

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6409954号
(P6409954)

(45) 発行日 平成30年10月24日(2018.10.24)

(24) 登録日 平成30年10月5日(2018.10.5)

(51) Int.Cl.		F I			
HO2M	3/155	(2006.01)	HO2M	3/155	W
HO2M	7/48	(2007.01)	HO2M	7/48	Z

請求項の数 11 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2017-504336 (P2017-504336)	(73) 特許権者	000003997
(86) (22) 出願日	平成27年3月6日(2015.3.6)		日産自動車株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/056730		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(87) 国際公開番号	W02016/143012	(74) 代理人	110002468
(87) 国際公開日	平成28年9月15日(2016.9.15)		特許業務法人後藤特許事務所
審査請求日	平成29年8月29日(2017.8.29)	(72) 発明者	松本 充彦
			神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内
		(72) 発明者	吉田 秀穂
			神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内
		(72) 発明者	青木 哲也
			神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力調整システム及びその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

負荷に接続される燃料電池と、

前記燃料電池と前記負荷の間に接続されるとともに、複数の相から構成され、該燃料電池の出力電圧を所定の要求電圧比で変換する多相コンバータと、

前記燃料電池の動作状態及び前記負荷の要求電力に応じて、前記多相コンバータの駆動相数及び前記電圧比の少なくとも一方を変更することにより、最も小さいリップル電流となるように、前記多相コンバータの入力電流に対するリップル電流特性を切り替えるリップル電流特性切替部と、

を備える電力調整システム。

【請求項2】

請求項1に記載の電力調整システムであって、

前記多相コンバータの相数は、3相以上であり、

前記リップル電流特性切替部は、前記燃料電池の出力電圧及び前記多相コンバータの要求電圧比に基づいて、前記多相コンバータの駆動相数を切り替えるとともに、該多相コンバータの駆動相数に基づいて、各相の入力電圧の位相をシフトさせることにより、前記多相コンバータの入出力電圧の電圧比に対するリップル電流を低減させるように前記リップル電流特性を切り替える、

電力調整システム。

【請求項3】

請求項 2 に記載の電力調整システムであって、

前記多相コンバータの駆動相数に応じて、前記多相コンバータの入出力の電圧比と前記リップル電流との関係を示すリップル電流特性を記憶するリップル電流特性記憶部をさらに備え、

前記リップル電流特性切替部は、前記多相コンバータの入出力の電圧比に基づいて、いずれの前記多相コンバータの駆動相数のリップル電流特性に切り替えるかを決定し、該決定に応じて、前記多相コンバータの駆動相数を切り替える、電力調整システム。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか 1 項に記載の電力調整システムであって、

前記電力調整システムは、少なくとも前記燃料電池を駆動源とする車両に用いられるものであり、

前記車両を駆動する前記負荷としての駆動モータと、

前記多相コンバータと前記駆動モータの間に接続され、前記駆動モータへの電力をスイッチング制御する駆動インバータと、

前記多相コンバータの入出力の電圧比と前記リップル電流との関係において、該リップル電流が極小となる 1 つ以上の極小点を記憶する極小点記憶部と、をさらに備え、

前記リップル電流特性切替部は、前記駆動インバータの動作状態から決定される前記駆動インバータへの供給電圧の下限値と、前記燃料電池の出力電圧とに基づいて、該下限値と該燃料電池の出力電圧との電圧比よりも高い前記極小点を特定し、該特定した極小点に対応する電圧比となるように前記多相コンバータを制御する、電力調整システム。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 までのいずれか 1 項に記載の電力調整システムであって、

前記燃料電池とは異なる電力供給源であるバッテリーと、

前記バッテリーと前記負荷の間に接続されるバッテリー用コンバータと、をさらに備え、

前記リップル電流特性切替部は、前記燃料電池の出力電圧に応じて、前記バッテリー用コンバータにより前記負荷に供給される供給電圧を設定し、前記設定された供給電圧に応じて、前記リップル電流特性を切り替える、電力調整システム。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 までのいずれか 1 項に記載の電力調整システムであって、

前記電力調整システムは、少なくとも前記燃料電池を駆動源とする車両に用いられるものであり、

前記車両を駆動する前記負荷としての駆動モータと、

前記多相コンバータと前記駆動モータの間に接続され、前記駆動モータへの電力をスイッチング制御する駆動インバータと、

前記駆動モータの回転数を検出するモータ回転数検出部と、

前記駆動モータのトルクを検出するモータトルク検出部と、をさらに備え、

前記リップル電流特性切替部は、前記モータ回転数と前記モータトルクに基づいて、前記駆動モータが動作可能な前記駆動インバータの供給電圧を算出する、電力調整システム。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 までのいずれか 1 項に記載の電力調整システムであって、

前記燃料電池のインピーダンス算出要求に応じて、前記燃料電池の出力電流及び出力電圧の交流成分に基づいて、該燃料電池のインピーダンスを算出するインピーダンス算出部と、

10

20

30

40

50

前記燃料電池のインピーダンスを算出していない該燃料電池の運転状態においては、過去のインピーダンス算出値と、前記燃料電池の運転状態とに基づいて、該燃料電池の湿潤状態を推定する湿潤状態推定部と、

前記燃料電池の湿潤状態の推定値に基づいて、該燃料電池の発電効率が低下していると判定した場合には、該燃料電池のインピーダンス算出要求を出力するインピーダンス算出要求部と、

をさらに備える電力調整システム。

【請求項 8】

負荷に接続される燃料電池と、前記燃料電池と前記負荷の間に接続されるとともに、複数の相から構成され、該燃料電池の出力電圧を変換する多相コンバータとを備える電力調整システムの制御方法であって、

前記燃料電池の動作状態及び前記負荷の要求電力に応じて、前記多相コンバータの駆動相数及び入出力の電圧比の少なくとも一方を変更し、

前記燃料電池の動作状態に応じて、最も小さいリップル電流となるように、前記多相コンバータの入力電流に対するリップル電流特性を切り替える、電力調整システムの制御方法。

【請求項 9】

少なくとも燃料電池を駆動源とする車両に用いられる電力調整システムであって、

負荷に接続される燃料電池と、

前記燃料電池と前記負荷の間に接続されるとともに、複数の相から構成され、該燃料電池の出力電圧を所定の要求電圧比で変換する多相コンバータと、

前記車両を駆動する前記負荷としての駆動モータと、

前記多相コンバータと前記駆動モータの間に接続され、前記駆動モータへの電力をスイッチング制御する駆動インバータと、

前記多相コンバータの入出力の電圧比とリップル電流との関係において、該リップル電流が極小となる 1 つ以上の極小点を記憶する極小点記憶部と、

前記燃料電池の動作状態及び前記負荷の要求電力に応じて、前記多相コンバータの駆動相数及び前記電圧比の少なくとも一方を変更することにより、前記多相コンバータの入力電流に対するリップル電流特性を切り替えるリップル電流特性切替部と、

を備え、

前記リップル電流特性切替部は、前記駆動インバータの動作状態から決定される前記駆動インバータへの供給電圧の下限値と、前記燃料電池の出力電圧とに基づいて、該下限値と該燃料電池の出力電圧との電圧比よりも高い前記極小点を特定し、該特定した極小点に対応する電圧比となるように前記多相コンバータを制御する、電力調整システム。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の電力調整システムであって、

前記多相コンバータの相数は、3 相以上であり、

前記リップル電流特性切替部は、前記燃料電池の出力電圧及び前記多相コンバータの要求電圧比に基づいて、前記多相コンバータの駆動相数を切り替えるとともに、該多相コンバータの駆動相数に基づいて、各相の入力電圧の位相をシフトさせることにより、前記多相コンバータの入出力電圧の電圧比に対するリップル電流を低減させるように前記リップル電流特性を切り替える、

電力調整システム。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の電力調整システムであって、

前記多相コンバータの駆動相数に応じて、前記多相コンバータの入出力の電圧比と前記リップル電流との関係を示すリップル電流特性を記憶するリップル電流特性記憶部をさらに備え、

前記リップル電流特性切替部は、前記多相コンバータの入出力の電圧比に基づいて、いず

10

20

30

40

50

れの前記多相コンバータの駆動相数のリップル電流特性に切り替えるかを決定し、該決定に応じて、前記多相コンバータの駆動相数を切り替える、電力調整システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、多相コンバータの駆動相数と電圧比の少なくとも一方を切り替えて、リップル電流特性を切り替える電力調整システム及びその制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

燃料電池を備える電力調整システムにおいて、燃料電池に接続された負荷の要求に応じて、燃料ガス（例えば、水素）と酸化剤ガス（例えば、空気）とを燃料電池に供給することにより、燃料電池の出力電力を負荷に供給可能な電力調整システムが知られている。

【0003】

上記のような電力調整システムでは、燃料電池の動作状態を制御するために、燃料電池の湿潤状態と相関関係がある燃料電池の出力電流及び出力電圧の交流成分、すなわち、燃料電池の内部インピーダンスに基づいて、燃料電池の湿潤状態（湿潤度）を推定している。

【0004】

このように測定した内部インピーダンスに基づいて、燃料電池スタックの湿潤度を推定する際に、燃料電池の出力電流の交流成分に含まれるリップル電流が大きいと、燃料電池の湿潤度を正確に推定できず、燃料電池の動作を適切に制御することが困難になるという問題がある。

【0005】

ここで、JP5143665Bには、負荷に対して並列に接続された燃料電池及び蓄電装置と、燃料電池と負荷との間に配置された第1DC/DCコンバータと、蓄電装置と負荷との間に配置された第2DC/DCコンバータとを有する電力調整システムが開示されている。

【0006】

この電力調整システムでは、該システムへの要求電力に応じて、蓄電装置の出力電流の検出値に基づいて、第1DC/DCコンバータの変圧率を変更し、あるいは、燃料電池の出力電流の検出値に基づいて、第2DC/DCコンバータの変圧率を変更している。この電力調整システムによれば、2台のDC/DCコンバータの一方の変圧率を制御することにより、他方の通過電流を制御することができる。

【発明の概要】

【0007】

上述のような電力調整システムでは、燃料電池の電圧出力端子に第1DC/DCコンバータを配置しているため、第1DC/DCコンバータの変圧比である電圧比（出力電圧/入力電圧）が大きくなるにつれて、燃料電池から第1DC/DCコンバータに流入する入力電流のリップル電流成分が増加してしまう。

【0008】

ここで、このリップル電流成分を抑制するために、出力電圧を平滑化する大容量のコンデンサを燃料電池の出力端子間に設けることが考えられる。しかしながら、このような大容量のコンデンサは高価であるため、電圧平滑用の大容量のコンデンサを設けると、燃料電池を含む電力調整システムの製造コストが増大してしまうという問題がある。

【0009】

それに対して、電圧平滑用の大容量のコンデンサを設けない場合には、コンバータの電圧比が大きくなるにつれてリップル電流成分が増加することにより、その影響が燃料電池の出力電流の検出値に及んでしまう。この場合、燃料電池の出力電流及び出力電圧の微小な交流成分を検出することにより算出される燃料電池の内部インピーダンスを正確に算出す

10

20

30

40

50

ることができないという問題もある。また、場合によっては、インピーダンス検出部（インピーダンス検出回路）の検出値が飽和してしまい、燃料電池の内部インピーダンスを正常に検出することができなくなるという問題もある。

【0010】

本発明は、このような問題点に着目してなされたものであり、多相コンバータの各相に対応するコンバータの駆動相数や、多相コンバータにより制御される電圧比を切り替えることにより、燃料電池で生成されるリップル電流成分を低減することができる電力調整システム及びその制御方法を提供することを目的とする。

【0011】

本発明の一態様によれば、本発明の電力調整システムは、負荷に接続される燃料電池と、燃料電池と負荷の間に接続されるとともに、複数の相から構成され、該燃料電池の出力電圧を所定の要求電圧比で変換する多相コンバータとを備える。また、電力調整システムは、燃料電池の動作状態及び負荷の要求電力に応じて、多相コンバータの駆動相数及び電圧比の少なくとも一方を変更することにより、多相コンバータの入力電流に対するリップル電流特性を切り替えるリップル電流特性切替部をさらに備える。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、本発明の第1実施形態における燃料電池用の電力調整システムの全体構成を示す図である。

【図2】図2は、図1の燃料電池用コントローラの機能的構成を示すブロック図である。

【図3A】図3Aは、燃料電池用DC/DCコンバータの駆動相数に対応するリップル電流特性を示すグラフである。

【図3B】図3Bは、第1実施形態における燃料電池用DC/DCコンバータの電圧比と燃料電池スタックで生成されるリップル電流の振幅との関係を示すグラフである。

【図4】図4は、本発明の第1実施形態における燃料電池用コントローラ、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ及びバッテリー用DC/DCコンバータコントローラの全体的な制御を示すフローチャートである。

【図5】図5は、燃料電池用コントローラにより実行されるFC電流指令演算処理を示すフローチャートである。

【図6】図6は、燃料電池用コントローラにより実行されるFC電圧指令演算処理を示すフローチャートである。

【図7】図7は、燃料電池用コントローラにより実行されるモータ下限電圧演算処理を示すフローチャートである。

【図8】図8は、燃料電池用コントローラにより実行されるFC湿潤状態推定処理を示すフローチャートである。

【図9】図9は、燃料電池用コントローラにより実行されるFCインピーダンス算出要求処理を示すフローチャートである。

【図10】図10は、燃料電池用コントローラにより実行される駆動相数・DCリンク電圧指令処理を示すフローチャートである。

【図11】図11は、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラにより実行されるFC用DC/DCコンバータ制御処理を示すフローチャートである。

【図12】図12は、バッテリー用DC/DCコンバータコントローラにより実行されるバッテリーDC/DCコンバータ制御処理を示すフローチャートである。

【図13】図13は、第2実施形態における燃料電池用コントローラの機能的構成を示すブロック図である。

【図14】図14は、第2実施形態における燃料電池用コントローラにより実行される駆動相数・DCリンク電圧指令処理を示すフローチャートである。

【図15】図15は、第2実施形態における燃料電池用DC/DCコンバータコントローラにより実行されるFC用DC/DCコンバータ制御処理を示すフローチャートである。

【図16】図16は、第2実施形態における燃料電池用DC/DCコンバータの電圧比と

10

20

30

40

50

燃料電池スタックで生成されるリップル電流の振幅との関係を示すグラフである。

【図17】図17は、第3実施形態における燃料電池用コントローラの機能的構成を示すブロック図である。

【図18】図18は、第3実施形態における燃料電池用コントローラにより実行される駆動相数・DCリンク電圧指令処理を示すフローチャートである。

【図19】図19は、第3実施形態における燃料電池用DC/DCコンバータの電圧比と燃料電池スタックで生成されるリップル電流の振幅との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、添付図面を参照しつつ、本発明の実施形態について説明する。

