

(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2007-184243

(P2007-184243A)

(43) 公開日 平成19年7月19日(2007.7.19)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/04 (2006.01)	HO 1 M 8/04 P	5 H O 2 6
HO 1 M 8/00 (2006.01)	HO 1 M 8/04 T	5 H O 2 7
HO 1 M 8/10 (2006.01)	HO 1 M 8/00 A	
	HO 1 M 8/10	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2006-306314 (P2006-306314)	(71) 出願人	000003207
(22) 出願日	平成18年11月13日 (2006.11.13)		トヨタ自動車株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2005-353666 (P2005-353666)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(32) 優先日	平成17年12月7日 (2005.12.7)	(74) 代理人	100079108
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 稲葉 良幸
		(74) 代理人	100093861
			弁理士 大賀 真司
		(74) 代理人	100109346
			弁理士 大賀 敏史
		(72) 発明者	真鍋 晃太
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	堀尾 公秀
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

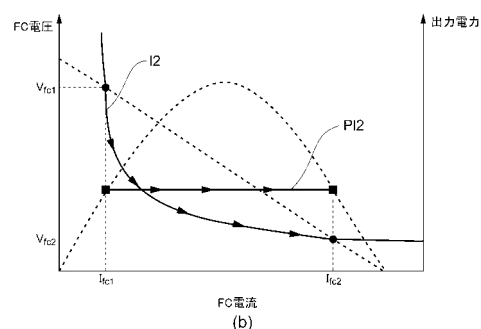
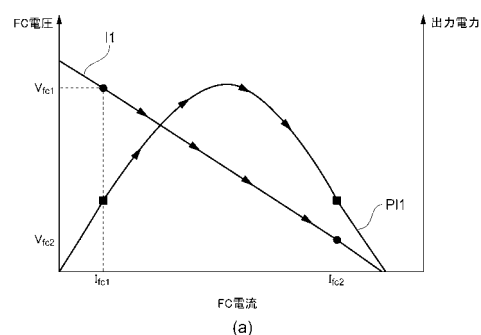
(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】電極触媒の被毒の回復や燃料電池を暖機する場合であっても、高電圧で駆動する補機類などを安定して運転することが可能な燃料電池システムを提供する。

【解決手段】制御装置は、電極触媒が被毒状態にあることを検知すると、まず現時点における運転動作点 (I_{fc1} 、 V_{fc1}) を確認する。被毒された電極触媒の活性を回復するのに十分な目標動作点 (I_{fc2} 、 V_{fc2}) を導出する。そして、図5 (b) に示すように、通常運転動作点から低効率運転動作点まで、出力電力が一定に保持される運転動作点のシフトを実現する。具体的には、昇圧コンバータを用いてFC電圧を V_{fc1} から V_{fc2} まで低下させるとともに、酸化ガス量を調整することでFC電流を制御する。

【選択図】図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

燃料電池と、
前記燃料電池の電力により作動する負荷と、
前記燃料電池と負荷との間に設けられ、該燃料電池の出力を電圧変換して負荷に供給する第 1 の電圧変換装置と、
所定条件を満たす場合に通常運転動作点よりも電力損失の大きな低効率運転動作点にて前記燃料電池を運転する運転制御手段と、
前記燃料電池の運転動作点と前記負荷の駆動電圧に基づき、前記第 1 の電圧変換装置による電圧変換動作を制御する電圧変換制御手段と
を具備することを特徴とする燃料電池システム。

10

【請求項 2】

前記第 1 の電圧変換装置は、前記燃料電池の端子電圧を昇圧する昇圧コンバータであり、
前記電圧変換制御手段は、前記昇圧コンバータにより、前記運転動作点に応じた前記燃料電池の端子電圧を、少なくとも前記負荷の駆動電圧まで昇圧させることを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 3】

前記運転制御手段は、前記燃料電池の暖機運転が必要な場合、または前記燃料電池の触媒活性を回復させる運転が必要な場合に、前記燃料電池を低効率運転動作点にて運転することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の燃料電池システム。

20

【請求項 4】

通常運転動作点にて運転している間、前記燃料電池の出力電流を前記昇圧コンバータをバイパスして前記負荷へ供給するバイパス手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 の請求項に記載の燃料電池システム。

【請求項 5】

前記バイパス手段は、前記昇圧コンバータの入力側にアノードが接続され、該昇圧コンバータの出力側にカソードが接続されたダイオードであることを特徴とする請求項 4 に記載の燃料電池システム。

【請求項 6】

充放電可能な蓄電装置と、前記蓄電装置と前記負荷との間で電圧変換を行う第 2 の電圧変換装置とをさらに具備することを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 の請求項に記載の燃料電池システム。

30

【請求項 7】

前記第 2 の電圧変換装置は、前記蓄電装置の放電電圧を昇圧する昇圧コンバータ、または該放電電圧を昇圧もしくは降圧する昇降圧コンバータであることを特徴とする請求項 6 に記載の燃料電池システム。

【請求項 8】

燃料ガス及び酸化ガスを利用して発電を行う燃料電池と、
前記燃料電池に接続された負荷と、
前記燃料電池と前記負荷との間に介挿された充放電可能な蓄電装置と、
前記燃料電池と前記蓄電装置の運転動作点を決定するために前記燃料電池の端子電圧を制御する電圧変換装置と、
所定条件を満たす場合に通常運転動作点よりも電力損失の大きな低効率運転動作点にて前記燃料電池を運転する運転制御手段と、
前記電圧変換装置にて前記燃料電池の端子電圧を調整するとともに、前記燃料電池に対する酸化ガスの供給量を制御することで前記燃料電池の出力電流を調整し、前記燃料電池の運転動作点を変更する変更手段と
を具備することを特徴とする燃料電池システム。

40

【請求項 9】

50

燃料ガス及び酸化ガスを利用して発電を行う燃料電池と、
所定条件を満たす場合に前記酸化ガスの供給を抑制する抑制手段と、
前記酸化ガスの供給を抑制したときの前記燃料電池の目標電力を決定する第1決定手段と、
前記目標電力と前記燃料電池の実測電圧に基づいて、目標電流を決定する第2決定手段と、
目標電流と前記燃料電池の実測電流との偏差から、前記燃料電池の実測電圧変化量にフィードバックして前記目標電圧値を決定する第3決定手段と
を具備することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項10】

前記抑制手段は、前記燃料電池の出力電圧を開回路電圧近傍から低効率運転動作点での電圧まで下降させる場合に前記酸化ガスの供給を停止し、
前記第1決定手段は、前記酸化ガスの供給を停止したときの前記燃料電池の目標電力を決定することを特徴とする請求項9に記載の燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池システムに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、燃料電池は他の電源に比べて起動性が悪い。かかる燃料電池の発電効率は、温度の低下や電極触媒の被毒に起因して減少し、所望の電圧/電流を供給することができずに機器（モータなど）を起動できない場合も生じる。

【0003】

このような事情に鑑み、各電極に供給するアノード燃料（例えば燃料ガス）及びカソード燃料（例えば酸化ガス）の少なくともいずれか一方を不足状態とし、電極の一部の過電圧を増加させて燃料電池の温度を上昇させることにより、電極触媒の被毒の回復や燃料電池を暖機する方法が提案されている（例えば、下記特許文献1参照）。

【0004】

【特許文献1】特表2003-504807号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記方法によって電極触媒の被毒の回復や燃料電池を暖機する場合には、かかる運転に伴って燃料電池の電圧は低下し、高電圧で駆動する補機類（ポンプ等のモータ）などを安定して運転することができない等の問題があった。

