

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4502985号
(P4502985)

(45) 発行日 平成22年7月14日 (2010. 7. 14)

(24) 登録日 平成22年4月30日 (2010. 4. 30)

(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	8/04	Z
HO 2 P	29/02	(2006. 01)	HO 1 M	8/00	A
			HO 1 M	8/00	Z
			HO 2 P	7/00	U

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2006-209479 (P2006-209479)	(73) 特許権者	591261509
(22) 出願日	平成18年8月1日 (2006. 8. 1)		株式会社エクス・リサーチ
(62) 分割の表示	特願2001-387565 (P2001-387565)		東京都千代田区外神田2丁目19番12号
	の分割	(74) 代理人	100147625
原出願日	平成13年12月20日 (2001. 12. 20)		弁理士 澤田 高志
(65) 公開番号	特開2006-310327 (P2006-310327A)	(73) 特許権者	000003207
(43) 公開日	平成18年11月9日 (2006. 11. 9)		トヨタ自動車株式会社
審査請求日	平成18年8月1日 (2006. 8. 1)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
		(74) 代理人	100147625
			弁理士 澤田 高志
		(74) 代理人	100095795
			弁理士 田下 明人
		(72) 発明者	加藤 憲二
			東京都千代田区外神田2丁目19番12号
			株式会社エクス・リサーチ内
			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】

モータ駆動回路に対しそれぞれ並列に接続された燃料電池およびコンデンサを備える燃料電池システムであって、

コンデンサの端子間電圧を検出し、該コンデンサの端子間電圧が所定の電圧値よりも高いとき、前記コンデンサの最大許容電圧値を超える危険性があると判断し、前記モータ駆動回路から前記コンデンサに流れ込む回生電流値を、前記コンデンサ内の電解質が分解しない範囲で前記コンデンサの端子間電圧に基づいて変動する電流値として設定される所定の電流値に、抑制する電流制御手段を備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項2】

前記電流制御手段は、半導体素子からなることを特徴とする請求項1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、モータ駆動回路に対しそれぞれ並列に接続された燃料電池およびコンデンサを備える燃料電池システムに関し、例えば電気自動車に好適な燃料電池システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、電気自動車等に用いられる燃料電池システムとして、燃料電池とコンデンサとを並列に接続して構成するものが提案されており、回生ブレーキにより制動時に発生する回生電力を当該コンデンサによって蓄電するとともに、加速時等の高負荷時に燃料電池から供給される電気エネルギーだけでは不足する分を当該コンデンサにより蓄電された電気エネルギーにより補うことを可能にしている。

【0003】

そして、このようなコンデンサには、通常、大容量の電気二重層コンデンサ等が用いられており、燃料電池あるいはモータ駆動回路に対して並列にスイッチ等を介して接続されている。

【0004】

【特許文献1】特開2001-325977号公報

【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、このように燃料電池あるいはモータ駆動回路に対して、大容量コンデンサを並列に接続すると、次に掲げるような問題が発生する。

【0006】

当該コンデンサには、燃料電池およびモータ駆動回路が並列に接続されていることから、燃料電池による余剰電力またはモータ駆動回路による回生電力が発生したときには、当該電気エネルギーをコンデンサに供給し得るが、そのような場合、コンデンサの予定された充電能力を超えて供給し続けると、コンデンサ内の電解質が分解してしまうなどコンデンサの充放電特性に影響を与え得るといった問題がある。

【0007】

本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、コンデンサの充放電特性に悪影響を与え難い燃料電池システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するため、特許請求の範囲に記載の請求項1の燃料電池システムでは、モータ駆動回路に対しそれぞれ並列に接続された燃料電池およびコンデンサを備える燃料電池システムであって、コンデンサの端子間電圧を検出し、該コンデンサの端子間電圧が所定の電圧値よりも高いとき、前記コンデンサの最大許容電圧値を超える危険性があると判断し、前記モータ駆動回路から前記コンデンサに流れ込む回生電流値を、前記コンデンサ内の電解質が分解しない範囲で前記コンデンサの端子間電圧に基づいて変動する電流値として設定される所定の電流値に、抑制する電流制御手段を備えることを技術的特徴とする。

