

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5352186号
(P5352186)

(45) 発行日 平成25年11月27日(2013.11.27)

(24) 登録日 平成25年8月30日(2013.8.30)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 M 8/04 (2006.01)

H O 1 M 8/04 P

H O 1 M 8/00 (2006.01)

H O 1 M 8/00 A

B 6 0 L 11/18 (2006.01)

H O 1 M 8/00 Z

H O 2 J 7/34 (2006.01)

B 6 0 L 11/18 G

H O 2 J 7/00 (2006.01)

H O 2 J 7/34 A

請求項の数 8 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-274308 (P2008-274308)
 (22) 出願日 平成20年10月24日(2008.10.24)
 (65) 公開番号 特開2010-104169 (P2010-104169A)
 (43) 公開日 平成22年5月6日(2010.5.6)
 審査請求日 平成22年11月25日(2010.11.25)

(73) 特許権者 000005326
 本田技研工業株式会社
 東京都港区南青山二丁目1番1号
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100108578
 弁理士 高橋 詔男
 (74) 代理人 100146835
 弁理士 佐伯 義文
 (74) 代理人 100094400
 弁理士 鈴木 三義
 (74) 代理人 100107836
 弁理士 西 和哉
 (74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電源装置および燃料電池車両の電源システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電位の異なる第1ラインおよび第2ラインおよび第3ラインと、
 発電装置と蓄電装置とが直列に接続されてなる電池回路と、
 第1DC-DCコンバータとを備え、
 前記電池回路の両端は前記第1ラインと前記第3ラインとに接続され、
 前記第1DC-DCコンバータの昇圧動作の1次側の正極および負極端子は前記第2ラインと前記第3ラインとに接続され、
 前記第1DC-DCコンバータの昇圧動作の2次側の正極および負極端子は前記第1ラインと前記第3ラインとに接続され、
 前記発電装置は前記第1ラインと前記第2ラインとに接続され、
 前記蓄電装置は前記第2ラインと前記第3ラインとに接続され、
 前記第1ラインおよび前記第3ラインは、負荷の両端に接続され、前記負荷に電力を出力するものであって、
 動作モードとして、少なくとも第1モードおよび第2モードを有し、
 前記第1モードは、前記蓄電装置の放電電流が前記発電装置の発電電流よりも大きい状態で前記負荷に電力を供給する動作モードであり、
 前記第2モードは、前記蓄電装置の放電電流が前記発電装置の発電電流よりも小さい状態で前記負荷に電力を供給する動作モードであり、
 前記第1DC-DCコンバータのスイッチングデューティーを変化させて前記動作モー

10

20

ドを変化させる制御装置を備える、
ことを特徴とする電源装置。

【請求項 2】

前記発電装置は燃料電池スタックであり、

前記燃料電池スタックに反応ガスを供給するポンプおよび冷媒を供給するポンプのうち少なくとも 1 つのポンプの駆動回路は前記第 2 ラインと前記第 3 ラインとに接続されていることを特徴とする請求項 1 に記載の電源装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の電源装置と、

前記電源装置から電力が供給される車両駆動用電動機と
を備え、前記発電装置は燃料電池スタックであることを特徴とする燃料電池車両の電源システム。

10

【請求項 4】

車両用補機を備え、

前記車両用補機の少なくとも一部は前記第 1 ラインと前記第 2 ラインとに接続されていることを特徴とする請求項 3 に記載の燃料電池車両の電源システム。

【請求項 5】

車両用補機を備え、

前記車両用補機の少なくとも一部は前記第 2 ラインと前記第 3 ラインとに接続されていることを特徴とする請求項 3 に記載の燃料電池車両の電源システム。

20

【請求項 6】

車両用補機を備え、

前記車両用補機の少なくとも一部は前記第 1 ラインと前記第 3 ラインとに接続されていることを特徴とする請求項 3 に記載の燃料電池車両の電源システム。

【請求項 7】

前記車両用補機の前記少なくとも一部は第 2 DC - DC コンバータを介して前記電源装置に接続されていることを特徴とする請求項 4 から請求項 6 の何れか 1 つに記載の燃料電池車両の電源システム。

【請求項 8】

前記車両用補機の前記少なくとも一部は空調機器を備えることを特徴とする請求項 4 から請求項 7 の何れか 1 つに記載の燃料電池車両の電源システム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、電源装置および燃料電池車両の電源システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、例えば燃料電池に接続された第 1 DC - DC コンバータと、蓄電装置に接続された第 2 DC - DC コンバータとを備え、2 つの第 1 および第 2 DC - DC コンバータから車両駆動用電動機などの負荷に電力を供給する電源システムが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

40

【特許文献 1】特開 2007 - 318938 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

ところで、上記従来技術に係る電源システムにおいては、複数の電源（つまり、燃料電池および蓄電装置）毎に DC - DC コンバータを備えることに起因して、電源システムの構成に要する費用が高むとともに、電源システムのサイズが増大してしまうという問題が生じることから、費用の削減およびサイズの小型化が望まれている。

【0004】

50

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、構成に要する費用を削減すると共にサイズを小型化することが可能な電源装置および燃料電池車両の電源システムを提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決して係る目的を達成するために、本発明の第1態様に係る電源装置（例えば、実施の形態での電源装置10）は、電位の異なる第1ライン（例えば、実施の形態での第1ラインL1）および第2ライン（例えば、実施の形態での第2ラインL2）および第3ライン（例えば、実施の形態での第3ラインL3）と、発電装置（例えば、実施の形態での燃料電池スタック11）と蓄電装置（例えば、実施の形態でのバッテリー12）とが直列に接続されてなる電池回路（例えば、実施の形態での電池回路10a）と、第1DC-DCコンバータ（例えば、実施の形態での第1DC-DCコンバータ13）とを備え、前記電池回路の両端は前記第1ラインと前記第3ラインとに接続され、前記第1DC-DCコンバータの昇圧動作の1次側の正極および負極端子は前記第2ラインと前記第3ラインとに接続され、前記第1DC-DCコンバータの昇圧動作の2次側の正極および負極端子は前記第1ラインと前記第3ラインとに接続され、前記発電装置は前記第1ラインと前記第2ラインとに接続され、前記蓄電装置は前記第2ラインと前記第3ラインとに接続され、前記第1ラインおよび前記第3ラインは、負荷の両端に接続され、前記負荷に電力を出力するものであって、動作モードとして、少なくとも第1モードおよび第2モードを有し、前記第1モードは、前記蓄電装置の放電電流が前記発電装置の発電電流よりも大きい状態で前記負荷に電力を供給する動作モードであり、前記第2モードは、前記蓄電装置の放電電流が前記発電装置の発電電流よりも小さい状態で前記負荷に電力を供給する動作モードであり、前記第1DC-DCコンバータのスイッチングデューティを変化させて前記動作モードを変化させる制御装置を備える。

