

(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2015-177635

(P2015-177635A)

(43) 公開日 平成27年10月5日(2015.10.5)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
HO2M	3/155	(2006.01)	HO2M	3/155	C	5H125		
B60L	3/00	(2006.01)	HO2M	3/155	F	5H730		
B60L	11/18	(2006.01)	B60L	3/00	J			
			B60L	11/18	A			

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2014-52081 (P2014-52081)
 (22) 出願日 平成26年3月14日 (2014.3.14)

(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
 (74) 代理人 110000110
 特許業務法人快友国際特許事務所
 (72) 発明者 瀬尾 祐介
 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 BB05 BC01 EE15
 FF03
 5H730 AA20 AS04 AS08 AS13 BB13
 BB14 BB57 DD03 DD12 FD31
 FD41 FD61 FG05 XX04 XX15
 XX19 XX26 XX38

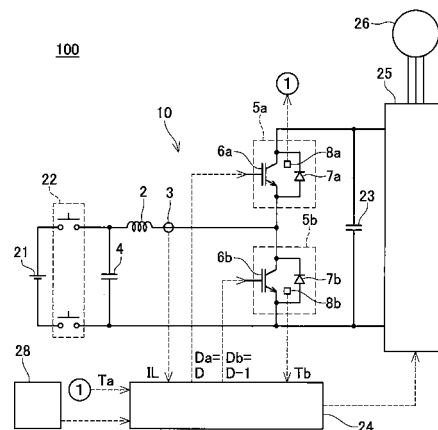
(54) 【発明の名称】 電圧コンバータ

(57) 【要約】

【課題】本明細書は、昇降圧を行う電動車両用の電圧コンバータに関し、逆並列に接続されたスイッチング素子とダイオードが一つの基板に実装されたチップを使った電圧コンバータに好適な過熱防止用の電流制御技術を提供する。

【解決手段】本明細書の電圧コンバータは、上記チップを2個備えている。各チップはそのチップの温度を計測する温度センサを有する。2個の温度センサの計測温度の夫々に対して電流上限値が予め対応付けられている。コントローラは、リアクトルを流れる電流が、一方の計測温度に対応する電流上限値と他方の計測温度に対応する電流上限値の小さい方の電流上限値以下となるようにデューティ比(D)を決定する。コントローラは、一方の温度センサの計測温度に対応する電流上限値と他方の温度センサの計測温度に対応する電流上限値のセットを2セット記憶しており、リアクトルに流れる電流の向きに応じて2セットの電流上限値を切り換える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

バッテリーの電圧を昇圧してインバータに供給する昇圧動作と走行用モータが発電して前記インバータから送られる回生電力を降圧して前記バッテリーに供給する降圧動作を行うことができるチョッパ型の電圧コンバータであり、

直列に接続されている 2 個のスイッチング素子と、

前記 2 個のスイッチング素子の直列接続の midpoint に一端が接続されており、他端がバッテリー側の高電位端に接続されているリアクトルと、

夫々のスイッチング素子に逆並列に接続されているダイオードと、

一方のスイッチング素子にデューティ比 (D) の PWM 信号を供給するとともに他方のスイッチング素子にデューティ比 (1 - D) の PWM 信号を供給するコントローラと、
を備えており、

逆並列に接続されているスイッチング素子とダイオードの組の夫々が一つのチップに実装されているとともに各チップにはそのチップの温度を計測する温度センサが備えられており、

2 個の前記温度センサの計測温度の夫々に対して電流上限値が予め対応付けられているとともに、前記コントローラは、前記リアクトルを流れる電流が、一方の計測温度に対応する電流上限値と他方の計測温度に対応する電流上限値の小さい方の電流上限値以下となるようにデューティ比 (D) を決定し、

前記コントローラは、一方の前記温度センサの計測温度に対応する電流上限値と他方の前記温度センサの計測温度に対応する電流上限値のセットを 2 セット記憶しており、前記リアクトルに流れる電流の向きに応じて前記 2 セットの電流上限値を切り換える、
ことを特徴とする電圧コンバータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電動車両の電圧コンバータに関する。特に、バッテリーの電圧を昇圧してインバータに供給する昇圧動作と走行用モータが発電してインバータから送られる回生電力を降圧してバッテリーに供給する降圧動作を行うことができるチョッパ型の電圧コンバータに関する。本明細書における「電動車両」には、走行用にモータを備えるがエンジンは備えない電気自動車、モータとエンジンの双方を備えるハイブリッド車や、燃料電池車を含む。