【0009】

特許請求の範囲に記載の請求項2の燃料電池システムでは、請求項1記載の燃料電池システムにおいて、前記電流制御手段は、半導体素子からなることを技術的特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

請求項1の発明では、コンデンサの端子間電圧を検出し、該コンデンサの端子間電圧が第所定の電圧値よりも高いとき、コンデンサの最大許容電圧値を超える危険性があると判断し、モータ駆動回路からコンデンサに流れ込む回生電流値を、コンデンサ内の電解質が分解しない範囲でコンデンサの端子間電圧に基づいて変動する電流値として設定される所定の電流値に、抑制する。これにより、モータ駆動回路に対し燃料電池およびコンデンサがそれぞれ並列に接続されていても、モータ駆動回路からコンデンサに流れ込む回生電流値は、コンデンサの充放電特性に影響を与えない範囲でコンデンサの端子間電圧に基づいて変動する電流値として設定される所定の電流値に抑制される。そのため、例えば、燃料電池により発生する余剰電力あるいはモータ駆動回路により発生する回生電力がコンデン

10

20

30

40

50

さに供給される場合であっても、コンデンサの予定された充電能力の範囲内でコンデンサに流れ込む当該回生電流を抑制することができる。したがって、コンデンサの充放電特性に悪影響を与え難い効果がある。

【0011】

請求項2の発明では、電流制御手段は半導体素子からなることから、抵抗等の受動素子からなるものよりも、電流制御におけるエネルギー損失を抑制することができる。これにより、効率良く電流制御をすることができるので、燃料電池等で発生した電気エネルギーを可能な限り無駄なくコンデンサに蓄えることができる。したがって、コンデンサの充放電特性に悪影響を与え難い効果に加えて、クリーンエネルギーの無駄な消費を抑制する効果もある。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明の燃料電池システムの実施形態について図を参照して説明する。なお、以下の実施形態では、本発明の燃料電池システムを電気自動車に適用した例を挙げて説明する。まず、本発明に係る実施形態を説明する前に、本発明に関連する技術として位置づけられる燃料電池システム20を本発明の参考例として説明する。

【0013】

図1には、参考例に係る燃料電池システム20の主な機能構成を表す機能ブロック図が示されている。同図に示すように、燃料電池システム20は、主に、燃料電池21、出力制御用電流調整部23、キャパシタ(コンデンサ)25、保護用電流調整部28、負荷29、システムコントローラ31等から構成されており、負荷29に対し、それぞれ並列に接続された燃料電池21およびキャパシタ25を備える。そのため、本燃料電池システム20のような構成はハイブリッド回路とも称される。なお、図1中に示す破線は、各機能ブロック間で授受される情報信号の流れを示している。

20

【0014】

図2には、燃料電池システム20の電氣的構成を示す回路図が示されており、図1の機能ブロック図よりも燃料電池システム20の構成内容が詳細に表されている。以下、図2を参照して燃料電池システム20の構成を説明する。なお、図2中に示す破線は、各機能ブロックあるいは機能部品間で授受される情報信号の流れを示している。

【0015】

燃料電池21は、水素と酸素を反応させることにより電気エネルギーを取り出し得るもので、モータで車輪を駆動する電気自動車のエネルギー源のひとつである。このため、燃料電池21には、水素および酸素(または空気)が供給されており、それらの供給量は、後述する燃料電池/モータコントローラ(以下「FC/Mコントローラ」という)35により制御され、出力電力の制御が行われている。なお、燃料電池21は、一般に、水素貯蔵や改質触媒等の方式によって種々のタイプに分類されるが、水素と酸素とを反応させて発電するものであれば、本発明に係る燃料電池システムを適用することができる。

30

【0016】

燃料電池21は、その端子間電圧(以下「FC電圧」という)V_{fc}を電圧センサ22によって検出されている。即ち、燃料電池21の出力端子間には、電圧センサ22が接続されており、この電圧センサ22により検出されたFC電圧V_{fc}はFC/Mコントローラ35に出力されている。これにより、FC/Mコントローラ35によって燃料電池21の出力電圧(FC電圧V_{fc})を適宜監視することができるので、これに基づいた燃料電池21の出力制御を可能にしている。