【0006】

さらに、本発明の第2態様に係る電源装置では、前記発電装置は燃料電池スタックであり、前記燃料電池スタックに反応ガスを供給するポンプ（例えば、実施の形態でのエアポンプ（AP）21）および冷媒を供給するポンプのうち少なくとも1つのポンプの駆動回路（例えば、実施の形態でのエアポンプインバータ14）は前記第2ラインと前記第3ラインとに接続されている。

【0007】

また、本発明の第3態様に係る燃料電池車両の電源システム（例えば、実施の形態での燃料電池車両の電源システム20）は、上記第1態様または第2態様の電源装置（例えば、実施の形態での電源装置10）と、前記電源装置から電力が供給される車両駆動用電動機（例えば、実施の形態での駆動モータ22）とを備え、前記発電装置は燃料電池スタックである。

【0008】

さらに、本発明の第4態様に係る燃料電池車両の電源システムは、車両用補機を備え、前記車両用補機の少なくとも一部は前記第1ラインと前記第2ラインとに接続されている。

【0009】

さらに、本発明の第5態様に係る燃料電池車両の電源システムは、車両用補機を備え、前記車両用補機の少なくとも一部は前記第2ラインと前記第3ラインとに接続されている。

【0010】

さらに、本発明の第6態様に係る燃料電池車両の電源システムは、車両用補機を備え、前記車両用補機の少なくとも一部は前記第1ラインと前記第3ラインとに接続されている。

【0011】

さらに、本発明の第7態様に係る燃料電池車両の電源システムでは、前記車両用補機の

10

20

30

40

50

前記少なくとも一部は第２ＤＣ－ＤＣコンバータ（例えば、実施の形態での第２ＤＣ－ＤＣコンバータ２３）を介して前記電源装置に接続されている。

【００１２】

さらに、本発明の第８態様に係る燃料電池車両の電源システムでは、前記車両用補機の前記少なくとも一部は空調機器（例えば、実施の形態での空調機器２４）を備える。

【発明の効果】

【００１３】

本発明の電源装置によれば、発電装置と蓄電装置とが直列に接続されてなる電池回路に対して単一の第１ＤＣ－ＤＣコンバータを備えるだけで複数の動作モードを切り換えることができ、例えば発電装置と蓄電装置毎に個別にＤＣ－ＤＣコンバータを備える場合に比べて、構成に要する費用を削減すると共にサイズを小型化することができる。

10

【００１４】

本発明の燃料電池車両の電源システムによれば、単一の第１ＤＣ－ＤＣコンバータのみを備えることで電源装置の構成に要する費用を削減すると共にサイズを小型化することができるに加えて、燃料電池スタックと蓄電装置とが直列に接続されることから、例えば燃料電池スタックと蓄電装置とが並列に接続される場合に比べて、車両駆動用電動機の駆動回路の動作電圧を増大させ、かつ、電流を低下させることができ、車両駆動用電動機および駆動回路のサイズを小型化すると共に運転効率を向上させることができ、燃料電池車両の電源システムの構成に要する費用を削減すると共にサイズを小型化することができる。

20

また、第１ＤＣ－ＤＣコンバータの異常時（例えば、開放故障時など）であっても、電池回路から車両駆動用電動機の駆動回路に電源を供給することができ、燃料電池車両を走行させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１５】

以下、本発明の実施形態に係る電源装置および燃料電池車両の電源システムについて添付図面を参照しながら説明する。

本実施の形態による電源装置１０は、例えば図１に示すように、燃料電池スタック（ＦＣ）１１と、バッテリー１２と、第１ＤＣ－ＤＣコンバータ１３と、エアポンプインバータ１４とを備えて構成されている。そして、電源装置１０は、例えば駆動モータインバータ１５に接続されている。

30

【００１６】

電源装置１０は、例えば燃料電池車両の電源システム２０に具備され、この燃料電池車両の電源システム２０は、例えば図２および図３に示すように、電源装置１０と、エアポンプ（ＡＰ）２１と、駆動モータ２２と、第２ＤＣ－ＤＣコンバータ２３と、空調機器２４と、制御装置２５と、地絡センサ２６と、出力電流センサ２７と、相電流センサ２８と、角度センサ２９とを備えて構成されている。

【００１７】

燃料電池スタック１１は、陽イオン交換膜等からなる固体高分子電解質膜を、アノード触媒およびガス拡散層からなる燃料極（アノード）と、カソード触媒およびガス拡散層からなる酸素極（カソード）とで挟持してなる電解質電極構造体を、更に一對のセパレータで挟持してなる燃料電池セルを多数組積層して構成され、燃料電池セルの積層体は一對のエンドプレートによって積層方向の両側から挟み込まれている。

40

【００１８】

燃料電池スタック１１のカソードには酸素を含む酸化剤ガス（反応ガス）である空気がエアポンプ２１から供給され、アノードには水素を含む燃料ガス（反応ガス）が、例えば高圧の水素タンク（図示略）から供給されている。

そして、アノードのアノード触媒上で触媒反応によりイオン化された水素は、適度に加湿された固体高分子電解質膜を介してカソードへと移動し、この移動に伴って発生する電子が外部回路に取り出され、直流の電気エネルギーとして利用される。このときカソード

50

においては、水素イオン、電子及び酸素が反応して水が生成される。

【 0 0 1 9 】

なお、エアポンプ 2 1 は、例えば車両の外部から空気を取り込んで圧縮し、この空気を反応ガスとして燃料電池スタック 1 1 のカソードに供給する。このエアポンプ 2 1 を駆動するモータ（図示略）の回転数は、制御装置 2 5 から出力される制御指令に基づき、例えばパルス幅変調（P W M）による P W M インバータなどからなるエアポンプインバータ 1 4 により制御されている。

【 0 0 2 0 】

なお、電源装置 1 0 ではバッテリー 1 2 の代わりに蓄電装置として、例えば電気二重層コンデンサや電解コンデンサなどからなるキャパシタを備えてもよい。

10

【 0 0 2 1 】

第 1 D C - D C コンバータ 1 3 は、例えばチョッパ型の D C - D C コンバータであって、図 3 に示すように、複数のスイッチング素子（例えば、I G B T : Insulated Gate Bipolar mode Transistor）がブリッジ接続されてなる 3 相のブリッジ回路 3 1 と、3 相のチョークコイル 3 2 と、平滑コンデンサ 3 3 とを備えて構成されている。

なお、第 1 D C - D C コンバータ 1 3 を簡略化して示す図 1 および図 2 においては、3 相のうち 1 相分のみのスイッチング素子とチョークコイル 3 2 のみを図示している。

