

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5804205号
(P5804205)

(45) 発行日 平成27年11月4日(2015.11.4)

(24) 登録日 平成27年9月11日(2015.9.11)

| | | | | | |
|--------------|-------|-----------|---------|-------|---|
| (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 | Z |
| B 6 O L | 11/18 | (2006.01) | B 6 O L | 11/18 | G |

請求項の数 8 (全 20 頁)

| | | | |
|---------------|------------------------------|-----------|----------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2014-526944 (P2014-526944) | (73) 特許権者 | 000003997 |
| (86) (22) 出願日 | 平成25年7月23日 (2013.7.23) | | 日産自動車株式会社 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/JP2013/069938 | | 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 |
| (87) 国際公開番号 | W02014/017496 | (74) 代理人 | 100075513 |
| (87) 国際公開日 | 平成26年1月30日 (2014.1.30) | | 弁理士 後藤 政喜 |
| 審査請求日 | 平成27年1月21日 (2015.1.21) | (74) 代理人 | 100120260 |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2012-164626 (P2012-164626) | | 弁理士 飯田 雅昭 |
| (32) 優先日 | 平成24年7月25日 (2012.7.25) | (74) 代理人 | 100148231 |
| (33) 優先権主張国 | 日本国(JP) | | 弁理士 村瀬 謙治 |
| | | (72) 発明者 | 各務 文雄 |
| | | | 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 |
| | | 審査官 | 久保田 創 |

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】

アノードガス及びカソードガスを燃料電池に供給して発電させる燃料電池システムであって、

前記燃料電池システムの運転状態に応じて、前記燃料電池からの電流取り出しを停止するアイドルストップ部と、

前記燃料電池システムの運転状態に応じて、前記燃料電池からの電流取り出しを再開するアイドルストップ復帰部と、

を備え、

前記アイドルストップ復帰部は、

アイドルストップからの復帰前の前記燃料電池の出力電圧が高いときほど、アイドルストップ復帰後に前記燃料電池から取り出す電流を制限する、

燃料電池システム。

【請求項2】

前記アイドルストップ復帰部は、

アイドルストップからの復帰前の前記燃料電池の出力電圧が高いときほど、前記燃料電池から取り出す電流を小さくする、

請求項1に記載の燃料電池システム。

【請求項3】

前記アイドルストップ復帰部は、

アイドルストップからの復帰前の前記燃料電池の出力電圧が高いときほど、前記燃料電池から取り出す電流が小さくなるように設定された電流取り出しプロファイルに従って、前記燃料電池から取り出す電流を制限する、請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 4】

前記アイドルストップ復帰部は、

前記燃料電池の出力電圧が、前記燃料電池の電力によって駆動される車両走行用モータの最低動作電圧を下回らないように、前記燃料電池から取り出す電流を制限する、請求項 1 から請求項 3 までのいずれか 1 つに記載の燃料電池システム。

【請求項 5】

前記アイドルストップ復帰部は、

アイドルストップからの復帰前の前記燃料電池の出力電圧を、アイドルストップ中にカソードガスの供給を停止してからの経過時間に基づいて推定する、請求項 1 から請求項 4 までのいずれか 1 つに記載の燃料電池システム。

【請求項 6】

前記アイドルストップ復帰部は、

推定した前記燃料電池の出力電圧を、その燃料電池の温度に応じて補正する、請求項 5 に記載の燃料電池システム。

【請求項 7】

前記アイドルストップ復帰部は、

推定した前記燃料電池の出力電圧を、その燃料電池の湿潤度に応じて補正する、請求項 5 に記載の燃料電池システム。

【請求項 8】

前記燃料電池システムは、複数枚の燃料電池で構成された燃料電池スタックを備え、

前記アイドルストップ復帰部は、

前記燃料電池スタックを構成する燃料電池のうち、最も高い出力電圧を示す燃料電池の電圧に基づいて、前記燃料電池から取り出す電流を制限する、請求項 1 から請求項 7 までのいずれか 1 つ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】

J P 2 0 0 4 - 1 7 2 0 2 8 A には、従来の燃料電池システムとして、アイドルストップ中の燃料電池スタックの出力電圧を高電位に維持するものが開示されている。

【発明の概要】

【0003】

しかしながら、アイドルストップ中の燃料電池スタックの出力電圧を高電位に維持すると、アイドルストップからの復帰時に、過渡的に出力電圧が低下するという問題が生じることがわかった。

【0004】

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、アイドルストップからの復帰時における出力電圧の低下を抑制することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明のある態様によれば、アノードガス及びカソードガスを燃料電池に供給して発電させる燃料電池システムが提供される。燃料電池システムは、燃料電池システムの運転状態に応じて燃料電池からの電流取り出しを停止するアイドルストップ部と、燃料電池システムの運転状態に応じて燃料電池からの電流取り出しを再開するアイドルストップ復帰部

10

20

30

40

50

と、を備える。アイドルストップ復帰部は、アイドルストップからの復帰前の燃料電池の出力電圧に基づいて、アイドルストップ復帰後に燃料電池から取り出す電流を制限する。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】図1は、本発明の第1実施形態による燃料電池システムの概略図である。

【図2】図2は、アイドルストップ中における燃料電池スタック内のカソード側の酸素濃度と、セル電圧と、の関係を示した図である。

【図3】図3は、アイドルストップからの復帰時に燃料電池スタックから所定の電力を取り出したときの出力電圧の降下度合いを、復帰直前の燃料電池スタックの出力電圧に依りて比較した図である。

10

【図4】図4は、本発明の第1実施形態によるアイドルストップ制御について説明するフローチャートである。

【図5】図5は、本発明の第1実施形態によるIS処理について説明するフローチャートである。

【図6】図6は、本発明の第1実施形態によるIS復帰処理について説明するフローチャートである。

【図7】図7は、燃料電池スタックの出力電圧に基づいて、最大取出可能電流を算出するテーブルである。

【図8】図8は、本発明の第2実施形態によるIS復帰処理について説明するフローチャートである。

20

【図9】図9は、アイドルストップからの復帰後の過渡時における電流取り出しプロファイルを示す図である。

【図10】図10は、本発明の第3実施形態によるIS処理について説明するフローチャートである。

【図11】図11は、本発明の第3実施形態によるIS復帰処理について説明するフローチャートである。

【図12】図12は、IS時間に基づいて、燃料電池スタックの出力電圧を推定するテーブルである。

【図13】図13は、燃料電池の電解質膜の温度と、アイドルストップ中の出力電圧の降下速度と、の関係を示した図である。

30

【図14】図14は、本発明の第4実施形態によるIS復帰処理について説明するフローチャートである。

【図15】図15は、燃料電池の電解質膜の含水率と、アイドルストップ中の出力電圧の降下速度と、の関係を示した図である。

【図16】図16は、本発明の第5実施形態によるIS復帰処理について説明するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、図面等を参照して本発明の各実施形態について説明する。

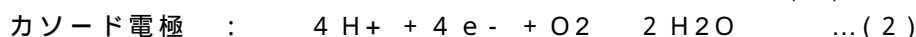
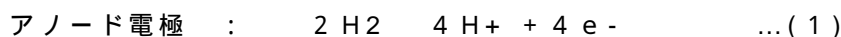
【0008】

40

(第1実施形態)

燃料電池は電解質膜をアノード電極(燃料極)とカソード電極(酸化剤極)とによって挟み、アノード電極に水素を含有するアノードガス(燃料ガス)、カソード電極に酸素を含有するカソードガス(酸化剤ガス)を供給することによって発電する。アノード電極及びカソード電極の両電極において進行する電極反応は以下の通りである。