40

【0017】

また、燃料電池21の出力端子には、コンタクタCN-a、CN-bが接続されている。即ち、燃料電池21の正極端子側にはコンタクタCN-aが、また燃料電池21の負極端子側にはコンタクタCN-bが、それぞれ接続されている。これらのコンタクタCN-a、CN-bは、リレーのような機械的なスイッチ回路を有するもので、例えばイグニッションスイッチ等のシステムコントローラ31の外部から入力される制御信号によりスイッチ回路を導通/遮断の各

50

状態に制御することができるように構成されている。

【 0 0 1 8 】

これにより、コンタクタCN-a、CN-bのいずれか一方がスイッチ回路を遮断する動作をすることにより、燃料電池 2 1 の入出力を遮断することができることに加えて、燃料電池 2 1 の両端子にコンタクタが接続されているので、一方のコンタクタCN-a（またはコンタクタCN-b）が故障しても他方のコンタクタCN-b（またはコンタクタCN-a）によって、燃料電池 2 1 の入出力を遮断することができる。したがって、燃料電池 2 1 に異常が発生した場合や、本燃料電池システム 2 0 を搭載した車両が衝突などによる大きな衝撃を検出した場合に、燃料電池 2 1 を外部回路から電氣的に切り離すことができる。

【 0 0 1 9 】

出力制御用電流調整部 2 3 は、燃料電池 2 1 から出力される電流量を制御するもので、図 2 においてはスイッチング素子 2 3 A として表されている。これには例えば I G B T (insulated gate bipolar transistor ; 絶縁ゲートバイポーラ型トランジスタ)等の電力用半導体スイッチング素子が用いられ、そのベース端子あるいはゲート端子は、F C / M コントローラ 3 5 に接続されている。

【 0 0 2 0 】

これにより、燃料電池 2 1 の入出力電流を測定し得る電流センサ 2 4 により検出された燃料電池電流（以下「F C 電流」という） I_{fc} に基づいてF C / M コントローラ 3 5 によるスイッチング制御をスイッチング素子 2 3 A に対して行うことができる。そのため、スイッチング素子 2 3 A を介して出力される燃料電池 2 1 のF C 電流 I_{fc} が、電流センサ 2 4 により検出されてF C / M コントローラ 3 5 に入力され、そのF C 電流 I_{fc} の値に基づいてスイッチング素子 2 3 A のスイッチング制御が行われる。つまり、スイッチング素子 2 3 A、電流センサ 2 4 およびF C / M コントローラ 3 5 からなる閉ループによる負帰還制御系を構成できるので、所定の電流値を目標とした燃料電池 2 1 の出力制御をすることができる。

【 0 0 2 1 】

キャパシタ 2 5 は、数 F ~ 数百 F の電荷を蓄え得る大容量のコンデンサのことで、例えば電気二重層コンデンサが用いられている。そして、この燃料電池 2 1 は、保護用電流調整部 2 8 を介して、燃料電池 2 1 やモータ駆動回路 2 9 A に並列に接続されている。そのため、燃料電池 2 1 により発生する電力による電気エネルギー（充電電流）やモータ駆動回路 2 9 A により発生する回生電力による電気エネルギー（回生電流）を蓄える、つまり充電することができる。

【 0 0 2 2 】

このキャパシタ 2 5 も、燃料電池 2 1 と同様に、その端子間電圧（以下「キャパシタ電圧」という） V_{ec} を電圧センサ 2 6 によって検出されている。即ち、キャパシタ 2 5 の出力端子間には、電圧センサ 2 6 が接続されており、この電圧センサ 2 6 により検出されたキャパシタ電圧 V_{ec} は後述するハイブリッド回路コントローラ（以下「H B C コントローラ」という）3 3 に出力されている。これにより、H B C コントローラ 3 3 によってキャパシタ 2 5 の出力電圧（キャパシタ電圧 V_{ec} ）が適宜監視されている。

【 0 0 2 3 】

また、キャパシタ 2 5 の出力端子には、前述したコンタクタCN-a等と同様のコンタクタCN-c、CN-dが接続されている。即ち、キャパシタ 2 5 の正極端子側にはコンタクタCN-cが、またキャパシタ 2 5 の負極端子側にはコンタクタCN-dが、それぞれ接続されている。これらのコンタクタCN-c、CN-dも、イグニッションスイッチ等のシステムコントローラ 3 1 の外部から入力される制御信号によりスイッチ回路を導通 / 遮断の各状態に制御することができるように構成されている。