【 0 0 2 2 】

ブリッジ回路 3 1 は、後述する 3 相の駆動モータインバータ 1 5 を構成する 3 相のブリッジ回路 5 1 と同等であって、例えば各相毎に対をなすハイ側およびロー側第 1 トランジスタ A H , A L と、ハイ側およびロー側第 2 トランジスタ B H , B L と、ハイ側およびロー側第 3 トランジスタ C H , C L とがブリッジ接続されている。そして、各トランジスタ A H , B H , C H はコレクタが 2 次側正極端子 P 2 に接続されてハイサイドアームを構成し、各トランジスタ A L , B L , C L はエミッタが 2 次側負極端子 N 2 に接続されてローサイドアームを構成している。そして、各相毎に、ハイサイドアームの各トランジスタ A H , B H , C H のエミッタはローサイドアームの各トランジスタ A L , B L , C L のコレクタに接続され、各トランジスタ A H , A L , B H , B L , C H , C L のコレクタ - エミッタ間には、エミッタからコレクタに向けて順方向となるようにして、各ダイオード D A H , D A L , D B H , D B L , D C H , D C L が接続されている。

20

【 0 0 2 3 】

そして、このブリッジ回路 3 1 は、制御装置 2 5 から出力されて各トランジスタのゲートに入力されるパルス幅変調（P W M）された信号（P W M 信号）によって駆動され、ハイサイドアームの各トランジスタ A H , B H , C H がオンかつローサイドアームの各トランジスタ A L , B L , C L がオフとなる状態と、ハイサイドアームの各トランジスタ A H , B H , C H がオフかつローサイドアームの各トランジスタ A L , B L , C L がオンとなる状態とが、交互に切り替えられる。

30

【 0 0 2 4 】

平滑コンデンサ 3 3 は、2 次側正極端子 P 2 および 2 次側負極端子 N 2 に接続されている。

3 相のチョークコイル 3 2 は、各チョークコイル 3 2 の一端がブリッジ回路 3 1 の各相毎のコレクタ - エミッタ間、つまり各トランジスタ A H , A L のコレクタ - エミッタ間および各トランジスタ B H , B L のコレクタ - エミッタ間および各トランジスタ C H , C L のコレクタ - エミッタ間のそれぞれに接続され、各チョークコイル 3 2 の他端は互いに 1 次側正極端子 P 1 に接続されている。

40

【 0 0 2 5 】

3 相のチョークコイル 3 2 は、例えば図 4 に示すように、単一の矩形のコア 4 1 にコモンモード巻きで巻回され、通電時に各チョークコイル 3 2 から発生する磁束の方向が同方向となるように設定されている。

そして、3 相のうち何れか 1 相のチョークコイル 3 2 は、矩形のコア 4 1 をなす 2 対の対辺のうち一方の 1 対の対辺 4 1 a に分散して巻回され、3 相のうち他の 2 相のチョーク

50

コイル 3 2 は、矩形のコア 4 1 をなす 2 対の対辺のうち他方の 1 対の対辺 4 1 b にそれぞれ集中して巻回されている。

なお、3 相の各チョークコイル 3 2 は、例えば図 5 に示すように、矩形のコア 4 1 をなす 4 辺のうち何れか 3 辺にそれぞれ集中して巻回されてもよいし、他の巻線構造であってもよい。

【 0 0 2 6 】

第 1 D C - D C コンバータ 1 3 は、例えば図 3 に示すように、電位の異なる 3 つの各ライン L 1 , L 2 , L 3 (例えば、L 1 の電位 > L 2 の電位 > L 3 の電位) に対して、1 次側が第 2 ライン L 2 と第 3 ライン L 3 とに接続され、2 次側が第 1 ライン L 1 と第 3 ライン L 3 とに接続されている。つまり、第 1 ライン L 1 は 2 次側正極端子 P 2 に接続され、第 2 ライン L 2 は 1 次側正極端子 P 1 に接続され、第 3 ライン L 3 は 1 次側負極端子 N 1 および 2 次側負極端子 N 2 に接続されている。

10

【 0 0 2 7 】

この第 1 D C - D C コンバータ 1 3 は、例えば駆動モータ 2 2 の駆動時などにおける 1 次側から 2 次側への昇圧動作時には、まず、ハイサイドアームの各トランジスタ A H , B H , C H がオフかつローサイドアームの各トランジスタ A L , B L , C L がオンとされ、1 次側から入力される電流によってチョークコイル 3 2 が直流励磁されて磁気エネルギーが蓄積される。

そして、ハイサイドアームの各トランジスタ A H , B H , C H がオンかつローサイドアームの各トランジスタ A L , B L , C L がオフとされ、チョークコイル 3 2 に流れる電流が遮断されることに起因する磁束の変化を妨げるようにしてチョークコイル 3 2 の両端間に起電圧 (誘導電圧) が発生し、チョークコイル 3 2 に蓄積された磁気エネルギーによる誘導電圧が 1 次側の入力電圧に上積みされて 1 次側の入力電圧よりも高い昇圧電圧が 2 次側に印加される。この切換動作に伴って発生する電圧変動は平滑コンデンサ 3 3 により平滑化され、昇圧電圧が 2 次側から出力される。

20

【 0 0 2 8 】

一方、例えば駆動モータ 2 2 の回生時などにおける 2 次側から 1 次側への回生動作時には、まず、ハイサイドアームの各トランジスタ A H , B H , C H がオフかつローサイドアームの各トランジスタ A L , B L , C L がオンとされ、2 次側から入力される電流によってチョークコイル 3 2 が直流励磁されて磁気エネルギーが蓄積される。

30

そして、ハイサイドアームの各トランジスタ A H , B H , C H がオンかつローサイドアームの各トランジスタ A L , B L , C L がオフとされ、チョークコイル 3 2 に流れる電流が遮断されることに起因する磁束の変化を妨げるようにしてチョークコイル 3 2 の両端間に起電圧 (誘導電圧) が発生する。このチョークコイル 3 2 に蓄積された磁気エネルギーによる誘導電圧は、ハイサイドアームの各トランジスタ A H , B H , C H のオン / オフの比率に応じて 2 次側の入力電圧が降圧された降圧電圧となり、降圧電圧が 1 次側に印加される。

【 0 0 2 9 】

第 1 D C - D C コンバータ 1 3 は、制御装置 2 5 から出力されて各トランジスタのゲートに入力されるパルス幅変調 (P W M) された信号 (P W M 信号) によって駆動され、例えば P W M 信号の 1 周期におけるハイサイドアームの各トランジスタ A H , B H , C H のオンの比率として定義されるスイッチングデューティーに応じて、ハイサイドアームの各トランジスタ A H , B H , C H とローサイドアームの各トランジスタ A L , B L , C L とのオン / オフを切り換える。

40

なお、ハイサイドアームの各トランジスタ A H , B H , C H と、ローサイドアームの各トランジスタ A L , B L , C L とは、オン / オフの切り換え時に、同時にオンとなることが禁止され、同時にオフとなる適宜のデッドタイムが設けられている。