【0009】



【0010】

この(1)(2)の電極反応によって燃料電池は1ボルト程度の起電力を生じる。

50

【 0 0 1 1 】

このような燃料電池を自動車用動力源として使用する場合には、要求される電力が大きいため、数百枚の燃料電池を積層した燃料電池スタックとして使用する。そして、燃料電池スタックにアノードガス及びカソードガスを供給する燃料電池システムを構成して、車両駆動用の電力を取り出す。

【 0 0 1 2 】

図 1 は、本実施形態による燃料電池システム 1 0 0 の概略図である。

【 0 0 1 3 】

燃料電池システム 1 0 0 は、燃料電池スタック 1 と、アノードガス給排装置 2 と、カソードガス給排装置 3 と、スタック冷却装置 4 と、電力系 5 と、コントローラ 6 と、を備える。

10

【 0 0 1 4 】

燃料電池スタック 1 は、数百枚の燃料電池を積層したものであり、アノードガス及びカソードガスの供給を受けて、車両の駆動に必要な電力を発電する。燃料電池スタック 1 は、電力を取り出す端子として、アノード電極側出力端子 1 1 と、カソード電極側出力端子 1 2 と、を備える。

【 0 0 1 5 】

アノードガス給排装置 2 は、高圧タンク 2 1 と、アノードガス供給通路 2 2 と、アノード調圧弁 2 3 と、アノードガス排出通路 2 4 と、アノードガス還流通路 2 5 と、リサイクルコンプレッサ 2 6 と、排出弁 2 7 と、を備える。

20

【 0 0 1 6 】

高圧タンク 2 1 は、燃料電池スタック 1 に供給するアノードガスを高圧状態に保って貯蔵する。

【 0 0 1 7 】

アノードガス供給通路 2 2 は、燃料電池スタック 1 に供給するアノードガスが流れる通路であって、一端が高圧タンク 2 1 に接続され、他端が燃料電池スタック 1 のアノードガス入口孔に接続される。

【 0 0 1 8 】

アノード調圧弁 2 3 は、アノードガス供給通路 2 2 に設けられる。アノード調圧弁 2 3 は、コントローラ 6 によって開閉制御され、高圧タンク 2 1 からアノードガス供給通路 2 2 に流れ出したアノードガスの圧力を所望の圧力に調節する。

30

【 0 0 1 9 】

アノードガス排出通路 2 4 は、燃料電池スタック 1 から排出されたアノードオフガスが流れる通路であって、一端が燃料電池スタック 1 のアノードガス出口孔に接続され、他端が開口端となっている。アノードオフガスは、電極反応で使用されなかった余剰のアノードガスと、カソード側からリークしてきた窒素などの不活性ガスと、の混合ガスである。

【 0 0 2 0 】

アノードガス還流通路 2 5 は、アノードガス排出通路 2 4 に排出されたアノードオフガスを、アノードガス供給通路 2 2 に戻すための通路である。アノードガス還流通路 2 5 は、一端が排出弁 2 7 よりも上流側のアノードガス排出通路 2 4 に接続され、他端がアノード調圧弁 2 3 よりも下流側のアノードガス供給通路 2 2 に接続される。

40

【 0 0 2 1 】

リサイクルコンプレッサ 2 6 は、アノードガス還流通路 2 5 に設けられる。リサイクルコンプレッサ 2 6 は、アノードガス排出通路 2 4 に排出されたアノードオフガスを、アノードガス供給通路 2 2 に戻す。

【 0 0 2 2 】

排出弁 2 7 は、アノードガス排出通路 2 4 とアノードガス還流通路 2 5 との接続部よりも下流側のアノードガス排出通路 2 4 に設けられる。排出弁 2 7 は、コントローラ 6 によって開閉制御され、アノードオフガスや凝縮水を燃料電池システム 1 0 0 の外部へ排出す

50

る。

【 0 0 2 3 】

カソードガス給排装置 3 は、カソードガス供給通路 3 1 と、カソードガス排出通路 3 2 と、フィルタ 3 3 と、カソードコンプレッサ 3 4 と、エアフローセンサ 3 5 と、水分回収装置 (Water Recovery Device ; 以下「WRD」という。) 3 6 と、カソード調圧弁 3 7 と、を備える。

【 0 0 2 4 】

カソードガス供給通路 3 1 は、燃料電池スタック 1 に供給するカソードガスが流れる通路である。カソードガス供給通路 3 1 は、一端がフィルタ 3 3 に接続され、他端が燃料電池スタック 1 のカソードガス入口孔に接続される。

10

【 0 0 2 5 】

カソードガス排出通路 3 2 は、燃料電池スタック 1 から排出されるカソードオフガスが流れる通路である。カソードガス排出通路 3 2 は、一端が燃料電池スタック 1 のカソードガス出口孔に接続され、他端が開口端となっている。カソードオフガスは、カソードガスと、電極反応によって生じた水蒸気と、の混合ガスである。

【 0 0 2 6 】

フィルタ 3 3 は、カソードガス供給通路 3 1 に取り込むカソードガス中の異物を取り除く。

【 0 0 2 7 】

カソードコンプレッサ 3 4 は、カソードガス供給通路 3 1 に設けられる。カソードコンプレッサ 3 4 は、フィルタ 3 3 を介してカソードガスとしての空気 (外気) をカソードガス供給通路 3 1 に取り込み、燃料電池スタック 1 に供給する。

20

【 0 0 2 8 】

エアフローセンサ 3 5 は、カソードコンプレッサ 3 4 よりも下流のカソードガス供給通路 3 1 に設けられる。エアフローセンサ 3 5 は、カソードガス供給通路 3 1 を流れるカソードガスの流量を検出する。

【 0 0 2 9 】

WRD 3 6 は、カソードガス供給通路 3 1 及びカソードガス排出通路 3 2 のそれぞれに接続されて、カソードガス排出通路 3 2 を流れるカソードオフガス中の水分を回収し、その回収した水分でカソードガス供給通路 3 1 を流れるカソードガスを加湿する。

30

【 0 0 3 0 】

カソード調圧弁 3 7 は、WRD 3 6 よりも下流のカソードガス排出通路 3 2 に設けられる。カソード調圧弁 3 7 は、コントローラ 5 によって開閉制御され、燃料電池スタック 1 に供給されるカソードガスの圧力を所望の圧力に調節する。

【 0 0 3 1 】

スタック冷却装置 4 は、燃料電池スタック 1 を冷却し、燃料電池スタック 1 を発電に適した温度に保つ装置である。スタック冷却装置 4 は、冷却水循環通路 4 1 と、ラジエータ 4 2 と、バイパス通路 4 3 と、三方弁 4 4 と、循環ポンプ 4 5 と、入口水温センサ 4 6 と、出口水温センサ 4 7 と、を備える。

【 0 0 3 2 】

冷却水循環通路 4 1 は、燃料電池スタック 1 を冷却するための冷却水が循環する通路である。

40

【 0 0 3 3 】

ラジエータ 4 2 は、冷却水循環通路 4 1 に設けられる。ラジエータ 4 2 は、燃料電池スタック 1 から排出された冷却水を冷却する。

【 0 0 3 4 】

バイパス通路 4 3 は、ラジエータ 4 2 をバイパスさせて冷却水を循環させることができるように、一端が冷却水循環通路 4 1 に接続され、他端が三方弁 4 4 に接続される。

【 0 0 3 5 】

三方弁 4 4 は、ラジエータ 4 2 よりも下流側の冷却水循環通路 4 1 に設けられる。三方

50

弁 4 4 は、冷却水の温度に応じて冷却水の循環経路を切り替える。具体的には、冷却水の温度が相対的に高いときは、燃料電池スタック 1 から排出された冷却水が、ラジエータ 4 2 を介して再び燃料電池スタック 1 に供給されるように冷却水の循環経路を切り替える。逆に、冷却水の温度が相対的に低いときは、燃料電池スタック 1 から排出された冷却水から排出された冷却水が、ラジエータ 4 2 を介さずにバイパス通路 4 3 を流れて再び燃料電池スタック 1 に供給されるように冷却水の循環経路を切り替える。