【 0 0 2 4 】

これにより、コンタクタCN-c、CN-dのいずれか一方がスイッチ回路を遮断する動作をすることにより、キャパシタ 2 5 の入出力を遮断することができることに加えて、キャパシタ 2 5 の両端子にコンタクタが接続されているので、一方のコンタクタCN-c（またはコン

10

20

30

40

50

タクタCN-d)が故障しても他方のコンタクタCN-d(またはコンタクタCN-c)によって、キャパシタ25の入出力を遮断することができる。したがって、キャパシタ25に異常が発生した場合や、本燃料電池システム20を搭載した車両が衝突などによる大きな衝撃を検出した場合に、キャパシタ25を外部回路から電氣的に切り離すことができる。

【0025】

コンタクタCN-cには、電流センサ27が接続されている。この電流センサ27は、キャパシタ25に入力される電流、即ちキャパシタ25に流れ込む充電電流や回生電流の電流量を検出したり、キャパシタ25から出力される放電電流の電流量を検出するとともに、検出したキャパシタ電流 I_{ec} をHBCコントローラ33に出力するものである。

【0026】

保護用電流調整部28は、燃料電池21からキャパシタ25に流れ込む充電電流を制御するとともにモータ駆動回路29Aからキャパシタ25に流れ込む回生電流を制御するもので、図2においてはスイッチング素子28Aとして表されている。前述したスイッチング素子23Aと同様に、これには例えばIGBT等の電力用半導体スイッチング素子が用いられ、そのベース端子あるいはゲート端子は、HBCコントローラ33に接続されている。このスイッチング素子28Aは、HBCコントローラ33によるキャパシタ管理制御処理によって、電流センサ27のキャパシタ電流 I_{ec} に応じた電流制御がされる。

【0027】

なお、保護用電流調整部28(スイッチング素子28A)は、後述するHBCコントローラ33とともに、特許請求の範囲に記載の「電流制御手段」に相当する機能要素を構成するものである。

【0028】

モータ駆動回路29Aは、燃料電池21やキャパシタ25に対して並列に接続される負荷の一部を構成するもので、例えば車両用の交流モータMを駆動するインバータ回路が挙げられる。なお、負荷29としては、モータ駆動回路29Aに駆動される車両用の交流モータMのほかに、燃料電池21に水素や酸素(空気)を供給する図示しないポンプやファン等の電動部品も当該負荷に含まれ得る。

【0029】

システムコントローラ31は、図示しないマイクロプロセッサ、メモリ、入出力インタフェース等から構成される制御装置で、HBCコントローラ33およびFC/Mコントローラ35に接続されているとともに、前述したコンタクタCN-a、CN-b、CN-c、CN-dにも接続されている。これにより、HBCコントローラ33やFC/Mコントローラ35による各種制御、処理等の本燃料電池システム20全体の制御を行うことができるほか、HBCコントローラ33やFC/Mコントローラ35から入力される情報に基づいて、コンタクタCN-a~CN-dに対する導通/遮断の制御信号を出力することもできる。

【0030】

HBCコントローラ33も、システムコントローラ31と同様に、図示しないマイクロプロセッサ、メモリ、入出力インタフェース等から構成される制御装置で、システムコントローラ31や、電圧センサ26、電流センサ27、スイッチング素子28Aにそれぞれ接続されている。これにより、システムコントローラ31に対し所定情報の受け渡しをすることができるほか、電圧センサ26から入力されるキャパシタ電圧 V_{ec} の情報や電流センサ27から入力されるキャパシタ電流 I_{ec} の情報に基づいて、後述するキャパシタ管理制御処理、つまりスイッチング素子28Aのスイッチング制御を実行することができる。

【0031】

FC/Mコントローラ35も、システムコントローラ31と同様に、図示しないマイクロプロセッサ、メモリ、入出力インタフェース等からなる制御装置で、システムコントローラ31や、燃料電池21、電圧センサ22、スイッチング素子23A、電流センサ24、モータ駆動回路29Aにそれぞれ接続されている。これにより、システムコントローラ31に対し所定情報の受け渡しや、燃料電池21に供給される水素等の供給量の制御、あるいはモータ駆動回路29Aの制御をすることができる。また電圧センサ22から入力さ