【 0 0 3 0 】

そして、燃料電池スタック 1 1 は正極側および負極側に配置されたコンタクタ 1 1 a とコンデンサ 1 1 b とを介して第 1 ライン L 1 と第 2 ライン L 2 とに接続され、バッテリー 1

50

2は正極側および負極側に配置されたコンタクタ12aおよび正極側に配置された電流制限回路12bを介して第2ラインL2と第3ラインL3とに接続されている。これにより、第1ラインL1と第3ラインL3との間で燃料電池スタック11とバッテリー12とは直列に接続されて電池回路10aを形成している。

そして、第1ラインL1および第3ラインL3から負荷(例えば、駆動モータ22など)に電力が出力されるようにして第1ラインL1と第3ラインL3とは駆動モータインバータ15に接続されている。

【0031】

そして、エアポンプ21の駆動回路であるエアポンプインバータ14は第2ラインL2と第3ラインL3とに接続されている。

【0032】

3相の駆動モータ22の駆動回路をなす駆動モータインバータ15は、例えばパルス幅変調(PWM)によるPWMインバータであって、複数のスイッチング素子(例えば、IGBT: Insulated Gate Bipolar mode Transistor)がブリッジ接続されてなる3相のブリッジ回路51を備えて構成されている。

【0033】

ブリッジ回路51は、第1DC-DCコンバータ13を構成する3相のブリッジ回路31と同等であって、例えば各相毎に対をなすハイ側およびロー側U相トランジスタUH, ULと、ハイ側およびロー側V相トランジスタVH, VLと、ハイ側およびロー側W相トランジスタWH, WLとがブリッジ接続されている。そして、各トランジスタUH, VH, WHはコレクタが第1DC-DCコンバータ13の2次側正極端子P2に接続されてハイサイドアームを構成し、各トランジスタUL, VL, WLはエミッタが第1DC-DCコンバータ13の2次側負極端子N2に接続されてローサイドアームを構成している。そして、各相毎に、ハイサイドアームの各トランジスタUH, VH, WHのエミッタはローサイドアームの各トランジスタUL, VL, WLのコレクタに接続され、各トランジスタUH, UL, VH, VL, WH, WLのコレクタ-エミッタ間には、エミッタからコレクタに向けて順方向となるようにして、各ダイオードDUH, DUL, DVH, DVL, DWH, DWLが接続されている。

【0034】

この駆動モータインバータ15は、制御装置25から出力されてブリッジ回路51の各トランジスタのゲートに入力されるパルス幅変調(PWM)された信号(PWM信号)によって駆動され、例えば駆動モータ22の駆動時には、各相毎に対をなす各トランジスタのオン(導通)/オフ(遮断)状態を切り替えることによって、電源装置10から出力される直流電力を3相交流電力に変換し、3相のステータ巻線への通電を順次転流させることで、各相のステータ巻線に交流のU相電流IuおよびV相電流IvおよびW相電流Iwを通電する。一方、例えば駆動モータ22の回生時には、駆動モータ22から出力される3相交流電力を直流電力に変換して第1DC-DCコンバータ13に供給し、バッテリー12の充電および第1DC-DCコンバータ13に接続された負荷に対する給電などをおこなう。

なお、駆動モータ22は、例えば界磁として永久磁石を利用する永久磁石式の3相交流同期モータとされており、駆動モータインバータ15から供給される3相交流電力により駆動制御されると共に、車両の減速時において駆動輪側から駆動モータ22側に駆動力が伝達されると、駆動モータ22は発電機として機能して、いわゆる回生制動力を発生し、車体の運動エネルギーを電気エネルギーとして回収する。

【0035】

第2DC-DCコンバータ23は、例えばチョッパ型のDC-DCコンバータであって、燃料電池車両に搭載される車両用補機の少なくとも一部(例えば、処理装置と、電磁バルブと、12V系負荷となど)が負荷として接続されている。

第2DC-DCコンバータ23は、第2ラインL2と第3ラインL3とに接続され、制御装置25から出力される制御指令に応じたチョッピング動作により、第2ラインL2と

10

20

30

40

50

第 3 ライン L 3 との間に印加される電圧を降圧して、第 2 D C - D C コンバータ 2 3 に接続された負荷に供給する。

【 0 0 3 6 】

また、燃料電池車両に搭載される車両用補機の少なくとも一部をなす空調機器 2 4 は、例えば燃料電池車両に搭載されるヒータと、コンプレッサー用のモータおよび駆動回路（例えば、インバータなど）となどを備えて構成されている。

空調機器 2 4 は、第 2 ライン L 2 と第 3 ライン L 3 とに接続され、第 2 ライン L 2 および第 3 ライン L 3 から電力が供給される。

【 0 0 3 7 】

制御装置 2 5 は、第 1 D C - D C コンバータ 1 3 のスイッチングデューティを制御するデューティ制御をおこなうとともに、駆動モータインバータ 1 5 の電力変換動作を制御する。

10

制御装置 2 5 には、例えば、第 1 ライン L 1 と第 3 ライン L 3 とに接続されて地絡の発生を検知する地絡センサ 2 6 と、燃料電池スタック 1 1 の出力電流 I F C を検出する出力電流センサ 2 7 と、駆動モータインバータ 1 5 と駆動モータ 2 2 との間において 3 相の各相電流を検出する相電流センサ 2 8 と、駆動モータ 2 2 の回転子の回転角（つまり、所定の基準回転位置からの回転子の磁極の回転角度であって、駆動モータ 2 2 の回転軸の回転位置）を検出する角度センサ 2 9 との各センサから出力される検出信号が入力されている。

【 0 0 3 8 】

20

制御装置 2 5 は、例えば、消費電力算出部 6 1 と、目標電力配分設定部 6 2 と、目標電流設定部 6 3 と、デューティ制御部 6 4 と、駆動モータ制御部 6 5 とを備えて構成されている。

【 0 0 3 9 】

消費電力算出部 6 1 は、電源装置 1 0 から電力が供給される負荷（例えば、電源装置 1 0 の外部の負荷である駆動モータ 2 2 および空調機器 2 4 および車両用補機など、および、電源装置 1 0 の内部の負荷であるエアポンプインバータ 1 4 など）の総消費電力を算出する。

【 0 0 4 0 】

目標電力配分設定部 6 2 は、例えば駆動モータ 2 2 の駆動時においては、燃料電池スタック 1 1 の状態（例えば、発電指令に応じた燃料電池スタック 1 1 の状態変化の変化率など）と、バッテリー 1 2 の残容量 S O C となどに基づき、電源装置 1 0 の電池回路 1 0 a を形成する燃料電池スタック 1 1 とバッテリー 1 2 との電力配分、つまり消費電力算出部 6 1 により算出された総消費電力を燃料電池スタック 1 1 から出力される電力とバッテリー 1 2 から出力される電力とを加算して得た値とする際の配分を設定する。

