

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5167026号
(P5167026)

(45) 発行日 平成25年3月21日 (2013. 3. 21)

(24) 登録日 平成24年12月28日 (2012. 12. 28)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 M	8/04	(2006. 01)	HO 1 M 8/04 P
HO 1 M	8/00	(2006. 01)	HO 1 M 8/00 A
HO 1 M	8/10	(2006. 01)	HO 1 M 8/00 Z
			HO 1 M 8/10

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2008-210700 (P2008-210700)	(73) 特許権者	000005326
(22) 出願日	平成20年8月19日 (2008. 8. 19)		本田技研工業株式会社
(65) 公開番号	特開2010-49827 (P2010-49827A)		東京都港区南青山二丁目1番1号
(43) 公開日	平成22年3月4日 (2010. 3. 4)	(74) 代理人	100077665
審査請求日	平成22年10月4日 (2010. 10. 4)		弁理士 千葉 剛宏
		(74) 代理人	100116676
			弁理士 宮寺 利幸
		(74) 代理人	100142066
			弁理士 鹿島 直樹
		(74) 代理人	100126468
			弁理士 田久保 泰夫
		(74) 代理人	100149261
			弁理士 大内 秀治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

膜・電極接合体を備える燃料電池と、
 前記燃料電池の発電電圧を検出する電圧センサと、
 前記燃料電池の温度を検出する温度センサと、
 前記燃料電池の出力を制御する出力制御器と
 を備える燃料電池システムであって、
 前記出力制御器は、
 前記燃料電池の温度と発電電圧との関係上で前記膜・電極接合体の劣化抑制領域及び劣
 化領域を規定し、前記劣化抑制領域及び前記劣化領域を用いて、前記燃料電池の各温度に
 おける電圧上限閾値を設定し、
 前記燃料電池の発電電圧が前記電圧上限閾値以下となるように、前記燃料電池の出力を
 制限する

ことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】

膜・電極接合体を備える燃料電池と、
 前記燃料電池の発電電流を検出する電流センサと、
 前記燃料電池の温度を検出する温度センサと、
 前記燃料電池の出力を制御する出力制御器と
 を備える燃料電池システムであって、

10

20

前記出力制御器は、

前記燃料電池の温度と発電電圧との関係上で前記膜・電極接合体の劣化抑制領域及び劣化領域を規定し、前記劣化抑制領域及び前記劣化領域を用いて、前記燃料電池の各温度における電圧上限閾値を設定し、これら電圧上限閾値を前記燃料電池の電流 - 電圧特性に適用することで電流下限閾値を求め、

前記燃料電池の発電電流が前記電流下限閾値以上となるように、前記燃料電池の出力を制限する

ことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 3】

膜・電極接合体を備える燃料電池と、

前記燃料電池の発電電力を測定する電力測定器と、

前記燃料電池の温度を検出する温度センサと、

前記燃料電池の出力を制御する出力制御器と

を備える燃料電池システムであって、

前記出力制御器は、

前記燃料電池の温度と発電電圧との関係上で前記膜・電極接合体の劣化抑制領域及び劣化領域を規定し、前記劣化抑制領域及び前記劣化領域を用いて、前記燃料電池の各温度における電圧上限閾値を設定し、これら電圧上限閾値を前記燃料電池の電流 - 電圧特性に適用することで電力下限閾値を求め、

前記燃料電池の発電電力が前記電力下限閾値以上となるように、前記燃料電池の出力を制限する

ことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システムにおいて、

前記出力制御器は、前記燃料電池システムの補機の消費電力を増加させることにより、前記燃料電池の出力を制限する

ことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システムにおいて、

前記燃料電池システムは、さらに、

蓄電装置と、

前記燃料電池と前記蓄電装置との間に配置され、前記燃料電池から前記蓄電装置への供給電力を制御する供給電力制御器と

を備え、

前記出力制御器は、前記供給電力制御器を介して前記燃料電池から前記蓄電装置への供給電力を増加させることにより、前記燃料電池の出力を制限する

ことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システムにおいて、

前記燃料電池システムは、さらに、

負荷に対して前記燃料電池と並列に接続された第 2 電力源と、

前記第 2 電力源の出力電圧を変圧して前記負荷に印加する DC / DC コンバータと

を備え、

前記出力制御器は、前記 DC / DC コンバータの変圧比を減少させ、前記燃料電池の発電電流を増加させることにより、前記燃料電池の出力を制限する

ことを特徴とする燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、電力源としての燃料電池を有する燃料電池システムに関する。より詳細に

10

20

30

40

50

は、燃料電池の出力制御により燃料電池の劣化防止を実現可能な燃料電池システムに関する。

【背景技術】

【0002】

環境に優しい電力源として、水素ガスと酸化剤ガスとを電気化学反応させて発電する燃料電池が知られている。燃料電池については、その長寿命化（劣化防止）を目的とする技術が開発されている（特許文献1、2）。

【0003】

特許文献1の燃料電池システムでは、燃料電池の劣化を防止するため、燃料電池の反応温度を検出し、許容し得る最低電圧の閾値を前記反応温度により設定する。そして、燃料電池のモニタ電圧が、前記閾値より低い場合、燃料電池から負荷に供給する電流を制限する（特許文献1の要約参照）。

10

【0004】

また、特許文献2のシステムでは、燃料電池を保護しながら、発電効率を高いレベルで維持するため、燃料電池の複数のセルのうち最も発電電圧が低いセルの電圧（最低セル電圧）を特定し、最低セル電圧に応じて燃料電池の出力を制御する（特許文献2の要約参照）。

【0005】

【特許文献1】特開平7-272736号公報

【特許文献2】特開2004-172055号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1、2に記載されたシステムでは、燃料電池の保護が図られているものの未だ改善の余地がある。

【0007】

この発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、燃料電池の劣化をより好適に防止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】

【0008】

30

この発明に係る燃料電池システムは、膜・電極接合体を備える燃料電池と、前記燃料電池の発電電圧を検出する電圧センサと、前記燃料電池の温度を検出する温度センサと、前記燃料電池の出力を制御する出力制御器とを備えるものであって、前記出力制御器は、前記燃料電池の温度と発電電圧との関係上で前記膜・電極接合体の劣化抑制領域及び劣化領域を規定し、前記劣化抑制領域及び前記劣化領域を用いて、前記燃料電池の各温度における電圧上限閾値を設定し、前記燃料電池の発電電圧が前記電圧上限閾値以下となるように、前記燃料電池の出力を制限することを特徴とする。