【0006】

本発明は以上説明した事情を鑑みてなされたものであり、電極触媒の被毒の回復や燃料電池を暖機する場合であっても、高電圧で駆動する補機類などを安定して運転することが可能な燃料電池システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述した問題を解決するため、本発明に係る燃料電池システムは、燃料電池と、前記燃料電池の電力により作動する負荷と、前記燃料電池と負荷との間に設けられ、該燃料電池の出力を電圧変換して負荷に供給する第1の電圧変換装置と、所定条件を満たす場合に通常運転動作点よりも電力損失の大きな低効率運転動作点にて前記燃料電池を運転する運転制御手段と、前記燃料電池の運転動作点と前記負荷の駆動電圧に基づき、前記第1の電圧変換装置による電圧変換動作を制御する電圧変換制御手段とを具備することを特徴とする。

【0008】

10

20

30

40

50

かかる構成によれば、電極触媒の被毒の回復や燃料電池を暖機等するために低効率運転動作点で動作する場合であっても、燃料電池の運転動作点と負荷の駆動電圧に基づき、電圧変換装置による電圧変換動作が制御される。このため、燃料電池の運転動作点によらず、常に負荷を安定して運転することが可能となる。

【0009】

ここで、上記構成にあっては、前記第1の電圧変換装置は、前記燃料電池の端子電圧を昇圧する昇圧コンバータであり、前記電圧変換制御手段は、前記昇圧コンバータにより、前記運転動作点に応じた前記燃料電池の端子電圧を、少なくとも前記負荷の駆動電圧まで昇圧させる態様が好ましい。

【0010】

また、前記運転制御手段は、前記燃料電池の暖機運転が必要な場合、または前記燃料電池の触媒活性を回復させる運転が必要な場合に、前記燃料電池を低効率運転動作点にて運転する態様も好ましい。

【0011】

また、通常運転動作点にて運転している間、前記燃料電池の出力電流を前記昇圧コンバータをバイパスして前記負荷へ供給するバイパス手段をさらに備える態様も好ましい。ここで、前記バイパス手段は、前記昇圧コンバータの入力側にアノードが接続され、該昇圧コンバータの出力側にカソードが接続されたダイオードであっても良い。

【0012】

また、上記構成にあっては、充放電可能な蓄電装置と、前記蓄電装置と前記負荷との間で電圧変換を行う第2の電圧変換装置とをさらに具備する態様が好ましい。ここで、前記第2の電圧変換装置は、前記蓄電装置の放電電圧を昇圧する昇圧コンバータ、または該放電電圧を昇圧もしくは降圧する昇降圧コンバータであることが好ましい。

【発明の効果】

【0013】

以上説明したように、本発明によれば、電極触媒の被毒の回復や燃料電池を暖機する場合であっても、高電圧で駆動する補機類などを安定して運転することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、本発明に係る実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0015】

A. 第1実施形態

図1は第1実施形態に係る燃料電池システム100の要部構成を示す図である。燃料電池システム100は、電源として燃料電池40を搭載した車両システムであって、燃料電池40の出力端と負荷の間に昇圧コンバータ50が接続されている点に特徴がある。なお、本実施形態では、燃料電池自動車(FCHV; Fuel Cell Hybrid Vehicle)に搭載される燃料電池システムを想定するが、電気自動車やハイブリッド自動車などの車両のほか、各種移動体(例えば、船舶や飛行機、ロボットなど)や定置型電源にも適用可能である。

【0016】

酸化ガス供給源20は、例えばエアコンプレッサやエアコンプレッサを駆動するモータ、インバータなどから構成され、該モータの回転数などを調整することにより、燃料電池40に供給する酸化ガス量を調整する。

燃料ガス供給源30は、例えば水素タンクや様々な弁などから構成され、弁開度やON/OFF時間などを調整することにより、燃料電池40に供給する燃料ガス量を制御する。

【0017】

燃料電池40は、供給される反応ガス(燃料ガス及び酸化ガス)から電力を発生する手段であり、固体高分子型、磷酸型、熔融炭酸塩型など種々のタイプの燃料電池を利用することができる。燃料電池40は、MEAなどを備えた複数の単セルを直列に積層したスタック構造を有している。この燃料電池40の端子電圧(以下、FC電圧)及び出力電流(

10

20

30

40

50

以下、F C 電流)は、電圧センサ 1 1 0 及び電流センサ 1 2 0 によって検出される。燃料電池 4 0 の燃料極(アノード)には、燃料ガス供給源 3 0 から水素ガスなどの燃料ガスが供給される一方、酸素極(カソード)には、酸化ガス供給源 2 0 から空気などの酸化ガスが供給される。この燃料電池 4 0 の F C 電圧は、接続リレー R 1、R 2 を介して昇圧コンバータ 5 0 に供給される。接続リレー R 1、R 2 は、制御装置 4 0 から供給される切換信号によって O N / O F F 制御される。

【0018】

昇圧コンバータ(第1の電圧変換装置)50は、制御装置10による制御のもと、燃料電池40から供給されるF C 電圧をシステム要求電圧(負荷の駆動電圧)まで昇圧し、各インバータ60、80に供給する。なお、以下の説明では、昇圧コンバータ50に入力される昇圧前の電圧を入力電圧 V_{in} と呼び、昇圧コンバータ50から出力される昇圧後の電圧を出力電圧 V_{out} と呼ぶ。

10

【0019】

この昇圧コンバータ50は、リアクトル L 1 と、整流用のダイオード D 1 と、I G B T などからなるスイッチング素子 S W 1 とを備えている。リアクトル L 1 は、その一端が接続リレー R 1 に接続され、他端がスイッチング素子 S W 1 のコレクタに接続されている。スイッチング素子 S W 1 は、各インバータ60、80の電源ラインとアースラインの間に接続されている。具体的には、スイッチング素子 S W 1 のコレクタが電源ラインに接続され、エミッタがアースラインに接続されている。かかる構成において、まず、スイッチ S W 1 を O N にすると、燃料電池40→インダクタ L 1 →スイッチ S W 1 へと電流が流れ、このときインダクタ L 1 が直流励磁されて磁気エネルギーが蓄積される。

20

続いてスイッチ S W 1 を O F F にすると、インダクタ L 1 に蓄積された磁気エネルギーによる誘導電圧が燃料電池40のF C 電圧(入力電圧 V_{in})に重畳され、入力電圧 V_{in} よりも高い作動電圧(出力電圧 V_{out})がインダクタ L 1 から出力されるとともに、ダイオード D 1 を介して出力電流が出力される。制御装置10は、このスイッチ S W 1 の O N / O F F のデューティ(後述)を適宜変更することで、所望の出力電圧 V_{out} を得る。

【0020】

各インバータ60、80は、例えばパルス幅変調方式のP W Mインバータであり、制御装置80から与えられる制御指令に基づき、昇圧コンバータ50から供給される直流電力を三相交流電力に変換し、各モータ70、90へ供給する。

30

【0021】

詳述すると、インバータ60は、昇圧コンバータ50からコンデンサ C 1 を介して供給される直流電力を三相交流電力に変換し、トラクションモータ70へ供給する。トラクションモータ70は、車輪 7 5 L、7 5 R を駆動するためのモータ(すなわち移動体の動力源)であり、かかるモータの回転数はインバータ60によって制御される。なお、コンデンサ C 1 は、昇圧コンバータ50から供給される直流電圧を平滑化してインバータ60に供給する。