【背景技術】

【0002】

電動車両はバッテリーの直流電圧を交流電力に変換して走行用モータに供給するインバータを備える。電動車両の中には、バッテリーの電圧を昇圧してインバータに供給する電圧コンバータを備えるタイプがある。即ち、バッテリーとモータの間に電圧コンバータとインバータが直列に接続されている電動車両が知られている。電圧コンバータは、バッテリーの電圧を昇圧してインバータに供給する昇圧動作と、走行用モータが発電してインバータから送られる回生電力を降圧してバッテリーに供給する降圧動作を行うタイプが採用される。そのような昇降圧コンバータの典型として、チョッパ型の電圧コンバータが知られている。

【0003】

チョッパ型の電圧コンバータ (昇降圧コンバータ) の典型的な回路構成は以下の通りである。電圧コンバータは、2 個のスイッチング素子と 2 個のダイオードとリアクトルを備える。2 個のスイッチング素子は直列に接続されている。リアクトルは、その一端が 2 個のスイッチング素子の直列接続の midpoint に一端が接続されており、他端がバッテリー側の高電位端に接続されている。2 個のダイオードは夫々、各スイッチング素子に逆並列に接続されている。スイッチング素子の典型は IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) である。また、説明の便宜上、直列回路の高電位側のスイッチング素子とダイオードを夫々上アーム SW 素子と上アームダイオードと称し、低電位側のスイッチング素子とダイオ

ードを夫々下アームSW素子と下アームダイオード称する。昇圧動作には主に下アームSW素子と上アームダイオードが貢献し、降圧動作には主に上アームSW素子と下アームダイオードが貢献する。

【0004】

電動車両の走行用モータは大出力であるため、電圧コンバータは発熱量が大きい。特に、スイッチング素子やダイオードの発熱量が大きい。電圧コンバータは冷却器を伴うことが多いが、温度が高くなりすぎた場合、流れる電流を制限して発熱量を抑制し、スイッチング素子やダイオードを保護することが望ましい。特許文献1と2に、チョッパ型であって電圧コンバータの温度に応じて流れる電流を制限する電圧コンバータの例が開示されている。特許文献1の技術は、電圧コンバータを冷却する冷媒の温度に基づいて電流を制限する。特許文献2の技術は、走行状況に応じて電圧コンバータの電流を制限する。特許文献2にも、電圧コンバータを冷却する冷媒の温度に基づいて電流を制限することが開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2011-250511号公報

【特許文献2】特開2011-087406号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0006】

前述したように電圧コンバータは2個のスイッチング素子と2個のダイオードを備え、それらの素子の発熱量が大きい。また、前述したように、昇圧動作と降圧動作では貢献する素子が異なるので各素子の発熱量も異なる。耐熱温度は素子の種類にも依存する。一方で過剰な電流制限は電動車両の性能を損なう。それゆえ、可能であれば、各素子に温度センサを配置し、緻密な電流制限を行うことが望ましい。しかし温度センサの増加はコスト増を招く。

【0007】

さらに近年、逆並列に接続されたスイッチング素子とダイオードの組を一つのチップに組み込んだデバイスが登場した。そのようなチップの典型は、RC-IGBT (Reverse Conduction diode-IGBT) と呼ばれるデバイスであり、ダイオードとIGBTが1枚の基板の上に隣接して実装されている。そのようなチップの特徴の一つに、基板の温度を計測する温度センサが実装されているが、温度センサの計測温度が、スイッチング素子の発熱によるものか、ダイオードの発熱によるものかを峻別できないことが挙げられる。そのようなチップを電動車両の電圧コンバータに採用した場合、各素子の温度に応じた精緻な電流制限は難しくなる。

30

【0008】

さらに電流制御(温度制御)が複雑化する要因の一つに、直列接続された2個のスイッチング素子へのデューティ比(D)の与え方がある。即ち、一方のスイッチング素子にデューティ比(D)のPWM信号を供給するときに、他方のスイッチング素子にはデューティ比(1-D)のPWM信号を供給する、という制御手法が採用されることがある。例えば、バッテリーの電圧を目標の電圧まで昇圧するのに必要なデューティ比が(Da)の場合、下アームSW素子にデューティ比(Da)のPWM信号を供給するとともに上アームSW素子にデューティ比(1-Da)のPWM信号が供給される。この制御手法は、2種類のPWM信号の生成コストの抑制など、素子の温度とは別の観点から採用される。2個のスイッチング素子にそのような制御手法が採用される場合、大局的には昇圧動作(降圧動作)を行っていても、短期的には、電流はバッテリー側からインバータ側へ流れるだけでなく、インバータ側からバッテリー側へと流れることがある。降圧動作の場合も同様である。即ち、昇圧動作、降圧動作、いずれにしても、2個のスイッチング素子と2個のダイオードのいずれにも電流が流れる可能性がある。