30

例えば駆動モータ 2 2 の駆動時における電力配分は、第 1 D C - D C コンバータ 1 3 のスイッチングデューティ（つまり、P W M 信号の 1 周期におけるローサイドアームの各トランジスタ A L , B L , C L のオンの比率）に応じた値となり、スイッチングデューティ（ $d u t y$ ）は燃料電池スタック 1 1 の電圧（ $V F C$ ）とバッテリー 1 2 の電圧（ $V B$ ）とにより以下に示すように記述される。

40

【 0 0 4 1 】

$$d u t y = V B / (V F C + V B)$$

【 0 0 4 2 】

これにより、以下に示すようにスイッチングデューティ（ $d u t y$ ）によって燃料電池スタック 1 1 の電圧（ $V F C$ ）とバッテリー 1 2 の電圧（ $V B$ ）との比が記述される。

【 0 0 4 3 】

$$V B / V F C = d u t y / (1 - d u t y)$$

【 0 0 4 4 】

燃料電池スタック 1 1 の電圧（ $V F C$ ）とバッテリー 1 2 の電圧（ $V B$ ）とは、例えば図 6 および図 7 に示すように、それぞれ燃料電池スタック 1 1 の電流（出力電流 $I f c$ ）お

50

よび電力とバッテリー 12 の電流 (I_b) および電力と所定の対応関係を有することから、スイッチングデューティ ($duty$) により、燃料電池スタック 11 の動作点 (例えば、電圧または電流または電力) とバッテリー 12 の動作点 (例えば、電圧または電流または電力) との比が記述される。

【0045】

また、目標電力配分設定部 62 は、例えば駆動モータ 22 の回生時においては、燃料電池スタック 11 の状態 (例えば、発電指令に応じた燃料電池スタック 11 の状態変化の変化率など) と、バッテリー 12 の残容量 SOC と、駆動モータ 22 の回生電力となどに基づき、燃料電池スタック 11 と駆動モータインバータ 15 との電力供給側の電力配分、および、バッテリー 12 と負荷 (例えば、空調機器 24 および車両用補機およびエアポンプインバータ 14 など) との電力受給側の電力配分を設定する。

10

【0046】

目標電流設定部 63 は、例えば駆動モータ 22 の駆動時においては、スイッチングデューティ ($duty$) により、燃料電池スタック 11 の動作点 (例えば、電圧または電流または電力) とバッテリー 12 の動作点 (例えば、電圧または電流または電力) との比が記述されることから、燃料電池スタック 11 の動作点とバッテリー 12 の動作点と第 1 DC-DC コンバータ 13 のスイッチングデューティと負荷の総消費電力との対応関係を示す所定マップを参照して、燃料電池スタック 11 の出力電流 I_{fc} に対する目標電流を取得する。

【0047】

20

この所定マップは、例えば図 8 に示すように、燃料電池スタック 11 の動作点とバッテリー 12 の動作点とを直交座標とする 2 次元座標上において、第 1 DC-DC コンバータ 13 のスイッチングデューティの複数の値毎に対して設定された燃料電池スタック 11 の動作点とバッテリー 12 の動作点との対応関係 ($D(1), \dots, D(k), \dots$) と、負荷の総消費電力の複数の値毎に対して設定された燃料電池スタック 11 の動作点とバッテリー 12 の動作点との対応関係 ($P(1), \dots, P(k), \dots$) とを備えている。

そして、第 1 DC-DC コンバータ 13 のスイッチングデューティの複数の値毎に対して設定された対応関係では、スイッチングデューティに応じた比率で燃料電池スタック 11 の動作点の増大に伴いバッテリー 12 の動作点が増大傾向に変化するように設定されている。

30

また、負荷の総消費電力の複数の値毎に対して設定された燃料電池スタック 11 の動作点とバッテリー 12 の動作点との対応関係では、燃料電池スタック 11 の動作点に応じた電力とバッテリー 12 の動作点に応じた電力との和が負荷の総消費電力と等しくなるような動作点の組み合わせが設定されている。

【0048】

目標電流設定部 63 は、燃料電池スタック 11 の動作点とバッテリー 12 の動作点とを直交座標とする 2 次元座標上において、消費電力算出部 61 により算出された負荷の総消費電力に応じた対応関係 $P(k)$ と目標電力配分設定部 62 により設定された電力配分に応じた第 1 DC-DC コンバータ 13 のスイッチングデューティに応じた対応関係 $D(k)$ との交点を燃料電池スタック 11 およびバッテリー 12 の動作点とし、この動作点に応じた燃料電池スタック 11 の電流 (出力電流 I_{fc}) を目標電流として出力する。

40

【0049】

また、目標電流設定部 63 は、例えば駆動モータ 22 の回生時においては、目標電力配分設定部 62 により設定された電力配分に応じて、燃料電池スタック 11 の電流 (出力電流 I_{fc}) の目標電流として零あるいは正の値を出力する。

【0050】

デューティ制御部 64 は、燃料電池スタック 11 とバッテリー 12 との実際の電力配分 (実電力配分) が目標電力配分設定部 62 により設定された電力配分 (目標電力配分) に一致するようにして、例えば出力電流センサ 27 から出力される燃料電池スタック 11 の出力電流 I_{FC} の検出値が目標電流設定部 63 から出力される燃料電池スタック 11 の電

50

流（出力電流 I_{fc} ）の目標電流に一致するようにして、第1DC-DCコンバータ13のスイッチングデューティを制御する。

デューティ制御部64は、例えば、電流偏差算出部71と、フィードバック処理部72と、PWM信号生成部73とを備えて構成されている。

【0051】

電流偏差算出部71は、出力電流センサ27から出力される燃料電池スタック11の出力電流 I_{FC} の検出値と、目標電流設定部63から出力される燃料電池スタック11の電流（出力電流 I_{fc} ）の目標電流との電流偏差を算出して出力する。

フィードバック処理部72は、例えばPID（比例積分微分）動作により、電流偏差算出部71から出力される電流偏差を制御増幅して電圧指令値を算出する。

10

【0052】

PWM信号生成部73は、フィードバック処理部72から出力される電圧指令値に応じた出力電流 I_{fc} を燃料電池スタック11から出力するために、第1DC-DCコンバータ13のハイサイドアームの各トランジスタAH、BH、CHおよびローサイドアームの各トランジスタAL、BL、CLをオン/オフ駆動させるゲート信号（つまり、PWM信号）を生成して出力する。

【0053】

駆動モータ制御部65は、例えば駆動モータ22の駆動時においては、回転直交座標をなすdq座標上で電流のフィードバック制御（ベクトル制御）をおこなうものであり、運転者のアクセル操作および駆動モータ22の回転数などに基づくトルク指令に応じた目標d軸電流及び目標q軸電流を演算し、目標d軸電流及び目標q軸電流に基づいて3相の各相出力電圧 V_u 、 V_v 、 V_w を算出し、各相出力電圧 V_u 、 V_v 、 V_w に応じて駆動モータインバータ15のブリッジ回路51へゲート信号であるPWM信号を入力すると共に、実際にF駆動モータインバータ15から駆動モータ22に供給される各相電流 I_u 、 I_v 、 I_w の検出値をdq座標上に変換して得たd軸電流及びq軸電流と、目標d軸電流及び目標q軸電流との各偏差がゼロとなるように制御をおこなう。