【0022】

一方、インバータ80は、昇圧コンバータ50から供給される直流電力を三相交流電力に変換し、補機類90へ供給する。補機類90は、車両補機やF C 補機などによって構成されている。なお、車両補機とは、車両の運転時などに使用される種々の電力機器(照明機器、空調機器、油圧ポンプなど)をいい、F C 補機とは、燃料電池40の運転に使用される種々の電力機器(燃料ガスや酸化ガスを供給するためのポンプなど)をいう。

40

【0023】

制御装置(運転制御手段、電圧変換制御手段)10は、C P U、R O M、R A M などにより構成され、電圧センサ 1 1 0 や電流センサ 1 2 0、燃料電池40の温度を検出する温度センサ、アクセルペダルの開度を検出するアクセルペダルセンサなどから入力される各センサ信号に基づき、当該システム各部を中枢的に制御する。

【0024】

50

また、制御装置 10 は、以下に示す方法により燃料電池 40 の電極触媒が被毒状態にあるか否かを検知し、被毒状態にあることを検知した場合には、被毒された電極触媒の特性を回復すべく、燃料電池 40 の運転動作点を切り換える処理を行う（後述）。

【0025】

メモリ 160 は、例えば書き換え可能な不揮発性メモリであり、燃料電池 40 の初期状態（例えば製造出荷時）における電池特性を示す初期電池特性データなどが格納されている。初期電池特性データは、初期状態における燃料電池 40 の電流密度と電圧との関係を示す二次元マップであり、電流密度が高くなるにつれ電圧は低下する。

【0026】

周知のとおり、燃料電池 40 の電極触媒が被毒すると電池特性は低下し、同一電圧で比較すると被毒後の電流密度は被毒前の電流密度（初期電池特性データに示される電流密度）よりも低下する。かかる特性を利用し、本実施形態では、電圧センサ 110 及び電流センサ 120 によって検知される FC 電圧及び FC 電流と初期電池特性データとを比較することで、電極触媒が被毒状態にあるか否かを検知する。詳述すると、制御装置（検知手段）10 は、電圧センサ 110 及び電流センサ 120 によって FC 電圧及び FC 電流が検知されると、初期電池特性データにおける同一電圧での電流密度と比較する。かかる比較の結果、下記式（1）、（2）が成立している場合には被毒状態であると判断する一方、下記式（1）、（2）が成立していない場合には被毒状態でないと判断する。

【0027】

$$V_{fc} = V_s \quad \cdots (1)$$

$$I_{fc} < I_s + \alpha \quad \cdots (2)$$

V_{fc} ; FC 電圧

V_s ; 初期電池特性データにおける電圧

I_{fc} ; FC 電流

I_s ; 初期電池特性データにおける電流密度

α ; 所定値

【0028】

なお、上記説明では、初期電池特性データを利用して電極触媒が被毒状態にあるか否かを検知したが、他の方法によって電極触媒が被毒状態にあるか否かを検知しても良いのはもちろんである。例えば、一酸化炭素によって電極触媒が被毒される場合には、既知の CO 濃度センサを設け、CO 濃度と電圧測定値との関係を予め調査・マップ化し、検知される CO 濃度等に基づいて電極触媒が被毒状態にあるか否かを検知しても良い。以下、図面を参照しながら燃料電池 40 の運転動作点について詳細に説明する。

【0029】

図 2（a）、（b）は、異なる運転動作点で燃料電池を運転したときの出力電力と電力損失との関係を示す図であり、横軸に FC 電流、縦軸に FC 電圧をあらわしている。また、図 2 に示す OC V（Open Circuit Voltage；開回路電圧）は、燃料電池に電流を流していない状態での電圧をあらわす。

【0030】

図 2 に示す電流・電圧特性（以下、IV 特性）が得られる燃料電池 40 においては、出力電力に対して電力損失の小さな運転動作点（ I_{fc1} 、 V_{fc1} ）にて運転されるのが一般的である（図 2（a）参照）。しかしながら、燃料電池 40 の電極触媒が被毒状態にある場合には、燃料電池 40 の内部温度を上昇させて電極触媒の活性を回復させる必要があるため、本実施形態では、必要な出力電力を確保しつつ電力損失の大きな運転動作点（ I_{fc2} 、 V_{fc2} ）にシフトして運転し、被毒状態の電極触媒の活性を回復させる（図 2（b）参照）。ここで、図 2（a）、（b）に示す各運転動作点での出力電力 P_{fc} 、電力損失 P_{loss} 、各出力電力 P_{fc} の関係、各電力損失 P_{loss} の関係を示せば次の通りである。

【0031】

< 運転動作点（ I_{fc} 、 V_{fc1} ）について >

10

20

30

40

50

$$I_{fc1} * V_{fc1} = P_{fc1} \quad \dots (3)$$

$$I_{fc1} * OCV - P_{fc1} = P_{loss1} \quad \dots (4)$$

< 運転動作点 (I_{fc2} 、 V_{fc2}) について >

$$I_{fc2} * V_{fc2} = P_{fc2} \quad \dots (5)$$

$$I_{fc2} * OCV - P_{fc2} = P_{loss2} \quad \dots (6)$$

< 各出力電力、各電力損失の関係 >

$$P_{fc1} = P_{fc2} \quad \dots (7)$$

$$P_{loss1} < P_{loss2} \quad \dots (8)$$

【0032】

図3は、運転動作点をシフトしながら燃料電池を運転したときの出力電力の変化をあらわす図であり、横軸にFC電流、縦軸にFC電圧及び出力電力をあらわしている。なお、図3では、説明の便宜上、燃料電池のIV特性を直線（以下、IVライン）であらわす。また、IVライン上の各運転動作点（ I_{fc1} 、 V_{fc1} ）、（ I_{fc2} 、 V_{fc2} ）は、図2に示す各運転動作点（ I_{fc1} 、 V_{fc1} ）、（ I_{fc2} 、 V_{fc2} ）に対応する。

【0033】

図3に示すように、燃料電池40の出力電力 P_{fc} は、最大出力電力 P_{fcmax} が得られる最大出力運転動作点（ I_{fcmax} 、 V_{fcmax} ）を中心に、図示左側に示すIVライン上の運転動作点ではFC電圧 V_{fc} の低下に伴って出力電力 P_{fc} は増大する一方、図示右側に示すIVライン上の運転動作点ではFC電圧 V_{fc} の低下に伴って出力電力 P_{fc} は減少する。

【0034】

前述したように、電力損失 P_{loss} は、FC電圧 V_{fc} が低下するにつれ増大する。このため、燃料電池40を運転して同一の電力を出力する場合であっても、最大出力運転動作点の右側に示すIVライン上の運転動作点（例えば、運転動作点（ I_{fc1} 、 V_{fc1} ））で運転する方が、最大出力運転動作点の左側に示すIVライン上の運転動作点（例えば、運転動作点（ I_{fc2} 、 V_{fc2} ））で運転するよりも電力損失 P_{loss} は大きい。よって、以下の説明では、FC電圧 V_{fc} の低下に伴って出力電力 P_{fc} が増大するIVライン上の運転動作点を通常運転動作点と定義し、FC電圧 V_{fc} の低下に伴って出力電力 P_{fc} が減少するIVライン上の運転動作点を低効率運転動作点と定義する。なお、通常運転動作点及び低効率運転動作点を表せば次の通りである。