【 0 0 3 6 】

循環ポンプ 4 5 は、三方弁 4 4 よりも下流側の冷却水循環通路 4 1 に設けられて、冷却水を循環させる。

【 0 0 3 7 】

入口水温センサ 4 6 は、燃料電池スタック 1 の冷却水入口孔近傍の冷却水循環通路 4 1 に設けられる。入口水温センサ 4 7 は、燃料電池スタック 1 に流入する冷却水の温度（以下「入口水温」という。）を検出する。

【 0 0 3 8 】

出口水温センサ 4 7 は、燃料電池スタック 1 の冷却水出口孔近傍の冷却水循環通路 4 1 に設けられる。出口水温センサ 4 7 は、燃料電池スタック 1 から排出された冷却水の温度（以下「出口水温」という。）を検出する。

【 0 0 3 9 】

電力系 5 は、電流センサ 5 1 と、電圧センサ 5 2 と、駆動モータ 5 3 と、インバータ 5 4 と、バッテリー 5 5 と、DC / DC コンバータ 5 6 と、ジャンクションボックス 5 7 と、

【 0 0 4 0 】

電流センサ 5 1 は、燃料電池スタック 1 から取り出される電流（以下「出力電流」という。）を検出する。

【 0 0 4 1 】

電圧センサ 5 2 は、アノード電極側出力端子 1 1 とカソード電極側出力端子 1 2 の間の端子間電圧（以下「出力電圧」という。）を検出する。

【 0 0 4 2 】

駆動モータ 5 3 は、ロータに永久磁石を埋設し、ステータにステータコイルを巻き付けた三相交流同期モータである。駆動モータ 5 3 は、燃料電池スタック 1 及びバッテリー 5 5 から電力の供給を受けて回転駆動する電動機としての機能と、ロータが外力によって回転させられる車両の減速時にステータコイルの両端に起電力を生じさせる発電機としての機能と、を有する。

【 0 0 4 3 】

インバータ 5 4 は、例えば I G B T (Insulated Gate Bipolar Transistor) などの複数の半導体スイッチから構成される。インバータ 5 4 の半導体スイッチは、コントローラ 6 によって開閉制御され、これにより直流電力が交流電力に、又は、交流電力が直流電力に変換される。インバータ 5 4 は、駆動モータ 5 3 を電動機として機能させるときは、燃料電池スタック 1 の発電電力とバッテリー 5 5 の出力電力との合成直流電力を三相交流電力に変換して駆動モータ 5 3 に供給する。一方で、駆動モータ 5 3 を発電機として機能させるときは、駆動モータ 5 3 の回生電力（三相交流電力）を直流電力に変換してバッテリー 5 5 に供給する。

【 0 0 4 4 】

バッテリー 5 5 は、燃料電池スタック 1 の発電電力（出力電流 × 出力電圧）の余剰分及び駆動モータ 5 3 の回生電力を充電する。バッテリー 5 5 に充電された電力は、必要に応じてリサイクルコンプレッサ 2 6 やカソードコンプレッサ 3 4 などの補機類及び駆動モータ 5 3 に供給される。

【 0 0 4 5 】

DC / DC コンバータ 5 6 は、燃料電池スタック 1 の出力電圧を昇降圧させる双方向性の電圧変換機である。DC / DC コンバータ 5 6 によって燃料電池スタック 1 の出力電圧

10

20

30

40

50

を制御することで、燃料電池スタック 1 の出力電流、ひいては発電電力が制御される。

【 0 0 4 6 】

ジャンクションボックス 5 7 は、コントローラ 6 によって開閉制御されるスイッチ 5 7 1 を内部に備える。このスイッチ 5 7 1 を接続することで、燃料電池スタック 1 の出力電流、ひいては発電電力の取り出しが可能となる。

【 0 0 4 7 】

コントローラ 6 は、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。コントローラ 6 には、前述したエアフローセンサ 3 5 や入口水温センサ 4 6、出口水温センサ 4 7、電流センサ 5 1、電圧センサ 5 2 の他にも、アクセルペダルの踏み込み量 (以下「アクセル操作量」) を検出するアクセルストロークセンサ 6 1 などの燃料電池システム 1 0 0 を制御するために必要な各種センサからの信号が入力される。

10

【 0 0 4 8 】

コントローラ 6 は、これら各種センサの検出信号に基づいて、駆動モータ 5 3 及び補機類など、燃料電池システム 1 0 0 を運転するために必要な電力 (以下「システム要求電力」という。) を算出する。

【 0 0 4 9 】

コントローラ 6 は、燃料電池スタック 1 の発電効率が低下する低負荷領域、すなわち、システム要求電力が所定値以下の領域において、燃料電池スタック 1 へのカソードガスの供給を停止すると共に燃料電池スタック 1 からの電力取り出しを禁止し、バッテリー 5 5 の電力によって駆動モータ 5 3 及び補機類を駆動するアイドルストップを実施する。そして、コントローラ 6 は、アイドルストップ中に例えばアクセルペダルが踏み込まれ、システム要求電力が所定値よりも大きくなると、燃料電池スタック 1 からの電力取り出しを再開し、アイドルストップから復帰させる。

20

【 0 0 5 0 】

ここで、アイドルストップからの復帰時において、燃料電池スタック 1 内の酸素不足に起因する発電遅れ (過渡性能の悪化) を抑制するために、カソードガスの応答遅れ (カソードコンプレッサ 3 4 を駆動してから燃料電池スタック 1 内の酸素濃度が上昇するまでの遅れ) を考慮し、アイドルストップ中において、燃料電池スタック 1 内のカソード側の酸素濃度を所定濃度以上に維持する方法がある。これは、アイドルストップ中における燃料電池スタック 1 の出力電圧と、燃料電池スタック 1 内のカソード側の酸素濃度と、に相関関係があることに着目し、アイドルストップ中における燃料電池スタック 1 の出力電圧を所定電圧以上に維持するものである。

30

【 0 0 5 1 】

図 2 は、アイドルストップ中における燃料電池スタック 1 内のカソード側の酸素濃度と、燃料電池スタック 1 を構成する各燃料電池の電圧 (以下「セル電圧」という。) と、の関係を示した図である。

【 0 0 5 2 】

アイドルストップが実施されると、燃料電池スタック 1 からの電力取り出しが禁止されるので、セル電圧は一時的に開放端電圧 (Open Circuit Voltage) (0.95 [V] 程度) まで上昇する。そして、アイドルストップ中は、燃料電池スタック 1 へのカソードガスの供給が停止されると共に、アノード側からカソード側へと電解質膜を介して透過してきたアノードガスが、カソード側に残存するカソードガスと反応する。その結果、カソード側の酸素濃度が徐々に低下し、それに伴ってセル電圧が開放端電圧から徐々に低下していく。

40

【 0 0 5 3 】

ここで、図 2 に示すように、燃料電池スタック 1 内のカソード側の酸素濃度が 1 % であっても、セル電圧は 0.9 [V] を超えている。そのため、燃料電池スタック 1 内のカソード側の酸素濃度を所定濃度以上に維持しようとする、アイドルストップ中において、