【0009】

この発明によれば、燃料電池の温度に応じて電圧上限閾値を設定し、燃料電池の発電電圧が前記電圧上限閾値以下となるように、燃料電池の出力を制限する。燃料電池の劣化は、その発電電圧に影響されるため、上記構成により、燃料電池の劣化をより好適に防止することが可能となる。また、燃料電池の発電電圧を過度に抑制する必要がなくなることから、燃料電池の出力応答性を高く設定することが可能となる。

40

【0010】

この発明に係る燃料電池システムは、膜・電極接合体を備える燃料電池と、前記燃料電池の発電電流を検出する電流センサと、前記燃料電池の温度を検出する温度センサと、前記燃料電池の出力を制御する出力制御器とを備えるものであって、前記出力制御器は、前記燃料電池の温度と発電電圧との関係上で前記膜・電極接合体の劣化抑制領域及び劣化領域を規定し、前記劣化抑制領域及び前記劣化領域を用いて、前記燃料電池の各温度における電圧上限閾値を設定し、これら電圧上限閾値を前記燃料電池の電流 - 電圧特性に適用す

50

ることで電流下限閾値を求め、前記燃料電池の発電電流が前記電流下限閾値以上となるように、前記燃料電池の出力を制限することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

この発明によれば、燃料電池の温度に応じて電流下限閾値を設定し、燃料電池の発電電流が前記電流下限閾値以上となるように、燃料電池の出力を制限する。燃料電池の電流電圧特性より、燃料電池の発電電流と発電電圧との間には対応関係がある。このため、上記構成により、燃料電池の温度に応じた燃料電池の出力電圧の制限が可能となる。燃料電池の劣化は、その発電電圧に影響されることから、上記構成により、燃料電池の劣化をより好適に防止することが可能となる。また、燃料電池の発電電圧を過度に抑制する必要がなくなることから、燃料電池の出力応答性を高く設定することが可能となる。

10

【 0 0 1 2 】

この発明に係る燃料電池システムは、膜・電極接合体を備える燃料電池と、前記燃料電池の発電電力を測定する電力測定器と、前記燃料電池の温度を検出する温度センサと、前記燃料電池の出力を制御する出力制御器とを備えるものであって、前記出力制御器は、前記燃料電池の温度と発電電圧との関係上で前記膜・電極接合体の劣化抑制領域及び劣化領域を規定し、前記劣化抑制領域及び前記劣化領域を用いて、前記燃料電池の各温度における電圧上限閾値を設定し、これら電圧上限閾値を前記燃料電池の電流 - 電圧特性に適用することで電力下限閾値を求め、前記燃料電池の発電電力が前記電力下限閾値以上となるように、前記燃料電池の出力を制限することを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

この発明によれば、燃料電池の温度に応じて電力下限閾値を設定し、燃料電池の発電電力が前記電力下限閾値以上となるように、燃料電池の出力を制限する。燃料電池の電流電圧特性より、燃料電池の発電電流と発電電圧との間には対応関係があるため、発電電流と発電電圧の積である発電電力と発電電圧との間にも対応関係がある。このため、上記構成により、燃料電池の温度に応じた燃料電池の出力電圧の制限が可能となる。燃料電池の劣化は、その発電電圧に影響されることから、上記構成により、燃料電池の劣化をより好適に防止することが可能となる。また、燃料電池の発電電圧を過度に抑制する必要がなくなることから、燃料電池の出力応答性を高く設定することが可能となる。

20

【 0 0 1 4 】

前記出力制御器は、前記燃料電池システムの補機の消費電力を増加させることにより、前記燃料電池の出力を制限してもよい。

30

【 0 0 1 5 】

また、前記燃料電池システムは、さらに、蓄電装置と、前記燃料電池と前記蓄電装置との間に配置され、前記燃料電池から前記蓄電装置への供給電力を制御する供給電力制御器とを備え、前記出力制御器は、前記供給電力制御器を介して前記燃料電池から前記蓄電装置への供給電力を増加させることにより、前記燃料電池の出力を制限してもよい。

【 0 0 1 6 】

前記燃料電池システムは、さらに、負荷に対して前記燃料電池と並列に接続された第2電力源と、前記第2電力源の出力電圧を変圧して前記負荷に印加するDC/DCコンバータとを備え、前記出力制御器は、前記DC/DCコンバータの変圧比を減少させ、前記燃料電池の発電電流を増加させることにより、前記燃料電池の出力を制限してもよい。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

この発明によれば、燃料電池の出力を制限するための電圧上限閾値を、燃料電池の温度に応じて設定し、燃料電池の発電電圧が前記電圧上限閾値以下となるように、燃料電池の出力を制限する。燃料電池の劣化は、その発電電圧に影響されるため、上記構成により、燃料電池の劣化をより好適に防止することが可能となる。また、燃料電池の発電電圧を過度に抑制する必要がなくなることから、燃料電池の出力応答性を高く設定することが可能となる。

【 0 0 1 8 】

50

また、この発明によれば、燃料電池の出力を制限するための電流下限閾値を、燃料電池の温度に応じて設定し、燃料電池の発電電流が前記電流下限閾値以上となるように、燃料電池の出力を制限する。燃料電池の電流 電圧特性より、燃料電池の発電電流と発電電圧との間には対応関係がある。このため、上記構成により、燃料電池の温度に応じた燃料電池の出力電圧の制限が可能となる。燃料電池の劣化は、その発電電圧に影響されることから、上記構成により、燃料電池の劣化をより好適に防止することが可能となる。また、燃料電池の発電電圧を過度に抑制する必要がなくなることから、燃料電池の出力応答性を高く設定することが可能となる。

【 0 0 1 9 】

さらに、この発明によれば、燃料電池の出力を制限するための電力下限閾値を、燃料電池の温度に応じて設定し、燃料電池の発電電力が前記電力下限閾値以上となるように、燃料電池の出力を制限する。燃料電池の電流 電圧特性より、燃料電池の発電電流と発電電圧との間には対応関係があるため、発電電流と発電電圧の積である発電電力と発電電圧との間にも対応関係がある。このため、上記構成により、燃料電池の温度に応じた燃料電池の出力電圧の制限が可能となる。燃料電池の劣化は、その発電電圧に影響されることから、上記構成により、燃料電池の劣化をより好適に防止することが可能となる。また、燃料電池の発電電圧を過度に抑制する必要がなくなることから、燃料電池の出力応答性を高く設定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】

