  で入力電流  $I_{fd c}$  が第 1 電流閾値  $I_1$  を下回るので時刻  $t_6$  以降は通常であれば第 1 モード (2 相駆動) を選択すべきであるところを、コントローラ 17 は、継続して 4 個のコンバータ回路 10a - 10d を駆動する。即ち、コントローラ 17 は、時刻  $t_5$  以降、特別モードで複数のコンバータ回路 10a - 10d を制御する。なお、特別モードであっても、駆動する複数のコンバータ回路には、同じデューティ比の駆動信号が供給される。

30

#### 【0036】

時刻  $t_7$  にて、モータ 32 の出力トルクがトルク閾値  $A_{th}$  を下回る。時刻  $t_7$  にて、コントローラ 17 は、通常よりも多い数のコンバータ回路を駆動する特別モードを終了する。時刻  $t_7$  以降は、入力電流  $I_{fd c}$  が第 1 電流閾値  $I_1$  を下回っているので、コントローラ 17 は、第 1 モード、即ち、2 個のコンバータ 10a、10b を駆動する。

40

#### 【0037】

上記の例では、時刻  $t_5$  から時刻  $t_7$  まで、通常であれば第 4 コンバータ回路 10d は駆動しないモードであるが、その前の時刻  $t_4$  にて、負荷指標値 (温度  $T_k$ ) が負荷許容範囲 ( $T_k < T_{max}$ ) を外れたので、コントローラ 17 は、通常よりも多くの数のコンバータ回路を駆動する。通常よりも多くのコンバータ回路を駆動し、負荷を分散することで、コンバータ回路の温度が通常モードのときよりも早く下がる。

#### 【0038】

通常の駆動モード (第 1 - 第 3 モード) は、コンバータ回路の効率を優先して駆動数が定められているが、上記した特別モードの場合は、効率よりも、コンバータ回路の温度を下げるように、多くのコンバータ回路を駆動する。

50

## 【0039】

実施例で説明した技術に関する留意点を述べる。負荷指標値は、複数のコンバータ回路のなかの最も高い温度 $T_k$ に限られない。例えば、負荷指標値は、第2モードと第3モードで駆動されるコンバータ回路（第3コンバータ回路10c）の温度と、第3モードで駆動されるが第2モードでは駆動されないコンバータ回路（第4コンバータ回路10d）の温度との差（温度差）の積分値であってもよい。この積分値が小さいことは、第3モードが短時間で終了し、第1モードと第4モードが頻繁に使われることを意味する。すなわち、この積分値が小さいことは、アクセルペダル42の操作量が頻繁に大きく変化することを意味している。そのような場合は、高負荷であるから、その後高負荷期間が終了しても（即ち、高負荷期間判定指標が終了判定閾値を下回った後）、特別モードが選択されるとよい。積分値は、アクセルペダル42の開度（操作量）が正值になったときにリセットされるとよい。

10

## 【0040】

あるいは、負荷指標値には、常に同時に駆動される第1コンバータ回路10aの温度と、第2コンバータ回路10bの温度の差の積分値であってもよい。コンバータ回路10a、10bが共に正常であれば、温度差は小さいはずである。温度差が大きい場合とは、コンバータ回路10a、10bの一方に不具合が生じて負荷が高い可能性が高い。そのような場合には、より多くのコンバータ回路を駆動して負荷を分散させるのがよい。この場合でも、積分値は、アクセルペダル42の開度（操作量）が正值になったときにリセットされるとよい。

20

## 【0041】

あるいは、負荷指標値には、入力電流 $I_{fd}$ の積分値であってもよい。積分の範囲は、現在時刻から所定時間だけ過去までの間でよい。この場合、コントローラ17は、最新の一定時間内の入力電流 $I_{fd}$ の積分値が大きい場合に、高負荷であると判定する。

## 【0042】

実施例のコントローラ17が実行する特別モードは、次のように表現することもできる。コントローラ17は、コンバータ回路の温度とコンバータ回路に流れる電流の少なくとも一方に基づいて設定される負荷指標値が所定の負荷許容範囲を外れている場合、入力電流 $I_{fd}$ の時間変化が正值から負値に切り換わった後の所定期間の間は、入力電流の大きさに関わらずに、正值から負値に切り換わったときの駆動数を保持する、あるいは、切り換わったときの駆動数よりも多い数のコンバータ回路を駆動する。

30

## 【0043】

コントローラ17は、第3モードから第2モードに切り替える際、あるいは、第2モードから第1モードに切り替える際、温度の低い順に、駆動するコンバータ回路を選択するようにしてもよい。そうすることで、複数のコンバータ回路の温度をより一層平準化することができる。コントローラ17は、第1モードから第2モードに切り替える際、駆動していない2個のコンバータ回路のうち、温度の低い方のコンバータ回路を選択して駆動するようにしてもよい。すなわち、コントローラ17は、駆動モードを切り替える際に、温度の低い順に、駆動するコンバータ回路を選択するようにしてもよい。