20

【0054】

また、駆動モータ制御部65は、例えば駆動モータ22の回生時においては、角度センサ29から出力される駆動モータ22の回転子の回転角 θ_m の出力波形に基づいて同期がとられたパルスに応じて駆動モータインバータ15のブリッジ回路51の各トランジスタをオン/オフ駆動させ、駆動モータ制御部65から出力される3相交流電力を直流電力に変換する。このとき、駆動モータ制御部65は、ブリッジ回路51の各トランジスタをオン/オフ駆動させるゲート信号のデューティに応じた回生電圧のフィードバック制御をおこない、所定の電圧値を駆動モータインバータ15の1次側つまり第1DC-DCコンバータ13の2次側正極端子P2と2次側負極端子N2との間に出力する。

30

【0055】

つまり、制御装置25は、例えば駆動モータ22の駆動時においては、燃料電池スタック11の電流（出力電流 I_{fc} ）の検出値が目標電流と一致するようにしてフィードバック制御をおこなうことによって、第1DC-DCコンバータ13のスイッチングデューティを制御することにより、例えば図9に示すように、電源装置10の動作モードを連続的に制御する。

40

【0056】

例えば第1DC-DCコンバータ13の昇圧比が2～3程度の値となる状態で、スイッチングデューティが最大となる電源装置10の動作モードは、バッテリー12の出力のみが駆動モータインバータ15およびエアポンプインバータ14に供給されるEVモードとなる。

【0057】

そして、EVモードからスイッチングデューティが低下傾向に変化することに伴い、電源装置10の動作モードは、順次、バッテリー12の出力が駆動モータインバータ15およびエアポンプインバータ14に供給されると共に燃料電池スタック11の出力が駆動モ

50

ータインバータ15に供給されてバッテリー12の電流(I_b)が燃料電池スタック11の電流(出力電流 I_{fc})よりも大きくなる第1の(FC+バッテリー)モードと、バッテリー12の出力が駆動モータインバータ15およびエアポンプインバータ14に供給されると共に燃料電池スタック11の出力が駆動モータインバータ15に供給されてバッテリー12の電流(I_b)が燃料電池スタック11の電流(出力電流 I_{fc})とエアポンプインバータ14に通電される電流(I_{AP})との和に等しくなる第2の(FC+バッテリー)モードと、バッテリー12および燃料電池スタック11の出力が駆動モータインバータ15およびエアポンプインバータ14に供給されてバッテリー12の電流(I_b)が燃料電池スタック11の電流(出力電流 I_{fc})よりも小さくなる第3の(FC+バッテリー)モードとに推移する。

10

これに伴い、例えば図9に示すように、バッテリー12の電流(I_b)が減少傾向に変化し、燃料電池スタック11の電流(出力電流 I_{fc})及び目標電流(I_{fc} コマンド)は増大傾向に変化する。そして、駆動モータインバータ15の1次側の入力電圧(V_{PIN})はほぼ一定に維持されつつ、バッテリー12の電圧(V_B)は増大傾向に変化し、燃料電池スタック11の電圧(V_{FC})は減少傾向に変化する。

【0058】

そして、第3の(FC+バッテリー)モードからスイッチングデューティが最小まで低下傾向に変化することに伴い、電源装置10の動作モードは、順次、燃料電池スタック11の出力のみが駆動モータインバータ15およびエアポンプインバータ14に供給される第1のFCモードと、燃料電池スタック11の出力のみが駆動モータインバータ15およびエアポンプインバータ14およびバッテリー12に供給されてバッテリー12が充電される第2のFCモードとに推移する。

20

これに伴い、例えば図9に示すように、バッテリー12の電流(I_b)が零から負の値へと減少傾向に変化し、燃料電池スタック11の電流(出力電流 I_{fc})及び目標電流(I_{fc} コマンド)は増大傾向に変化する。そして、駆動モータインバータ15の1次側の入力電圧(V_{PIN})はほぼ一定に維持されつつ、バッテリー12の電圧(V_B)は増大傾向に変化し、燃料電池スタック11の電圧(V_{FC})は減少傾向に変化する。

【0059】

また、制御装置25は、例えば駆動モータ22の回生時においては、燃料電池スタック11の電流(出力電流 I_{fc})の検出値が目標電流(零あるいは正の値)と一致するようにしてフィードバック制御をおこなうとともに、回生電圧のフィードバック制御をおこなうことによって、第1DC-DCコンバータ13のスイッチングデューティを制御する。

30

例えば燃料電池スタック11の電流(出力電流 I_{fc})の目標電流が零とされる電源装置10の動作モードは、駆動モータインバータ15の回生電力によりバッテリー12が充電される回生モードとなる。

また、例えば燃料電池スタック11の電流(出力電流 I_{fc})の目標電流が正の値とされる電源装置10の動作モードは、駆動モータインバータ15の回生電力および燃料電池スタック11の出力がエアポンプインバータ14およびバッテリー12に供給されてバッテリー12が充電される(回生+FCによるバッテリー充電)モードとなる。

40

【0060】

なお、制御装置25は、例えば、燃料電池車両の運転状態や、燃料電池スタック11のアノードに供給される反応ガスに含まれる水素の濃度や、燃料電池スタック11のアノードから排出される排出ガスに含まれる水素の濃度や、燃料電池スタック11の発電状態、例えば各複数の燃料電池セルの端子間電圧や、燃料電池スタック11の電圧 V_{FC} や、燃料電池スタック11の出力電流 I_{fc} や、燃料電池スタック11の内部温度などに基づき、燃料電池スタック11に対する発電指令として、燃料電池スタック11へ供給される反応ガスの圧力および流量に対する指令値を出力し、燃料電池スタック11の発電状態を制御する。

【0061】

50

また、制御装置 25 は、燃料電池スタック 11 の発電状態などに応じてコンタクタ 11 a のオン/オフを切り換え、燃料電池スタック 11 と第 1 ライン L1 および第 2 ライン L2 との接続を制御する。

また、制御装置 25 は、バッテリー 12 の残容量 SOC などに応じてコンタクタ 12 a および電流制限回路 12 b のオン/オフを切り換え、バッテリー 12 と第 2 ライン L2 および第 3 ライン L3 との接続を制御する。