40

50

【 0 0 0 9 】

スイッチング素子とダイオードの逆並列回路がワンチップ化された上記のデバイスを採用するとともに上記した制御手法を採用すると、2個のスイッチング素子と2個のダイオードのいずれの素子が熱的に負荷が高いのか、チップの温度センサからでは判別できない。

【 0 0 1 0 】

本明細書は、上記したワンチップデバイスと制御手法を採用した電圧コンバータに好適な、素子の過熱防止用の電流制限技術を提供する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 1 】

本明細書の技術が対象とする電圧コンバータの回路構成は上述の通りである。そして、そのコントローラは、直列回路の一方のスイッチング素子にデューティ比(D)のPWM信号を供給するとともに他方のスイッチング素子にデューティ比(1-D)のPWM信号を供給するように構成されている。また、逆並列に接続されているスイッチング素子とダイオードの組の夫々が一つのチップに実装されているとともに各チップにはそのチップの温度を計測する温度センサが備えられている。即ち、電圧コンバータは、2個の上記チップを備える。

10

【 0 0 1 2 】

本明細書が開示する新規な電圧コンバータは、2個の温度センサの計測温度の夫々に対して電流上限値が予め対応付けられている。その対応関係はコントローラに予め記憶されている。そしてコントローラは、リアクトルを流れる電流が、一方の計測温度に対応する電流上限値と他方の計測温度に対応する電流上限値の小さい方の電流上限値以下となるようにデューティ比(D)を決定する。さらに、コントローラは、一方の温度センサの計測温度に対応する電流上限値と他方の温度センサの計測温度に対応する電流上限値のセットを2セット記憶しており、リアクトルに流れる電流の向きに応じてその2セットの電流上限値を切り換える。なお、デューティ比(D)は、 $0 < D < 1$ の範囲である。

20

【 0 0 1 3 】

説明の便宜上、上アームSW素子と上アームダイオードを実装するチップの温度センサを上アームチップ温度センサと称し、下アームSW素子と下アームダイオードを実装するチップの温度センサを下アームチップ温度センサと称する場合がある。

30

【 0 0 1 4 】

リアクトルの電流がバッテリー側からインバータ側へ流れる場合、それは昇圧動作を意味し、上アームダイオードと下アームSW素子に主に電流が流れる。従って、バッテリー側からインバータ側へ電流が流れる場合、上アーム温度センサの計測温度は主として上アームダイオードの発熱に起因し、下アーム温度センサの計測温度は主として下アームSW素子の発熱に起因する。そこでリアクトルの電流がバッテリー側からインバータ側へ流れる場合、上アーム温度センサの計測温度に対応する電流上限値は上アームダイオードの特性で定められ、下アーム温度センサの計測温度に対応する電流上限値は、下アームSW素子の特性で定められる。

40

【 0 0 1 5 】

一方、リアクトルの電流がインバータ側からバッテリー側へ流れる場合、それは降圧動作を意味し、上アームSW素子と下アームダイオードに主に電流が流れる。従って、インバータ側からバッテリー側へ電流が流れる場合、上アーム温度センサの計測温度は主として上アームSW素子の発熱に起因し、下アーム温度センサの計測温度は主として下アームダイオードの発熱に起因する。そこでリアクトルの電流がインバータ側からバッテリー側へ流れる場合、上アーム温度センサの計測温度に対応する電流上限値は上アームSW素子の特性で定められ、下アーム温度センサの計測温度に対応する電流上限値は、下アームダイオードの特性で定められる。

【 0 0 1 6 】

上記のとおり、リアクトルを流れる電流に向いて応じて電流上限値を切り換えることによ

50

って、スイッチング素子とダイオードがワンチップ化しておりそのワンチップに一つの温度センサが備えられているデバイスを使った電圧コンバータでも各素子に適した電流制限を行うことができる。

【発明の効果】

【0017】

本明細書は、スイッチング素子とダイオードの逆並列回路がワンチップ化されたデバイスを採用するとともに、昇圧動作、降圧動作のいずれの場合にも上アームSW素子と下アームSW素子にPWM信号を供給するチョップ型電圧コンバータに適した電流制限技術を提供する。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。

10

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】実施例の電圧コンバータを含む電気自動車の電力系のブロック図である。

【図2】昇圧動作を説明する図である。

【図3】降圧動作を説明する図である。

【図4】図4(A)は、バッテリー側からインバータ側に向かってリアクトルの電流が流れる場合の温度センサの計測温度に対する電流上限値の一例を示すグラフである。図4(B)は、インバータ側からバッテリー側に向かってリアクトルの電流が流れる場合の温度センサの計測温度に対する電流上限値の一例を示すグラフである。