【0035】

< 通常運転動作点（ I_{fc} 、 V_{fc} ）について >

$$I_{fc} \leq I_{fcmax} \quad \dots (9)$$

$$V_{fc} \geq V_{fcmax} \quad \dots (10)$$

< 低効率運転動作点（ I_{fc} 、 V_{fc} ）について >

$$I_{fcmax} < I_{fc} \quad \dots (11)$$

$$V_{fc} < V_{fcmax} \quad \dots (12)$$

【0036】

次に、図4及び図5を参照しながら制御装置80によって実行される運転動作点のシフト処理について説明する。

図4は、運転動作点のシフト処理を示すフローチャートであり、図5は、運転動作点をシフトしたときの出力電力の変化を示した図である。なお、以下の説明では、被毒された電極触媒の活性を回復すべく、燃料電池40の運転動作点を通常運転動作点（ I_{fc1} 、 V_{fc1} ）から低効率運転動作点（ I_{fc2} 、 V_{fc2} ）へシフトする場合を想定する（図5参照）。また、以下の説明では、昇圧コンバータ50に接続されたインバータ60、80、トラクションモータ70、補機類90など、昇圧コンバータ50から出力される電力を消費する機器を負荷と総称する。

【0037】

制御装置10は、まず、触媒活性を回復させる運転が必要か否かを判断する（ステップ 50

S 1)。具体的には、電圧センサ 110 及び電流センサ 120 によって検知される F C 電圧及び F C 電流と初期電池特性データとを比較することで、電極触媒が被毒状態にあるか否かを検知し、電極触媒が被毒状態にない場合には触媒活性を回復させる運転は必要ないと判断する一方、電極触媒が被毒状態にある場合には触媒活性を回復させる運転が必要と判断する。

【0038】

制御装置（運転制御手段）10 は、電極触媒が被毒状態にない場合には、負荷の駆動電力（システム要求電力）に応じた通常運転動作点にて運転を継続する。詳述すると、制御装置（電圧変換制御手段）10 は、システム要求電力を把握した後、メモリ 160 などに格納されている電力 - 運転動作点对応マップ（図示略）を参照することで、該システム要求電力に応じた通常運転動作点（ I_{fc1} 、 V_{fc1} ）を決定し、決定した通常運転動作点にて運転を行う。ここで、通常運転動作点で運転している間は、昇圧コンバータ 50 の運転を停止（スイッチング素子 SW1；「OFF」）するため、昇圧コンバータ 50 の入力電圧 V_{in} 、出力電圧 V_{out} は同一となる。例えば、システム要求電圧 V_{req} が 350 V の場合、制御装置 10 はシステム要求電力に応じた通常運転動作点の V_{fc1} を 350 V に設定する。通常運転動作点で運転している間は、昇圧コンバータ 50 の運転を停止するため、 $V_{fc1} = V_{in} = V_{out} = 350 V$ となる。

【0039】

一方、制御装置 10 は、電極触媒が被毒状態にある場合には、現時点における運転動作点（ここでは、通常運転動作点（ I_{fc1} 、 V_{fc1} ））を確認した後（ステップ S 2）、被毒された電極触媒の活性を回復するのに十分な燃料電池 40 の運転動作点（目標運転動作点）を導出する（ステップ S 3）。一例を挙げて説明すると、例えば、通常運転動作点（ I_{fc1} 、 V_{fc1} ）で運転することにより、出力電力 P_{fc1} が得られる場合には、この出力電力と同じ出力電力 P_{fc2} （ $= P_{fc1}$ ）が得られる低効率運転動作点（ I_{fc2} 、 V_{fc2} ）を目標運転動作点として導出する。

【0040】

なお、被毒された電極触媒は、燃料電池 40 のセル電圧が 0.6 V 以下に制御されることにより、触媒還元反応が起こって触媒活性が回復されるため、このような条件を満たす運転動作点を目標運転動作点として導出しても良い（詳細は後述）。

【0041】

そして、制御装置（運転制御手段）10 は、目標運転動作点に向けて運転動作点のシフトを開始する（ステップ S 4）。ここで、通常運転動作点（ I_{fc1} 、 V_{fc1} ）から低効率運転動作点（ I_{fc2} 、 V_{fc2} ）まで F C 電圧のみを制御して運転動作点をシフトした場合には、図 5（a）に示すように、I V ライン 11 の運転動作点のシフトに応じて燃料電池 40 の出力電力は大きく変動してしまう（パワーライン p 11 参照）。

より具体的には、昇圧コンバータ 50 を用いて F C 電圧のみを制御して運転動作点をシフトした場合には、シフト過程において通常の使用環境下ではありえないような高出力運転（最大出力運転動作点における運転など）を行う必要が生じる。

【0042】

そこで、本実施形態では、F C 電圧とともに F C 電流を制御することで、図 5（b）に示すように、通常運転動作点（ I_{fc1} 、 V_{fc1} ）から低効率運転動作点（ I_{fc2} 、 V_{fc2} ）まで、出力電力が一定に保持される運転動作点のシフトを実現する（パワーライン p 12 参照）。具体的には、昇圧コンバータ（第 1 の電圧変換装置、電圧変換装置）50 を用いて F C 電圧を V_{fc1} から V_{fc2} まで低下させるとともに、制御装置（調整手段、変更手段）10 が酸化ガス供給源 20 から供給される酸化ガス量を調整することで（ここでは酸化ガス量を絞ることで）、F C 電流を制御する。

【0043】

F C 電圧の制御について詳述すると、例えばシステム要求電圧 V_{req} が 350 V の場合、制御装置 10 は低効率運転動作点の V_{fc2} を 30 V に設定する。そして、制御装置（電圧変換制御手段）10 は、 $V_{req} = V_{out} = 350 V$ を満たしつつ、 $V_{fc2} =$

10

20

30

40

50

$V_{in} = 30V$ を満たすように、昇圧コンバータ50の動作（デューティー）を制御する。なお、昇圧コンバータ50のデューティーは、下記のようにあらわすことができる。

$$Duty = (V_{out} - V_{in}) / V_{out} \quad \dots (13)$$

【0044】

以上のようにして運転動作点をシフトすると、制御装置10は、タイマ（図示略）などを参照し、運転動作点をシフトしてから目標設定時間が経過したか否かを判断する（ステップS5）。ここで、目標設定時間は、低効率運転動作点で運転を開始してから電極触媒の活性を回復するのに十分な時間（例えば10秒）であり、予め実験などによって求めることができる。制御装置10は、目標設定時間が経過していないと判断すると（ステップS5；NO）、ステップS5を繰り返し実行する。一方、制御装置10は、目標設定時間が経過したと判断すると（ステップS5；YES）、シフト後の運転動作点をシフト前の運転動作点に戻し（ステップS6）、処理を終了する。

【0045】

以上説明したように、本実施形態に係る燃料電池システムによれば、電極触媒の被毒の回復する場合であっても、高電圧で駆動する補機類などを安定して運転することが可能となる。

【0046】

なお、上述したように、被毒された電極触媒は、燃料電池40のセル電圧を0.6V以下に制御することで触媒活性が回復するため、次のようにして運転動作点を導出しても良い。

例えば、燃料電池40が300セルの積層スタック構造を有しており、システム要求電力が1kWの場合、セル電圧を0.5V（< 0.6V）に設定したとすると、目標運転動作点は次のようになる。

【0047】

< 目標運転動作点（ I_{fc} 、 V_{fc} ）について >

$$V_{fc} = 300 * 0.5 = 150V \quad \dots (14)$$

$$I_{fc} = 1000 / 150 = 6.7A \quad \dots (15)$$

【0048】

ここで、求めた目標運転動作点がシフト前のIVライン上にない場合であっても、FC電圧とともにFC電流を制御してIV特性を変えることで、求めた目標運転動作点をIVライン上に位置させることが可能となる。

【0049】

< 変形例 >

(1) 上述した実施形態では、酸化ガス供給源20から供給される酸化ガス量を調整することで、FC電流を制御したが、燃料ガス供給源30から供給される燃料ガス量を調整することで、FC電流を制御しても良い。