50

セル電圧を開放端電圧に近い高電位に維持する必要がある。

【 0 0 5 4 】

しかしながら、セル電圧を開放端電圧に近い高電位に維持すると、各燃料電池の電極中の白金が溶解し、各燃料電池が劣化することが知られている。セル電圧を、このような白金の溶解を抑制可能な電圧（約 0 . 8 5 [V]）まで下げようとする、燃料電池スタック 1 内のカソード側の酸素濃度が 1 % 未満となって、アイドルストップからの復帰時における発電遅れ抑制の効果はほとんど見込めなくなる。

【 0 0 5 5 】

そして、発明者らの鋭意研究の結果、セル電圧を、このような白金の溶解を抑制可能な電圧（約 0 . 8 5 [V]）にしていたとしても、セル電圧が所定電圧（例えば 0 . 7 [V]）以上の状態が続くと、各燃料電池の電極中に含まれる白金触媒の表面が酸化被膜に覆われて各燃料電池の I V 特性（電流電圧特性）が低下し、アイドルストップからの復帰時において、燃料電池スタック 1 の出力電圧が過渡的に低下することがさらにわかった。以下、この問題点について図 3 を参照して説明する。

10

【 0 0 5 6 】

図 3 は、アイドルストップからの復帰時に燃料電池スタック 1 から所定の電力を取り出したときの出力電圧の降下度合いを、復帰直前の燃料電池スタック 1 の出力電圧に応じて比較した図である。

【 0 0 5 7 】

図 3 に示すように、アイドルストップからの復帰直前の燃料電池スタック 1 の出力電圧が高いときほど、アイドルストップから復帰時において、過渡的に燃料電池スタック 1 の出力電圧が低下していることが分かる。

20

【 0 0 5 8 】

これは、各燃料電池の出力電圧が所定電圧（例えば 0 . 7 [V]）以上の状態が続くと、各燃料電池の電極中に含まれる白金触媒の表面が酸化被膜に覆われて各セルの I V 特性（電流電圧特性）が低下し、その所定電圧以下の状態が続くと、徐々に酸化被膜が除去されて各燃料電池の I V 特性が回復するためと考えられる。

【 0 0 5 9 】

このように、アイドルストップからの復帰時に燃料電池スタック 1 から電力を取り出したときの出力電圧の降下度合いが大きくなると、アイドルストップからの復帰時において、過渡的に燃料電池スタック 1 の出力電圧が駆動モータ 5 3 の最低動作電圧を下回るおそれがある。そうすると、駆動モータ 5 3 を駆動することができなくなるので、運転性の悪化やシステムフェールにつながる。

30

【 0 0 6 0 】

そこで本実施形態では、アイドルストップ中は基本的に各燃料電池の出力電圧を高電位に維持せずに、アイドルストップからの復帰直前のスタック出力電圧に基づいて、燃料電池スタック 1 から取り出す電力を制限することとした。以下、この本実施形態によるアイドルストップ制御について説明する。

【 0 0 6 1 】

図 4 は、本実施形態によるアイドルストップ制御について説明するフローチャートである。コントローラ 6 は、このルーチンを所定の演算周期（例えば 1 0 [m s]）で実施する。

40

【 0 0 6 2 】

ステップ S 1 において、コントローラ 6 は、前述した各種センサの検出値を読み込む。

【 0 0 6 3 】

ステップ S 2 において、コントローラ 6 は、アクセル操作量に基づいて、駆動モータ 5 3 を駆動するために必要な電力（以下「モータ要求電力」という。）を算出する。

【 0 0 6 4 】

ステップ S 3 において、コントローラ 6 は、駆動されている補機類の消費電力（以下「補機消費電力」という。）を算出する。

50

【 0 0 6 5 】

ステップ S 4 において、コントローラ 6 は、モータ要求電力に補機消費電力を加算して、システム要求電力を算出する。

【 0 0 6 6 】

ステップ S 5 において、コントローラ 6 は、アイドルストップ復帰フラグ（以下「IS 復帰フラグ」という。）が 1 に設定されているか否かを判定する。IS 復帰フラグは、アイドルストップからの復帰時に 1 に設定されるフラグであり、初期値は 0 に設定される。コントローラ 6 は、IS 復帰フラグが 0 に設定されていればステップ S 6 の処理を行い、1 に設定されていればステップ S 1 3 の処理を行う。

【 0 0 6 7 】

ステップ S 6 において、コントローラ 6 は、アイドルストップ実施フラグ（以下「IS 実施フラグ」という。）が 1 に設定されているか否かを判定する。IS 実施フラグは、アイドルストップの実施中に 1 に設定されるフラグであり、初期値は 0 に設定される。コントローラ 6 は、IS 実施フラグが 0 に設定されていればステップ S 7 の処理を行い、1 に設定されていればステップ S 1 1 の処理を行う。

【 0 0 6 8 】

ステップ S 7 において、コントローラ 6 は、システム要求電力がアイドルストップ実施電力（以下「IS 実施電力」という。）以下か否かを判定する。コントローラ 6 は、システム要求電力が IS 実施電力よりも大きければアイドルストップを実施せずにステップ S 8 の処理を行う。一方で、要求出力が IS 実施電力以下のときは、燃料電池スタック 1 の発電効率が低下するため、アイドルストップを実施すべくステップ S 9 の処理を行う。

【 0 0 6 9 】

ステップ S 8 において、コントローラ 6 は、予め実験等で求めておいた燃料電池スタック 1 の I V 特性に基づいて、燃料電池スタック 1 の発電電力がシステム要求電力となるように、燃料電池スタック 1 の出力電圧を DC / DC コンバータで制御する。

【 0 0 7 0 】

ステップ S 9 において、コントローラ 6 は、IS 実施フラグを 1 に設定する。

【 0 0 7 1 】

ステップ S 1 0 において、コントローラ 6 は、アイドルストップ処理（以下「IS 処理」という。）を実施する。IS 処理の詳細については、図 5 を参照して説明する。

【 0 0 7 2 】

ステップ S 1 1 において、コントローラ 6 は、システム要求電力が IS 実施電力よりも大きくなったか否かを判定する。コントローラ 6 は、システム要求電力が IS 実施電力以下であれば、アイドルストップを継続すべくステップ S 1 0 の処理を行う。一方で、システム要求電力が IS 実施電力よりも大きければ、アイドルストップから復帰すべくステップ S 1 2 の処理を行う。

【 0 0 7 3 】

ステップ S 1 2 において、コントローラ 6 は、IS 実施フラグを 0 に設定する。

【 0 0 7 4 】

ステップ S 1 3 において、コントローラ 6 は、アイドルストップ復帰処理（以下「IS 復帰処理」という。）を実施する。IS 復帰処理の詳細については、図 6 を参照して説明する。

【 0 0 7 5 】

図 5 は、IS 処理について説明するフローチャートである。

【 0 0 7 6 】

ステップ S 1 0 1 において、コントローラ 6 は、ジャンクションボックス 5 7 のスイッチ 5 7 1 を開き、燃料電池スタック 1 からの電力取り出しを禁止する。

【 0 0 7 7 】

ステップ S 1 0 2 において、コントローラ 6 は、アイドルストップ中にアノード側からカソード側へと透過していくアノードガス量と同量のアノードガスがアノード側に供給さ

10

20

30

40

50

れるように、アノード調圧弁 23 の開度及びリサイクルコンプレッサ 26 の回転速度を、予め実験等で定められた所定の開度及び回転速度に制御する。

【0078】

ステップ S 103 において、コントローラ 6 は、カソードコンプレッサ 34 を停止する。

【0079】

ステップ S 104 において、コントローラ 6 は、バッテリー 55 の電力で駆動モータ 53 及び補機類を駆動する。

【0080】

図 6 は、IS 復帰処理について説明するフローチャートである。

10

【0081】

ステップ S 131 において、コントローラ 6 は、IS 復帰フラグが 1 に設定されているか否かを判定する。コントローラ 6 は、IS 復帰フラグが 0 に設定されていればステップ S 132 の処理を行い、1 に設定されていればステップ S 138 の処理を行う。