【0019】

20

図面を参照して実施例の電圧コンバータを説明する。図1は、実施例の電圧コンバータ10を含む電気自動車100の電力系のブロック図である。電気自動車100は、バッテリー21の電力で走行用モータ26を駆動して走行する電気自動車である。

【0020】

バッテリー21は、システムメインリレー22を介して電圧コンバータ10に接続されている。電圧コンバータ10は、バッテリー21の電圧を昇圧してインバータ25に供給する。インバータ25は、昇圧された直流電力を交流電力に変換し、走行用のモータ26に供給する。電圧コンバータ10とインバータ25の間には電圧コンバータ10の出力電流を平滑化するコンデンサ23が接続されている。

【0021】

30

電気自動車100は、その運動エネルギーを利用してモータ26を回転させて発電することもできる。その場合、モータ26が発電した交流電力はインバータ25によって直流電力に変換される。変換後の直流電力は電圧コンバータ10によって降圧され、バッテリー21に供給される。

【0022】

電圧コンバータ10について説明する。電圧コンバータ10は、バッテリー21の電圧を昇圧してインバータ25に供給する昇圧動作と、モータ26が発電してインバータ25から送られる回生電力を降圧してバッテリー21に供給する降圧動作を行うことができるチョップ型の昇降圧電圧コンバータである。電圧コンバータ10の回路は、2個のスイッチング素子6a、6b、2個のダイオード7a、7b、リアクトル2、コンデンサ4で構成される。2個のスイッチング素子6a、6bは直列に接続されている。各スイッチング素子にダイオード7a、7bが夫々逆並列に接続されている。リアクトル2は、その一端が2個のスイッチング素子6a、6bの直列接続の midpoint に接続されており、他端がバッテリー側の高電位端に接続されている。コンデンサ4は、バッテリー側の入力端に並列に接続されている。リアクトル2の一端には、リアクトル2を流れる電流を計測する電流センサ3が接続されている。

40

【0023】

説明の便宜上、高電位側のスイッチング素子6aを上アームSW素子6aと称し、低電位側のスイッチング素子6bを下アームSW素子6bと称する。「SW」は「スイッチング」の略である。また、以下では、上アームSW素子6aと逆並列に接続されているダイ

50

オード 7 a を上アームダイオード 7 a と称し、下アーム S W 素子 6 b と逆並列に接続されているダイオードを下アームダイオード 7 b と称することがある。

【 0 0 2 4 】

スイッチング素子とダイオードのハードウェア構成について説明する。スイッチング素子 6 a、6 b は、トランジスタであり、より具体的には、I G B T (Insulated Gate Bipolar Transistor) である。逆並列に接続されている上アーム S W 素子 6 a とダイオード 7 a は、一枚の基板の上に実装され、ワンチップ化されている。上アーム S W 素子 6 a とダイオード 7 a が実装されたチップを上アームチップ 5 a と称する。同様に、下アーム S W 素子 6 b とダイオード 7 b も一枚の基板の上に実装され、そのチップを下アームチップ 5 b と称する。I G B T 素子 (スwitching素子) とダイオードが一つの基板の上に実装されているとともにそれらが逆並列に接続されているチップは、R C - I G B T (逆導通ダイオード I G B T、Reverse Conduction diode IGBT) と呼ばれている。

10

【 0 0 2 5 】

それぞれのチップの基板には温度センサ (上アームチップ温度センサ 8 a、下アームチップ温度センサ 8 b) も実装されている。それらの温度センサは、チップの温度 (基板の温度) を計測するが、その温度がスイッチング素子とダイオードのいずれの温度を代表しているかは判別が極めて難しい。

【 0 0 2 6 】

電圧コンバータ 1 0 とインバータ 2 5 のコントローラ 2 4 について説明する。コントローラ 2 4 は、上位コントローラ 2 8 からの指令を受ける。その指令は、インバータ 2 5 の目標出力である。コントローラ 2 4 は、その目標出力が実現されるように、インバータ 2 5 の各スイッチング素子に与える P W M 信号と、電圧コンバータ 1 0 の各スイッチング素子 6 a、6 b に与える P W M 信号を生成して供給する。なお、上位コントローラ 2 8 は、車速、アクセル開度、バッテリーの残量などからモータ 2 6 の目標出力を決定し、コントローラ 2 4 へ指令する。

20

【 0 0 2 7 】

また、コントローラ 2 4 には、電流センサ 3 の計測データと 2 個の温度センサ (上アームチップ温度センサ 8 a、下アームチップ温度センサ 8 b) の計測データが集められる。コントローラ 2 4 は、2 個の温度センサの計測データに基づいて、2 個のチップ (上アームチップ 5 a、下アームチップ 5 b) の温度が過度に上昇しないように、リアクトル 2 を流れる電流を制限する。