【0050】

(2) 上述した実施形態では、電極触媒が被毒状態にあることを検知した場合に、燃料電池40の運転動作点を通常運転動作点から低効率運転動作点へシフトしたが、以下に示すタイミングで運転動作点をシフトするようにしても良い。

【0051】

例えば、システム起動時にいったん低効率運転動作点で運転してから通常運転動作点へとシフトし、常に触媒活性を高めた状態でシステム運転を行うようにしても良い。また、システム要求電力が所定値以下になったとき（例えばアイドル出力付近など）、運転動作点を通常運転動作点から低効率運転動作点へとシフトするようにしても良い。さらに、システム停止後に低効率運転動作点にて運転を行うことで、運転中に低下した触媒活性を回復させて次の起動に備えるようにしても良い。

【0052】

(3) 上述した実施形態では、被毒された電極触媒の活性を回復するために、燃料電池40の運転動作点を通常運転動作点から低効率運転動作点へシフトする構成としたが、例え

10

20

30

40

50

ば低温起動時に暖機運転を行う場合やシステム運転停止前に急速暖機を行う場合など、暖機運転が必要なあらゆる場合に適用可能である。

【 0 0 5 3 】

一例を挙げて説明すると、制御装置 1 0 は操作スイッチなどから当該システムの起動命令を受け取ると、温度センサ（図示略）などを利用して燃料電池 4 0 の内部温度を検知する。制御装置（運転制御手段）1 0 は、燃料電池 4 0 の内部温度が予め設定された閾値温度を下回っている場合には、暖機運転が必要であると判断し、図 4 に示す運転動作点のシフト処理を実行する。この後の動作については、本実施形態と同様であるため、説明を省略する。なお、温度センサの代わりに外気温度を検出する温度センサや冷却機構（図示略）を流れる冷媒の温度を検出する温度センサなどを利用しても良い。

10

【 0 0 5 4 】

B．第 2 実施形態

図 6 は第 2 実施形態に係る燃料電池システム 1 0 0 a の要部構成を示す図である。なお、図 1 に示す燃料電池システム 1 0 0 と対応する部分には同一符号を付し、詳細な説明は省略する。

図 6 に示すように、燃料電池システム 1 0 0 a には、リアクトル L 1 の直流抵抗による定常損失分をキャンセルするためのダイオード（バイパス手段）D 2 が設けられている。ダイオード D 2 は、リアクトル L 1 の前段（昇圧コンバータの入力側）にアノードが接続される一方、ダイオード D 1 の後段（昇圧コンバータの出力側）にカソードが接続されている。

20

【 0 0 5 5 】

かかるダイオード D 2 を設けた理由は次の通りである。すなわち、通常運転動作点で運転している間、昇圧コンバータ 5 0 の運転を停止（スイッチング素子 S W 1 ; 「 O F F 」）すると、F C 電流はリアクトル L 1 →ダイオード D 1 へと流れ、リアクトル L 1 の直流抵抗による定常損失が問題となる（図 1 参照）。このリアクトル L 1 の直流抵抗による定常損失の問題を解消するために、ダイオード D 2 を設けている（図 6 参照）。この結果、通常運転動作点で運転している間は、F C 電流が昇圧コンバータ 5 0 をバイパスしてダイオード D 2 →負荷へと流れる一方、低効率運転動作点で運転している間は、F C 電流がリアクトル L 1 →ダイオード D 1 →負荷へと流れ、リアクトル L 1 の直流抵抗による定常損失分をキャンセルすることができる。

30

【 0 0 5 6 】

以上説明した第 1 実施形態及び第 2 実施形態では、燃料電池 4 0 のみからなる電源システムについて説明したが、以下に示す第 3 及び第 4 実施形態では、燃料電池 4 0 及びバッテリー 8 0 を備えたハイブリッド電源システムについて説明する。

【 0 0 5 7 】

C．第 3 実施形態

図 7 は第 3 実施形態に係る燃料電池システム 1 0 0 b の要部構成を示す図である。なお、図 6 に示す燃料電池システム 1 0 0 a と対応する部分には同一符号を付し、詳細な説明は省略する。

図 7 に示すように、燃料電池システム 1 0 0 a には、燃料電池 4 0 及び昇圧コンバータ 5 0 を備えた電源システムとともに、バッテリー 1 3 0 及び昇圧コンバータ 1 4 0 を備えた電源システムが搭載されている。

40

【 0 0 5 8 】

バッテリー（蓄電装置）1 3 0 は、充放電可能な二次電池であり、例えばニッケル水素バッテリーなどにより構成されている。もちろん、バッテリー 1 3 0 の代わりに二次電池以外の充放電可能な蓄電器（例えばキャパシタ）を設けても良い。バッテリー 1 3 0 は、昇圧コンバータ 1 4 0 を介して負荷と接続されている。ただし、バッテリー 1 3 0 の放電電圧 V_{ba} は、システム要求電圧 V_{req} よりも低いことが前提となる。例えば、システム要求電圧が 3 0 0 ~ 3 5 0 V で変動するのであれば、バッテリー 1 3 0 は放電電圧 V_{ba} が 3 0 0 V 以下（例えば 2 0 0 ~ 2 9 9 V）のものに限定される。

50

【 0 0 5 9 】

昇圧コンバータ（第2の電圧変換装置）140は、制御装置10による制御のもと、バッテリー130から供給される放電電圧 V_{ba} をシステム要求電圧（図7に示すA - B間の電圧） V_{req} まで昇圧し、各インバータ60、80に供給する。例えばシステム要求電圧 V_{req} が350V、バッテリー130の放電電圧 V_{ba} が250Vに設定されている場合、制御装置10は昇圧コンバータ140のデューティを制御することで、該放電電圧 V_{ba} （=250V）をシステム要求電圧（=350V）まで昇圧する。

この昇圧コンバータ50は、リアクトルL2と、IGBTなどからなるスイッチング素子SW2、SW3とを備えている。リアクトルL1は、その一端がバッテリー130の電源ラインに接続される一方、他端がスイッチング素子SW2のエミッタとスイッチング素子SW3のコレクタとの間に接続されている。

10

【 0 0 6 0 】

スイッチング素子SW2、SW3は、インバータ側の電源ラインとアースラインの間に直列に接続され、スイッチング素子SW2のコレクタが電源ラインに接続されるとともに、スイッチング素子SW3のエミッタがアースラインに接続される。

【 0 0 6 1 】

コンデンサC2は、バッテリー130から供給される直流電圧を平滑化して昇圧コンバータ140に供給する一方、コンデンサC3は、昇圧コンバータ140から供給される直流電圧を平滑化して各インバータ60、80へ供給する。なお、昇圧コンバータ140の昇圧動作については、第1実施形態とほぼ同様に説明することができるため、説明を割愛する。

20

かかる構成によれば、高電圧で駆動する補機類などを安定して運転することができるほか、燃料電池とバッテリーを利用することで効率良く負荷を駆動することが可能となる。

【 0 0 6 2 】

以上説明した第3実施形態では、バッテリー130の放電電圧 V_{ba} とシステム要求電圧が常にオーバーラップしない、具体的にはバッテリー130の放電電圧 V_{ba} がシステム要求電圧 V_{req} を常に下回る場合について説明したが、以下に示す第4実施形態では、バッテリー130の放電電圧 V_{ba} とシステム要求電圧 V_{req} がオーバーラップする場合について説明する。

【 0 0 6 3 】

30

D．第4実施形態

図8は第3実施形態に係る燃料電池システム100cの要部構成を示す図である。なお、図7に示す燃料電池システム100bと対応する部分には同一符号を付し、詳細な説明は省略する。