10

【0014】

(第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態における燃料電池用の電力調整システム1(以下、単に「電力調整システム1」という)の全体構成を示す図である。本発明の電力調整システム1は、少なくとも燃料電池を駆動源とする車両に用いられるものである。この電力調整システム1は、図1に示すように、例えば、駆動モータ2で車両を駆動する電気自動車に搭載される。なお、この電力調整システム1は、燃料電池を駆動源とするものであれば、燃料電池車両(燃料電池を利用した電気自動車)以外の装置等の負荷にも適用することができる。

【0015】

本実施形態の電力調整システム1は、図1に示すように、燃料電池スタック6と、燃料電池スタック6用のDC/DCコンバータ5と、強電バッテリー20(以下、単に「バッテリー20」という)と、補機類30と、バッテリー20用のDC/DCコンバータ8とを備える。また、電力調整システム1は、燃料電池スタック6を含む電力調整システム1全体を制御する燃料電池用コントローラ10と、DC/DCコンバータ5を制御する燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4と、DC/DCコンバータ8を制御するバッテリー用DC/DCコンバータコントローラ7とを備える。さらに、電力調整システム1は、負荷としての駆動モータ2と、燃料電池スタック6及びバッテリー20から入力される直流電力を駆動モータ2への交流電力にスイッチング制御する駆動インバータ3とを備える。

20

【0016】

燃料電池スタック6用のDC/DCコンバータ5は、燃料電池スタック6と駆動インバータ3(駆動モータ2)との間に設けられる。このDC/DCコンバータ5は、燃料電池スタック6の出力電圧を駆動インバータ3の入力電圧に変換するものである。本実施形態では、DC/DCコンバータ5は、燃料電池スタック6の出力電圧を駆動モータ2の駆動電圧に適した電圧に昇圧するための昇圧コンバータである。

30

【0017】

本実施形態では、DC/DCコンバータ5は、3相のコンバータから構成される。このため、以下では、このDC/DCコンバータ5を多相コンバータ5という場合もある。なお、多相コンバータ5の相数は、3相以上であってもよい。

【0018】

多相コンバータ5は、図1に示すように、U相コンバータと、V相コンバータと、W相コンバータの3つのコンバータから構成される。U相、V相及びW相コンバータには、3つのリアクトル5U、5V、5Wがそれぞれ接続される。なお、U相コンバータ、V相コンバータ及びW相コンバータは同様の構成を有する。そのため、以下では、U相コンバータを代表として、その構成を説明する。

40

【0019】

U相コンバータは、リアクトル5Uと、降圧側のスイッチング素子51Uと、整流ダイオード52Uと、昇圧側のスイッチング素子53Uと、還流ダイオード54Uとを備える。スイッチング素子51Uは、整流ダイオード52Uと逆並列接続され、スイッチング素子53Uは、還流ダイオード54Uと逆並列接続されている。これらのスイッチング素子

50

5 1 U、5 4 Uは、例えば I G B T (Insulated Gate Bipolar Transistors) で構成される。

【 0 0 2 0 】

リアクトル 5 U は、その一端が電流センサ 6 1 を介して燃料電池スタック 6 の正極側の出力端子に接続され、他端がスイッチング素子 5 1 U 及び整流ダイオード 5 2 U の一端と、スイッチング素子 5 3 U 及び還流ダイオード 5 4 U の一端とに接続される。スイッチング素子 5 1 U 及び整流ダイオード 5 2 U の他端は、駆動インバータ 3 の正極側の入力端子に接続される。また、スイッチング素子 5 3 U 及び還流ダイオード 5 4 U の他端は、燃料電池スタック 6 の負極側の出力端子と、駆動インバータ 3 の負極側の入力端子とに接続される。

10

【 0 0 2 1 】

本実施形態では、多相コンバータ 5 は、後述するように、駆動モータ 2 のモータ下限電圧と燃料電池スタック 6 の出力電圧との関係、インピーダンス算出要求の有無及び多相コンバータ 5 に要求される電圧比に対するリップル電流振幅に基づいて、燃料電池用 D C / D C コンバータコントローラ 4 の制御によって、その駆動相数 (多相コンバータの駆動相数) を切り替えられるものである。

【 0 0 2 2 】

燃料電池スタック 6 の出力端子間には、燃料電池スタック 6 の出力電圧を検出するための電圧センサ 6 2 と、燃料電池スタック 6 の出力電圧を平滑化するためのコンデンサ 6 3 とが並列に接続される。本実施形態では、コンデンサ 6 3 は、リップル電流を低減させるための高価な大容量のコンデンサではなく、安価な小容量のコンデンサである。

20

【 0 0 2 3 】

また、多相コンバータ 5 の出力端子間には、多相コンバータ 5 の出力電圧を平滑化するためのコンデンサ 6 4 と、多相コンバータ 5 の出力電圧 (駆動インバータ 3 の入力電圧) を検出するための電圧センサ 6 5 とが並列に接続される。

【 0 0 2 4 】

さらに、多相コンバータ 5 の出力端子及び D C / D C コンバータ 8 の出力端子の接続端子と、駆動インバータ 3 の入力端子との間には、駆動インバータ 3 の入力電圧を平滑化するためのコンデンサ 6 6 が設けられる。

【 0 0 2 5 】

燃料電池スタック 6 は、多相コンバータ 5 及び駆動インバータ 3 を介して、電力調整システム 1 の負荷となる駆動モータ 2 に接続される。燃料電池スタック 6 は、図示しないカソードガス給排装置及びアノードガス給排装置からカソードガス (酸化剤ガス) 及びアノードガス (燃料ガス) の供給を受けて、駆動モータ 2 などの電気負荷に応じて発電する積層電池である。燃料電池スタック 6 には、例えば数百枚の燃料電池が積層されている。

30

【 0 0 2 6 】

燃料電池スタック 6 には、アノードガスの給排気通路やカソードガスの給排気通路、各通路に設けられる調圧弁、冷却水循環通路や冷却水ポンプ、ラジエータ、燃料電池スタック 6 の冷却装置などの多くの装置が接続されている。しかしながら、これらは本発明の技術的特徴とは関係性が低いので、それらの図示を省略している。

40

【 0 0 2 7 】

駆動モータ 2 は、本実施形態の電力調整システム 1 が搭載される車両を駆動するものである。駆動インバータ 3 は、燃料電池スタック 6 やバッテリー 2 0 から供給される直流電力を交流電力に変換し、変換した交流電力を駆動モータ 2 に供給するものである。駆動モータ 2 は、駆動インバータ 3 により供給される交流電力により回転駆動し、その回転エネルギーを後段に供給する。なお、図示しないが、駆動モータ 2 は、ディファレンシャル及びシャフトを介して車両の駆動輪に連結されている。

【 0 0 2 8 】

車両の降坂時や減速時には、バッテリー 2 0 の充電状態に応じて、駆動インバータ 3 及び D C / D C コンバータ 8 を介して、駆動モータ 2 の回生電力がバッテリー 2 0 に供給され、

50

バッテリー 20 が充電される。また、車両の力行時には、燃料電池スタック 6 の発電電力やバッテリー 20 からの蓄電電力により、駆動モータ 2 が回転し、その回転エネルギーが図示しない車両の駆動輪に伝達される。

【 0 0 2 9 】

駆動モータ 2 の近傍には、駆動モータ 2 のモータ回転数を検出するモータ回転数検出部 21 と、駆動モータ 2 のモータトルクを検出するモータトルク検出部 22 とが設けられる。これらの検出部 21、22 により検出された駆動モータ 2 のモータ回転数及びモータトルクは、燃料電池用コントローラ 10 に出力される。

【 0 0 3 0 】

バッテリー 20 は、充放電可能な二次電池であり、例えば、300V（ボルト）のリチウムイオンバッテリーである。バッテリー 20 は、補機類 30 に接続され、補機類 30 の電源を構成する。また、バッテリー 20 は、DC/DCコンバータ 8 を介して、駆動インバータ 3 及び DC/DCコンバータ 5 に接続される。すなわち、バッテリー 20 は、電力調整システム 1 の負荷である駆動モータ 2 に対して、燃料電池スタック 6 と並列に接続される。

10

【 0 0 3 1 】

バッテリー 20 の出力端子には、補機類 30 と並列に、バッテリー 20 の出力電圧を検出するための電圧センサ 67 と、バッテリー 20 の出力電圧を平滑化するためのコンデンサ 68 とが接続される。

【 0 0 3 2 】

バッテリー 20 用の DC/DCコンバータ 8 は、燃料電池スタック 6 用の多相コンバータ 5 とは異なり、単相のコンバータである。この DC/DCコンバータ 8 は、図 1 に示すように、リアクトル 81 と、降圧側のスイッチング素子 82 と、整流ダイオード 83 と、昇圧側のスイッチング素子 84 と、還流ダイオード 85 とを備える。スイッチング素子 82 は、整流ダイオード 83 と逆並列接続され、スイッチング素子 84 は、還流ダイオード 85 と逆並列接続されている。これらのスイッチング 82、84 は、例えば IGBT で構成される。

20

【 0 0 3 3 】

リアクトル 81 は、その一端がバッテリー 20 の正極側の出力端子に接続され、他端がスイッチング素子 82 及び整流ダイオード 83 の一端と、スイッチング素子 84 及び還流ダイオード 85 の一端とに接続される。スイッチング素子 82 及び整流ダイオード 83 の他端は、駆動インバータ 3 の正極側の入力端子に接続される。また、スイッチング素子 84 及び還流ダイオード 85 の他端は、バッテリー 20 の負極側の出力端子と、駆動インバータ 3 の負極側の入力端子とに接続される。

30

【 0 0 3 4 】

DC/DCコンバータ 8 の出力端子には、DC/DCコンバータ 8 の出力電圧を平滑化するためのコンデンサ 70 と、DC/DCコンバータ 8 の出力電圧（駆動インバータ 3 の入力電圧）を検出するための電圧センサ 69 とが接続される。

【 0 0 3 5 】

補機類 30 は、主に燃料電池スタック 6 に付属される部品であり、上述のようなカソードガス給排装置及びアノードガス給排装置や、図示しない空気コンプレッサ、冷却ポンプなどを含む。なお、補機類 30 の各種部品が弱電機器である場合、バッテリー 20 と対象となる補機類 30 との間に図示しない降圧 DC/DCコンバータを設ければよい。

40

【 0 0 3 6 】

燃料電池用コントローラ 10 は、図示しないが、中央演算装置（CPU）、読み出し専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）及び入出力インタフェース（I/Oインタフェース）を備えたマイクロコンピュータで構成される。燃料電池用コントローラ 10 には、電流センサ 61 及び電圧センサ 62 により検出された燃料電池スタック 6 の出力電流値及び出力電圧値が入力される。

【 0 0 3 7 】

また、燃料電池用コントローラ 10 は、各センサ 61、62 から入力された燃料電池ス

50

タック 6 の出力電流値及び出力電圧値と、各センサ 2 1、2 2 から入力された駆動モータ 2 のモータ回転数及びモータトルクとに基づいて、多相コンバータ 5 及び DC / DC コンバータ 8 を作動させるための指令を燃料電池用 DC / DC コンバータコントローラ 4 とバッテリー用 DC / DC コンバータコントローラ 7 とにそれぞれ出力する。

【 0 0 3 8 】

燃料電池用 DC / DC コンバータコントローラ 4 は、燃料電池用コントローラ 1 0 からの指令に基づいて、多相コンバータ 5 を制御するものである。具体的には、燃料電池用 DC / DC コンバータコントローラ 4 は、本実施形態では、燃料電池用コントローラ 1 0 からの指令に基づいて、多相コンバータ 5 の駆動相数を切り替えるとともに、該駆動相数に応じて、各相のコンバータへの入力電圧の位相を 3 6 0 度 / 駆動相数だけシフトさせる。例えば、U 相コンバータと V 相コンバータの 2 相を駆動する際には、2 つのコンバータの入力電圧を 1 8 0 度 (= 3 6 0 度 / 2 相) シフトさせる。また、3 相を駆動する際には、3 つのコンバータの入力電圧を 1 2 0 度 (= 3 6 0 度 / 3 相) ずつシフトさせる。

10

【 0 0 3 9 】

燃料電池用 DC / DC コンバータコントローラ 4 には、電圧センサ 6 2 により検出された燃料電池スタック 6 の出力電圧値と、電圧センサ 6 5 により検出された多相コンバータ 5 の出力電圧値とが入力される。燃料電池用 DC / DC コンバータコントローラ 4 は、多相コンバータ 5 の電圧比 (出力電圧 / 入力電圧) が燃料電池用コントローラ 1 0 からの指令値になるように、多相コンバータ 5 の各スイッチング素子をスイッチング制御する。

20

【 0 0 4 0 】

バッテリー用 DC / DC コンバータコントローラ 7 は、燃料電池用コントローラ 1 0 からの指令に基づいて、バッテリー 2 0 用の DC / DC コンバータ 8 を制御するものである。燃料電池用 DC / DC コンバータコントローラ 4 及びバッテリー用 DC / DC コンバータコントローラ 7 は、駆動インバータ 3 への入力電圧が同じになるように、多相コンバータ 5 による電圧比及び DC / DC コンバータ 8 による電圧比をそれぞれ制御する。

【 0 0 4 1 】

バッテリー用 DC / DC コンバータコントローラ 7 には、電圧センサ 6 7 により検出されたバッテリー 2 0 の出力電圧値と、電圧センサ 6 9 により検出された DC / DC コンバータ 8 の出力電圧値とが入力される。バッテリー用 DC / DC コンバータコントローラ 7 は、DC / DC コンバータ 8 の電圧比 (出力電圧 / 入力電圧) が燃料電池用コントローラ 1 0 からの指令値になるように、DC / DC コンバータ 8 の各スイッチング素子をスイッチング制御する。