10

20

30

40

50

れる F C 電圧 V_{fc} の情報や電流センサ 2 4 から入力される F C 電流 I_{fc} の情報に基づいて、スイッチング素子 2 3 A のスイッチング制御をすることもできる。

【 0 0 3 2 】

このように燃料電池システム 2 0 を構成することにより、モータ駆動回路 2 9 A に対し燃料電池 2 1 およびキャパシタ 2 5 がそれぞれ並列に接続されていても、燃料電池 2 1 およびモータ駆動回路 2 9 A からキャパシタ 2 5 に流れ込む充電電流および回生電流を制限することができる。そのため、例えば、キャパシタ 2 5 に蓄えられている電荷量が 0 % に近いような極度に減少している場合であっても、燃料電池 2 1 からキャパシタ 2 5 に流れ込む充電電流を抑制することができ、また燃料電池 2 1 により発生する余剰電力あるいはモータ駆動回路 2 9 A により発生する回生電力がキャパシタ 2 5 に供給される場合であつても、キャパシタ 2 5 の予定された充電能力の範囲内でキャパシタ 2 5 に流れ込む充電電流および回生電流を抑制することができる。したがって、燃料電池 2 1 の発電特性およびキャパシタ 2 5 の充放電特性に悪影響を与え難い効果がある。

10

【 0 0 3 3 】

また、図 2 に示すコンタクタ CN-a を削除し、燃料電池 2 1 とスイッチング素子 2 3 A とを直接接続する構成を採っても、コンタクタ CN-a による機能をスイッチング素子 2 3 A に代替させることにより、部品点数を削減することができる。即ち、スイッチング素子 2 3 A のゲート制御により、その導通を遮断する制御を行うことによつて、コンタクタ CN-a による回路の遮断機能をスイッチング素子 2 3 A に代替させることができるので、コンタクタ CN-a がなくても、燃料電池 2 1 に異常が発生した場合や、本燃料電池システム 2 0 を搭載した車両が衝突などによる大きな衝撃を検出した場合に、燃料電池 2 1 を外部回路から電氣的に切り離すことができる。またコンタクタ CN-b をスイッチング素子 2 3 A と同様のスイッチング素子で置き換えることも可能である。

20

【 0 0 3 4 】

次に、燃料電池システム 2 0 を搭載した電気自動車の始動時の場合や、交流モータ M による出力要求が低いときにキャパシタ 2 5 に蓄えられた電気エネルギーを主に交流モータ M に供給する場合等における H B C コントローラ 3 3 によるキャパシタ管理制御処理の流れを図 3 および図 4 に基づいて説明する。

【 0 0 3 5 】

図 3 に示すように、電気自動車の始動時等におけるキャパシタ管理制御処理は、まずステップ S 1 0 1 によるキャパシタ電圧 V_{ec} を電圧センサ 2 6 から読み込む処理を行う。そして、ステップ S 1 0 3 により電圧センサ 2 6 から読み込んだキャパシタ電圧 V_{ec} が、予め設定されている第 1 の所定電圧値 C_LV0 よりも低いかなかを判断する。

30

【 0 0 3 6 】

即ち、ステップ S 1 0 3 では、キャパシタ 2 5 に蓄えられている電荷量が 0 % に近いような極度に減少している状態にあるかなかを、キャパシタ 2 5 の端子間電圧であるキャパシタ電圧 V_{ec} により判断する処理を行う。

【 0 0 3 7 】

このステップ S 1 0 3 により、キャパシタ電圧 V_{ec} が第 1 の所定電圧値 C_LV0 よりも低いと判断された場合 (S 1 0 3 で Y e s) には、キャパシタ 2 5 に蓄えられている電荷量が極めて少なく、燃料電池 2 1 の発電特性に悪影響を及ぼす可能性がある。つまり、入力インピーダンスが極めて低い状態にあるキャパシタ 2 5 に直接、燃料電池 2 1 を接続することにより、燃料電池 2 1 から予定された以上に電気エネルギーが取り出され得るので、その後の燃料電池 2 1 の発電特性に悪影響を及ぼす可能性がある。したがって、電圧センサ 2 6 により読み込んだキャパシタ電圧 V_{ec} に対応して燃料電池 2 1 の発電特性に悪影響を与え難い所定の充電電流値 (第 1 の所定電流値) を設定する。この充電電流値の設定は、次のステップ S 1 0 5 によるマップにより決定される。