【0082】

ステップ S 132 において、コントローラ 6 は、図 7 のテーブルを参照し、アイドルストップからの復帰直前に検出した燃料電池スタック 1 の出力電圧に基づいて、アイドルストップからの復帰時に燃料電池スタック 1 から取り出すことができる電流の上限値（以下「最大取出可能電流」という。）を算出する。

【0083】

20

ステップ S 133 において、コントローラ 6 は、最大取出可能電流に基づいて、アイドルストップからの復帰時に燃料電池スタック 1 から取り出すことができる電力の上限値（以下「制限電力」という。）を算出する。

【0084】

ステップ S 134 において、コントローラ 6 は、システム要求電力が制限電力よりも大きいか否かを判定する。コントローラ 6 は、システム要求電力が制限電力以下であればステップ S 135 の処理を行う。一方で、システム要求電力が制限電力よりも大きければステップ S 136 の処理を行う。

【0085】

ステップ S 135 において、コントローラ 6 は、予め実験等で求めておいた燃料電池スタック 1 の IV 特性に基づいて、燃料電池スタック 1 の発電電力がシステム要求電力となるように、燃料電池スタック 1 の出力電圧を DC / DC コンバータで制御する。

30

【0086】

ステップ S 136 において、コントローラ 6 は、予め実験等で求めておいた燃料電池スタック 1 の IV 特性に基づいて、燃料電池スタック 1 の発電電力が制限電力となるように、燃料電池スタック 1 の出力電圧を DC / DC コンバータで制御する。これにより、燃料電池スタック 1 の出力電流が最大取出可能電流に制限されることになる。

【0087】

ステップ S 137 において、コントローラ 6 は、IS 復帰フラグを 1 に設定する。

【0088】

40

ステップ S 138 において、コントローラ 6 は、IS 復帰フラグが 1 に設定されてからの経過時間、すなわちアイドルストップから復帰してからの経過時間（以下「IS 復帰後経過時間」という。）を算出する。

【0089】

ステップ S 139 において、コントローラ 6 は、IS 復帰後経過時間が所定値以上になったか否かを判定する。この所定値は、アイドルストップからの復帰時において、過渡的に出力電圧が低下した後、その出力電圧が定常状態に戻るまでの時間であり、予め実験等によって定められた値である。コントローラ 6 は、IS 復帰後経過時間が所定値未満であれば、今回の処理を終了する。一方で、IS 復帰後経過時間が所定値以上であれば、ステップ S 140 の処理を行う。

50

【0090】

ステップS140において、コントローラ6は、燃料電池スタック1の発電電力の制限を解除する。

【0091】

ステップS141において、コントローラ6は、IS復帰後経過時間を0にリセットする。

【0092】

ステップS142において、コントローラ6は、IS復帰フラグを0に設定する。

【0093】

以上説明した本実施形態によれば、アイドルストップからの復帰前の燃料電池スタック1の出力電圧に基づいて、アイドルストップ復帰後に燃料電池スタック1から取り出す電流を制限することとした。具体的には、燃料電池スタック1から取り出す電力の上限を設定することとで、燃料電池スタック1から取り出す電流を制限することとした。

10

【0094】

これにより、アイドルストップからの復帰時における出力電圧の低下を抑制することができる。

【0095】

また、アイドルストップからの復帰時において、過渡的に燃料電池スタック1の出力電圧が駆動モータ53の最低動作電圧を下回るのを防止できるので、運転性の悪化やシステムフェールが起きるのを防止できる。また、アイドルストップ中にセル電圧を高電位に維持することなく白金触媒の酸化被膜が除去される低電位まで低下させるので、アイドルストップ中に白金触媒が溶解するのを抑制できると共に、アイドルストップからの復帰後においても白金触媒が酸化被膜に覆われていることによる一時的なIV性能の低下を抑制できる。その結果、アイドルストップから復帰した後の出力性能の低下を抑制することができる。

20

【0096】

(第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態について説明する。本実施形態は、アイドルストップからの復帰前に検出した燃料電池スタック1の出力電圧に基づいて、アイドルストップからの復帰後の過渡時における電流取り出しプロファイルを決する点で第1実施形態と相違する。以下、その相違点を中心に説明する。なお、以下の各実施形態では上述した第1実施形態と同様の機能を果たす部分には、同一の符号を用いて重複する説明を適宜省略する。

30

【0097】

図8は、本実施形態によるIS復帰処理について説明するフローチャートである。

【0098】

ステップS231において、コントローラ6は、アイドルストップからの復帰直前に検出した燃料電池スタック1の出力電圧に基づいて、図9に示すようにアイドルストップからの復帰後の過渡時における電流取り出しプロファイルを決する。

【0099】

電流取り出しプロファイルは、アイドルストップからの復帰直前に検出した燃料電池スタック1の出力電圧が高いときほど、アイドルストップからの復帰後の過渡時における出力電流が低くなるように設定される。また、電流取り出しプロファイルは、アイドルストップからの復帰後の過渡時における電解質膜の含水率(湿潤度)の変化やカソードガスの応答遅れを考慮して設定される。

40

【0100】

ステップS232において、コントローラ6は、決定した電流取り出しプロファイルを参照し、IS復帰後経過時間に基づいて、電力電池スタックの取り出し電流を決する。

【0101】

ステップS233において、コントローラ6は、ステップS232で決定した取り出し電流に基づいて燃料電池スタック1の目標発電電力を算出し、燃料電池スタック1の発電

50

電力がその目標発電電力となるように、燃料電池スタック 1 の出力電圧を DC / DC コンバータで制御する。

【 0 1 0 2 】

以上説明した本実施形態によれば、アイドルストップからの復帰前に検出した燃料電池スタック 1 の出力電圧に基づいて、アイドルストップからの復帰後の過渡時における電流取り出しプロファイルを設定することとした。

【 0 1 0 3 】

この電流取り出しプロファイルは、アイドルストップからの復帰前に検出した燃料電池スタック 1 の出力電圧が高いときほど、アイドルストップからの復帰後の過渡時における出力電流が低くなるように設定される。また、電流取り出しプロファイルは、アイドルストップからの復帰後の過渡時における電解質膜の湿潤状態（含水率）の変化やカソードガスの応答遅れを考慮して設定される。

【 0 1 0 4 】

したがって、アイドルストップからの復帰後の過渡時において、燃料電池スタック 1 の出力電圧が駆動モータ 5 3 の最低動作電圧を下回るのを防止できるとともに、過渡時の燃料電池スタック 1 の状態に応じた最適な電流取り出し量を決定することができる。

【 0 1 0 5 】

（第 3 実施形態）

次に、本発明の第 3 実施形態について説明する。本実施形態は、アイドルストップの継続時間（以下「IS 時間」という。）に基づいて、アイドルストップ中の燃料電池スタック 1 の出力電圧を推定する点で第 1 実施形態と相違する。以下、その相違点を中心に説明する。

【 0 1 0 6 】

アイドルストップ中は、アノード側からカソード側へと電解質膜を介してアノードガスが透過することによって、時間の経過と共に燃料電池スタック 1 の出力電圧が低下する。

【 0 1 0 7 】

そこで本実施形態では、予め実験等によってアイドルストップ時間と燃料電池スタック 1 の出力電圧との関係を求めておくことで、アイドルストップ時間に基づいて、アイドルストップからの復帰直前の燃料電池スタック 1 の出力電圧を推定することとした。