30

【 0 0 4 2 】

図 2 は、図 1 に示す燃料電池用コントローラ 1 0 の機能的構成を示すブロック図である。図 2 に示すように、本実施形態の燃料電池用コントローラ 1 0 は、インピーダンス算出部 1 1 と、インピーダンス算出要求部 1 2 と、湿潤状態推定部 1 3 と、リップル電流特性切替部 1 4 と、リップル電流特性記憶部 1 5 と、電圧制御部 1 6 とを含む。

【 0 0 4 3 】

インピーダンス算出部 1 1 は、インピーダンス算出要求部 1 2 から要求される燃料電池スタック 6 のインピーダンス算出要求を受けると、電流センサ 6 1 により検出される燃料電池スタック 6 の出力電流の交流成分と、電圧センサ 6 2 により検出される出力電圧の交流成分とに基づいて、燃料電池スタック 6 のインピーダンス (内部インピーダンス) を算出する。

40

【 0 0 4 4 】

ここで、燃料電池スタック 6 の算出されたインピーダンスは、その燃料電池スタック 6 の出力電流及び出力電圧を検出した時点における燃料電池スタック 6 の湿潤度と相関関係がある。すなわち、燃料電池スタック 6 のインピーダンスが高いほど、燃料電池スタック 6 が過乾燥状態に近づくことになる。一方、燃料電池スタック 6 のインピーダンスが低いほど、過加湿状態に近づくことになる。

【 0 0 4 5 】

50

インピーダンス算出要求部 1 2 は、電流センサ 6 1 により検出される燃料電池スタック 6 の出力電流の交流成分と、電圧センサ 6 2 により検出される出力電圧の交流成分と、インピーダンス算出部 1 1 により前回算出されたインピーダンス前回値に基づいて、燃料電池スタック 6 のインピーダンスを検出することができるか否かを判定する。

【 0 0 4 6 】

すなわち、インピーダンス算出要求部 1 2 は、検出した燃料電池スタック 6 の出力電流値及び出力電圧値と、インピーダンス前回値とに基づいて、インピーダンス検出部（インピーダンス検出回路）の検出値（インピーダンス算出部 1 1 の算出値）が飽和状態にあるか否かを判定する。そして、検出値が飽和状態にあり、燃料電池スタック 6 のインピーダンスを検出することができないと判定した場合には、インピーダンス算出要求部 1 2 は、

10

【 0 0 4 7 】

また、インピーダンス算出要求部 1 2 は、湿潤状態推定部 1 3 により推定された燃料電池スタック 6 の湿潤状態の推定値に基づいて、燃料電池スタック 6 の発電効率が低下しているか否か、すなわち、燃料電池スタック 6 が発電不良の状態であるか否かを判定する。そして、燃料電池スタック 6 の発電効率が低下していると判定した場合には、インピーダンス算出要求部 1 2 は、燃料電池スタック 6 のインピーダンス算出要求をインピーダンス算出部 1 1 に出力する。

【 0 0 4 8 】

20

湿潤状態推定部 1 3 は、インピーダンス算出部 1 1 により算出された燃料電池スタック 6 のインピーダンスに基づいて、該燃料電池スタック 6 の湿潤状態を推定する。このように推定された燃料電池スタック 6 の湿潤状態は、燃料電池スタック 6 の動作を制御するために用いられる。なお、燃料電池スタック 6 の動作制御については、その動作状態に応じて、公知の制御方法により実行されればよい。そのため、本明細書では、燃料電池スタック 6 の制御方法については、その詳細な説明を省略する。

【 0 0 4 9 】

推定された燃料電池スタック 6 の湿潤状態は、燃料電池スタック 6 の出力電圧の昇圧制御及びバッテリー 2 0 の出力電圧の DC リンク制御（DC / DC コンバータ 5 の出力電圧と DC / DC コンバータ 8 の出力電圧をリンク（同期）させるための制御）のために、電圧制御部 1 6 に出力される。

30

【 0 0 5 0 】

また、湿潤状態推定部 1 3 は、燃料電池スタック 6 のインピーダンスを算出していない燃料電池スタック 6 の運転状態においては、過去のインピーダンス算出値と、燃料電池スタック 6 の運転状態とに基づいて、燃料電池スタック 6 の湿潤状態を推定する。この場合、過去のインピーダンス算出値としては、例えば、インピーダンス算出要求部 1 2 からインピーダンス算出要求が前回出力された際に、インピーダンス算出部 1 1 が算出したインピーダンスである。このインピーダンス前回値は、図示しないメモリに記憶されればよい。

【 0 0 5 1 】

40

リップル電流特性切替部 1 4 は、燃料電池スタック 6 の動作状態に応じて、多相コンバータ 5 の駆動相数、すなわち、複数のリアクトル 5 U、5 V、5 W の駆動数を切り替えるための駆動数指令を燃料電池用 DC / DC コンバータコントローラ 4 に出力する。また、リップル電流特性切替部 1 4 は、リアクトル 5 U、5 V、5 W の駆動数に基づいて、対応するリアクトル 5 U、5 V、5 W 毎に入力電圧の位相をシフトさせるための位相指令を燃料電池用 DC / DC コンバータコントローラ 4 に出力する。

【 0 0 5 2 】

これにより、リップル電流特性切替部 1 4 は、後述するように、多相コンバータ 5 の入力電流に対するリップル電流特性（例えば、図 3 のグラフ参照）を切り替える。

【 0 0 5 3 】

50

ここで、本実施形態では、リップル電流特性切替部 14 は、燃料電池スタック 6 の出力電圧と、多相コンバータ 5 に要求される電圧比（多相コンバータ 5 の出力電圧 / 入力電圧）とに基づいて、多相コンバータ 5 の駆動相数（リアクトル 5 U、5 V、5 W の駆動数）を切り替えることにより、多相コンバータ 5 の入出力電圧の電圧比に対する燃料電池スタック 6 から発生するリップル電流を低減させるようにリップル電流特性を切り替えている。本実施形態におけるリップル電流特性の切替方法は、図 3 を用いてその詳細を説明する。

【 0 0 5 4 】

図 3 は、第 1 実施形態における燃料電池用 DC / DC コンバータ（多相コンバータ）5 の電圧比と燃料電池スタック 6 で生成されるリップル電流の振幅との関係を示すグラフである。

10

【 0 0 5 5 】

図 3 A は、多相コンバータ 5 の駆動相数に対応するリップル電流特性を示す。図 3 A に示すように、1 相のコンバータ（例えば、U 相コンバータ）のみを駆動する場合には、コンバータの入出力の電圧比が大きくなるにつれて、リップル電流の振幅（A）が増加していく。

【 0 0 5 6 】

一方、2 相以上のコンバータ（例えば、U 相コンバータ及び V 相コンバータ）を駆動するとき、その駆動相数に応じて多相コンバータ 5 への入力電圧の位相をシフトさせると、図 3 A に示すように、リップル電流の極小点が現れる。すなわち、2 相駆動時には、電圧比が 2 . 0 付近でリップル電流が極小となる。また、3 相駆動時には、電圧比が 1 . 5 付近と 3 . 0 付近とでリップル電流が極小となる。

20

【 0 0 5 7 】

本実施形態では、このリップル電流特性を利用して、多相コンバータ 5 の入出力の電圧比に応じて多相コンバータ 5 の駆動相数を切り替えることにより、燃料電池スタック 6 から発生するリップル電流成分を低減するものである。

【 0 0 5 8 】

そして、本実施形態では、図 3 B に示すように、リップル電流特性切替部 14 は、特に、2 相駆動時と 3 相駆動時のリップル電流特性を用いて、多相コンバータ 5 に要求される電圧比に対して、いずれの駆動時のリップル電流の振幅が小さいかに基づいて、リップル電流特性を切り替えている。

30

【 0 0 5 9 】

すなわち、リップル電流特性切替部 14 は、図 3 B の太線で示すリップル電流振幅を採用するように、多相コンバータ 5 の 2 相駆動と 3 相駆動とを切り替え、多相コンバータ 5 の駆動相数に応じて、多相コンバータ 5 の入力電圧の位相を 360 度 / 駆動相数だけシフトさせている。このように、本実施形態のリップル電流特性切替部 14 は、多相コンバータ 5 の入出力の電圧比に基づいて、いずれのリアクトル 5 U、5 V、5 W の駆動数に対応するリップル電流特性に切り替えるかを決定している。そして、リップル電流特性切替部 14 は、この決定に応じて、多相コンバータ 5 の駆動相数、すなわち、リアクトル 5 U、5 V、5 W の駆動数を切り替えるための駆動数指令を燃料電池用 DC / DC コンバータコントローラ 4 に出力している。

40

【 0 0 6 0 】

ここで、3 相駆動と 2 相駆動との切り替えのタイミングについて説明する。図 3 B に示すように、2 相駆動時のリップル電流特性の曲線と、3 相駆動時のリップル電流特性の曲線とは、交点 X、Y において交差する。これらの交点は、実験等により求められた 2 つの曲線に基づいて、演算により求められる。

【 0 0 6 1 】

なお、本実施形態では、各交点 X、Y における電圧比がリップル電流特性記憶部 15 に記憶されていてもよい。この場合、リップル電流特性切替部 14 は、負荷の要求電力に応じて決定される多相コンバータ 5 の電圧比が各交点 X、Y の電圧比よりも大きいか否かに基づいて、多相コンバータ 5 の駆動相数を決定すればよい。

50

【 0 0 6 2 】

リップル電流特性記憶部 1 5 は、多相コンバータ 5 の駆動相数に応じて、多相コンバータ 5 の入出力の電圧比とリップル電流との関係を示すリップル電流特性を記憶するための記憶部である。本実施形態では、リップル電流特性は、図 3 A に示すようなグラフ（マップ）として記憶されてもよく、あるいは、リップル電流の振幅と電圧比とに対するテーブルとして記憶されてもよい。

【 0 0 6 3 】

電圧制御部 1 6 には、モータ回転数検出部 2 1 及びモータトルク検出部 2 2 により検出された駆動モータ 2 のモータ回転数及びモータトルクが入力される。電圧制御部 1 6 は、駆動モータ 2 の各種データと、リップル電流特性切替部 1 4 により切り替えられたリップル電流特性の情報とに基づいて、燃料電池スタック 6 の駆動状態及び多相コンバータ 5 の電圧比を示す F C 電圧指令値と、バッテリー 2 0 用の D C / D C コンバータ 8 の出力側の電圧を多相コンバータ 5 の出力側の電圧にリンクさせるための D C リンク電圧指令値とを演算する。

【 0 0 6 4 】

そして、電圧制御部 1 6 は、演算した F C 電圧指令値を燃料電池用 D C / D C コンバータコントローラ 4 に出力するとともに、演算した D C リンク電圧指令値をバッテリー用 D C / D C コンバータコントローラ 7 に出力する。

【 0 0 6 5 】

具体的には、電圧制御部 1 6 は、駆動モータ 2 のモータ下限電圧と、燃料電池スタック 6 の出力電圧（すなわち、多相コンバータ 5 の出力電圧）とに基づいて、D C リンク電圧指令値を駆動モータ 2 のモータ下限電圧と燃料電池スタック 6 の出力電圧のいずれにすべきかを決定する。そして、D C リンク電圧指令値に基づいて、燃料電池用 D C / D C コンバータコントローラ 4 は、多相コンバータ 5 の電圧比を設定するとともに、バッテリー用 D C / D C コンバータコントローラ 7 は、バッテリー 2 0 用の D C / D C コンバータ 8 の電圧比を設定する。

【 0 0 6 6 】

また、電圧制御部 1 6 は、モータ回転数検出部 2 1 及びモータトルク検出部 2 2 により検出された駆動モータ 2 のモータ回転数及びモータトルクに基づいて、駆動モータ 2 が動作可能な駆動インバータ 3 の供給電圧を算出している。

【 0 0 6 7 】

なお、本実施形態では、電圧制御部 1 6 が各種電圧制御を実行することとしたが、本発明の電力調整システム 1 は、リップル電流特性切替部 1 4 がこれらの電圧制御を実行するように構成されてもよい。

【 0 0 6 8 】

次に、図 4 のフローチャートを参照して、本実施形態における電力調整システム 1 の全体的な動作を説明する。なお、図 4 のフローチャートは、本実施形態の電力調整システム 1 の全体的な動作を示すものであるが、必要に応じて、追加のステップが含まれてもよい。また、本発明の電力調整システム 1 の制御方法は、全体的な動作の一部を構成するものである。

【 0 0 6 9 】

図 4 は、本発明の第 1 実施形態における電力調整システム 1 の燃料電池用コントローラ 1 0、燃料電池用 D C / D C コンバータコントローラ 4 及びバッテリー用 D C / D C コンバータコントローラ 7 の全体的な制御を示すフローチャート（メイン処理フロー）である。

【 0 0 7 0 】

このフローチャートに係る制御は、少なくとも、駆動モータ 2 の動作状態や補機類 3 0 の動作状態が変動するタイミングで実行される。しかしながら、この制御は、所定時間毎に実行されてもよい。また、各ステップは、矛盾が生じない範囲において、その順序が変更されてもよい。

【 0 0 7 1 】

まず、燃料電池用コントローラ10は、燃料電池スタック6の電流指令値を決定するためのFC電流指令演算処理を実行するとともに(ステップS1)、燃料電池スタック6の電圧指令値を決定するためのFC電圧指令演算処理を実行する(ステップS2)。

【0072】

次いで、燃料電池用コントローラ10は、ステップS1、S2により決定された燃料電池スタック6の電流指令値(後述するFC電流指令値)及び電圧指令値に基づいて、補機類30に含まれる各補機の各種動作指令値を決定し(ステップS3)、各補機に決定した指令値を出力する。

【0073】

次いで、燃料電池用コントローラ10は、駆動インバータ3の入力電圧となる駆動モータ2のモータ下限電圧を決定するためのモータ下限電圧演算処理を実行する(ステップS4)。

【0074】

次いで、燃料電池用コントローラ10は、燃料電池スタック6の動作状態を制御するために、燃料電池スタック6の湿潤状態を推定するためのFC湿潤状態推定処理を実行する(ステップS5)。

【0075】

次いで、燃料電池用コントローラ10は、ステップS5で実行したFC湿潤状態推定処理により特定された燃料電池スタック6の湿潤状態に基づいて、燃料電池スタック6のインピーダンスを算出すべきか否かを判定するためのFCインピーダンス算出要求処理を実行する(ステップS6)。