【0062】

上述したように、本発明の実施形態による電源装置 10 によれば、燃料電池スタック 11 とバッテリー 12 とが直列に接続されてなる電池回路 10 a に対して単一の第 1 DC-DC コンバータ 13 を備えるだけで複数の動作モードを切り換えることができ、例えば燃料電池スタック 11 とバッテリー 12 毎に個別に DC-DC コンバータを備える場合に比べて、構成に要する費用を削減すると共にサイズを小型化することができる。

10

【0063】

さらに、本発明の実施形態による燃料電池車両の電源システム 20 によれば、単一の第 1 DC-DC コンバータ 13 のみを備えることで電源装置 10 の構成に要する費用を削減すると共にサイズを小型化することができることに加えて、燃料電池スタック 11 とバッテリー 12 とが直列に接続されることから、例えば燃料電池スタック 11 とバッテリー 12 とが並列に接続される場合に比べて、駆動モータインバータ 15 の動作電圧を増大させ、かつ、電流を低下させることができ、駆動モータ 22 および駆動モータインバータ 15 のサイズを小型化することができると共に運転効率を向上させることができ、燃料電池車両の電源システム 20 の構成に要する費用を削減すると共にサイズを小型化することができる。

20

また、第 1 DC-DC コンバータ 13 の異常時（例えば、開放故障時など）であっても、電池回路 10 a から駆動モータインバータ 15 に電源を供給することができ、燃料電池車両を走行させることができる。

【0064】

なお、上述した実施の形態においては、燃料電池車両に搭載される車両用補機の少なくとも一部（例えば、第 2 DC-DC コンバータ 23 とは独立した空調機器 24 など、および、第 2 DC-DC コンバータ 23 に接続される負荷（処理装置と、電磁バルブと、12V 系負荷となど））は、直接あるいは第 2 DC-DC コンバータ 23 を介して、第 2 ライン L2 と第 3 ライン L3 とに接続されることができ、これに限定されず、例えば図 10 に示すように、第 1 ライン L1 と第 2 ライン L2 とに接続されてもよいし、例えば図 11 に示すように、第 1 ライン L1 と第 3 ライン L3 とに接続されてもよい。

30

【0065】

なお、上述した実施の形態においては、エアポンプ 21 の駆動回路であるエアポンプインバータ 14 は第 2 ライン L2 と第 3 ライン L3 とに接続されているとしたが、これに限定されず、燃料電池スタック 11 に反応ガスを供給するポンプ（例えば、エアポンプ 21 など）および冷媒を供給するポンプ（図示略）のうち少なくとも 1 つのポンプの駆動回路が第 2 ライン L2 と第 3 ライン L3 とに接続されてもよい。

【0066】

40

なお、上述した実施の形態においては、第 1 DC-DC コンバータ 13 は、ハイサイドアームの各トランジスタ AH, BH, CH がオフかつローサイドアームの各トランジスタ AL, BL, CL がオンの状態と、ハイサイドアームの各トランジスタ AH, BH, CH がオンかつローサイドアームの各トランジスタ AL, BL, CL がオフの状態とを交互に切り換えるとしたが、これに限定されず、例えば駆動モータ 22 の駆動時などにおける 1 次側から 2 次側への昇圧動作時には、ハイサイドアームの各トランジスタ AH, BH, CH がオフに維持された状態でローサイドアームの各トランジスタ AL, BL, CL のオンとオフとを交互に切り換え、例えば駆動モータ 22 の回生時などにおける 2 次側から 1 次側への回生動作時には、ローサイドアームの各トランジスタ AL, BL, CL がオフに維持された状態でハイサイドアームの各トランジスタ AH, BH, CH のオンとオフとを交

50

互に切り換えてもよい。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 7 】

【図 1】本発明の実施形態に係る電源装置の構成図である。

【図 2】本発明の実施形態に係る燃料電池車両の電源システムの構成図である。

【図 3】本発明の実施形態に係る燃料電池車両の電源システムの構成図である。

【図 4】本発明の実施形態に係る 3 相のチョークコイルの構成図である。

【図 5】本発明の実施形態の第 1 変形例に係る 3 相のチョークコイルの構成図である。

【図 6】本発明の実施形態に係る燃料電池スタックの動作点の一例を示す図である。

【図 7】本発明の実施形態に係るバッテリーの動作点の一例を示す図である。

10

【図 8】本発明の実施形態に係る燃料電池スタックの動作点とバッテリーの動作点と第 1 DC - DC コンバータのスイッチングデューティーと負荷の総消費電力との対応関係を示す所定マップの一例を示す図である。

【図 9】本発明の実施形態に係る駆動モータの駆動時における第 1 DC - DC コンバータのスイッチングデューティーの変化に応じた電源装置の動作モードの変化と燃料電池スタックおよびバッテリーの電流および電圧の変化の一例とを示す図である。