【 0 0 2 0 】

A . 一実施形態

以下、この発明の一実施形態に係る燃料電池システムを搭載した燃料電池車両について図面を参照して説明する。

【 0 0 2 1 】

1 . 燃料電池車両 1 0 の構成

(1) 全体構成

図 1 は、この発明の一実施形態に係る燃料電池システム（以下「FCシステム 1 2」と称する。）を搭載した燃料電池車両 1 0（以下「FC車両 1 0」と称する。）の回路図である。FC車両 1 0は、FCシステム 1 2に加え、モータユニット 2 0を有する。FCシステム 1 2は、FCユニット 4 0と、バッテリーユニット 6 0と、統合制御部 8 0 { 以下「統合 ECU 8 0」（ECU : Electric Control Unit）と称する。 } とを有する。

【 0 0 2 2 】

モータユニット 2 0は、FC車両 1 0の力行時には、走行用のモータ 2 2を用いてFC車両 1 0の走行駆動力を生成し、FC車両 1 0の回生時には、モータ 2 2が発生した回生電力（モータ回生電力 P_{reg} ）[W]をバッテリーユニット 6 0及び補機 1 4に供給する。補機 1 4は、モータユニット 2 0とFCユニット 4 0の間に配置されており、例えば、FCユニット 4 0やバッテリーユニット 6 0で用いられる冷却ポンプ（図示せず）を含む。

【 0 0 2 3 】

FCユニット 4 0は、FC車両 1 0の力行時には、モータユニット 2 0に対して燃料電池 4 2（以下「FC 4 2」と称する。）が発生した電力（FC出力電力 P_{fc} ）[W]を供給し、FC車両 1 0の回生時には、FC出力電力 P_{fc} をバッテリーユニット 6 0及び補機 1 4に供給する。

【 0 0 2 4 】

バッテリーユニット 6 0は、FC車両 1 0の力行時には、エネルギーストレージである蓄電装置 6 2（以下「バッテリー 6 2」と称する。）からの電力（バッテリー出力電力 P_{bat} ）[W]をモータユニット 2 0に対して供給し、FC車両 1 0の回生時には、モータ回生電力 P_{reg} 及びFC出力電力 P_{fc} をバッテリー 6 2に蓄電する。

【 0 0 2 5 】

統合 ECU 8 0は、モータユニット 2 0、FCユニット 4 0及びバッテリーユニット 6 0を制御する。詳細については後述する。

【 0 0 2 6 】

(2) モータユニット 2 0

モータユニット 2 0 は、モータ 2 2 に加え、パワー・ドライブ・ユニット 2 4 (以下「 P D U 2 4 」と称する。) と、減速機 2 6 と、シャフト 2 8 と、車輪 3 0 と、モータ制御部 3 2 (以下「 モータ E C U 3 2 」と称する。) とを備える。

【 0 0 2 7 】

P D U 2 4 は、 F C 車両 1 0 の力行時において、 F C 4 2 からの出力電流 (F C 出力電流 I_{fc}) [A] 及びバッテリー 6 2 からの出力電流 (バッテリ出力電流 I_{bat}) [A] とを直流 / 交流変換し、モータ 2 2 を駆動する電流 (モータ駆動電流 I_{md}) [A] としてモータ 2 2 に供給する。このモータ駆動電流 I_{md} の供給に伴うモータ 2 2 の回転は、減速機 2 6 、シャフト 2 8 を通じて車輪 3 0 に伝達される。

10

【 0 0 2 8 】

また、 P D U 2 4 は、 F C 車両 1 0 の回生時において、モータ 2 2 からの回生電流 (モータ回生電流 I_{mr}) [A] を交流 / 直流変換し、バッテリー充電電流 I_{bc} としてバッテリーユニット 6 0 に供給する。このバッテリー充電電流 I_{bc} の供給によりバッテリー 6 2 が充電される。なお、バッテリー充電電流 I_{bc} は、補機 1 4 及び後述する補機 7 9 に供給してもよい。

【 0 0 2 9 】

(3) F C ユニット 4 0

F C ユニット 4 0 は、 F C 4 2 に加え、水素タンク 4 4 と、エアコンプレッサ 4 6 と、 F C 制御部 4 8 (以下「 F C E C U 4 8 」と称する。) と、逆流防止用ダイオード 5 0 と、電圧センサユニット 5 2 と、温度センサユニット 5 4 と、電圧センサ 5 6 と、電流センサ 5 8 とを有する。

20

【 0 0 3 0 】

F C 4 2 は、例えば固体高分子電解質膜をアノード電極とカソード電極とで両側から挟み込んで形成されたセル 4 2 a を積層したスタック構造にされている。 F C 4 2 には、水素タンク 4 4 とエアコンプレッサ 4 6 が配管により接続されている。水素タンク 4 4 内の加圧水素は、 F C 4 2 のアノード電極に供給される。また、エアコンプレッサ 4 6 により空気が F C 4 2 のカソード電極に供給される。水素タンク 4 4 及びエアコンプレッサ 4 6 の動作は、 F C E C U 4 8 により制御される。 F C 4 2 内で反応ガスである水素 (燃料ガス) と空気 (酸化剤ガス) の電気化学反応により F C 出力電流 I_{fc} が生成される。 F C 出力電流 I_{fc} は、電流センサ 5 8 及び逆流防止用ダイオード 5 0 を介し、 F C 車両 1 0 の力行時には補機 1 4 及び P D U 2 4 に供給され、回生時には補機 1 4 及びバッテリーユニット 6 0 に供給される。

30

【 0 0 3 1 】

電圧センサユニット 5 2 は、 F C 4 2 の各セル 4 2 a の発電電圧 (セル電圧 V_{cell}) [V] を測定する複数の電圧センサを備える。温度センサユニット 5 4 は、各セル 4 2 a の温度 (セル温度 T_{cell}) [] を測定する複数の温度センサを備える。電圧センサ 5 6 は、 F C 4 2 の各セル 4 2 a のセル電圧 V_{cell} の和としての F C 4 2 の出力電圧 (F C 出力電圧 V_{fc}) [V] を検出する。電流センサ 5 8 は、 F C 出力電流 I_{fc} を検出する。