【0076】

次いで、燃料電池用コントローラ10は、多相コンバータ5の駆動相数を決定するとともに、DCリンク電圧をどのような電圧値にするかを特定するための駆動相数・DCリンク電圧指令処理を実行する(ステップS7)。燃料電池用コントローラ10は、このように決定した駆動相数に基づいて、駆動数指令及び位相指令を燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4に出力する(図2参照)。また、燃料電池用コントローラ10は、このように特定したDCリンク電圧に基づいて、FC電圧指令とDCリンク電圧指令とを燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4とバッテリー用DC/DCコンバータコントローラ7とにそれぞれ出力する(図2参照)。なお、DCリンク電圧指令は、必要に応じて、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4にも出力される。

【0077】

次いで、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4は、燃料電池用コントローラ10から入力された駆動数指令、位相指令及びFC電圧指令に基づいて、多相コンバータ5の昇圧・降圧を行うためのFC用DC/DCコンバータ制御処理を実行する(ステップS8)。

【0078】

次いで、バッテリー用DC/DCコンバータコントローラ7は、燃料電池用コントローラ10から入力されたDCリンク電圧指令に基づいて、DC/DCコンバータ8の昇圧・降圧を行うためのバッテリー用DC/DCコンバータ制御処理を実行する(ステップS9)。

【0079】

そして、燃料電池用コントローラ10、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4及びバッテリー用DC/DCコンバータコントローラ7は、図4に示す本実施形態における全体的な制御フローを終了する。

【0080】

次に、図4の各サブルーチンについて、フローチャートを参照してそれぞれ説明する。

【0081】

図5は、図4のステップS1に対応するサブルーチンであり、燃料電池用コントローラ10により実行されるFC電流指令演算処理を示すフローチャートである。

【0082】

10

20

30

40

50

このFC電流指令演算処理において、燃料電池用コントローラ10は、まず、補機類30の各補機において消費される消費電力を演算する(ステップS101)。そして、燃料電池用コントローラ10は、バッテリー20及び燃料電池スタック6に対する発電指令値と、ステップS101で演算された補機類30の消費電力とに基づいて、目標燃料電池電力を算出する(ステップS102)。

【0083】

なお、燃料電池スタック6に対する発電指令値は、燃料電池スタック6としてどれだけの発電電力を必要とするかを示すものである。燃料電池用コントローラ10は、本実施形態の車両に搭乗しているドライバからのアクセルペダルの踏込み量、すなわち、アクセルペダル開度や、駆動モータ2の駆動状態等に基づいて、この発電指令値を決定する。

10

【0084】

次いで、燃料電池用コントローラ10は、電流センサ61により検出された燃料電池スタック6の出力電流値と、電圧センサ62により検出された燃料電池スタック6の出力電圧値とに基づいて、現在の燃料電池スタック6の出力電力を算出する(ステップS103)。なお、燃料電池スタック6のこの出力電力は、燃料電池スタック6の出力電流値と出力電圧値を乗算することにより求められる。

【0085】

次いで、燃料電池用コントローラ10は、ステップS102で算出した燃料電池スタック6の目標燃料電池電力と、ステップS103で算出された実際の燃料電池スタック6の出力電力とに基づいて、燃料電池スタック6の電力偏差を算出する(ステップS104)。

20

この電力偏差は、目標燃料電池電力と、実際の出力電圧との差に基づいて求められる。

【0086】

次いで、燃料電池用コントローラ10は、ステップS104で算出された燃料電池スタック6の電力偏差に基づいて、PI制御に基づく電力フィードバック制御を行う。燃料電池用コントローラ10は、この電力フィードバック制御により、燃料電池スタック6の電流指令値(目標燃料電池電流値)を補正する(ステップS105)。

【0087】

次いで、燃料電池用コントローラ10は、燃料電池用コントローラ10に予め設定されている燃料電池スタック6の上限電流値と、ステップS105で得られた目標燃料電池電流値とに基づいて、燃料電池スタック6への電流指令値であるFC電流指令値を決定する(ステップS106)。

30

【0088】

具体的には、燃料電池用コントローラ10は、燃料電池スタック6の上限電流値と、目標燃料電池電流値とを比較し、小さい値の方をFC電流指令値として決定する。そして、燃料電池用コントローラ10は、FC電流指令値を決定すると、このFC電流指令演算処理を終了して、メイン処理フローに戻る。

【0089】

なお、燃料電池スタック6の上限電流値とは、燃料電池スタック6が出力することができる電流値の上限値を意味し、必要に応じて、実験等で求められるものである。

【0090】

燃料電池用コントローラ10は、ステップS106で決定されたFC電流指令値に基づいて、燃料電池スタック6の出力電流がこのFC電流指令値になるように、アノードガス及びカソードガスの流量や圧力等を制御する。これは、燃料電池スタック6の出力を制御するために、アノードガス及びカソードガスの流量等を制御するのであるが、これらのガスの流量等は、燃料電池スタック6の出力電流に基づいて制御されるためである。

40

【0091】

図6は、図4のステップS2に対応するサブルーチンであり、燃料電池用コントローラ10により実行されるFC電圧指令演算処理を示すフローチャートである。

【0092】

このFC電圧指令演算処理において、燃料電池用コントローラ10は、FC電流指令演

50

算処理のステップ S 1 0 4 で決定した F C 電流指令値と、電流センサ 6 1 により検出される燃料電池スタック 6 の出力電流値とに基づいて、電流偏差を算出する（ステップ S 2 0 1）。この電流偏差は、燃料電池スタック 6 の F C 電流指令値と実際の出力電流値との差に基づいて求められる。

【 0 0 9 3 】

次いで、燃料電池用コントローラ 1 0 は、ステップ S 2 0 1 で算出された電流偏差に基づいて、P I 制御に基づく電流フィードバック制御を行う。この電流フィードバック制御により燃料電池スタック 6 の出力電流が変化するのに応じて、燃料電池用コントローラ 1 0 は、図示しないメモリに予め記憶されている I V 特性曲線に基づいて、燃料電池スタック 6 の目標電圧値となる F C 電圧指令値を演算する（ステップ S 2 0 2）。そして、燃料電池用コントローラ 1 0 は、この F C 電圧指令演算処理を終了して、メイン処理フローに戻る。

10

【 0 0 9 4 】

なお、燃料電池用コントローラ 1 0 は、燃料電池スタック 6 の出力電流が F C 電流指令値になるように制御するのではなく、ステップ S 2 0 2 で決定された F C 電圧指令値に基づいて、燃料電池スタック 6 の出力電圧値がこの F C 電圧指令値になるように、アノードガス及びカソードガスの流量や圧力等を制御するように構成されてもよい。

【 0 0 9 5 】

図 7 は、図 4 のステップ S 4 に対応するサブルーチンであり、燃料電池用コントローラ 1 0 により実行されるモータ下限電圧演算処理を示すフローチャートである。

20

【 0 0 9 6 】

このモータ下限電圧演算処理において、燃料電池用コントローラ 1 0 は、まず、モータ回転数検出部 2 1 により駆動モータ 2 のモータ回転数を検出するとともに（ステップ S 4 0 1）、モータトルク検出部 2 2 により駆動モータ 2 のモータトルクを検出する（ステップ S 4 0 2）。

【 0 0 9 7 】

なお、駆動モータ 2 のモータ回転数が高くなれば高くなるほど、駆動モータ 2 には誘起電圧が発生する。そのため、駆動モータ 2 への供給電圧、すなわち、駆動インバータ 3 の出力電圧が誘起電圧以上に高くないならば、駆動モータ 2 を駆動させることができない。したがって、本モータ下限電圧演算処理では、最初に、駆動モータ 2 のモータ回転数を検出している。

30

【 0 0 9 8 】

また、図示を省略したが、駆動モータ 2 のモータトルクやその効率を検出するために、駆動モータ 2 に実際に入力される供給電流を検出する電流センサが設けられる。燃料電池用コントローラ 1 0 は、検出された供給電流値に基づいて、駆動モータ 2 のモータトルクを検出してもよい。

【 0 0 9 9 】

次いで、燃料電池用コントローラ 1 0 は、燃料電池用コントローラ 1 0 の図示しないメモリ等に予め記憶されているモータ回転数 - モータトルクマップを参照し、ステップ S 4 0 1、S 4 0 2 において検出した駆動モータ 2 のモータ回転数及びモータトルクに基づいて、モータ下限電圧を決定する（ステップ S 4 0 3）。

40

【 0 1 0 0 】

なお、モータ回転数 - モータトルクマップについては、図示を省略するが、例えば、実験データ等により予め求めておき、そのマップデータをメモリに記憶しておけばよい。

【 0 1 0 1 】

そして、燃料電池用コントローラ 1 0 は、モータ下限電圧を決定すると、このモータ下限電圧演算処理を終了して、メイン処理フローに戻る。

【 0 1 0 2 】

図 8 は、図 4 のステップ S 5 に対応するサブルーチンであり、燃料電池用コントローラ 1 0 により実行される F C 湿潤状態推定処理を示すフローチャートである。

50

【 0 1 0 3 】

この F C 湿潤状態推定処理において、燃料電池用コントローラ 1 0 は、まず、電流センサ 6 1 により検出された燃料電池スタック 6 の出力電流値と、電圧センサ 6 2 により検出された燃料電池スタック 6 の出力電圧値とに基づいて、燃料電池スタック 6 のインピーダンスを算出することができるか否かを判定する（ステップ S 5 0 1）。

【 0 1 0 4 】

例えば、燃料電池スタック 6 が燃料電池用コントローラ 1 0 から F C 電流指令値や F C 電圧指令値を受け、各指令値になるように、その動作状態が過渡的な状態であるときには、燃料電池用コントローラ 1 0 は、燃料電池スタック 6 のインピーダンスを算出することができないと判定すればよい。

10

【 0 1 0 5 】

また、大きなリプル電流が発生している等の理由により、インピーダンス検出回路が飽和している場合についても、燃料電池用コントローラ 1 0 は、燃料電池スタック 6 のインピーダンスを算出することができないと判定すればよい。

【 0 1 0 6 】

ステップ S 5 0 1 において燃料電池スタック 6 のインピーダンスを算出できると判定した場合には、燃料電池用コントローラ 1 0 は、燃料電池スタック 6 から発生した水分量をリセットする（ステップ S 5 0 2）。すなわち、燃料電池用コントローラ 1 0 は、燃料電池スタック 6 から発生した水分量を 0 に設定する。

【 0 1 0 7 】

次いで、燃料電池用コントローラ 1 0 は、図示しない温度センサにより燃料電池スタック 6 の温度を検出する（ステップ S 5 0 3）。

20

【 0 1 0 8 】

次いで、燃料電池用コントローラ 1 0 のインピーダンス算出部 1 1 は、F C 電流指令演算処理及び F C 電圧指令演算処理において検出した燃料電池スタック 6 の出力電流及び出力電圧の交流成分に基づいて、燃料電池スタック 6 のインピーダンスを算出する。そして、燃料電池用コントローラ 1 0 は、図示しないメモリ等に予め記憶されているインピーダンス - 燃料電池温度マップを参照し、このように算出した燃料電池スタック 6 のインピーダンスと、ステップ S 5 0 3 で検出した燃料電池スタック 6 の温度とに基づいて、燃料電池スタック 6 の湿潤状態 A を特定する（ステップ S 5 0 4）。

30

【 0 1 0 9 】

なお、インピーダンス - 燃料電池温度マップについては、図示を省略するが、例えば、実験データ等により予め求めておき、そのマップデータをメモリに記憶しておけばよい。

【 0 1 1 0 】

次いで、燃料電池用コントローラ 1 0 の湿潤状態推定部 1 3 は、上記のように特定した燃料電池スタック 6 の湿潤状態 A を燃料電池スタック 6 の湿潤状態に設定し（ステップ S 5 0 5）、この F C 湿潤状態推定処理を終了して、メイン処理フローに戻る。

【 0 1 1 1 】

一方、ステップ S 5 0 1 において燃料電池スタック 6 のインピーダンスを算出することができないと判定した場合には、燃料電池用コントローラ 1 0 は、燃料電池スタック 6 の湿潤状態 A を前回特定したときから今までの間に発生した水分量を決定する（ステップ S 5 0 6）。

40

【 0 1 1 2 】

ここで、燃料電池スタック 6 から発生した水分量と、燃料電池スタック 6 の出力電流の積算値とは、所定の関係があるので、燃料電池用コントローラ 1 0 は、図示しないメモリ等に予め記憶されている燃料電池出力電流 - 水分量テーブルを参照して、今回発生した水分量を決定している。

【 0 1 1 3 】

ここで、燃料電池出力電流 - 水分量テーブルとは、燃料電池スタック 6 の出力電流（積算値）と、その検出期間中に発生する水分量との関係を示すテーブルである。燃料電池ス

50

タック6の出力電流は、電流センサ61により検出され、燃料電池用コントローラ10に出力される。本実施形態では、例えば、インピーダンス算出要求部12がインピーダンス算出部11による前回のインピーダンス算出時からの出力電流値を積算し、図示しないメモリに記憶すればよい。これにより、燃料電池用コントローラ10は、この出力電流積算値に基づいて、前回水分量を0に設定したとき(ステップS502)から燃料電池スタック6内にどれだけ水分量が発生したかを特定することができる。

【0114】

次いで、燃料電池用コントローラ10は、前回特定した燃料電池スタック6の湿潤状態Aを図示しないメモリから読み出すとともに、このメモリ等に予め記憶されている湿潤状態-水分量マップを参照する。そして、燃料電池用コントローラ10は、この湿潤状態Aと、ステップS506で決定された今回水分量とに基づいて、燃料電池スタック6の湿潤状態Bを特定する(ステップS507)。

10

【0115】

次いで、燃料電池用コントローラ10の湿潤状態推定部13は、上記のように特定した燃料電池スタック6の湿潤状態Bを燃料電池スタック6の湿潤状態に設定し(ステップS508)、このFC湿潤状態推定処理を終了して、メイン処理フローに戻る。