【図 10】本発明の実施形態の第 2 変形例に係る燃料電池車両の電源システムの構成図である。

【図 11】本発明の実施形態の第 3 変形例に係る燃料電池車両の電源システムの構成図である。

20

【符号の説明】

【 0 0 6 8 】

1 0 電源装置

1 0 a 電池回路

1 1 燃料電池スタック

1 2 バッテリー（蓄電装置）

1 3 第 1 DC - DC コンバータ

1 4 エアポンプインバータ（駆動回路）

1 5 駆動モータインバータ

2 0 燃料電池車両の電源システム

30

2 1 エアポンプ（ポンプ）

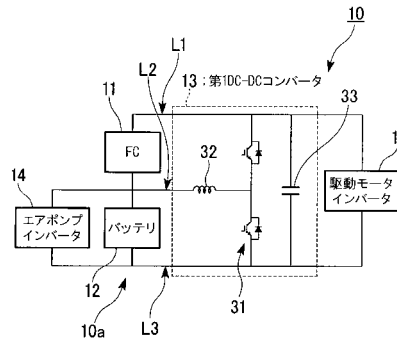
2 2 駆動モータ（車両駆動用電動機）

2 3 第 2 DC - DC コンバータ

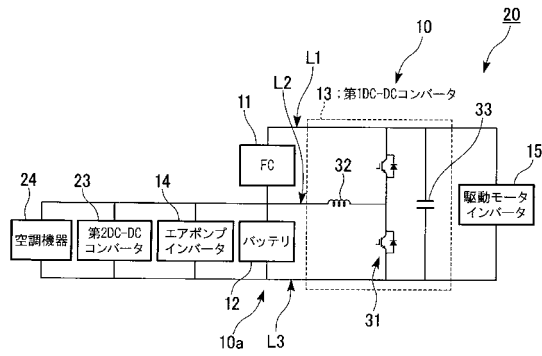
2 4 空調機器

2 5 制御装置

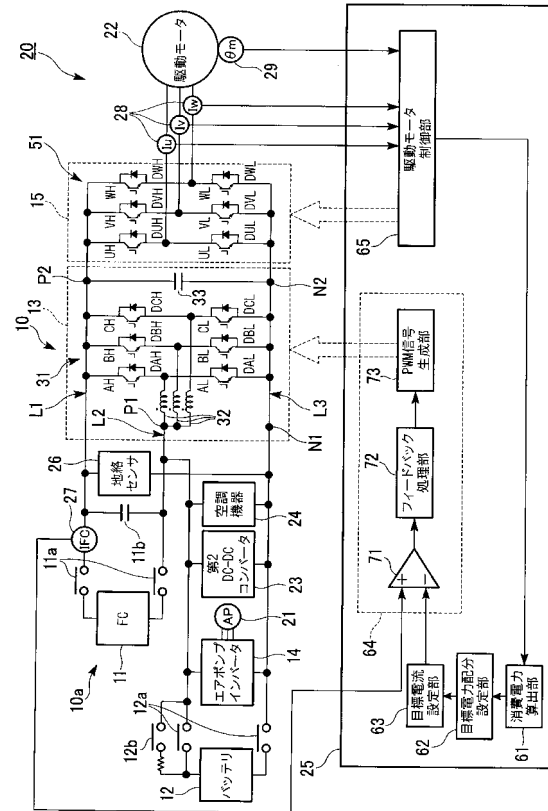
【図 1】



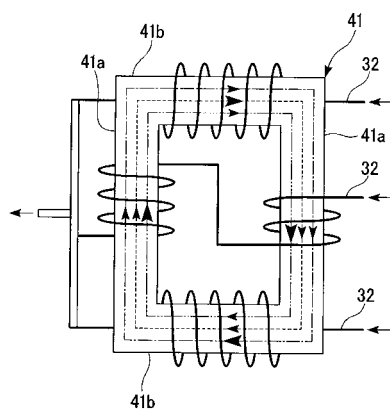
【図 2】



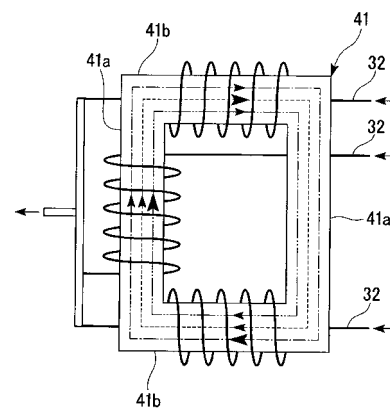
【図 3】



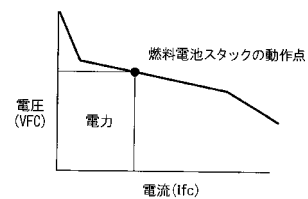
【図 4】



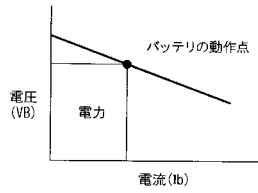
【図 5】



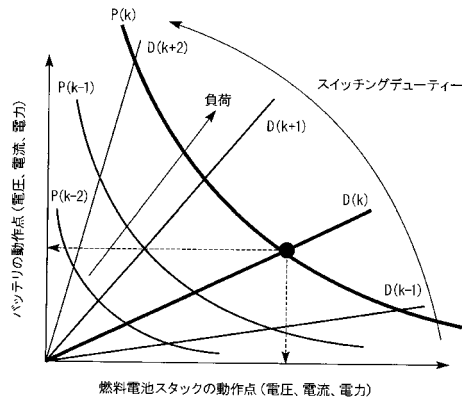
【図 6】



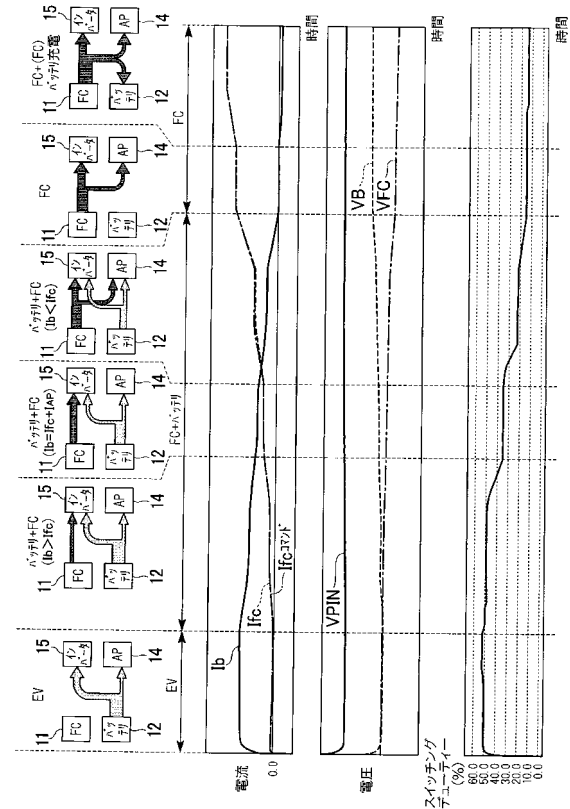
【図 7】



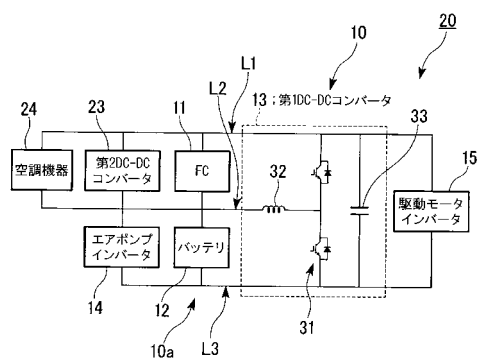
【図 8】



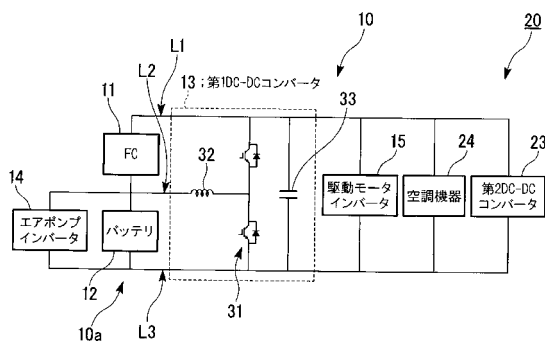
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 M 8/10 (2006.01) H 0 2 J 7/00 3 0 3 E
H 0 1 M 8/10

(72)発明者 曽根 利浩
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

審査官 清水 康

(56)参考文献 特開平05-146009(JP,A)
特開2006-060912(JP,A)
特開2008-077920(JP,A)
特開2010-104165(JP,A)
国際公開第2004/066472(WO,A1)
特開2002-218667(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 0 L 1 / 0 0 - 3 / 1 2
B 6 0 L 7 / 0 0 - 1 3 / 0 0
B 6 0 L 1 5 / 0 0 - 1 5 / 4 2
H 0 1 M 8 / 0 0
H 0 1 M 8 / 0 4
H 0 2 P 6 / 0 8