40

【 0 0 3 2 】

(4) バッテリユニット 6 0

バッテリーユニット 6 0 は、バッテリー 6 2 に加え、電圧センサ 6 4 、 6 6 と、電流センサ 6 8 、 7 0 と、バッテリー制御部 7 2 (以下「 バッテリ E C U 7 2 」と称する。) と、 D C / D C コンバータ 7 4 と、コンバータ制御部 7 6 (以下「 コンバータ E C U 7 6 」と称する。) とを有する。

【 0 0 3 3 】

バッテリー 6 2 は、 D C / D C コンバータ 7 4 の 1 次側 1 S に接続されており、例えばリチウムイオン 2 次電池やニッケル水素 2 次電池又はキャパシタを利用することができる。

50

本実施形態ではリチウムイオン２次電池を利用している。電圧センサ６４は、ＤＣ／ＤＣコンバータ７４の１次側１Ｓの電圧（１次電圧 V_1 ）〔Ｖ〕を検出し、通信線８２に出力する。電圧センサ６６は、ＤＣ／ＤＣコンバータ７４の２次側２Ｓの電圧（２次電圧 V_2 ）〔Ｖ〕を検出し、通信線８２に出力する。電流センサ６８は、１次側１Ｓの電流（１次電流 I_1 ）を検出し、通信線８２に出力する。電流センサ７０は、２次側２Ｓの電流（２次電流 I_2 ）を検出し、通信線８２に出力する。

【００３４】

バッテリーＥＣＵ７２は、バッテリー６２の温度〔 〕や電圧（バッテリー出力電圧 V_{bat} ）〔Ｖ〕などを監視し、異常を検出した場合には、充放電の制限や停止によりバッテリー６２を保護する。

10

【００３５】

ＤＣ／ＤＣコンバータ７４は、いわゆるチョッパ方式の昇降圧ＤＣ／ＤＣコンバータであり、ＦＣ車両１０の力行時には、１次電圧 V_1 を昇圧して２次側２Ｓに供給し、回生時には、２次電圧 V_2 を降圧して１次側１Ｓに供給する。すなわち、モータ２２が発生した回生電圧（モータ回生電圧 V_{reg} ）〔Ｖ〕又はＦＣ４２のＦＣ出力電圧 V_f である２次電圧 V_2 がＤＣ／ＤＣコンバータ７４により低電圧に変換された１次電圧 V_1 によりバッテリー６２を充電する。

【００３６】

コンバータＥＣＵ７６は、統合ＥＣＵ８０からの指令並びに電圧センサ６４、６６及び電流センサ５８、６８、７０の検出値に基づいて、ＤＣ／ＤＣコンバータ７４を制御する。コンバータＥＣＵ７６は、ＤＣ／ＤＣコンバータ７４の制御を介してＦＣ出力電流 I_f を制御することができる。

20

【００３７】

バッテリー６２とＤＣ／ＤＣコンバータ７４の間には、ダウンバータ７８及び補機７９が接続されている。補機７９には、例えば、ライト、パワーウィンド、ワイパー用電動機が含まれる。

【００３８】

（５）統合ＥＣＵ８０

統合ＥＣＵ８０は、モータ２２の要求電力（モータ要求電力 P_{mr_req} ）〔Ｗ〕やＦＣユニット４０（エアコンプレッサ４６等）の要求電力、補機１４、７９の要求電力に基づいて、モータＥＣＵ３２、ＦＣＥＣＵ４８、バッテリーＥＣＵ７２及びコンバータＥＣＵ７６を制御する（詳細は後述する。）。

30

【００３９】

統合ＥＣＵ８０は、ＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭ、タイマの他、Ａ／Ｄ変換器、Ｄ／Ａ変換器等の入出力インタフェース、並びに、必要に応じてＤＳＰ（Digital Signal Processor）等を有している（図１では特にメモリ８０ａを示している。）。モータＥＣＵ３２、ＦＣＥＣＵ４８、バッテリーＥＣＵ７２及びコンバータＥＣＵ７６も同様である。

【００４０】

統合ＥＣＵ８０と、モータＥＣＵ３２、ＦＣＥＣＵ４８、バッテリーＥＣＵ７２及びコンバータＥＣＵ７６とは、車内ＬＡＮであるＣＡＮ（Controller Area Network）等の通信線８２を通じて相互に接続されている。これらの制御部は、各種スイッチ及び各種センサからの入出力情報を共有し、これら各種スイッチ及び各種センサからの入出力情報を入力として各ＣＰＵが各ＲＯＭに格納されたプログラムを実行することにより各種機能を実現する。

40

【００４１】

（６）その他

車両状態を検出する各種スイッチ及び各種センサとしては、上述した電圧センサ５６、６４、６６、電流センサ５８、６８、７０の他、通信線８２に接続されるイグニッションスイッチ９０、アクセルセンサ９２、ブレーキセンサ９４、及び車速センサ９６等がある。

50

【 0 0 4 2 】

2. 各種制御 / 処理

(1) 統合 ECU80 における処理の概要

統合 ECU80 は、モータ要求電力 P_{mr_req} 、FC ユニット 40 の要求電力、補機 14、79 の要求電力に応じて FC 車両 10 全体での要求電力 (全体要求電力 P_{all_req}) [W] を算出する。なお、モータ要求電力 P_{mr_req} は、アクセルセンサ 92 から通知される図示しないアクセルペダルの踏み込み量等に応じて算出される。

【 0 0 4 3 】

次いで、統合 ECU80 は、この全体要求電力 P_{all_req} 及びモータ回生電力 P_{reg} に基づき、FC 出力電力 P_{fc} 及びバッテリー出力電力 P_{bat} を決定する。さらに、統合 ECU80 は、決定した FC 出力電力 P_{fc} 及びバッテリー出力電力 P_{bat} に基づいて、FC ECU48 及びコンバータ ECU76 に動作指令を行う。例えば、FC ECU48 に対し、水素の供給量指令値、又は水素タンク 44 と FC 42 の間に配置された図示しない流量弁の開度指令値を通知する。また、コンバータ ECU76 に対し、DC / DC コンバータ 74 に対する駆動デューティ DUT の指令値又は FC 出力電流 I_{fc} の指令値を通知する。