【0116】

図9は、図4のステップS6に対応するサブルーチンであり、燃料電池用コントローラ10により実行されるFCインピーダンス算出要求処理を示すフローチャートである。

【0117】

このFCインピーダンス算出要求処理において、燃料電池用コントローラ10は、まず、FC湿潤状態推定処理により特定された燃料電池スタック6の湿潤状態A又はBに基づいて、燃料電池スタック6が発電不良状態に到達したか否かを判定する(ステップS601)。

20

【0118】

ここで、FC湿潤状態推定処理において設定された燃料電池スタック6の湿潤状態に基づいて、燃料電池スタック6が過乾燥な状態である場合や、逆に、燃料電池スタック6が過剰に濡れている状態である場合には、燃料電池用コントローラ10は、燃料電池スタック6が発電不良状態に到達していると判定する。なお、燃料電池スタック6の発電不良状態とは、燃料電池スタック6の発電効率が低下している状態ということもできる。

30

【0119】

ステップS601において燃料電池スタック6が発電不良状態に到達していないと判定した場合には、燃料電池用コントローラ10は、そのままこのFCインピーダンス算出要求処理を終了する。この場合、湿潤状態推定部13は、FC湿潤状態推定処理のステップS506~S508の処理を実行して、燃料電池スタック6の湿潤状態を推定する。

【0120】

一方、ステップS601において燃料電池スタック6が発電不良状態に到達したと判定した場合には、燃料電池用コントローラ10のインピーダンス算出要求部12は、インピーダンス算出部11に対して、インピーダンスを算出するように要求する。すなわち、インピーダンス算出要求部12は、インピーダンス算出要求を出力し(ステップS602)、燃料電池用コントローラ10は、このFCインピーダンス算出要求処理を終了する。

40

【0121】

図10は、図4のステップS7に対応するサブルーチンであり、燃料電池用コントローラ10により実行される駆動相数・DCリンク電圧指令処理を示すフローチャートである。

【0122】

この駆動相数・DCリンク電圧指令処理において、燃料電池用コントローラ10は、モータ下限電圧演算処理により決定された駆動モータ2のモータ下限電圧と、電圧センサ62により検出される燃料電池スタック6の出力電圧値とを比較する。そして、燃料電池用コントローラ10は、モータ下限電圧が燃料電池スタック6の出力電圧値よりも小さいか

50

否かを判定する（ステップS701）。

【0123】

そして、ステップS701においてモータ下限電圧が燃料電池スタック6の出力電圧値よりも小さいと判定した場合には、燃料電池用コントローラ10は、ステップS702の処理に移行する。そして、燃料電池用コントローラ10のリプル電流特性切替部14は、多相コンバータ5の駆動相数を3に決定する（ステップS702）。

【0124】

次いで、燃料電池用コントローラ10の電圧制御部16は、燃料電池スタック6の出力電力、すなわち、多相コンバータ5の出力電圧をDCリンク電圧として特定し（ステップS703）、燃料電池用コントローラ10は、この駆動相数・DCリンク電圧指令処理を

10

【0125】

一方、ステップS701において、モータ下限電圧が燃料電池スタック6の出力電圧値よりも小さくない、すなわち、モータ下限電圧が燃料電池スタック6の出力電圧よりも大きいと判定した場合には、燃料電池用コントローラ10は、ステップS704の処理に移行する。

【0126】

次いで、燃料電池用コントローラ10は、インピーダンス算出要求部12から出力されたインピーダンス算出要求があるか否かを判定する（ステップS704）。そして、インピーダンス算出要求があると判定した場合には、燃料電池用コントローラ10は、モータ

20

【0127】

具体的には、燃料電池用コントローラ10は、リプル電流特性記憶部15に記憶されている図3Bに示す2相駆動時のリプル電流特性と3相駆動時のリプル電流特性とを読み出し（リプル電流特性は、テーブルであっても、特性図マップであってもよい）、多相コンバータ5の入出力の電圧比である（駆動モータ2のモータ下限電圧）/（燃料電池スタック6の出力電圧）により得られる電圧比のときの各リプル電流の振幅を特定する。

【0128】

次いで、燃料電池用コントローラ10は、ステップS705で特定した3相リプル電流と2相リプル電流とに基づいて、3相リプル電流が2相リプル電流よりも小さいか否かを判定する（ステップS706）。

30

【0129】

そして、3相リプル電流が2相リプル電流よりも小さいと判定した場合には、燃料電池用コントローラ10のリプル電流特性切替部14は、多相コンバータ5の駆動相数を3に決定する（ステップS707）。次いで、燃料電池用コントローラ10の電圧制御部16は、駆動モータ2のモータ下限電圧をDCリンク電圧として特定し（ステップS708）、燃料電池用コントローラ10は、この駆動相数・DCリンク電圧指令処理を終了する。

【0130】

一方、3相リプル電流が2相リプル電流よりも小さくない、すなわち、3相リプル電流が2相リプル電流よりも大きいと判定した場合には、燃料電池用コントローラ10のリプル電流特性切替部14は、多相コンバータ5の駆動相数を2に決定する（ステップS709）。次いで、燃料電池用コントローラ10の電圧制御部16は、駆動モータ2のモータ下限電圧をDCリンク電圧として特定し（ステップS710）、燃料電池用コントローラ10は、この駆動相数・DCリンク電圧指令処理を終了する。

40

【0131】

一方、ステップS704においてインピーダンス算出要求がないと判定した場合には、燃料電池用コントローラ10は、燃料電池スタック6の発電効率が最適な状態であると判定する。そして、燃料電池用コントローラ10のリプル電流特性切替部14は、多相コン

50

バータ5の駆動相数を3に決定する(ステップS711)。次いで、燃料電池用コントローラ10の電圧制御部16は、駆動モータ2のモータ下限電圧をDCリンク電圧として特定し(ステップS712)、燃料電池用コントローラ10は、この駆動相数・DCリンク電圧指令処理を終了する。

【0132】

なお、駆動モータ2のモータ下限電圧が燃料電池スタック6の出力電圧よりも小さい場合には、多相コンバータ5は、多相コンバータ5の入出力の電圧比を変換することなく、各整流ダイオード52U、52V、52Wを介して、燃料電池スタック6の出力電圧がそのまま駆動インバータ3に入力されることとなる。そのため、本実施形態のように、燃料電池用コントローラ10のリプル電流特性切替部14は、多相コンバータ5の駆動相数を3に設定することなく、この駆動相数を1に設定してもよい。ただし、多相コンバータ5の駆動相数が3に設定されていれば、3つのリアクトル5U、5V、5Wに1/3の出力電流が流れるので、全体的に銅損(リアクトルを含む銅線による抵抗損失)を低減することができる。

10

【0133】

また、本実施形態では、ステップS703、S708、S710及びS712において、燃料電池用コントローラ10は、駆動モータ2のモータ下限電圧と燃料電池スタック6の出力電圧のいずれかにDCリンク電圧を特定している。しかしながら、駆動相数・DCリンク電圧指令処理のフローチャートは、ステップS701におけるこれらの大小の判定の後、燃料電池用コントローラ10が、駆動モータ2のモータ下限電圧と燃料電池スタック6の出力電圧のいずれかにDCリンク電圧を特定し、最後に多相コンバータ5の駆動相数を決定するように構成されてもよい。

20

【0134】

図11は、図4のステップS8に対応するサブルーチンであり、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4により実行されるFC用DC/DCコンバータ制御処理を示すフローチャートである。

【0135】

このFC用DC/DCコンバータ制御処理において、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4は、まず、駆動相数・DCリンク電圧指令処理において多相コンバータ5の駆動相数が2に決定されたか否かを判定する(ステップS801)。

30

【0136】

そして、多相コンバータ5の駆動相数が2に決定されたと判定した場合には、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4は、多相コンバータ5の駆動させるべき2相のコンバータへの入力電流の位相を180度シフトさせて、その2相のコンバータを駆動させる(ステップS802)。一方、多相コンバータ5の駆動相数が2ではなく、3に決定されたと判定した場合には、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4は、多相コンバータ5のすべての相のコンバータへの入力電流の位相を120度シフトさせて、その3相のコンバータを駆動させる(ステップS803)。

【0137】

次いで、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4は、電圧センサ62、65により、燃料電池スタック6の出力電圧と、多相コンバータ5の出力電圧、すなわち、DCリンク電圧とを検出する(ステップS804)。そして、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4は、燃料電池用コントローラ10から入力されたFC電圧指令値と、検出した燃料電池スタック6の出力電圧値とに基づいて、燃料電池スタック6の出力電圧の電圧偏差を算出する(ステップS805)。この電圧偏差は、FC電圧指令値と燃料電池スタック6の検出した出力電圧値との差に基づいて求められる。

40

【0138】

次いで、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4は、ステップS805で算出された燃料電池スタック6の電圧偏差に基づいて、燃料電池スタック6の出力電圧(すなわち、多相コンバータ5の入出力の電圧比)に対して、PI制御に基づく電圧フィードバ

50

ック制御を行う（ステップS806）。

【0139】

次いで、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4は、DCリンク電圧と、フィードバック制御したFC電圧指令値とに基づいて、昇圧スイッチ（下段）のDUTY比を決定するとともに（ステップS807）、このように決定した昇圧スイッチ（下段）のDUTY比と、無駄時間補正とに基づいて、降圧スイッチ（上段）のDUTY比を決定する（ステップS808）。

【0140】

次いで、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4は、ステップS807、S808で決定した昇圧DUTY比及び降圧DUTY比から、各スイッチング素子51U~52W、53U~53Wに出力すべきPWM信号に変換・生成する（ステップS809）。そして、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4は、これらのPWM信号を対応するスイッチング素子51U~52W、53U~53Wに出力して、このFC用DC/DCコンバータ制御処理を終了する。

【0141】

図12は、図4のステップS9に対応するサブルーチンであり、バッテリー用DC/DCコンバータコントローラ7により実行されるバッテリーDC/DCコンバータ制御処理を示すフローチャートである。

【0142】

このバッテリーDC/DCコンバータ制御処理において、バッテリー用DC/DCコンバータコントローラ7は、まず、電圧センサ65、67により、多相コンバータ5の出力電圧、すなわち、DCリンク電圧と、バッテリー20の出力電圧とを検出する（ステップS901）。そして、バッテリー用DC/DCコンバータコントローラ7は、DCリンク電圧指令値と、検出したDCリンク電圧値とに基づいて、DCリンク電圧の電圧偏差を算出する（ステップS902）。この電圧偏差は、DCリンク電圧指令値と検出したDCリンク電圧値との差に基づいて求められる。

【0143】

次いで、バッテリー用DC/DCコンバータコントローラ7は、ステップS902で算出されたDCリンク電圧の電圧偏差に基づいて、DCリンク電圧（すなわち、DC/DCコンバータ8の入出力の電圧比）に対して、PI制御に基づく電圧フィードバック制御を行う（ステップS903）。

【0144】

次いで、バッテリー用DC/DCコンバータコントローラ7は、バッテリー20の出力電圧と、フィードバック制御したDCリンク電圧指令値とに基づいて、昇圧スイッチ（下段）のDUTY比を決定するとともに（ステップS904）、このように決定した昇圧スイッチ（下段）のDUTY比と、無駄時間補正とに基づいて、降圧スイッチ（上段）のDUTY比を決定する（ステップS905）。

【0145】

次いで、バッテリー用DC/DCコンバータコントローラ7は、ステップS904、S905で決定した昇圧DUTY比及び降圧DUTY比から、スイッチング素子81に出力すべきPWM信号に変換・生成する（ステップS906）。そして、バッテリー用DC/DCコンバータコントローラ7は、このPWM信号をスイッチング素子81に出力して、このバッテリー用DC/DCコンバータ制御処理を終了する。

【0146】

以上説明したように、本実施形態の電力調整システム1は、負荷としての駆動モータ2に接続される燃料電池スタック6と、この燃料電池スタック6と駆動モータ2の間に接続されるとともに、複数の相（本実施形態では、3相）から構成され、燃料電池スタック6の出力電圧を駆動インバータ3の入力電圧に所定の要求電圧比で変換（昇圧）する多相コンバータ5と備えている。また、本実施形態の電力調整システム1は、燃料電池スタック6の動作状態及び負荷の要求電力に応じて、多相コンバータ5の駆動相数を変更すること

10

20

30

40

50

により、多相コンバータ5の入力電流に対するリップル電流特性を切り替えるリップル電流特性切替部14を備えている。本実施形態の電力調整システム1は、このような構成を備えているので、燃料電池スタック6の出力電流に対するリップル成分(リップル電流成分)を低減することができる。すなわち、本実施形態では、図3Bに示すように、多相コンバータ5の入出力の電圧比に基づいて、多相コンバータ5を図中の太線に対応する駆動相数に設定することにより、このリップル電流を低減することができる。それに加えて、本実施形態の電力調整システム1によれば、燃料電池スタック6の出力電圧に対するリップル成分(リップル電圧成分)も低減することができる。また、多相コンバータ5の入力電圧及び入力電流のリップル成分が低減されることにより、多相コンバータ5の出力電圧、すなわち、DCリンク電圧のリップル成分を低減することができる。結果として、駆動モータ2の駆動電圧、駆動電流を適切に制御することができる。

10

【0147】

このように、本実施形態の電力調整システム1は、燃料電池スタック6の出力電流のリップル成分(リップル電流成分)を低減することができるので、大容量の平滑コンデンサを必要としない。これにより、燃料電池スタック6を含む電力調整システム1の製造コストを削減することができる。また、高価な大容量の平滑コンデンサを設けることなく、必要最低限の平滑コンデンサを設けるだけで、燃料電池スタック6のインピーダンス検出器(インピーダンス算出部11)が飽和状態になることを効果的に抑制することができる。これにより、必要に応じて、燃料電池スタック6の内部インピーダンスを算出することができる。

20

【0148】

また、本実施形態の電力調整システム1によれば、上述のように、リップル電流成分の増加を抑制することができるので、電力調整システム1から発生するラジオノイズを効果的に低減することができる。これにより、電力調整システム1内の他の装置や、電力調整システム1に隣接して設けられる他の機器が誤動作を起こすことを防止することができる。