【 0 1 0 8 】

図 1 0 は、本実施形態による IS 処理について説明するフローチャートである。

【 0 1 0 9 】

ステップ S 3 0 1 において、コントローラ 6 は、IS 実施フラグが 1 に設定されてからの経過時間、すなわち IS 時間を算出する。

【 0 1 1 0 】

図 1 1 は、本実施形態による IS 復帰処理について説明するフローチャートである。

【 0 1 1 1 】

ステップ S 3 3 1 において、コントローラ 6 は、図 1 2 のテーブルを参照し、IS 時間に基づいて、アイドルストップからの復帰時における燃料電池スタック 1 の出力電圧を推定する。なお、図 1 2 のテーブルは、燃料電池の電解質膜の温度及び含水率をある一定の基準値に保持した状態でのアイドルストップ中における出力電圧の変化を示したものである。

【 0 1 1 2 】

ステップ S 3 3 2 において、コントローラ 6 は、前述した図 7 のテーブルを参照し、推定出力電圧に基づいて、最大取出可能電流を算出する。

【 0 1 1 3 】

ステップ S 3 3 3 において、コントローラ 6 は、IS 時間をゼロにリセットする。

【 0 1 1 4 】

以上説明した本実施形態によれば、アイドルストップからの復帰前の燃料電池スタック 1 の出力電圧を、アイドルストップ中にカソードガスの供給を停止してからの経過時間（

10

20

30

40

50

IS時間)に基づいて推定することとした。これにより、電圧センサ52を用いなくても、第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0115】

(第4実施形態)

次に、本発明の第4実施形態について説明する。本実施形態は、IS時間に基づいて算出した推定出力電圧を、燃料電池スタック1の冷却水温に応じて補正する点で第3実施形態と相違する。以下、その相違点を中心に説明する。

【0116】

アノード側からカソード側へと透過するアノードガス量は、各燃料電池の電解質膜の温度が高くなるほど多くなる。そのため、図13に示すように、各燃料電池の電解質膜の温度が高くなるほど、アイドルストップ中の出力電圧の降下速度が速くなる。

10

【0117】

そこで本実施形態では、電解質膜の温度を代表する燃料電池スタック1の冷却水温、具体的には入口水温と出口水温の平均温度(以下「入出口平均水温」という。)に基づいて、推定出力電圧を補正することとした。

【0118】

図14は、本実施形態によるIS復帰処理について説明するフローチャートである。

【0119】

ステップS431において、コントローラ6は、燃料電池スタック1の入出口平均水温に基づいて、推定出力電圧を補正する。具体的には、燃料電池スタック1の入出口平均水温が、図12のテーブルを作成するにあたって基準とした電解質膜の温度よりも高ければ、推定出力電圧が低くなる方向に補正し、基準温度よりも低ければ推定出力電圧が高くなる方向に補正する。

20

【0120】

ステップS432において、コントローラ6は、前述した図7のテーブルを参照し、補正した推定出力電圧に基づいて、最大取出可能電流を算出する。

【0121】

以上説明した本実施形態によれば、IS時間に基づいて推定出力電圧を、燃料電池スタック1の温度(入出口平均水温)に応じて補正することとした。これにより、第3実施形態と同様の効果が得られるほか、燃料電池スタック1の状態に応じて精度良くアイドルストップ中の出力電圧を推定することができる。

30

【0122】

(第5実施形態)

次に、本発明の第5実施形態について説明する。本実施形態は、IS時間に基づいて算出した推定出力電圧を、電解質膜の含水率(湿潤度)に応じて補正する点で第3実施形態と相違する。以下、その相違点を中心に説明する。

【0123】

アノード側からカソード側へと透過するアノードガス量は、各燃料電池の電解質膜の含水率が高くなるほど多くなる。そのため、図15に示すように、各燃料電池の電解質膜の含水率が高くなるほど、アイドルストップ中の出力電圧の降下速度が速くなる。

40

【0124】

そこで本実施形態では、電解質膜の含水率を代表する燃料電池スタック1の内部インピーダンスに基づいて、推定出力電圧を補正することとした。なお、燃料電池スタック1の内部インピーダンスは、電解質膜の含水率が高くなるほど低くなる。

【0125】

図16は、本実施形態によるIS復帰処理について説明するフローチャートである。

【0126】

ステップS531において、コントローラ6は、燃料電池スタック1の内部インピーダンスに基づいて、推定出力電圧を補正する。具体的には、燃料電池スタック1の内部インピーダンスが、図12のテーブルを作成するにあたって基準とした電解質膜の含水率に相

50

当する内部インピーダンスよりも低ければ、推定出力電圧が低くなる方向に補正し、基準内部インピーダンスよりも低ければ推定出力電圧が高くなる方向に補正する。

【0127】

なお、燃料電池スタック1の内部インピーダンスの検出方法としては、交流インピーダンス法などの公知のいかなる手段を採用してもよい。

【0128】

ステップS532において、コントローラ6は、前述した図7のテーブルを参照し、補正した推定出力電圧に基づいて、最大取出可能電流を算出する。

【0129】

以上説明した本実施形態によれば、IS時間に基づいて算出した推定出力電圧を、燃料電池スタック1の湿潤度（燃料電池の電解質膜の湿潤度）に応じて補正することとした。これにより、第3実施形態と同様の効果が得られるほか、燃料電池スタック1の状態に応じて精度良くアイドルストップ中の出力電圧を推定することができる。

【0130】

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。

【0131】

例えば上記の第1実施形態では燃料電池スタック1の出力電圧に基づいて最大取出可能電流を算出しているが、以下のようにして算出しても良い。

【0132】

アイドルストップ中は、アノード側からカソード側へと電解質膜を介してアノードガスが透過することによって、時間の経過と共に燃料電池スタック1の出力電圧が低下する。

【0133】

ここで、アノード側からカソード側へと透過するアノードガス量は、各燃料電池の電解質膜の厚さや温度、含水率に応じて変化するが、各燃料電池の電解質膜の厚さには、ある程度の製造バラつきがある。また、各燃料電池の電解質膜の温度や含水率も、場所に応じてある程度のバラつきが生じる。

【0134】

そこで、燃料電池スタック1の各燃料電池の電圧、又は、所定枚数の燃料電池群の電圧を検出し、その中で最も高いセル電圧、又は、セル群電圧に基づいて最大取出可能電流を算出しても良い。これにより、アイドルストップからの復帰時において、過渡的に燃料電池スタック1の出力電圧が駆動モータ53の最低動作電圧を下回るのをより確実に防止できる。

【0135】

また、上記の各実施形態において、アイドルストップ中に一時的にカソードコンプレッサ34を駆動しても良い。これは、カソードコンプレッサ34から燃料電池スタック1まではカソードガス供給通路やWRDなどのボリュームが存在するため、そのボリュームをカソードガスで置換するために行うものである。

【0136】

このように一時的にカソードコンプレッサ34を駆動すると、燃料電池スタック1の出力電圧は開放端電圧まで上昇するので、アイドルストップ時間に応じて出力電圧を推定する場合は、カソードコンプレッサ34を駆動した時点でアイドルストップ時間を0にリセットすれば良い。