30

【 0 0 2 8 】

なお、図 1 に示す符号 T a、T b は、夫々、上アームチップ温度センサ 8 a の計測温度と下アームチップ温度センサ 8 b の計測温度を表している。符号 D a、D b は、夫々、上アーム S W 素子 6 a と下アーム S W 素子 6 b に供給する P W M 信号のデューティ比を示している。D a = D は、上アーム S W 素子 6 a に供給される P W M 信号のデューティ比が (D) であることを意味しており、D b = 1 - D は、下アーム S W 素子 6 b に供給される P W M 信号のデューティ比が (1 - D) であることを意味する。なお、デューティ比を表す「D」は、 $0 < D < 1$ の範囲で定められる。このデューティ比 (D) については後述する。また、符号 I L は、電流センサ 3 の計測データであり、リアクトル 2 を流れる電流を意味する。

40

【 0 0 2 9 】

コントローラ 2 4 による過熱防止の電流制限処理を説明する前に、図 1 の電圧コンバータ 1 0 の発熱のメカニズムの特徴を説明する。図 1 の電圧コンバータ 1 0 は、電気自動車の走行用モータに供給する電力を扱うため、スイッチング素子やダイオードの発熱量が大きい。また、図 1 の電圧コンバータ 1 0 は、スイッチング素子とダイオードの逆並列回路がワンチップ化されたデバイスを 2 個採用しており、昇圧動作と降圧動作を行う。そのような電圧コンバータでは、昇圧動作と降圧動作で各チップの発熱の原因となる素子が異なることになる。

【 0 0 3 0 】

50

図2と図3を使って、昇圧動作時と降圧動作時の電流の流れについて説明するとともに、各動作時の主な発熱の主体を説明する。図2と図3は、図1の電圧コンバータ10以外のいくつかの部品の図示を省略して電圧コンバータを見やすくした図である。図2は、昇圧動作時の電流の流れを示している。矢印線が電流の流れを示している。昇圧動作には、主に下アームSW素子6bと上アームダイオード7aが貢献する。下アームSW素子6bをオンするとリアクトル2、下アームSW素子6b、コンデンサ4の閉回路に電流が流れ(図2の太線A2)、リアクトル2に電気エネルギーが蓄えられる。次いで下アームSW素子6bをオフすると蓄えられた電気エネルギーが放出され、バッテリー21側からインバータ側へと電流が流れる(図2の太線A1)。この電流による電圧が、バッテリー21の元々の電圧に加わる。その結果、バッテリーの電圧が昇圧される。昇圧動作時は、下アームSW素子6bと上アームダイオード7aに主に電流が流れるため、それらの素子の発熱量が大きくなる。

10

【0031】

図3は、降圧動作時の電流の流れを示している。降圧動作には、主に上アームSW素子6aと下アームダイオード7bが貢献する。上アームSW素子6aをオンするとインバータ側からバッテリー側へ電流が流れる(図3の太線B1)。このとき、電気エネルギーの一部がリアクトル2に蓄えられるため(別言すればリアクトルのインダクタンスにより)、その分、バッテリー側の電圧がインバータ側の電圧よりも下がる。上アームSW素子6bをオフすると、インバータからの電力供給が遮断するが、リアクトル2とコンデンサ4に蓄えられた電気エネルギーが放出されるので、バッテリー側に継続して電力が供給される(図3の太線B2)。降圧動作時は、上アームSW素子6aと下アームダイオード7bに主に電流が流れるため、それらの素子の発熱量が大きくなる。

20

【0032】

上記の説明では、昇圧動作時には、上アームSW素子6aと下アームダイオード7bには電流が流れず、降圧動作時には下アームSW素子6bと上アームダイオード7aには電流が流れない。しかし、電圧コンバータ10では、コントローラ24は、上アームSW素子6aと下アームSW素子6bの一方にデューティ比(D)のPWM信号を供給するとき、他方のスイッチング素子には、相補的なデューティ比(1-D)のPWM信号を供給する。この制御は、2つのPWM信号の生成のし易や、あるいは、ハードウェア構成の容易さなどの観点で利点があるので採用される。

30

【0033】

2個のスイッチング素子の一方にデューティ比(D)のPWM信号を供給し、他方のスイッチング素子にデューティ比(1-D)のPWM信号を供給すると、大局的には昇圧動作であっても上アームSW素子6aと下アームダイオード7bにも電流が流れ得る。その場合、それらの素子(上アームSW素子6aと下アームダイオード7b)が発熱する。他方、大局的には降圧動作であっても、上アームダイオード7aと下アームSW素子6bにも電流が流れ得る。その場合、それらの素子(上アームダイオード7aと下アームSW素子6b)が発熱する。即ち、各チップのスイッチング素子にもダイオードにも電流が流れ得る場合があり、発熱の原因となる素子が異なる場合がある。そして、コントローラ24は、昇圧動作(あるいは降圧動作)を意図して各スイッチング素子にPWM信号を供給するが、実際にどちらの向きに電流が流れるかは、バッテリーの残量やモータの状態など、その時々状況に依存し、コントローラ24が完全に把握できるものではない。