【0149】

本実施形態の電力調整システム1では、多相コンバータ5の相数は、3相以上であり、リップル電流特性切替部14は、燃料電池スタック6の出力電圧と、多相コンバータ5の要求電圧比(多相コンバータ5に要求される電圧比)とに基づいて、多相コンバータ5の駆動相数を切り替えることにより、多相コンバータ5の入出力電圧の電圧比に対するリップル電流を低減させるようにリップル電流特性を切り替えることとした。これにより、多相コンバータ5の駆動相数に対するリップル電流成分-電圧比のグラフ(図3B参照)に基づいて、リップル電流の振幅(リップル電流成分)がより小さい駆動相数を決定し、決定した駆動相数に切り替えることにより、より効果的にリップル電流成分を低減することができる。

30

【0150】

この場合、本実施形態の電力調整システム1は、多相コンバータ5の駆動相数に応じて、多相コンバータ5の入出力の電圧比とリップル電流成分のとの関係を示すリップル電流特性を記憶するリップル電流特性記憶部15をさらに備え、リップル電流特性切替部14は、多相コンバータ5の入出力の電圧比に基づいて、いずれの多相コンバータ5の駆動相数のリップル電流特性に切り替えるかを決定し、該決定に応じて、多相コンバータ5の駆動相数を切り替えればよい。これにより、大容量の平滑コンデンサを必要とすることなく、リップル電流成分を低減することができ、必要に応じて、燃料電池スタック6の内部インピーダンスをより正確に算出することができる。そのため、本実施形態の電力調整システム1のリップル電流特性切替部14は、特に、燃料電池スタック6のインピーダンス算出要求がなされているときに、有用である。

40

【0151】

なお、本実施形態では、リップル電流特性記憶部15には、図3A、図3Bに示すグラフとして多相コンバータ5の駆動相数に対するリップル電流特性が記憶されると説明したが、リップル電流特性のデータ形式はこのようなグラフには限られない。リップル電流特性は、例えば、多相コンバータ5の電圧比とリップル電流の振幅とのテーブルとしてリップル電流特性

50

記憶部 15 に記憶されてもよい。

【0152】

また、リップル電流特性記憶部 15 は、図 3 B のようなグラフやテーブルの形式でリップル電流特性を記憶するのではなく、2 相駆動時と 3 相駆動時のグラフの交点 X、Y の電圧比を記憶してもよい。この場合、リップル電流特性切り替え部 14 は、DC リンク電圧に対する多相コンバータ 5 の電圧比に基づいて、交点 X、Y との大きさを比較することにより、多相コンバータ 5 の駆動相数を切り替えればよい。

【0153】

また、本実施形態の電力調整システム 1 では、図 1 に示すように、燃料電池スタック 6 とは異なる電力供給源である（強電）バッテリー 20 と、バッテリー 20 と負荷である駆動モータ 2 の間に接続されるバッテリー 20 用の DC / DC コンバータ 8 と、をさらに備えている。そして、リップル電流特性切替部 14 は、燃料電池スタック 6 の出力電圧に応じて、バッテリー 20 用の DC / DC コンバータ 8 により駆動モータ 2 に供給される供給電圧を設定し、このように設定された供給電圧に応じて、リップル電流特性を切り替えるように構成されてもよい。

【0154】

この場合、駆動モータ 2 の要求電圧に基づいて、多相コンバータ 5 の電圧比を決定し、バッテリー 20 用の DC / DC コンバータ 8 の出力電圧を多相コンバータ 5 の出力電圧（これが DC リンク電圧となる）にリンクさせている。これにより、燃料電池スタック 6 の発電電力を制限することなく、燃料電池スタック 6 から発生するリップル電流成分を抑制することができる。

【0155】

また、本実施形態の電力調整システム 1 は、少なくとも燃料電池スタック 6 を駆動源とする車両に用いられるものであり、車両を駆動する負荷としての駆動モータ 2 と、多相コンバータ 5 と駆動モータ 2 の間に接続され、駆動モータ 2 への電力をスイッチング制御する駆動インバータ 3 と、駆動モータ 2 のモータ回転数を検出するモータ回転数検出部 21 と、駆動モータ 2 のモータトルクを検出するモータトルク検出部 22 と、をさらに備えている。そして、リップル電流特性切替部 14 は、モータ回転数検出部 21 及びモータトルク検出部 22 により検出されたモータ回転数とモータトルクに基づいて、駆動モータ 2 が動作可能な駆動インバータ 3 の供給電圧を算出するように構成される。電力調整システム 1 をこのように構成することにより、駆動モータ 2 のモータ下限電圧を常時（必要に応じて、）算出することができるので、モータ下限電圧に基づいて、多相コンバータ 5 の変換効率を向上させることができる。

【0156】

さらに、本実施形態の電力調整システム 1 は、燃料電池スタック 6 のインピーダンス算出要求に応じて、燃料電池スタック 6 の出力電流及び出力電圧の交流成分に基づいて、燃料電池スタック 6 のインピーダンスを算出するインピーダンス算出部 11 と、燃料電池スタック 6 のインピーダンスを算出していない燃料電池スタック 6 の運転状態においては、過去のインピーダンス算出値と、燃料電池スタック 6 の運転状態とに基づいて、燃料電池スタック 6 の湿潤状態を推定する湿潤状態推定部 13 と、燃料電池スタック 6 の湿潤状態の推定値に基づいて、燃料電池スタック 6 の発電効率が低下していると判定した場合には、燃料電池スタック 6 のインピーダンス算出要求を出力するインピーダンス算出要求部 12 と、をさらに備えている。電力調整システム 1 をこのように構成することにより、過去に算出した燃料電池スタック 6 の内部インピーダンスと燃料電池スタック 6 の発電状態に基づいて、燃料電池の湿潤状態を推定しているときに、燃料電池スタック 6 の発電効率が低下している発電不良状態に陥る可能性があれば、再度内部インピーダンスを算出することとなる。そのため、燃料電池スタック 6 の発電効率が低い状態においても、新たに算出した内部インピーダンスに基づいて、駆動モータ 2 の動作を十分に制御することができる。

【0157】

(第2実施形態)

以下、本発明の第2実施形態について、第1実施形態との相違点を主として説明する。なお、電力調整システム1の全体構成は同様であるので、図1を用いて説明し、燃料電池用コントローラ10の機能的構成については、図13を用いて説明する。

【0158】

上記第1実施形態では、多相コンバータ5の要求電圧比に基づいて、多相コンバータ5の駆動相数を切り替えるとともに、DCリンク電圧を燃料電池スタック6の出力電圧と駆動モータ2のモータ下限電圧のいずれかに特定していた。本実施形態では、多相コンバータ5の駆動相数を切り替えることなく、DCリンク電圧の要求電圧値を適宜調整することにより、リップル電流成分の発生を最適に抑制するものである。

10

【0159】

図13は、本発明の第2実施形態における燃料電池用コントローラ10の機能的構成を示すブロック図である。図13に示す各部分は、第1実施形態と同様の構成を有するものについては同じ符号を付し、それらについての詳細な説明を省略する。

【0160】

本実施形態の燃料電池用コントローラ10は、第1実施形態とは異なり、リップル電流特性記憶部15の代わりに、極小点記憶部17を備えている。また、リップル電流特性切替部14の機能が一部異なっている。以下では、これらの相違点を詳細に説明する。

【0161】

極小点記憶部17は、図16に示すリップル電流特性において、リップル電流の振幅(A)が極小となる電圧比を記憶するためのものである。本実施形態では、極小点記憶部17は、多相コンバータ5が3相駆動を行う場合のリップル電流振幅の極小点における電圧比を記憶している。

20

【0162】

図16は、第2実施形態における多相コンバータ5の電圧比と燃料電池スタック6で生成されるリップル電流の振幅との関係を示すグラフである。図16に示すように、多相コンバータ5が3相駆動する場合、リップル電流振幅は、電圧比が1.0(すなわち、昇圧も降圧もしない場合)のときに加え、電圧比が1.5と3.0のときに極小となる(図16の丸参照)。これは、3相駆動時には、3つのコンバータへの入力電流が120度(=360度/3相)だけシフトさせているためである。

30

【0163】

本実施形態では、リップル電流特性切替部14は、多相コンバータ5が3相で駆動するため、120度シフトさせるための位相指令を燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4に出力する。

【0164】

また、リップル電流特性切替部14は、電圧制御部16がDCリンク電圧を特定するDCリンク電圧指令を出力するとき、必要に応じて、極小点記憶部17に記憶されている極小点の情報を取得し、取得した極小点情報を電圧制御部16に出力する。

【0165】

本実施形態では、電圧制御部16は、燃料電池スタック6の出力電圧及び駆動モータ2のモータ下限電圧と、インピーダンス算出要求部12からインピーダンス算出要求が出力されているか否かの情報とに基づいて、DCリンク電圧を所定の電圧値に特定・決定する。なお、DCリンク電圧の決定方法については、図14のフローチャートを用いて説明する。

40

【0166】

次に、本実施形態における電力調整システム1の動作を説明する。なお、図4に示す第1実施形態における電力調整システム1の全体制御フローについては、本実施形態においても同様であるため、その図示及び説明を省略する。以下、図4のサブルーチンを示す各フローチャートのうち、第1実施形態と異なるフローチャートについて、詳細に説明する。

50

【 0 1 6 7 】

図 1 4 は、第 2 実施形態における燃料電池用コントローラにより実行される駆動相数・DC リンク電圧指令処理を示すフローチャートである。本実施形態では、多相コンバータ 5 の駆動相数を 3 相のまま切り替えていないが、ここでは、その処理名を便宜的に「駆動相数・DC リンク電圧指令処理」という。

【 0 1 6 8 】

この駆動相数・DC リンク電圧指令処理において、燃料電池用コントローラ 1 0 は、まず、第 1 実施形態の図 7 に示すモータ下限電圧演算処理により決定された駆動モータ 2 のモータ下限電圧と、電圧センサ 6 2 により検出される燃料電池スタック 6 の出力電圧値（以下、「燃料電池出力電圧」ともいう）とに基づいて、 $(\text{モータ下限電圧}) / (\text{燃料電池出力電圧})$ が 1 よりも小さいか否かを判定する（ステップ S 1 0 0 1）。

10

【 0 1 6 9 】

そして、ステップ S 1 0 0 1 において $(\text{モータ下限電圧}) / (\text{燃料電池出力電圧})$ が 1 よりも小さいと判定した場合には、燃料電池用コントローラ 1 0 の電圧制御部 1 6 は、燃料電池スタック 6 の出力電圧を DC リンク電圧として特定し（ステップ S 1 0 0 4）、燃料電池用コントローラ 1 0 は、この駆動相数・DC リンク電圧指令処理を終了する。

【 0 1 7 0 】

一方、ステップ S 1 0 0 1 において $(\text{モータ下限電圧}) / (\text{燃料電池出力電圧})$ が 1 よりも大きいと判定した場合には、燃料電池用コントローラ 1 0 は、 $(\text{モータ下限電圧}) / (\text{燃料電池出力電圧})$ が 1 . 5 よりも小さいか否かを判定する（ステップ S 1 0 0 2）。

20

【 0 1 7 1 】

そして、 $(\text{モータ下限電圧}) / (\text{燃料電池出力電圧})$ が 1 . 5 よりも小さいと判定した場合には、燃料電池用コントローラ 1 0 の電圧制御部 1 6 は、燃料電池スタック 6 の出力電圧の 1 . 5 倍を DC リンク電圧として特定し（ステップ S 1 0 0 5）、燃料電池用コントローラ 1 0 は、この駆動相数・DC リンク電圧指令処理を終了する。

【 0 1 7 2 】

一方、ステップ S 1 0 0 2 において $(\text{モータ下限電圧}) / (\text{燃料電池出力電圧})$ が 1 . 5 よりも大きいと判定した場合には、燃料電池用コントローラ 1 0 は、インピーダンス算出要求部 1 2 から出力されたインピーダンス算出要求があるか否かを判定する（ステップ S 1 0 0 3）。

30

【 0 1 7 3 】

そして、インピーダンス算出要求があると判定した場合には、燃料電池用コントローラ 1 0 の電圧制御部 1 6 は、燃料電池スタック 6 の出力電圧の 3 . 0 倍を DC リンク電圧として特定し（ステップ S 1 0 0 6）、燃料電池用コントローラ 1 0 は、この駆動相数・DC リンク電圧指令処理を終了する。

【 0 1 7 4 】

一方、インピーダンス算出要求がないと判定した場合には、燃料電池用コントローラ 1 0 の電圧制御部 1 6 は、駆動モータ 2 のモータ下限電圧を DC リンク電圧として特定し（ステップ S 1 0 0 7）、燃料電池用コントローラ 1 0 は、この駆動相数・DC リンク電圧指令処理を終了する。

40

【 0 1 7 5 】

図 1 5 は、第 2 実施形態における燃料電池用 DC / DC コンバータコントローラ 4 により実行される FC 用 DC / DC コンバータ制御処理を示すフローチャートである。図 1 5 に示す本実施形態の FC 用 DC / DC コンバータ制御処理は、多相コンバータ 5 の駆動相数が 3 に固定されている点だけが図 1 1 に示す第 1 実施形態の FC 用 DC / DC コンバータ制御処理と異なる。そのため、図 1 1 のフローチャートと同様のステップには、同じステップ番号を付し、その詳細な説明を省略する。

【 0 1 7 6 】

この FC 用 DC / DC コンバータ制御処理において、燃料電池用 DC / DC コンバータコントローラ 4 は、多相コンバータ 5 のすべての相、すなわち 3 相のコンバータへの入力

50

電流の位相を120度シフトさせて、その3相のコンバータを駆動させる(ステップS101)。

【0177】

そして、燃料電池用DC/DCコンバータコントローラ4は、図11に示す第1実施形態のFC用DC/DCコンバータ制御処理のステップS804~S809と同様の処理を実行し、このFC用DC/DCコンバータ制御処理を終了する。