【 0 0 4 4 】

(2) FC 42 の出力制御

図 2 には、統合 ECU80 による FC 42 の出力制御のフローチャートが示されている。ステップ S1 において、統合 ECU80 は、電圧センサユニット 52 から各セル 42 a のセル電圧 V_{cell} を、温度センサユニット 54 から各セル 42 a のセル温度 T_{cell} を取得する。

【 0 0 4 5 】

続くステップ S2 において、統合 ECU80 は、セル温度 T_{cell} に応じてセル 42 a の電圧上限閾値 (セル電圧上限閾値 THV_{cell}) [V] を設定する。これは、セル電圧 V_{cell} に伴う膜・電極接合体 (MEA : membrane-electrode assembly) の劣化の度合いがセル温度 T_{cell} に依存して変化するという知見に基づくものである。図 3 には、セル電圧上限閾値 THV_{cell} を設定するための特性図の一例が示されている。

【 0 0 4 6 】

図 3 に示すように、本実施形態では、セル温度 T_{cell} とセル電圧上限閾値 THV_{cell} との関係を規定した特性 100 を設定する。図 3 中、特性 100 よりも下側は、各セル 42 a を構成する MEA が劣化しにくい領域 (MEA 劣化抑制領域) であり、特性 100 よりも上側は、MEA が劣化し易い領域 (MEA 劣化領域) として規定している。特性 100 は、実測値、理論値又はシミュレーション値を用いることができる。本実施形態の特性 100 では、セル温度 T_{cell} が温度 T_{11} (例えば、 -20) のときのセル電圧上限閾値 THV_{cell} は、電圧 V_{11} であり、セル温度 T_{cell} が温度 T_{12} (例えば、 -10) のときのセル電圧上限閾値 THV_{cell} は、電圧 V_{11} よりも高い電圧 V_{12} ($V_{12} > V_{11}$) であり、セル温度 T_{cell} が温度 T_{13} { 例えば、常温 (20) } のときのセル電圧上限閾値 THV_{cell} は、電圧 V_{12} よりも高い電圧 V_{13} である ($V_{13} > V_{12}$) 。温度 T_{13} まではセル温度 T_{cell} の上昇に伴って、セル電圧上限閾値 THV_{cell} が増加するが、温度 T_{13} を超えると、セル温度 T_{cell} の上昇にかかわらず、セル電圧上限閾値 THV_{cell} は一定である。

【 0 0 4 7 】

特性 100 は、統合 ECU80 のメモリ 80 a に予め記憶されており、統合 ECU80 は、セル温度 T_{cell} に基づいてセル電圧上限閾値 THV_{cell} を設定する。

【 0 0 4 8 】

なお、本実施形態において、セル電圧上限閾値 THV_{cell} の設定に用いるセル温度 T_{cell} は、各セル 42 a のセル温度 T_{cell} のうち最も低いものを用いる。上述のように、同じセル電圧 V_{cell} でも、セル温度 T_{cell} が低い方が、MEA が劣化

10

20

30

40

50

し易い(図3参照)。このため、最低のセル温度 T_{cell} を基準とすることにより、全てのセル42aの劣化を防止することができる。後述するように、別の方法で決定したセル温度 T_{cell} を用いてもよい。

【0049】

図2に戻り、ステップS3において、統合ECU80は、ステップS1で取得したセル電圧 V_{cell} と、ステップS2で設定したセル電圧上限閾値 THV_{cell} とを比較する。なお、ステップS3で用いるセル電圧 V_{cell} は、各セル42aのセル電圧 V_{cell} のうち最も高いものを用いる。後述するように、別の方法で比較対象とするセル電圧 V_{cell} 及びセル電圧上限閾値 THV_{cell} を選択することもできる。

【0050】

セル電圧 V_{cell} が、セル電圧上限閾値 THV_{cell} 以下である場合(S3:Yes)、ステップS4において、統合ECU80は、通常モードを選択する。すなわち、統合ECU80は、全体要求電力 P_{all_req} に基づき、FC ECU48及びコンバータECU76に対して動作指令を行う。この場合、後述するFC出力電圧 V_{fc} を制限する処理(V_{fc} 制限処理)は行わない。

【0051】

セル電圧 V_{cell} が、セル電圧上限閾値 THV_{cell} を超える場合(S3:No)、ステップS5において、統合ECU80は、 V_{fc} 制限モードを選択し、 V_{fc} 制限モードで動作することにより、FC出力電流 I_{fc} を増加させ、FC出力電圧 V_{fc} (セル電圧 V_{cell})を減少させる(ステップS6)。すなわち、統合ECU80は、補機14に対し、消費電力を増加させるように指令する。一般的な燃料電池と同様、本実施形態のFC42の電流-電圧特性($I-V$ 特性)102、104、106(図4参照)は、FC出力電流 I_{fc} が増加するに連れてFC出力電圧 V_{fc} (及びセル電圧 V_{cell})が減少する。従って、補機14の消費電力を増加させ、FC出力電流 I_{fc} を増加させることにより、FC出力電圧 V_{fc} を減少させることができる。なお、図4の詳細については、後述する項目B-4において説明する。

【0052】

また、バッテリー62からモータユニット20に対してバッテリー出力電流 I_{bat} が供給されている場合、統合ECU80は、コンバータECU76に対し、DC/DCコンバータ74の駆動デューティDUTを所定値又は所定割合で低下させ、DC/DCコンバータ74の昇圧率を減少させるように指令する。これにより、バッテリー出力電流 I_{bat} を減少させ、FC出力電流 I_{fc} を増加させる。

【0053】

なお、後述するように、FC出力電流 I_{fc} を増加させるには、別の方法を用いることもできる。

【0054】

ステップS4又はステップS6の後には、ステップS1に戻り、図2の処理が繰り返される。これにより、セル電圧 V_{cell} は、セル電圧上限閾値 THV_{cell} 以下になるように制御される。

【0055】

3. 本実施形態の効果

以上のように、本実施形態では、セル42aのセル温度 T_{cell} に応じてセル電圧上限閾値 THV_{cell} を設定し、セル電圧 V_{cell} がセル電圧上限閾値 THV_{cell} 以下となるように、FC出力電流 I_{fc} を増加させてFC出力電圧 V_{fc} を制限する。セル42a(FC42)の劣化は、セル電圧 V_{cell} (FC出力電圧 V_{fc})に影響されるため、本実施形態により、FC42の劣化をより好適に防止することが可能となる。また、セル電圧 V_{cell} (FC出力電圧 V_{fc})を過度に抑制する必要がなくなることから、FC42の出力応答性を高く設定することが可能となる。