40

【0034】

一方、素子ごとに耐熱特性が異なる。電圧コンバータ10のコントローラ24は、素子の特性に応じて所定の温度以上でリアクトル2を流れる電流を制限する。特に、コントローラ24は、リアクトル2を流れる電流の向きで、各チップの発熱の主体が定まることを利用して、電流上限値を適宜に変えてチップの発熱を防止する。なお、リアクトル2に流れる電流は、まず第一には先に述べた上位コントローラ28からの指令であるインバータの目標出力で定まるが、その目標出力に相当する電流が予め定められた電流上限値を上回る場合、コントローラ24は、リアクトル2を流れる電流が電流上限値を超えないように

50

スイッチング素子 6 a、6 b を制御する。別言すれば、コントローラ 2 4 は、リアクトル 2 を流れる電流が電流上限値を超えないように、各スイッチング素子 6 a、6 b に供給する PWM 信号を調整する。

【0035】

コントローラ 2 4 による電流制限について説明する。コントローラ 2 4 は、電流センサ 3 によってリアクトル 2 を流れる電流をモニタしているとともに、各チップの温度センサ（上アームチップ温度センサ 8 a、下アームチップ温度センサ 8 b）の計測温度をモニタしている。また、コントローラ 2 4 は、2 組の温度上限値データを記憶している。図 4 に温度上限値データの一例を示す。コントローラ 2 4 は、図 4（A）の 2 本のグラフ I L a 1、I L b 1 で規定される温度上限値の組と、図 4（B）の 2 本のグラフ I L a 2、I L b 2 で規定される温度上限値の組を夫々記憶している。グラフの縦線はリアクトルに流れる電流の上限値を表しており、横軸は各チップの温度を表している。

10

【0036】

コントローラ 2 4 は、バッテリー側からインバータ側に向けてリアクトル 2 に電流が流れる場合、図 4（A）の 2 本のグラフに基づいて電流を制限する。また、インバータ側からバッテリーに向けてリアクトル 2 に電流が流れる場合、図 4（B）の 2 本のグラフに基づいて電流を制限する。即ち、コントローラ 2 4 は、リアクトル 2 に流れる電流の向きに応じて、各チップの温度センサの計測温度に対応する電流上限値の組を切り換える。なお、リアクトル 2 を流れる電流を記号 I L で表し、 $I L > 0$ はバッテリーからインバータへ向けて電流が流れることを表し、 $I L < 0$ がインバータからバッテリーへ向けて電流が流れることを表す。

20

【0037】

図 4（A）のケースを説明する。図 4（A）は、 $I L > 0$ の場合、即ち、バッテリー側からインバータ側へ向けてリアクトル 2 に電流が流れているときの電流上限値を示している。コントローラ 2 4 は、上アームチップ温度センサ 8 a の計測温度（即ち、上アームチップ 5 a の温度）に対してグラフ I L a 1 で電流制限を加える。例えば、上アームチップ温度センサ 8 a の計測温度が $T a_x$ の場合は、リアクトル 2 に流れる電流の上限を $I L a_x$ に制限する。他方、下アームチップ温度センサ 8 b の計測温度（即ち、下アームチップ 5 b の温度）に対しては、コントローラ 2 4 は、グラフ I L b 1 で電流制限を加える。例えば、下アームチップ温度センサ 8 b の計測温度が $T b_x$ の場合は、リアクトルに流れる電流の上限を $I L b_x$ に制限する。コントローラ 2 4 は、上アームチップ温度センサ 8 a の計測温度に対応する電流上限値（例えば上記の $I L a_x$ ）と下アームチップ温度センサ 8 b の計測温度に対応する電流上限値（例えば上記の $I L b_x$ ）とを比較し、小さい方の電流上限値以下となるように、デューティ比（D）を決定する。そして、コントローラ 2 4 は、そのデューティ比（D）の PWM 信号を上アーム SW 素子 6 a に供給する。このとき同時にコントローラ 2 4 は、下アーム SW 素子 6 b には、デューティ比（D - 1）の PWM 信号を供給する。