【0178】

以上説明したように、本実施形態の電力調整システム1は、負荷としての駆動モータ2に接続される燃料電池スタック6と、この燃料電池スタック6と駆動モータ2の間に接続されるとともに、複数の相(本実施形態では、3相)から構成され、燃料電池スタック6の出力電圧を駆動インバータ3の入力電圧に所定の要求電圧比で変換(昇圧)する多相コンバータ5とを備えている。また、本実施形態の電力調整システム1は、燃料電池スタック6の動作状態及び負荷の要求電力に応じて、多相コンバータ5の電圧比を変更することにより、多相コンバータ5の入力電流に対するリップル電流特性を切り替えるリップル電流特性切替部14を備えている。また、本実施形態の電力調整システム1は、少なくとも燃料電池を駆動源とする車両に用いられるものであり、車両を駆動する負荷としての駆動モータ2と、多相コンバータ5と駆動モータ2の間に接続され、駆動モータ2への電力をスイッチング制御する駆動インバータ3とを備えている。本実施形態の電力調整システム1は、多相コンバータ5の入出力の電圧比とリップル電流との関係において、該リップル電流が極小となる1つ以上の極小点を記憶する極小点記憶部17をさらに備えている。また、本実施形態の電力調整システム1では、リップル電流特性切替部14は、駆動インバータ5の動作状態から決定される駆動インバータ3への供給電圧の下限値であるモータ下限電圧と、燃料電池スタック6の出力電圧とに基づいて、モータ下限電圧と燃料電池スタック6の出力電圧との電圧比よりも高い極小点を特定し、特定した極小点に対応する電圧比となるように多相コンバータ5を制御するように構成される。

【0179】

本実施形態の電力調整システム1は、このように構成しているので、燃料電池スタック6で発生するリップル電流成分の振幅が極小値となる電圧比に多相コンバータ5の電圧比を特定している。すなわち、本実施形態では、図16に示すように、多相コンバータ5を3相駆動するとき、リップル電流成分の振幅が極小値となる電圧比1.5と3.0に多相コンバータ5の入出力の電圧比を設定することにより、このリップル電流を低減することができる。これにより、第1実施形態と同様に、高価な大容量の平滑コンデンサを設けることなく、必要最低限の平滑コンデンサを設けるだけで、燃料電池スタック6のインピーダンス検出器(インピーダンス算出部11)が飽和状態になることを効果的に抑制することができる。そのため、必要に応じて、燃料電池スタック6の内部インピーダンスをより精度良く算出することができる。

【0180】

また、本実施形態の電力調整システム1によれば、第1実施形態と同様に、リップル電流成分の増加を抑制することができるので、電力調整システム1から発生するラジオノイズを効果的に低減することができる。これにより、電力調整システム1内の他の装置や、電力調整システム1に隣接して設けられる他の機器が誤動作を起こすことを防止することができる。

【0181】

なお、本実施形態では、多相コンバータ5の相数が3の場合について説明したが、本発明は、3相からなる多相コンバータ5の場合に限らず、3相以上からなる多相コンバータにも適用することができる。この場合、相数が多くなるにつれて、極小点が多くなり、駆動モータ2をより適した供給電圧で制御することができるというメリットがある。しかしながら、多相コンバータの相数を増やすことは、電力調整システム1全体の製造コストを増大させてしまう。したがって、駆動モータ2の定格電流、定格電圧等の性能を考慮して、多相コンバータの相数を決定すればよい。

【 0 1 8 2 】

(第3実施形態)

以下、本発明の第3実施形態について、第1実施形態及び第2実施形態との相違点を主として説明する。なお、電力調整システム1の全体構成は同様であるので、図1を用いて説明し、燃料電池用コントローラ10の機能的構成については、図17を用いて説明する。

【 0 1 8 3 】

上記第1実施形態では、多相コンバータ5の駆動相数を切り替えるとともに、DCリンク電圧を燃料電池スタック6の出力電圧と駆動モータ2のモータ下限電圧のいずれかに特定していた。また、上記第2実施形態では、多相コンバータ5の駆動相数を切り替えることなく、DCリンク電圧の要求電圧値を適宜調整していた。本実施形態では、これら2つの制御を同時に行う場合について説明する。

10

【 0 1 8 4 】

図17は、第3実施形態における燃料電池用コントローラの機能的構成を示すブロック図である。図13に示す各部は、第1実施形態及び第2実施形態と同様の構成を有するものについては同じ符号を付し、それらについての詳細な説明を省略する。

【 0 1 8 5 】

図17に示すように、本実施形態の燃料電池用コントローラ10は、第1実施形態で設けられたリップル電流特性記憶部15と、第2実施形態で設けられた極小点記憶部17とを備えている。

20

【 0 1 8 6 】

本実施形態の極小点記憶部17は、第2実施形態とは異なり、図19に示すリップル電流特性において、多相コンバータ5が3相駆動時のリップル電流特性の極小点に加え、多相コンバータ5が2相駆動時のリップル電流特性の極小点も記憶している。

【 0 1 8 7 】

図19は、第3実施形態における燃料電池用DC/DCコンバータの電圧比と燃料電池で生成されるリップル電流の振幅との関係を示すグラフである。図19に示すように、多相コンバータ5が3相駆動する場合、リップル電流振幅は、電圧比が1.0(すなわち、昇圧も降圧もしない場合)のときに加え、電圧比が1.5と3.0のときに極小となる(図19の丸参照)。一方、多相コンバータ5が2相駆動する場合、リップル電流振幅は、電圧比が1.0(すなわち、昇圧も降圧もしない場合)のときに加え、電圧比が2.0のときに極小となる(図19の丸参照)。これは、各駆動時において、駆動相数に応じて多相コンバータ5への入力電流をシフトさせているためである。

30

【 0 1 8 8 】

すなわち、本実施形態では、燃料電池用コントローラ10により要求される多相コンバータ5の入出力の電圧比が、1.5、2.0、3.0との大小に基づいて、多相コンバータ5の電圧比が決定され、決定された電圧比に基づいて、DCリンク電圧が特定される。

【 0 1 8 9 】

次に、本実施形態における電力調整システム1の動作を説明する。なお、図4に示す第1実施形態における電力調整システム1の全体制御フローについては、本実施形態においても同様であるため、その図示及び説明を省略する。以下、図4のサブルーチンを示す各フローチャートのうち、第1実施形態及び第2実施形態と異なるフローチャートについて、詳細に説明する。

40

【 0 1 9 0 】

図18は、第3実施形態における燃料電池用コントローラにより実行される駆動相数・DCリンク電圧指令処理を示すフローチャートである。本実施形態では、駆動モータ2のモータ下限電圧と、燃料電池スタック6の出力電圧とに基づいて、多相コンバータ5の駆動相数とDCリンク電圧とを決定・特定している。

【 0 1 9 1 】

この駆動相数・DCリンク電圧指令処理において、燃料電池用コントローラ10は、ま

50

ず、第1実施形態の図7に示すモータ下限電圧演算処理により決定された駆動モータ2のモータ下限電圧と、電圧センサ62により検出される燃料電池スタック6の出力電圧値（以下、「燃料電池出力電圧」ともいう）とに基づいて、 $(\text{モータ下限電圧}) / (\text{燃料電池出力電圧})$ が1よりも小さいか否かを判定する（ステップS1201）。

【0192】

そして、ステップS1201において $(\text{モータ下限電圧}) / (\text{燃料電池出力電圧})$ が1よりも小さいと判定した場合には、燃料電池用コントローラ10のリプル電流特性切替部14は、多相コンバータ5の駆動相数を3に決定する（ステップS1205）。次いで、燃料電池用コントローラ10の電圧制御部16は、燃料電池スタック6の出力電圧をDCリンク電圧として特定し（ステップS1206）、燃料電池用コントローラ10は、この駆動相数・DCリンク電圧指令処理を終了する。

10

【0193】

一方、ステップS1201において $(\text{モータ下限電圧}) / (\text{燃料電池出力電圧})$ が1よりも大きいと判定した場合には、燃料電池用コントローラ10は、 $(\text{モータ下限電圧}) / (\text{燃料電池出力電圧})$ が1.5よりも小さいか否かを判定する（ステップS1202）。

【0194】

そして、 $(\text{モータ下限電圧}) / (\text{燃料電池出力電圧})$ が1.5よりも小さいと判定した場合には、燃料電池用コントローラ10のリプル電流特性切替部14は、多相コンバータ5の駆動相数を3に決定する（ステップS1207）。次いで、燃料電池用コントローラ10の電圧制御部16は、燃料電池スタック6の出力電圧の1.5倍をDCリンク電圧として特定し（ステップS1208）、燃料電池用コントローラ10は、この駆動相数・DCリンク電圧指令処理を終了する。

20

【0195】

一方、ステップS1202において $(\text{モータ下限電圧}) / (\text{燃料電池出力電圧})$ が1.5よりも大きいと判定した場合には、燃料電池用コントローラ10は、 $(\text{モータ下限電圧}) / (\text{燃料電池出力電圧})$ が2.0よりも小さいか否かを判定する（ステップS1203）。

【0196】

そして、 $(\text{モータ下限電圧}) / (\text{燃料電池出力電圧})$ が2.0よりも小さいと判定した場合には、燃料電池用コントローラ10のリプル電流特性切替部14は、多相コンバータ5の駆動相数を2に決定する（ステップS1209）。次いで、燃料電池用コントローラ10の電圧制御部16は、燃料電池スタック6の出力電圧の2.0倍をDCリンク電圧として特定し（ステップS1210）、燃料電池用コントローラ10は、この駆動相数・DCリンク電圧指令処理を終了する。

30

【0197】

一方、ステップS1203において $(\text{モータ下限電圧}) / (\text{燃料電池出力電圧})$ が2.0よりも大きいと判定した場合には、燃料電池用コントローラ10は、インピーダンス算出要求部12から出力されたインピーダンス算出要求があるか否かを判定する（ステップS1204）。

【0198】

そして、インピーダンス算出要求があると判定した場合には、燃料電池用コントローラ10のリプル電流特性切替部14は、多相コンバータ5の駆動相数を3に決定する（ステップS1211）。次いで、燃料電池用コントローラ10の電圧制御部16は、燃料電池スタック6の出力電圧の3.0倍をDCリンク電圧として特定し（ステップS1212）、燃料電池用コントローラ10は、この駆動相数・DCリンク電圧指令処理を終了する。

40

【0199】

一方、インピーダンス算出要求がないと判定した場合には、燃料電池用コントローラ10のリプル電流特性切替部14は、多相コンバータ5の駆動相数を3に決定する（ステップS1211）。次いで、燃料電池用コントローラ10の電圧制御部16は、駆動モータ2のモータ下限電圧をDCリンク電圧として特定し（ステップS1212）、燃料電池用

50

コントローラ 10 は、この駆動相数・DC リンク電圧指令処理を終了する。

【0200】

以上説明したように、本実施形態の電力調整システム 1 は、負荷としての駆動モータ 2 に接続される燃料電池スタック 6 と、この燃料電池スタック 6 と駆動モータ 2 の間に接続されるとともに、複数の相（本実施形態では、3 相）から構成され、燃料電池スタック 6 の出力電圧を駆動インバータ 3 の入力電圧に所定の要求電圧比で変換（昇圧）する多相コンバータ 5 とを備えている。また、本実施形態の電力調整システム 1 は、燃料電池スタック 6 の動作状態及び負荷の要求電力に応じて、多相コンバータ 5 の駆動相数とその電圧比とを変更することにより、多相コンバータ 5 の入力電流に対するリップル電流特性を切り替えるリップル電流特性切替部 14 とを備えている。また、本実施形態の電力調整システム 1 は、多相コンバータ 5 の駆動相数に応じて、多相コンバータ 5 の入出力の電圧比とリップル電流成分との関係を示すリップル電流特性を記憶するリップル電流特性記憶部 15 と、多相コンバータ 5 の入出力の電圧比とリップル電流との関係において、該リップル電流が極小となる 1 つ以上の極小点を記憶する極小点記憶部 17 とをさらに備えている。そして、リップル電流特性切替部 14 は、駆動インバータ 5 の動作状態から決定される駆動インバータ 3 への供給電圧の下限値であるモータ下限電圧と、燃料電池スタック 6 の出力電圧とに基づいて、モータ下限電圧と燃料電池の出力電圧との電圧比よりも高い極小点を特定し、特定した極小点に対応する多相コンバータ 5 の駆動相数及び電圧比を決定・特定するように構成される。

10

【0201】

本実施形態の電力調整システム 1 は、このように構成しているので、第 2 実施形態と同様の効果を奏することができる。さらに、第 2 実施形態の場合に比べ、2 相駆動時の極小点である電圧比 2.0 も制御目標として追加しているので、電圧調整システム 1 がさらに詳細に燃料電池スタック 6 及びバッテリー 20 を制御することができる。すなわち、本実施形態では、図 19 に示すように、多相コンバータ 5 を 3 相駆動するときにはリップル電流成分の振幅が極小値となる電圧比 1.5 と 3.0 と、多相コンバータ 5 を 2 相駆動するときにはリップル電流成分の振幅が極小値となる電圧比 2.0 との 3 つの極小点のいずれかに多相コンバータ 5 の入出力の電圧比を設定することにより、このリップル電流を低減することができる。

20

【0202】

以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。

30

【0203】

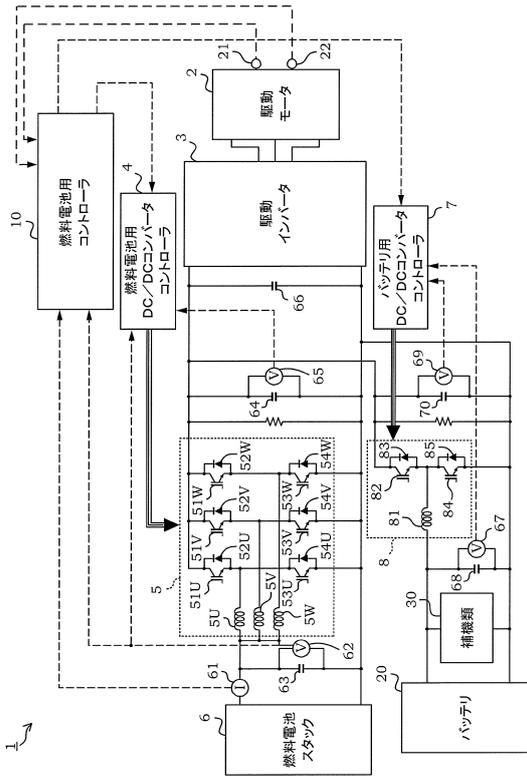
上記実施形態では、多相コンバータ 5 の相数が 3 であったが、本発明はこれに限らない。例えば、多相コンバータ 5 の相数が 5 であれば、多相コンバータ 5 の電圧比が 2.5 のときにもリップル電流成分の振幅が極小となる。したがって、第 3 実施形態の図 18 に示すフローチャートにおいて、（モータ下限電圧） / （燃料電池出力電圧）の値をさらに細かく判定することができる。