図8に示すように、燃料電池システム100cには、昇圧コンバータ140（図7参照）の代わりに昇降圧コンバータ（第2の電圧変換装置）150が設けられている。

昇降圧コンバータ150は、制御装置10による制御のもと、バッテリー130から供給される放電電圧 V_{ba} をシステム要求電圧（図8に示すA - B間の電圧）まで昇圧または降圧し、各インバータ60、80に供給する。例えばシステム要求電圧 V_{req} が350V、バッテリー130の放電電圧 V_{ba} が300Vに設定されている場合、制御装置10は昇降圧コンバータ150のデューティを制御することで、該放電電圧 V_{ba} （=300V）をシステム要求電圧（=350V）まで昇圧する。一方、システム要求電圧 v_{req} が250V、バッテリー130の放電電圧 V_{ba} が300Vに設定されている場合、制御装置10は昇降圧コンバータ150のデューティを制御することで、該放電電圧 V_{ba} （=300V）をシステム要求電圧（=250V）まで降圧する。なお、昇降圧コンバータ150のデューティは、下記のようにあらわすことができる。

40

$$Duty = V_{out} / (V_{in} + V_{out}) \quad \cdots (16)$$

【 0 0 6 4 】

この昇降圧コンバータ150は、リアクトルL3と、IGBTなどからなる4つのスイッチング素子SW4～SW7を備えたフルブリッジ・コンバータである。リアクトルL3

50

は、その一端がスイッチング素子 S W 4 のエミッタとスイッチング素子 S W 5 のコレクタとの間に接続され、他端がスイッチング素子 S W 6 のエミッタとスイッチング素子 S W 7 のコレクタとの間に接続されている。

【 0 0 6 5 】

スイッチング素子 S W 4、S W 5 は、バッテリー側の電源ラインとアースラインの間に直列に接続され、スイッチング素子 S W 4 のコレクタが電源ラインに接続されるとともに、スイッチング素子 S W 5 のエミッタがアースラインに接続される。スイッチング素子 S W 6、S W 7 は、インバータ側の電源ラインとアースラインの間に直列に接続され、スイッチング素子 S W 6 のコレクタが電源ラインに接続されるとともに、スイッチング素子 S W 7 のエミッタがアースラインに接続される。

10

【 0 0 6 6 】

かかる構成によれば、バッテリーの放電電圧とシステム要求電圧がオーバーラップする場合においても、効率良く負荷を駆動することが可能となる。

【 0 0 6 7 】

< 変形例 >

上述した第 3 及び第 4 実施形態では、リアクトル L 1 の直流抵抗による定常損失分をキャンセルするためのダイオード D 2 を設けたが、リアクトル L 1 の定常損失を考慮する必要がなければダイオード D 2 を設けなくても良い。

また、上述した各実施形態では、スイッチング素子として I G B T を例示したが、M O S F E T やバイポーラトランジスタなど、スイッチングが可能なあらゆる素子に適用可能

20

【 0 0 6 8 】

F . 第 5 実施形態

図 9 は第 4 実施形態に係る燃料電池システム 1 0 0 d の要部構成を示す図である。なお、図 8 に示す燃料電池システム 1 0 0 c と対応する部分には同一符号を付し、詳細な説明は省略する。

酸化ガス供給源 2 0 は、エアコンプレッサ 7 0 0 などを備えて構成される。エアコンプレッサ 7 0 0 は、制御装置 1 0 による制御のもと、燃料電池 4 0 に対する酸化ガスの供給量を調整する。

図 1 0 ~ 図 1 2 は、それぞれシステム始動時における F C 出力電圧、F C 出力電力、エ

30

アコンプレッサの回転数の変化を例示した図である。
燃料電池システム 1 0 0 d の制御装置（抑制手段）1 0 は、システム始動に先立ち、エアコンプレッサ 7 0 0 の回転数 R f c を制御して所定時間だけ酸化ガスを燃料電池 4 0 に供給した後、該供給を停止する（図 1 2 に示す c 1 参照）。

この酸化ガスの供給に応じて F C 出力電圧 V m f c が O C V（Open Circuit Voltage；開回路電圧）近傍まで上昇するが（図 1 0 に示す a 1 参照）、システム始動の際には、O C V 近傍まで上昇した F C 出力電圧 V m f c を低効率運転動作領域の電圧まで下降させる必要がある。このための制御について説明すると、まず、制御装置（第 1 決定手段）1 0 は、システム要求電力（補機類の駆動エネルギーなど）P r e とバッテリーの充電電力 P b a を加算して（図 1 1 に示す b 1 参照）、F C 出力指令電力 P f c を決定する（式（1 7

40

$$P f c = P r e + P b a \quad \cdots (17)$$

【 0 0 6 9 】

次に、制御装置（第 2 決定手段）1 0 は、求めた F C 出力指令電力 P f c を F C 出力電圧（実測値）V m f c で除することにより、F C 出力指令電流 I f c を求める（式（1 8）参照）。

$$I f c = P f c / V m f c \quad \cdots (18)$$

【 0 0 7 0 】

さらに、制御装置（第 3 決定手段）1 0 は、求めた F C 出力指令電流 I f c と F C 出力電流（実測値）I m f c との偏差を求め、求めた偏差を F C 出力電圧 V m f c の変化量（=

50

前回測定した出力電圧と今回測定した出力電圧との差分)にフィードバックすることで、F C 出力指令電圧 V_{fc} を算出する。

【0071】

制御装置 10 は、F C 出力電圧が低効率運転動作領域の電圧まで低下したことを確認すると、エアコンプレッサ 700 による酸化ガスの供給を再開し、低効率運転動作点での運転を開始する。

【0072】

以上説明したように、本実施形態によれば、F C 出力電圧を $O C V$ 近傍から低効率運転動作領域の電圧まで下降させる際、酸化ガスの供給を停止し、F C 出力指令電流 I_{fc} と F C 出力電流(実測値) I_{mfc} との偏差を求め、求めた偏差を F C 出力電圧 V_{mfc} の変化量にフィードバックすることで、低効率運転動作点での運転を迅速に開始することが可能となる。

10

【0073】

なお、上記実施形態では、F C 出力電圧を $O C V$ 近傍から低効率運転動作領域の電圧まで下降させる場合について説明したが、F C 出力電圧を目標の電圧まで下降させるあらゆる場合に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図1】第1実施形態に係る燃料電池システムの要部構成を示す図である。