40

【 0 0 3 8 】

ステップ S 1 0 5 では、例えば図 4 に示すようなマップに従つて、所定の充電電流値を読み込む処理を行う。当該マップには、電圧センサ 2 6 により検出されたキャパシタ電圧

50

の範囲に対応して所定の充電電流値が予めマッピングされている ($C_LV0 > C_LV1 > C_LV2 > C_LV3$ 、 $C_CC1 < C_CC2 < C_CC3$)。例えば、キャパシタ電圧 C_LV の範囲が C_LV0 (例えば 290 V) $< C_LV < C_LV1$ (例えば 210 V) であれば充電電流は C_CC1 (例えば 75 A) に設定され、また C_LV1 (例えば 210 V) $> C_LV > C_LV2$ (例えば 190 V) であれば充電電流は C_CC2 (例えば 240 A) に設定される。さらにキャパシタ電圧 C_LV の範囲が C_LV2 (例えば 190 V) $> C_LV > C_LV3$ (例えば 0 V) であれば充電電流は C_CC3 (例えば 270 A) に設定される。

【0039】

ステップ S 105 により所定の充電電流値が設定されると、続くステップ S 107 によりキャパシタ電流 I_{ec} を電流センサ 27 から読み込む処理を行う。つまり、現在のキャパシタ 25 に流れ込んでいる充電電流をキャパシタ電流 I_{ec} として検出し、それに基づいて次のステップ S 109 によるスイッチング素子 28 A の制御処理を行うために、キャパシタ電流 I_{ec} を読み込む処理を行う。

10

【0040】

ステップ S 109 では、スイッチング素子 28 A の電流制御処理を行う。即ち、ステップ S 107 により読み込んだキャパシタ電流 I_{ec} とステップ S 105 により設定された充電電流とを比較し、両者が一致するようにスイッチング素子 28 A のゲート制御を行う。そして、この処理が終わると、再びステップ S 101 に処理を戻す。

【0041】

一方、ステップ S 103 により、キャパシタ電圧 V_{ec} が第 1 の所定電圧値 C_LV0 よりも低いと判断できない場合には (S 103 で No)、キャパシタ 25 にはある程度、電荷量が蓄えられている可能性が高いので、ステップ S 111 に処理を移行してスイッチング素子 28 A を継続導通状態に制御する。つまり、キャパシタ 25 に対する電流制御をすることなく、燃料電池 21 から供給可能な電気エネルギーをキャパシタ 25 に与える。そして、ステップ S 113 により定常運転制御を起動して、電気自動車の始動時における一連のキャパシタ管理制御処理を終了する。

20

【0042】

このように本参考例に係る燃料電池システム 20 によると、スイッチング素子 28 A および HBC コントローラ 33 により、キャパシタ 25 のキャパシタ電圧 V_{ec} が第 1 の所定電圧値 C_LV0 よりも低いときには (S 103 で Yes)、燃料電池 21 からキャパシタ 25 に流れ込む充電電流を第 1 の所定電流値 C_CC1 以下に抑制する (S 105、S 107、S 109)。これにより、キャパシタ 25 のキャパシタ電圧 V_{ec} に基づいて燃料電池 21 の発電特性に悪影響を及ぼし得る条件が揃った場合には (S 103 で Yes)、燃料電池 21 からキャパシタ 25 に流れ込む充電電流を抑制し (S 105、S 107、S 109)、それ以外の場合には (S 103 で No)、抑制しない (S 111)、というキャパシタ 25 の蓄電状態に応じた電流制御をすることができる。したがって、燃料電池 21 の発電特性に悪影響を与え難い効果がある。

30

【0043】

続いて、燃料電池システム 20 を搭載した電気自動車の定常運転時における HBC コントローラ 33 によるキャパシタ管理制御処理の流れを図 5 および図 6 に基づいて説明する。