【0204】

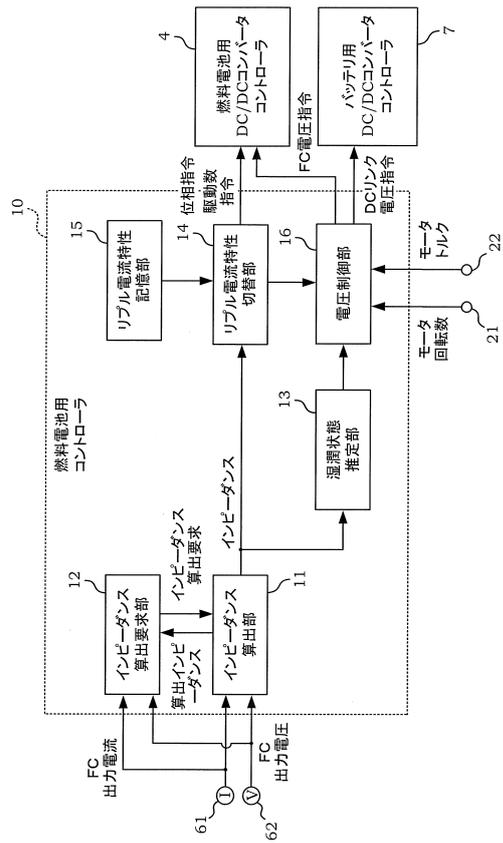
また、上記実施形態では、負荷となる駆動モータ 2 に対して、燃料電池スタック 6 とバッテリー 20 とが並列に接続された電力調整システム 1 を例にして説明したが、リップル電流の発生は燃料電池スタック 6 に特有であるため、バッテリー 20 を備えていない電力調整システムにも本発明を適用することができる。

40

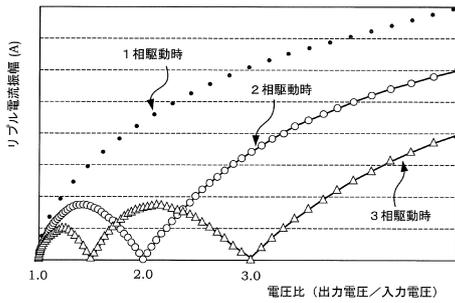
【図1】



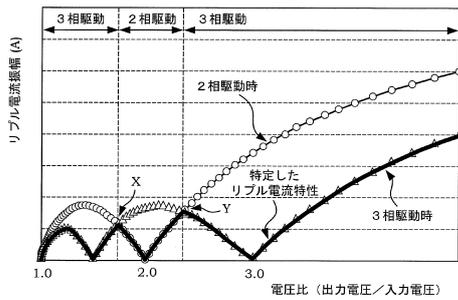
【図2】



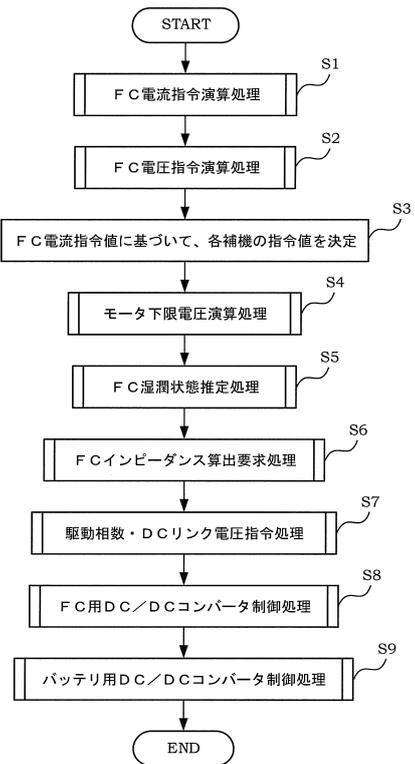
【図3A】



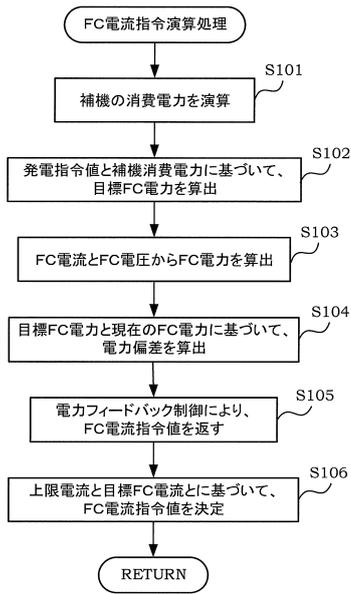
【図3B】



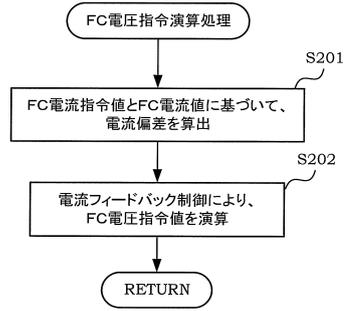
【図4】



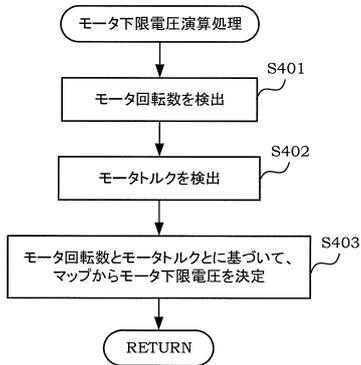
【図5】



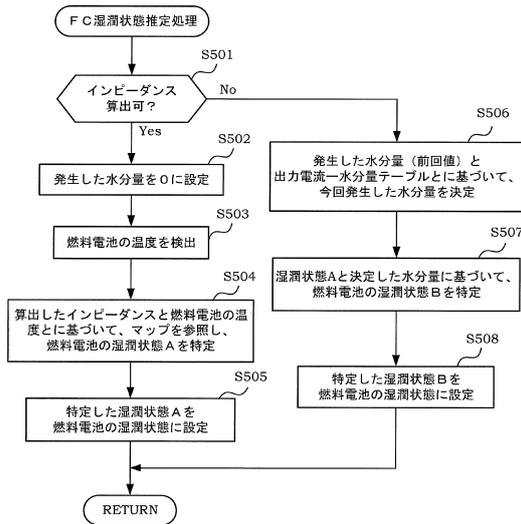
【図6】



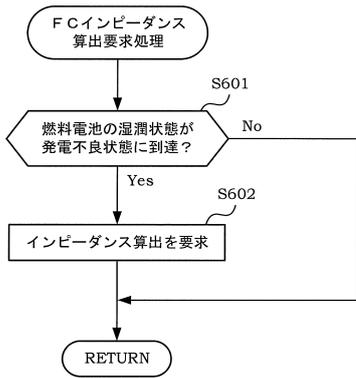
【図7】



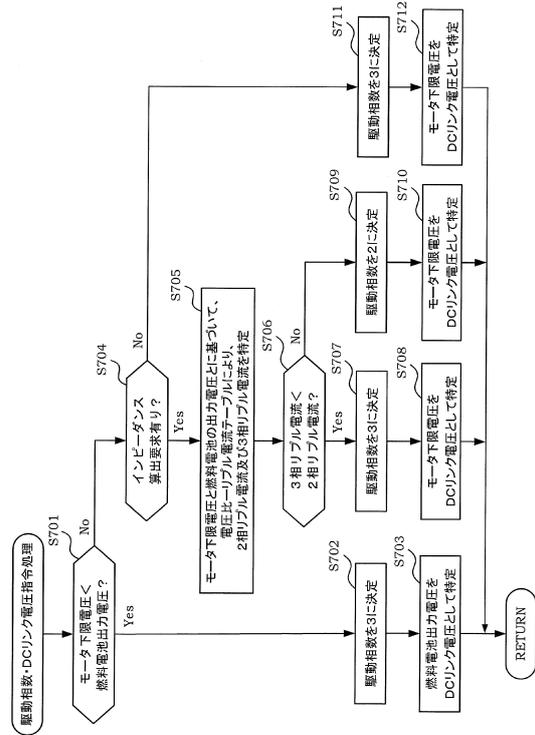
【図8】



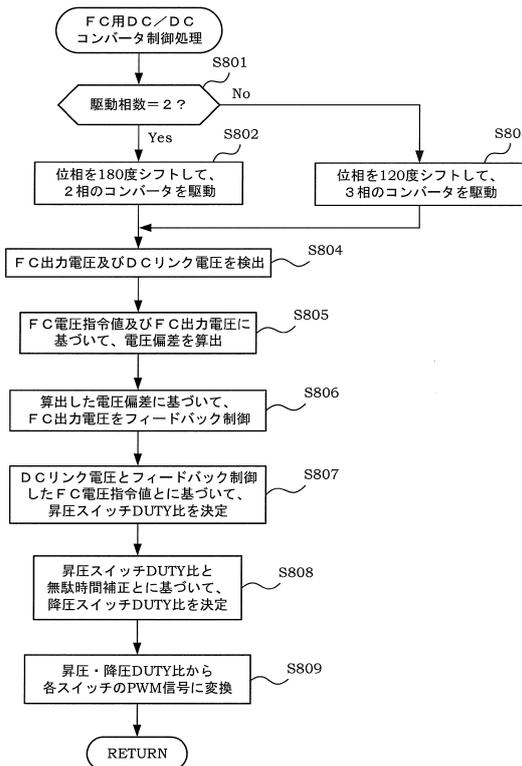
【図9】



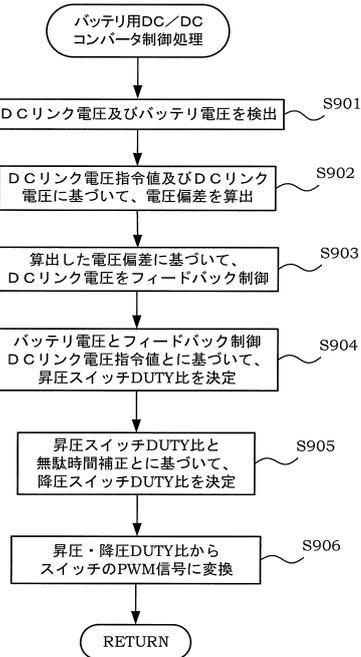
【図10】



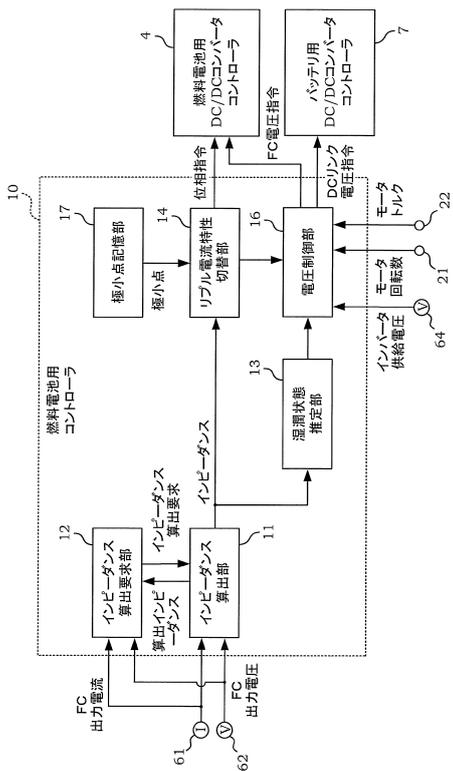
【図11】



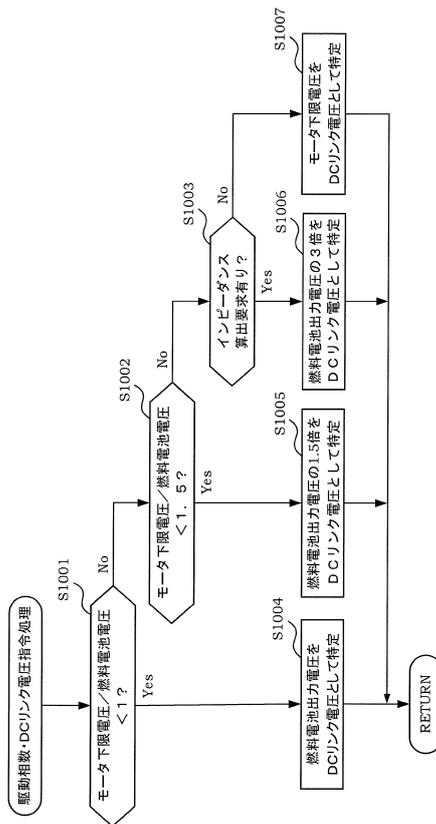
【図12】



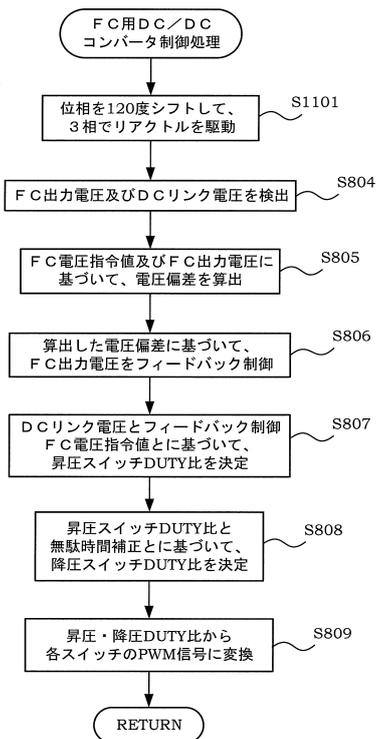
【図13】



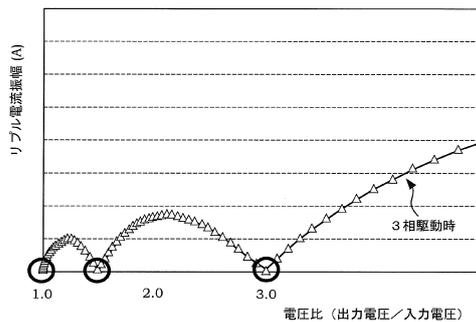
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

審査官 麻生 哲朗

(56)参考文献 国際公開第2013/005295(WO, A1)

特開2011-109869(JP, A)

特開2011-109815(JP, A)

特開2011-166990(JP, A)

特開2007-012418(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 3/155

H02M 7/48