【図2】同実施形態に係る出力電力と電力損失との関係を示す図である。

20

【図3】同実施形態に係る出力電力の変化をあらわす図である。

【図4】同実施形態に係る運転動作点のシフト処理を示すフローチャートである。

【図5】同実施形態に係る出力電力の変化をあらわす図である。

【図6】第2実施形態に係る燃料電池システムの要部構成を示す図である。

【図7】第3実施形態に係る燃料電池システムの要部構成を示す図である。

【図8】第4実施形態に係る燃料電池システムの要部構成を示す図である。

【図9】第5実施形態に係る燃料電池システムの要部構成を示す図である。

【図10】同実施形態に係るシステム始動時における F C 出力電圧の変化を示す図である。

【図11】同実施形態に係るシステム始動時における F C 出力電力の変化を示す図である。

30

【図12】同実施形態に係るシステム始動時におけるエアコンプレッサの回転数を示す図である。

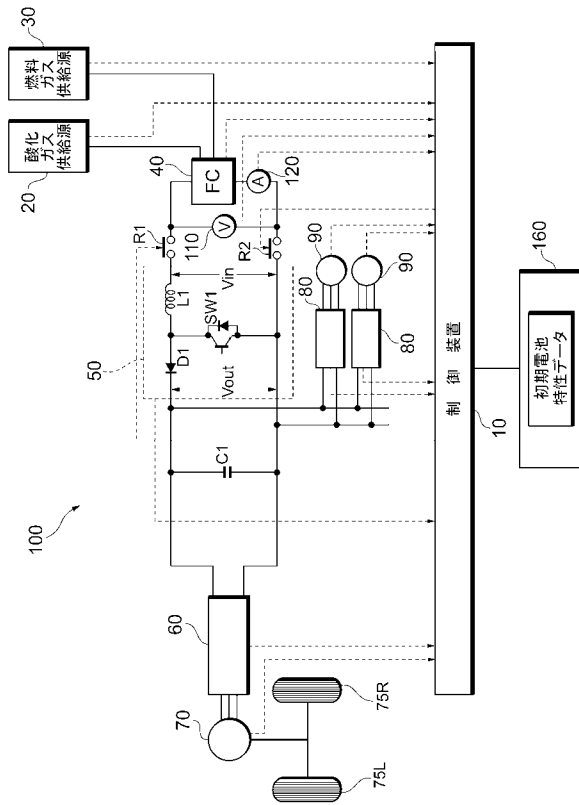
【符号の説明】

【0075】

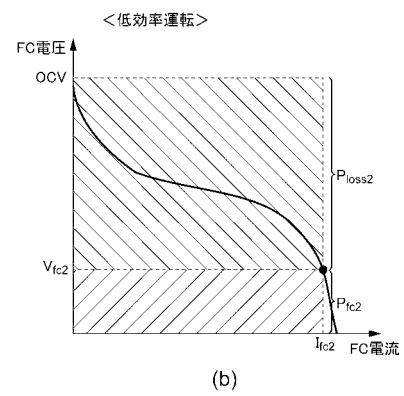
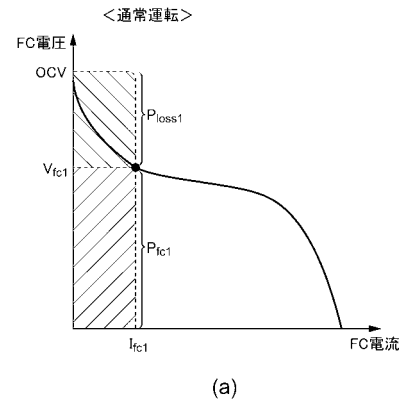
10・・・制御装置、20・・・酸化ガス供給源、30・・・燃料ガス供給源、40・・・燃料電池、50・・・昇圧コンバータ、60、80・・・インバータ、70・・・トラクションモータ、75L、75R・・・車輪、90・・・補機類、110・・・電圧センサ、120・・・電流センサ、160・・・メモリ、100、100a、100b、100c・・・燃料電池システム。

40

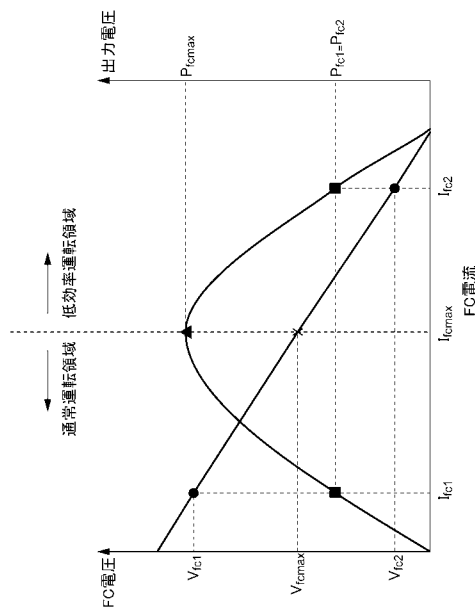
【図 1】



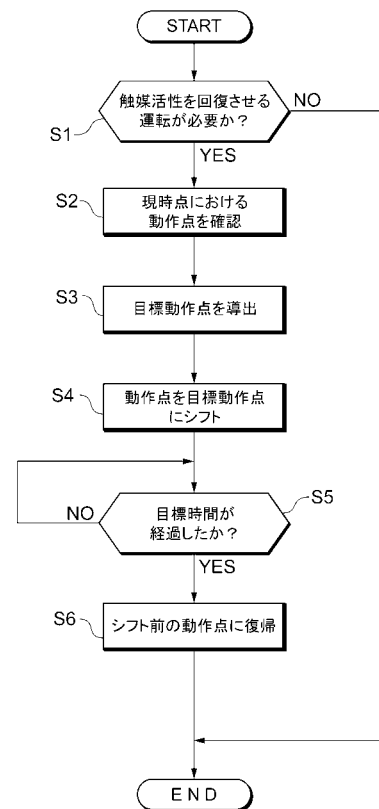
【図 2】



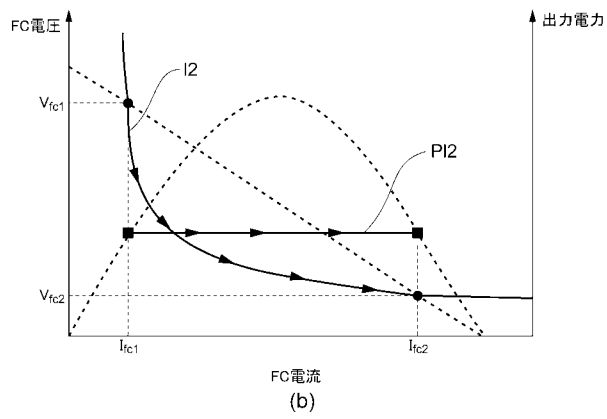
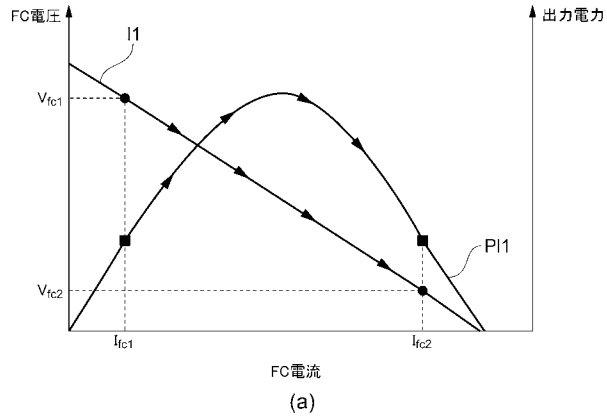
【図 3】