【0056】

本実施形態では、補機14の消費電力を増加させることにより、FC出力電流 I_{fc} を

10

20

30

40

50

増加させる。その結果、FC42のI-V特性102、104、106(図4)より、FC出力電圧Vfcを減少させることができる。従って、モータ22の出力を変化させずに、FC出力電力Pfcを制限することができる。

【0057】

本実施形態では、DC/DCコンバータ74の駆動デューティDUT(変圧比)を減少させることにより、FC出力電流Ifcを増加させる。その結果、FC42のI-V特性102、104、106より、FC出力電圧Vfcを減少させることができる。従って、モータ22の出力を変化させずに、FC出力電力Pfcを制限することができる。

【0058】

B. 変形例

なお、この発明は、上記実施形態に限られず、この明細書の記載内容に基づき、種々の構成を採り得ることはもちろんである。例えば、以下の構成を採用することができる。

【0059】

1. 搭載対象

上記実施形態では、FCシステム12をFC車両10に搭載したが、これに限られず、別の対象に搭載してもよい。例えば、FCシステム12を船舶や航空機等の移動体に用いることもできる。或いは、FCシステム12を家庭用燃料電池システムとして用いてもよい。

【0060】

2. セル温度Tcell及びセル電圧Vcell

上記実施形態では、セル電圧上限閾値THv__cellを設定するために用いる温度(FC42の温度を示すもの)として、各セル42aのセル温度Tcellのうち最も低いものを用いたが、これに限られない。例えば、各セル42aのセル温度Tcellの平均値を用いてセル電圧上限閾値THv__cellを設定することもできる。或いは、予め特定のセル42aを1つ又は複数選択しておき、そのセル42aのセル温度Tcellを用いることもできる。この場合、セル42aが複数であれば、上述のように、最低のセル温度Tcellやセル温度Tcellの平均値を用いてもよい。

【0061】

上記実施形態の図2では、制御対象として、各セル42aのセル電圧Vcellのうち最も高いものを用いたが、これに限られない。例えば、各セル42aのセル電圧Vcellの平均値を用いることもできる。或いは、予め特定のセル42aを1つ又は複数選択しておき、そのセル42aのセル電圧Vcellを用いることもできる。この場合、セル42aが複数であれば、上述のように、最大のセル電圧Vcellやセル電圧Vcellの平均値を用いてもよい。

【0062】

3. セル電圧上限閾値THv__cell

上記実施形態では、異なる複数のセル42aのセル温度Tcellとセル電圧Vcellからセル電圧上限閾値THv__cellを設定することもあり得たが、各セル42aのセル温度Tcell及びセル電圧Vcellから各セル42aのセル電圧上限閾値THv__cellを算出し、最も低いセル電圧上限閾値THv__cellを用いることもできる。

【0063】

上記実施形態では、セル電圧上限閾値THv__cellの設定を統合ECU80で行ったが、コンバータECU76等、他の部位で行うこともできる。

【0064】

4. 制御対象(制限閾値の単位)

上記実施形態の図2では、セル電圧Vcellを制御対象とし、セル電圧Vcellとセル電圧上限閾値THv__cellとを比較して、FC出力電力Pfcを制限したが、これに限られない。例えば、電圧センサ56で検出されたFC出力電圧Vfc、電流センサ58で検出されたFC出力電流Ifc、又はFC出力電圧Vfc及びFC出力電流Ifc

10

20

30

40

50

の積として算出されるFC出力電力 P_{fc} を制御対象として、FC出力電力 P_{fc} を制限することもできる。

【0065】

例えば、上述の通り、FC42にはI-V特性102、104、106(図4)が存在するため、セル電圧上限閾値 TH_{v_cell} の代わりに、FC出力電流 I_{fc} の下限閾値(FC出力電流下限閾値 TH_{i_fc})[A]を用いることができる。

【0066】

図4は、セル電圧上限閾値 TH_{v_cell} の代わりに、FC出力電流下限閾値 TH_{i_fc} を決定するための説明図である。図4中、I-V特性102は、セル温度 T_{cell} が温度 T_{21} (例えば、-20)のときのFC42のI-V特性であり、I-V特性104は、セル温度 T_{cell} が温度 T_{22} (例えば、-10)のときのFC42のI-V特性であり、I-V特性106は、セル温度 T_{cell} が温度 T_{23} (例えば、0)のときのFC42のI-V特性である。また、セル温度 T_{cell} が温度 T_{21} のときのセル電圧上限閾値 TH_{v_cell} を電圧 V_{21} とすると、FC出力電流下限閾値 TH_{i_fc} は電流 I_{21} に設定される。同様に、セル温度 T_{cell} が温度 T_{22} のときのセル電圧上限閾値 TH_{v_cell} を電圧 V_{22} とすると、FC出力電流下限閾値 TH_{i_fc} は電流 I_{22} に設定される。セル温度 T_{cell} が温度 T_{23} のときのセル電圧上限閾値 TH_{v_cell} を電圧 V_{23} とすると、FC出力電流下限閾値 TH_{i_fc} は電流 I_{23} に設定される。

【0067】

図5には、制御対象としてFC出力電流 I_{fc} を用いたフローチャートが示されている。ステップS11において、統合ECU80は、電流センサ58からFC出力電流 I_{fc} を、温度センサユニット54から各セル42aのセル温度 T_{cell} を取得する。続くステップS12において、統合ECU80は、セル温度 T_{cell} に応じてFC出力電流下限閾値 TH_{i_fc} を設定する。FC出力電流下限閾値 TH_{i_fc} は、セル電圧上限閾値 TH_{v_cell} との関係から予め求めておき、セル温度 T_{cell} と対応付けて予めメモリ80aに記憶されている。或いは、セル電圧上限閾値 TH_{v_cell} をその都度求め、セル電圧上限閾値 TH_{v_cell} からFC出力電流下限閾値 TH_{i_fc} を演算することもできる。この場合、セル電圧上限閾値 TH_{v_cell} とFC出力電流下限閾値 TH_{i_fc} との関係を予めメモリ80aに記憶しておく。