【0137】

また、上記の各実施形態では、アイドルストップ中に一定量のアノードガスを供給していたが、カソードガスと共にアノードガスの供給も停止しても良い。

【0138】

また、上記の各実施形態では、アノードオフガスをアノードガス供給通路22に戻す循環式の構成としていたが、このようなシステムに限らず、アノードオフガスをアノードガ

10

20

30

40

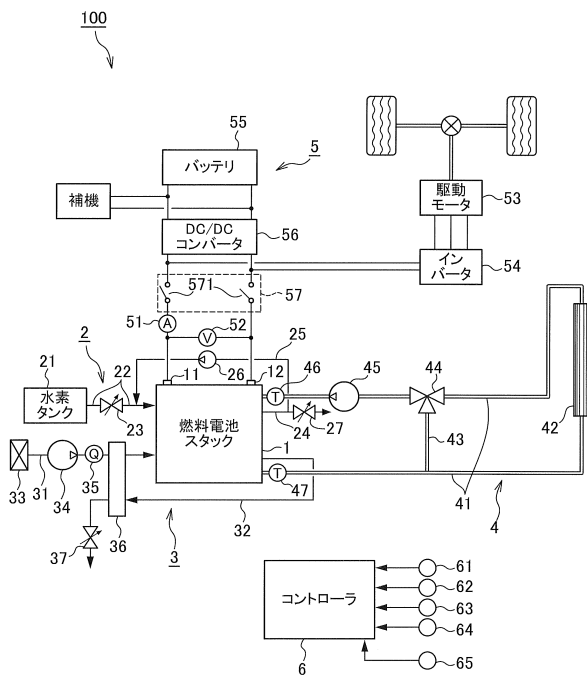
50

ス供給通路 22 に戻さないいわゆるデッドエンドシステムとしても良い。

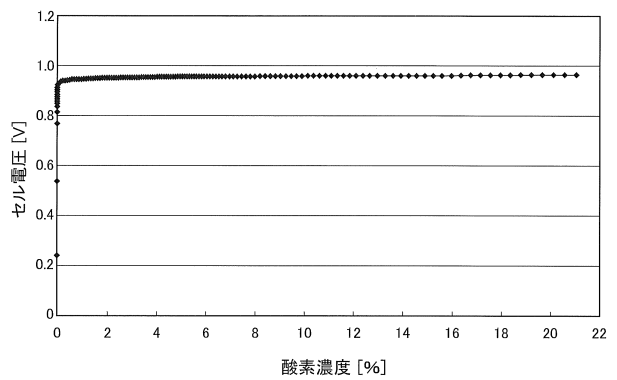
【 0 1 3 9 】

本願は、2012年7月25日に日本国特許庁に出願された特願2012-164626号に基づく優先権を主張し、この出願の全ての内容は参照により本明細書に組み込まれる。