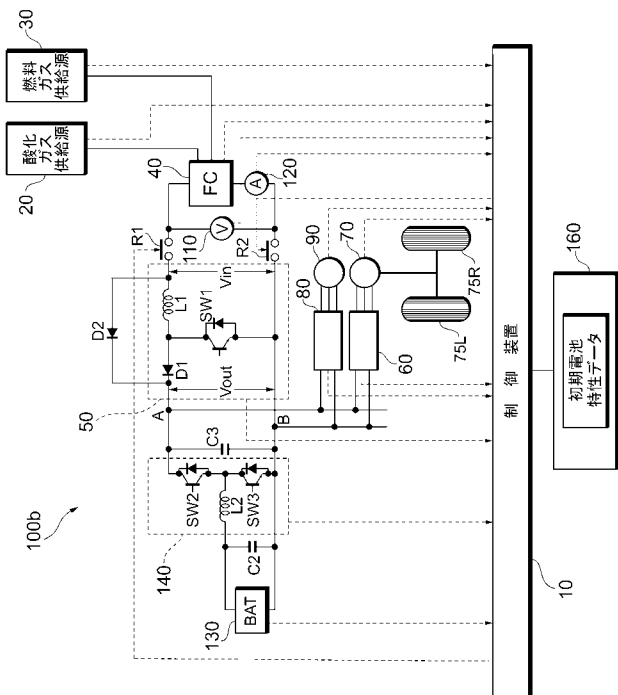
【図 4】



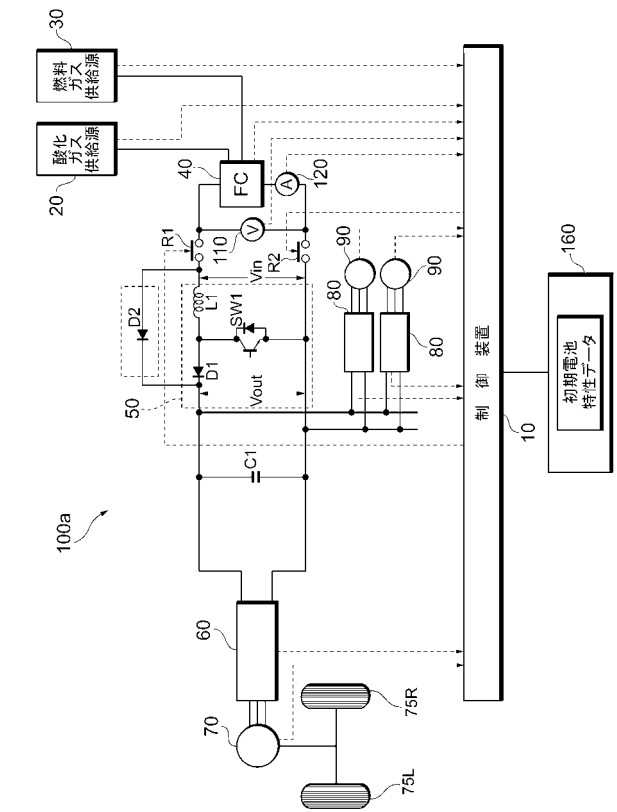
【図 5】



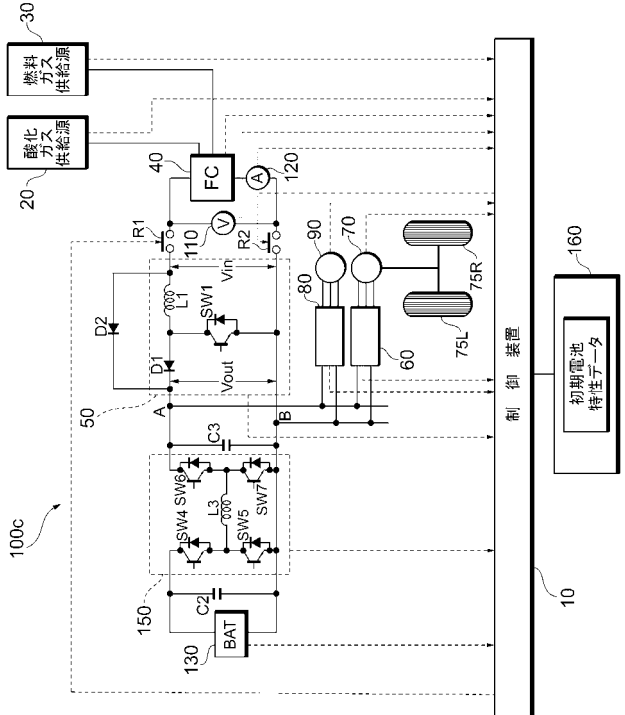
【図 7】



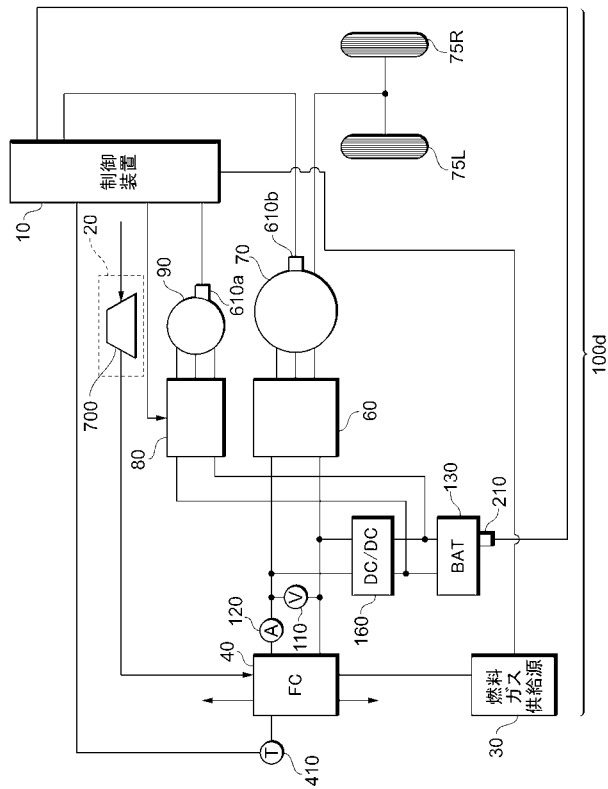
【図 6】



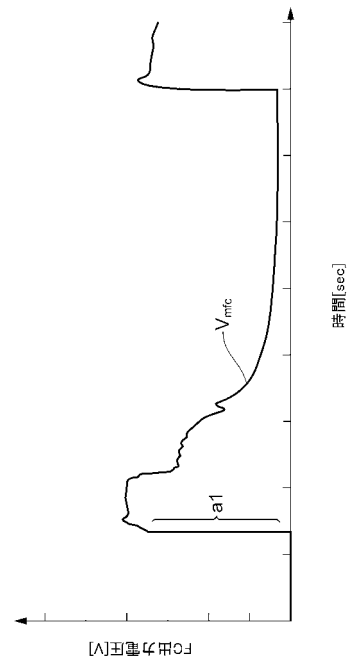
【図 8】



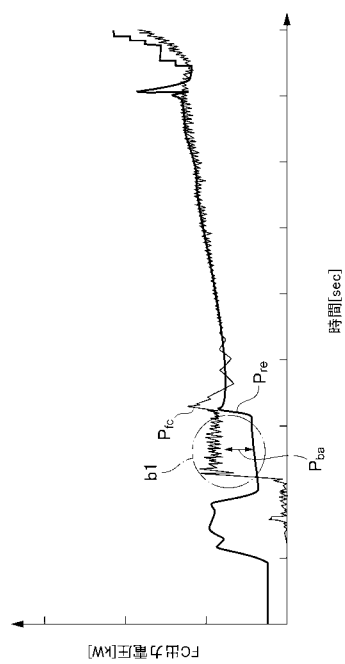
【図 9】



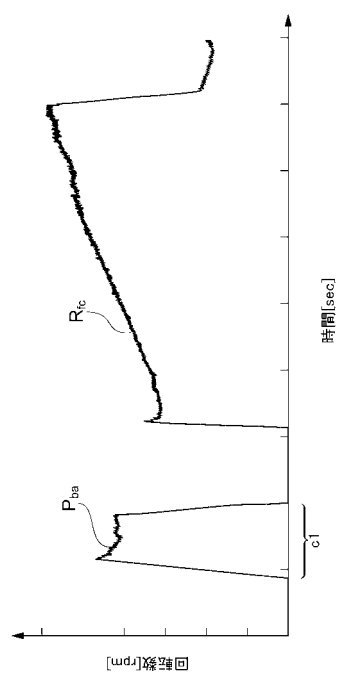
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5H026 AA02 AA06 HH06
5H027 AA02 AA06 DD03 KK52 KK54 KK56 MM26