【0068】

ステップS13において、統合ECU80は、ステップS11で取得したFC出力電流 I_{fc} と、ステップS2で設定したFC出力電流下限閾値 TH_{i_fc} とを比較する。FC出力電流 I_{fc} が、FC出力電流下限閾値 TH_{i_fc} 以上である場合(S13:Yes)、ステップS14において、統合ECU80は、通常モードを選択する。ステップS14は、図2のステップS4と同様の処理である。FC出力電流 I_{fc} が、FC出力電流下限閾値 TH_{i_fc} 未満である場合(S13:No)、ステップS15において、統合ECU80は、V_{fc}制限モードを選択し、V_{fc}制限モードで動作することにより、FC出力電流 I_{fc} を増加させ、FC出力電圧V_{fc}を減少させる(ステップS16)。ステップS15、S16は、それぞれ図2のステップS5、S6と同様の処理である。

【0069】

図5の変形例では、セル温度 T_{cell} に応じてFC出力電流下限閾値 TH_{i_fc} を設定し、FC出力電流 I_{fc} がFC出力電流下限閾値 TH_{i_fc} 以上となるように、FC出力電流 I_{fc} を増加させてFC出力電圧V_{fc}を制限する。FC42のI-V特性102、104、106より、FC出力電流 I_{fc} とFC出力電圧V_{fc}(及びセル電圧V_{cell})との間には対応関係がある。このため、図5の変形例により、セル温度 T_{cell} に応じたFC出力電圧V_{fc}の制限が可能となる。FC42の劣化は、FC出力電圧V_{fc}に影響されることから、図5の変形例により、FC42の劣化をより好適に防止することが可能となる。また、FC出力電圧V_{fc}(又はセル電圧V_{cell})を過度に抑制する必要がなくなることから、FC42の出力応答性を高く設定することが可能となる

。

【0070】

また、FC出力電力 P_{fc} は、FC出力電流 I_{fc} とFC出力電圧 V_{fc} の積で表されることから、FC42のI-V特性102、104、106がわかっているならば、FC出力電力 P_{fc} を制御対象としてFC出力電力 P_{fc} を制限することもできる。

【0071】

図6には、制御対象としてFC出力電力 P_{fc} を用いたフローチャートが示されている。ステップS21において、統合ECU80は、電圧センサ56からのFC出力電圧 V_{fc} と電流センサ58からのFC出力電流 I_{fc} とに基づきFC出力電力 P_{fc} を取得すると共に、温度センサユニット54から各セル42aのセル温度 T_{cell} を取得する。続くステップS22において、統合ECU80は、セル温度 T_{cell} に応じてFC出力電力 P_{fc} の下限閾値（FC出力電力下限閾値 THp_{fc} ）[W]を設定する。

【0072】

ステップS23において、統合ECU80は、ステップS21で取得したFC出力電力 P_{fc} と、ステップS22で設定したFC出力電力下限閾値 THp_{fc} とを比較する。FC出力電力 P_{fc} が、FC出力電力下限閾値 THp_{fc} 以上である場合（S23：Yes）、ステップS24において、統合ECU80は、通常モードを選択する。ステップS24は、図2のステップS4と同様の処理である。FC出力電力 P_{fc} が、FC出力電力下限閾値 THp_{fc} 未満である場合（S23：No）、ステップS25において、統合ECU80は、 V_{fc} 制限モードを選択し、 V_{fc} 制限モードで動作することにより、FC出力電流 I_{fc} を増加させ、FC出力電圧 V_{fc} を減少させ、その結果、FC出力電力 P_{fc} を増加させる（ステップS26）。ステップS25、S26は、それぞれ図2のステップS5、S6と同様の処理である。

【0073】

図6の変形例では、セル温度 T_{cell} に応じてFC出力電力下限閾値 THp_{fc} を設定し、FC出力電力 P_{fc} がFC出力電力下限閾値 THp_{fc} 以上となるように、FC出力電流 I_{fc} を増加させてFC出力電圧 V_{fc} を制限する。FC42のI-V特性102、104、106より、FC出力電流 I_{fc} とFC出力電圧 V_{fc} （及びセル電圧 V_{cell} ）との間には対応関係があるため、FC出力電流 I_{fc} とFC出力電圧 V_{fc} の積であるFC出力電力 P_{fc} とFC出力電圧 V_{fc} の間にも対応関係がある。このため、図6の変形例により、セル温度 T_{cell} に応じたFC出力電圧 V_{fc} の制限が可能となる。FC42の劣化は、FC出力電圧 V_{fc} に影響されることから、図6の変形例により、FC42の劣化をより好適に防止することが可能となる。また、FC出力電圧 V_{fc} （又はセル電圧 V_{cell} ）を過度に抑制する必要がなくなることから、FC42の出力応答性を高く設定することが可能となる。

【0074】

5. FC出力電圧 V_{fc} を減少させる方法

上記実施形態では、FC出力電圧 V_{fc} を減少させる方法（FC出力電流 I_{fc} を増加させる方法）として、補機14の消費電力の増加及びDC/DCコンバータ74の昇圧率の減少を用いたが、いずれか一方のみでもよい。また、DC/DCコンバータ74の昇圧率の減少を用いる場合、バッテリー62の代わりに他の電力源（例えば、エンジンを用いた発電機）を適用することもできる。

【0075】

さらに、DC/DCコンバータ74を介してFC出力電力 P_{fc} をバッテリー62に供給し、バッテリー62を充電することにより、FC出力電流 I_{fc} を増加させ、FC出力電圧 V_{fc} を減少させることもできる。これにより、モータ22の出力を変化させずに、FC出力電流 I_{fc} を増加させる。その結果、FC42のI-V特性102、104、106より、FC出力電圧 V_{fc} を減少させることができる。同時に、バッテリー62への充電が可能となる。

【0076】

10

20

30

40

50

さらにまた、バッテリー 6 2 を充電することにより、F C 出力電流 I_{fc} を増加させる場合、D C / D C コンバータ 7 4 は必ずしも必要ではなく、充電を制御できる装置 (F C 4 2 からバッテリー 6 2 への供給電力を制御する装置) があればよい。例えば、バッテリー 6 2 と F C 4 2 との間にスイッチを設けておき、充電の際に前記スイッチをオンとする構成も可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 7 7 】