30

【0038】

なお、先に述べたように、デューティ比は、上位コントローラ 2 8 から送られる目標出力でまず決められ、そのデューティ比が上記の上限値を超えている場合、コントローラ 2 4 は、目標出力から定まったデューティ比を上限値に設定し直す。上位コントローラ 2 8 から送られる目標出力で決められたデューティ比が上記の上限値を下回っている場合は、そのデューティ比に基づいて PWM 信号が生成される。

40

【0039】

バッテリー側からインバータ側へ向けてリアクトルに電流が流れている場合は、昇圧動作であり、上アームダイオード 7 a と下アーム SW 素子 6 b に主に電流が流れている。即ち、上アームチップ 5 a の温度は主に上アームダイオード 7 a の発熱に起因し、下アームチップ 5 b の温度は主に下アーム SW 素子 6 b の発熱に起因する。図 4（A）の上アームチップ用のグラフ I L a 1 は、上アームダイオード 7 a の特性に基づいて定められており、グラフ I L b 1 は、下アーム SW 素子 6 b の特定に基づいて定められている。より具体的

50

には、図4(A)の上アームチップ用のグラフILa1は、上アームダイオード7aの温度が過度に上昇しないように定められており、グラフILb1は、下アームSW素子6bの温度が過度に上昇しないように定められている。

【0040】

なお、上アームチップ5aについてはそのチップ温度が T_{a1} 以下であれば、リアクトル2に流れる電流は最大値 I_{Lm} まで許容され、下アームチップ5bについてはそのチップ温度が T_{b1} 以下であれば、リアクトル2に流れる電流は最大値 I_{Lm} まで許容される。

【0041】

図4(B)のケースを説明する。図4(B)は、 $I_L < 0$ の場合、即ち、インバータ側からバッテリー側へ向けてリアクトル2に電流が流れているときの電流上限値を示している。コントローラ24は、上アームチップ温度センサ8aの計測温度(即ち、上アームチップ5aの温度)に対してグラフILa2で電流制限を加える。例えば、上アームチップ温度センサ8aの計測温度が T_{a_y} の場合は、リアクトル2に流れる電流の上限を I_{La_y} に制限する。他方、下アームチップ温度センサ8bの計測温度(即ち、下アームチップ5bの温度)に対しては、コントローラ24は、グラフILb2で電流制限を加える。例えば、下アームチップ温度センサ8bの計測温度が T_{b_y} の場合は、リアクトルに流れる電流の上限を I_{Lb_y} に制限する。コントローラ24は、上アームチップ温度センサ8aの計測温度に対応する電流上限値(例えば上記の I_{La_y})と下アームチップ温度センサ8bの計測温度に対応する電流上限値(例えば上記の I_{Lb_y})とを比較し、小さい方の電流上限値以下となるように、デューティ比(D)を決定する。そして、コントローラ24は、そのデューティ比(D)のPWM信号を上アームSW素子6aに供給する。このとき同時にコントローラ24は、下アームSW素子6bには、デューティ比(D-1)のPWM信号を供給する。

【0042】

なお、 $I_L < 0$ の場合、上アームチップ5aについてはそのチップ温度が T_{a2} 以下であれば、リアクトルに流れる電流は最大値 I_{Lm} まで許容され、下アームチップ5bについてはそのチップ温度が T_{b2} 以下であれば、リアクトルに流れる電流は最大値 I_{Lm} まで許容される。

【0043】

インバータ側からバッテリー側へ向けてリアクトルに電流が流れている場合は、降圧動作であり、上アームSW素子6aと下アームダイオード7bに主に電流が流れている。即ち、上アームチップ5aの温度は主に上アームSW素子6aの発熱に起因し、下アームチップ5bの温度は主に下アームダイオード7bの発熱に起因する。図4(B)の上アームチップ用のグラフILa2は、上アームSW素子6aの特性に基づいて定められており、グラフILb2は、下アームダイオード7bの特定に基づいて定められている。より具体的には、図4(B)の上アームチップ用のグラフILa2は、上アームSW素子6aの温度が過度に上昇しないように定められており、グラフILb2は、下アームダイオード7bの温度が過度に上昇しないように定められている。

【0044】

以上説明したように、コントローラ24は、上アームチップ5aの温度センサ8aの計測温度に対応する電流上限値と、下アームチップ5bの温度センサ8bの計測温度に対応する電流上限値のセットを2セット記憶しており、リアクトル2に流れる電流の向きに応じてその2セットの電流上限値を切り換える。なお、上記例の場合、 $I_L > 0$ のときに採用する電流上限値のセットはグラフILa1とグラフILb1であり、 $I_L < 0$ のときに採用する電流上限値のセットはグラフILa2とグラフILb2である。図4の例では、 $I_L > 0$ の場合、 $T_{a1} < T_{b1}$ であるのに対して、 $I_L < 0$ の場合は $T_{a2} > T_{b2}$ となっている。即ち、 $I_L > 0$ の場合は上アームチップ5aに対する電流制限が下アームチップ5bに対する電流制限よりも厳しいのに対して、 $I_L < 0$ の場合は電流制限の厳しさが逆転している。このようにリアクトル2に流れる電流の向きにより、上アームチップ5