## 【0044】

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。本明細書が開示する技術は、2個以上のコンバータ回路を有する多相コンバータに適用することができる。本明細書が開示する技術は、複数の降圧コンバータ、あるいは、複数の双方向DC-DCコンバータが並列に接続されている多相コンバータに適用することもできる。

40

## 【0045】

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適用することもできる。

## 【0046】

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

50

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な変形、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 4 7 】

2	: 多相コンバータ	
3 a - 3 d	: スイッチング素子	10
4 a - 4 d、6 a - 6 d	: ダイオード	
5 a - 5 d	: リアクトル	
7 a - 7 d	: 温度センサ	
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	20
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 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	

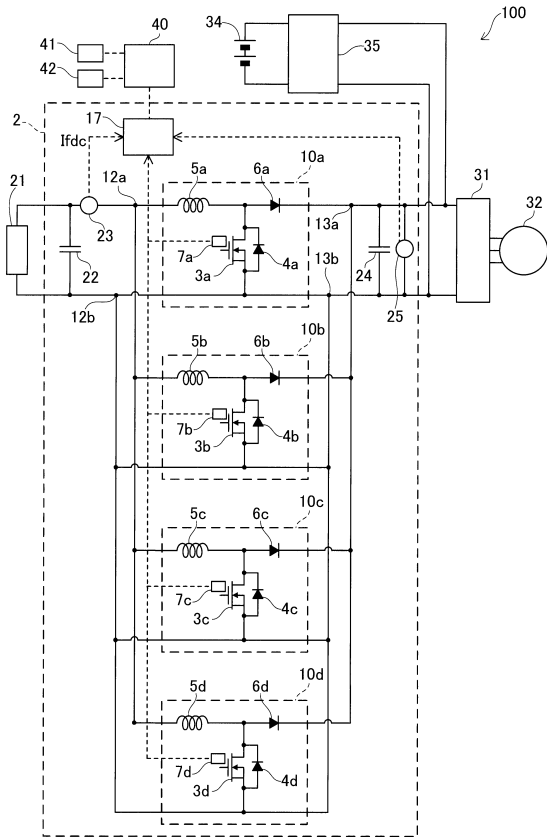
30

40

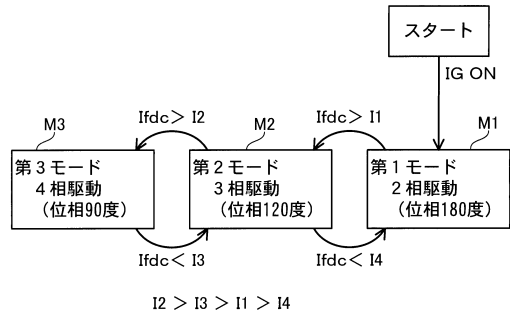
50

【図面】

【図 1】



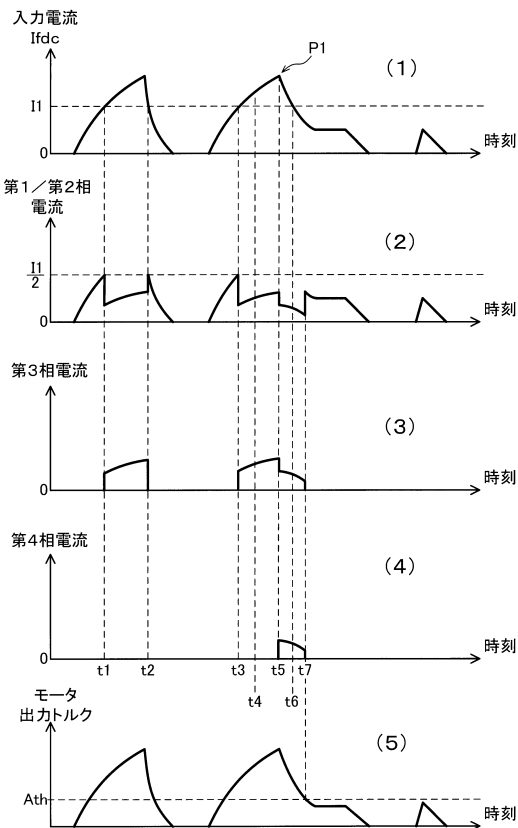
【図 2】



10

20

【図 3】



30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2017 - 103905 (JP, A)  
特開 2017 - 153240 (JP, A)  
特開 2014 - 011904 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H02M 3/00 - 3/44