【図 1】この発明の一実施形態に係る燃料電池車両の回路図である。

【図 2】燃料電池のセル電圧を制御対象として燃料電池の出力を制御するフローチャートである。

10

【図 3】セル温度とセル電圧上限閾値との関係を示す説明図である。

【図 4】燃料電池の電流 - 電圧特性の説明図である。

【図 5】燃料電池の出力電流を制御対象として燃料電池の出力を制御するフローチャートである。

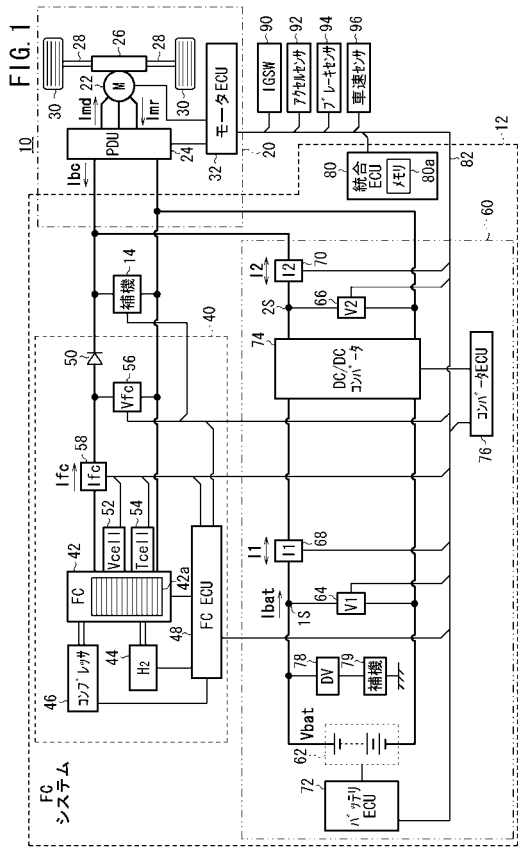
【図 6】燃料電池の出力電力を制御対象として燃料電池の出力を制御するフローチャートである。

【符号の説明】

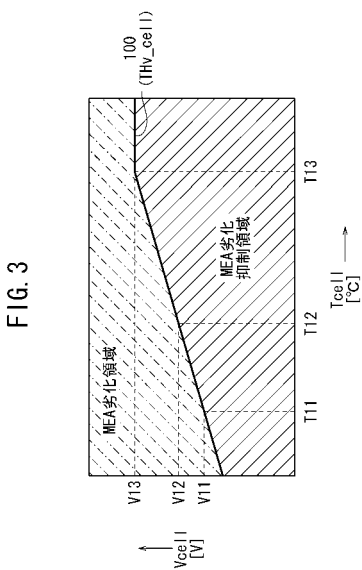
【 0 0 7 8 】

1 0 ... 燃料電池車両	1 2 ... 燃料電池システム	
1 4 ... 補機	2 2 ... モータ (負荷)	20
4 2 ... 燃料電池	5 2 ... 電圧センサユニット	
5 4 ... 温度センサユニット	5 8 ... 電流センサ	
6 2 ... バッテリー (蓄電装置、第 2 電源)		
7 4 ... D C / D C コンバータ (供給電力制御器)		
7 9 ... 補機		
8 0 ... 統合 E C U (出力制御器、出力測定器)		
1 0 2、1 0 4、1 0 6 ... 電流 電圧特性		
D U T ... 駆動デューティ (昇圧率)	I_{fc} ... F C 出力電流	
T_{cell} ... セル温度	THi_fc ... F C 出力電流下限閾値	
THp_fc ... F C 出力電力下限閾値	THv_cell ... セル電圧上限閾値	30
V_{bat} ... バッテリー出力電圧	V_{cell} ... セル電圧	
V_{fc} ... F C 出力電圧		

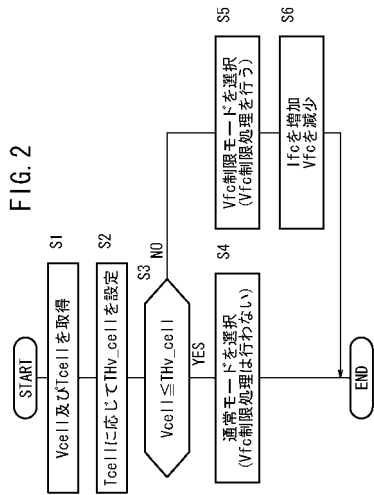
【図 1】



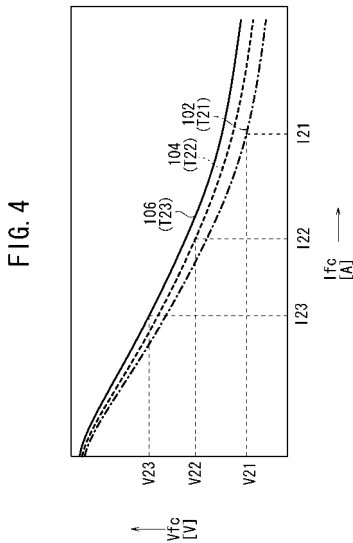
【図 3】



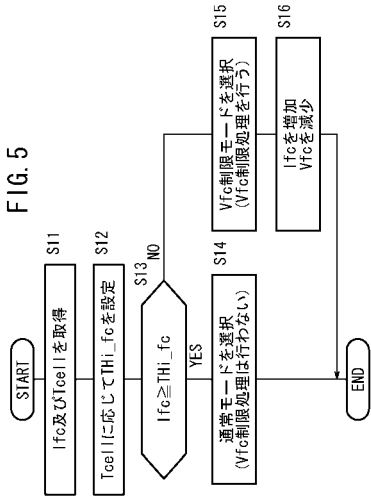
【図 2】



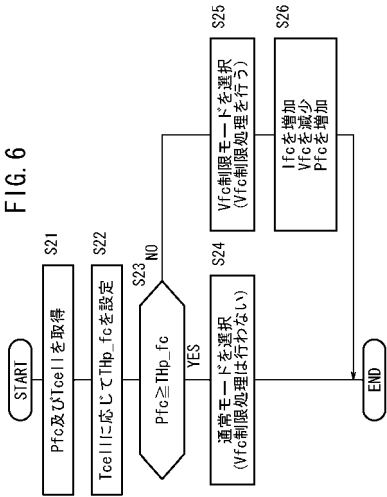
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 小河 純平
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
- (72)発明者 和氣 千大
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 永石 哲也

- (56)参考文献 特開平7-272736(JP,A)
特開2006-236862(JP,A)
特開2008-300299(JP,A)
特開2010-21072(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01M 8/00 - 8/24