10

20

30

40

50

aと下アームチップ5 bの夫々に対する電流制限が適宜に調整される。

【0045】

電圧コンバータ10は、リアクトル2を流れる電流の向きに応じてチップの発熱の主たる要因がスイッチング素子とダイオードで切り換わることに着目し、電流の向きに応じてそのチップの温度に対する電流上限値を切り換える。電圧コンバータ10は、上記した処理により、スイッチング素子とダイオードの逆並列回路がワンチップ化されたデバイスを使用したチョッパ型昇降圧コンバータに適した緻密な電流制限を実現する。電圧コンバータ10は、過度の電流制限を加えることがない。即ち、電圧コンバータの出力電流を過剰に制限することなく、一方ではチップの過度の温度上昇を適切に抑えることができる。なお、繰り返しになるが、「スイッチング素子とダイオードの逆並列回路がワンチップ化されたデバイス」は、別言すれば、「スイッチング素子とダイオードの逆並列回路が一つの基板上に実装されたデバイス」である。

10

【0046】

実施例で説明した技術に関する留意点を述べる。図4のグラフは一例である。電流上限値を定めるグラフは、各チップの個別の特性に基づいて定められる。

【0047】

実施例の電動車両は走行用にモータを一つ備える電気自動車であった。本明細書が開示する技術は、モータとともにエンジンを備えるハイブリッド車や燃料電池車に適用することも可能である。燃料電池車の場合、本明細書における「バッテリー」は、燃料電池セルに相当する。

20

【0048】

実施例の電圧コンバータでは冷却器は無視した。本明細書が開示する技術は冷却器を共なう電圧コンバータに適用することも可能である。

【0049】

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。

30

【符号の説明】

【0050】

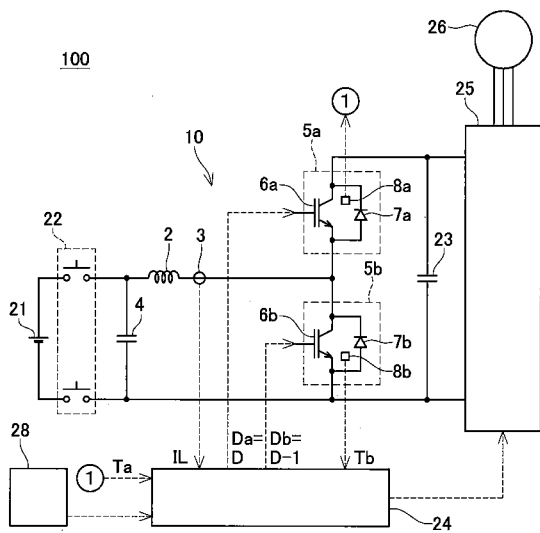
- 2：リアクトル
- 3：電流センサ
- 4、23：コンデンサ
- 5a：上アームチップ
- 5b：下アームチップ
- 6a：スイッチング素子（上アームSW素子）
- 6b：スイッチング素子（下アームSW素子）
- 7a：上アームダイオード
- 7b：下アームダイオード
- 8a：温度センサ（上アームチップ温度センサ）
- 8b：温度センサ（下アームチップ温度センサ）
- 10：電圧コンバータ
- 21：バッテリー
- 22：システムメインリレー
- 24：コントローラ
- 25：インバータ
- 26：走行用モータ

40

50

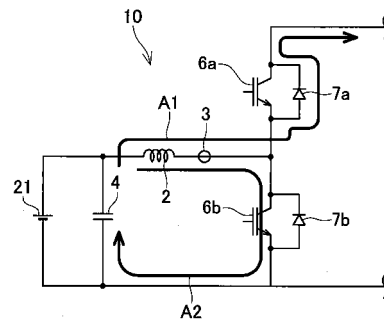
28 : 上位コントローラ
100 : 電気自動車

【図1】



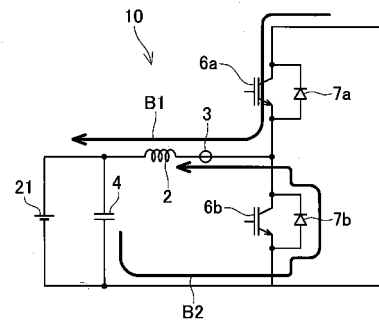
【図2】

[昇圧]



【図3】

[降圧]



【 図 4 】