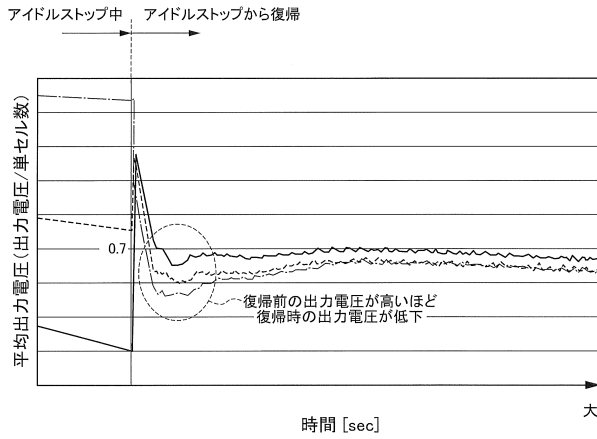
【 図 1 】



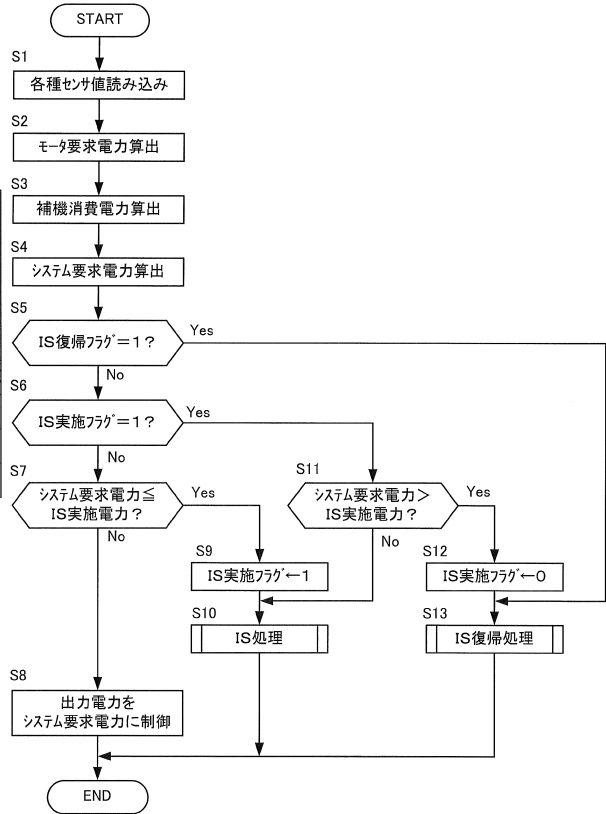
【 図 2 】



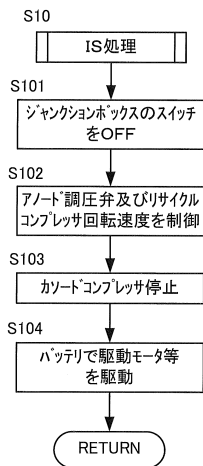
【図3】



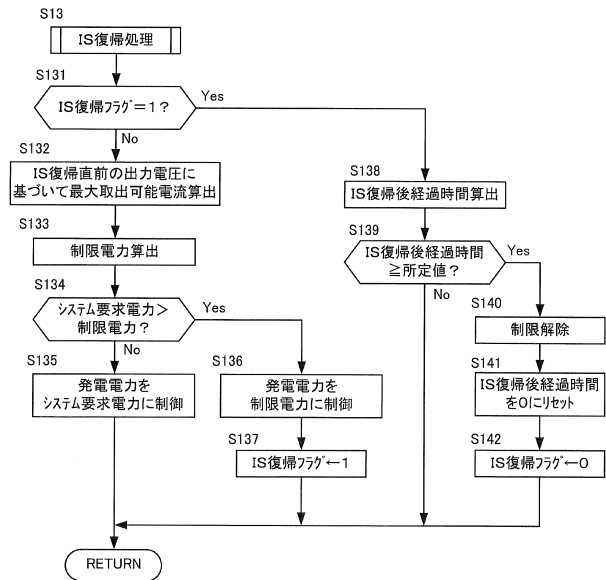
【図4】



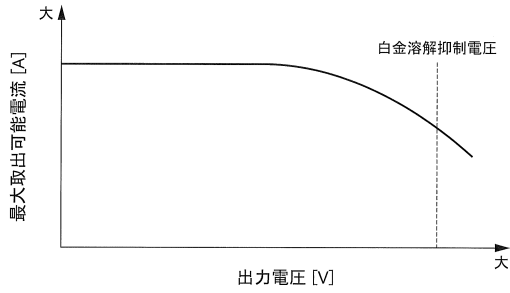
【図5】



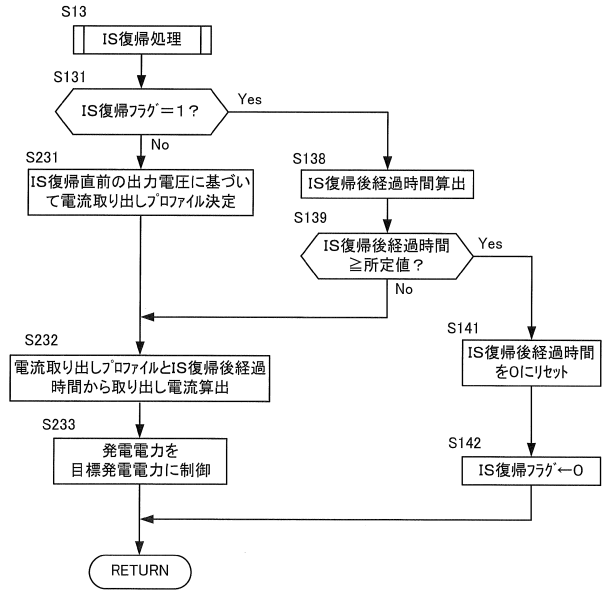
【図6】



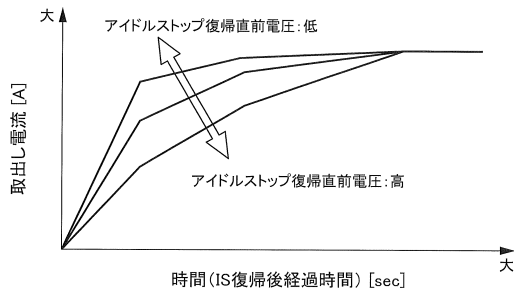
【図7】



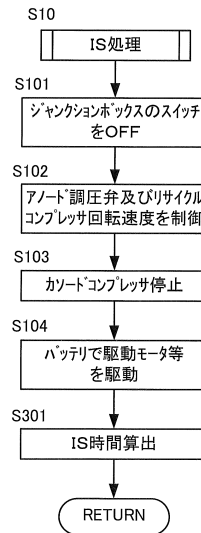
【図8】



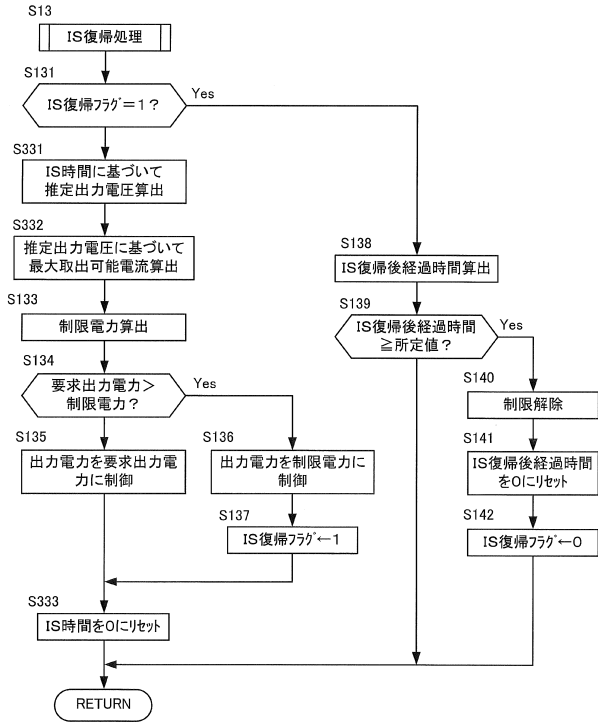
【図9】



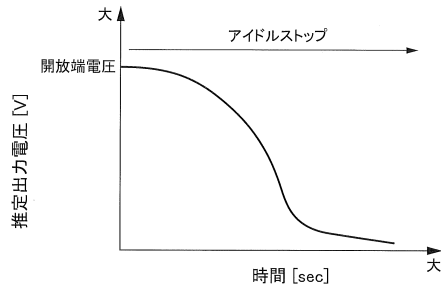
【図10】



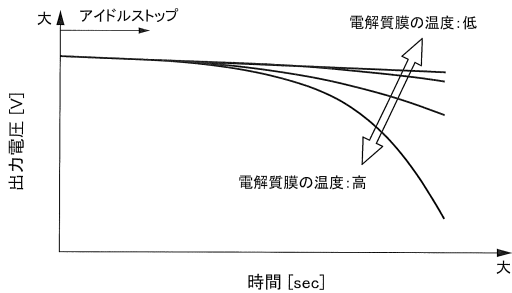
【図11】



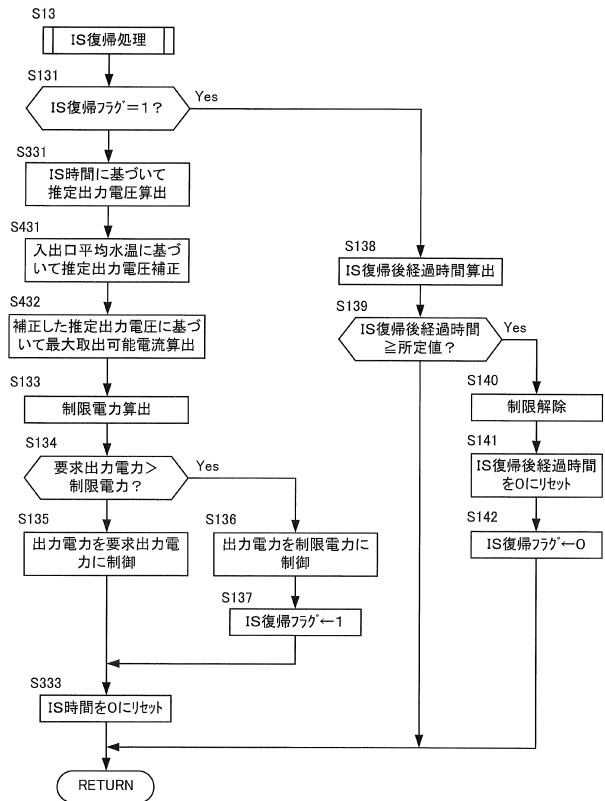
【図12】



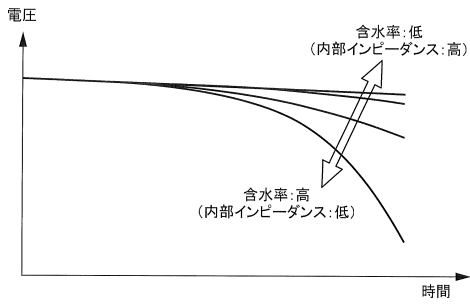
【図13】



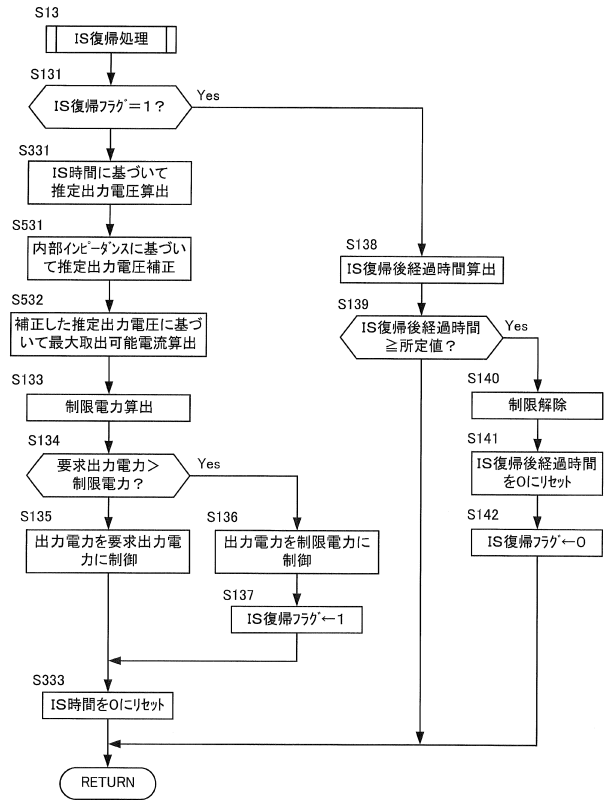
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-48486(JP,A)
特開2007-265653(JP,A)
特開2006-280108(JP,A)
特開2011-14322(JP,A)
特開2005-71797(JP,A)
特開2010-129245(JP,A)
米国特許出願公開第2006/0083965(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 8/00 - 8/24
B60L 11/18