40

【0044】

図 5 に示すように、電気自動車の定常運転時等におけるキャパシタ管理制御処理は、図 3 を参照して説明した始動時等におけるキャパシタ管理制御処理の流れを変形したものである。なお、図 3 に示すステップ S 101、S 107、S 109、S 111 は、図 5 に示すステップ S 201、S 207、S 209、S 211 にそれぞれ相当し、それぞれ同様の処理を行っている。

【0045】

定常運転時等におけるキャパシタ管理制御処理では、まずステップ S 201 によりキャパシタ電圧 V_{ec} を電圧センサ 26 から読み込み、続いて読み込んだキャパシタ電圧 V_{ec} が

50

予め設定されている第2の所定電圧値 C_HV0 よりも高いか否かの判断処理をステップ S 2 0 3 により行う。なお、この第2の所定電圧値 C_HV0 は、特許請求の範囲に記載の「所定の電圧値」に相当し得るものである。

【 0 0 4 6 】

即ち、ステップ S 2 0 3 では、キャパシタ 2 5 にその予定された充電能力近くまで電荷が蓄えられているか否かを、キャパシタ 2 5 の端子間電圧であるキャパシタ電圧 V_{ec} により判断する処理を行う。

【 0 0 4 7 】

このステップ S 2 0 3 により、キャパシタ電圧 V_{ec} が第2の所定電圧値 C_HV0 よりも高いと判断された場合 (S 2 0 3 で Y e s) には、キャパシタ 2 5 にその充電能力に近づく程度に既に電荷が蓄えられているため、通常の充電電流を流すことによっては、キャパシタ 2 5 の充放電特性に悪影響を及ぼす可能性がある。したがって、電圧センサ 2 6 により読み込んだキャパシタ電圧 V_{ec} に対応してキャパシタ 2 5 の充放電特性に悪影響を与え難い所定の充電電流値 (第2の所定電流値) を設定する。この充電電流値の設定は、次のステップ S 2 0 5 によるマップにより決定される。なお、この第2の所定電流値は、特許請求の範囲に記載の「所定の電流値」に相当し得るものである。

【 0 0 4 8 】

ステップ S 2 0 5 では、例えば図 6 に示すようなマップに従って、所定の充電電流値を読み込む処理を行う。当該マップには、電圧センサ 2 6 により検出されたキャパシタ電圧の範囲に対応して所定の充電電流値が予めマッピングされている ($C_HV0 < C_HV1$ 、 $C_C C4 < C_CC5$)。例えば、キャパシタ電圧 C_HV の範囲が C_HV0 (例えば 3 6 9 V) $C_H V < C_HV1$ (例えば 4 1 0 V) であれば充電電流は C_CC4 (例えば 5 A) に設定され、また C_HV1 (例えば 4 1 0 V) C_HV であれば充電電流は C_CC5 (例えば 0 A) に設定される。

【 0 0 4 9 】

なお、上記説明中、具体的な数値の例の根拠は以下の通りである。単セルの積層構造を持つキャパシタの最大許容電圧値を 4 1 0 V としてこれを C_HV1 として設定した。キャパシタの最大許容電圧は通常、単セルの最大許容電圧 (その電圧によってセル中の電解質が分解を起こさない最大値) \times 積層枚数で決定される。また、 C_HV0 はキャパシタへの電流の急激な流入に伴う、電圧の一時的局所的な偏りによってキャパシタ中の特定の単セルの電圧が最大許容電圧値を超える危険性のある値としてキャパシタの最大許容電圧値 ($C_H V1$) の 9 0 % の値とした。さらにこの C_HV0 の電圧下で、キャパシタ内の各セル間で電圧の一時的局所的な偏りが生じない程度の電流流入量として C_CC4 の値を 5 A とした。キャパシタの電圧が最大許容電圧値 C_HV1 以上のときはそれ以上キャパシタに充電しようとするとキャパシタ内の全てのセルで電解質が分解されはじめ、キャパシタに重大なダメージが生じる可能性があるので電流値 C_CC5 は 0 A とした。

【 0 0 5 0 】

ステップ S 2 0 5 により所定の充電電流値が設定されると、続くステップ S 2 0 7 によりキャパシタ電流 I_{ec} を電流センサ 2 7 から読み込む処理を行い、読み込んだキャパシタ電流 I_{ec} とステップ S 2 0 5 により設定された充電電流とを比較し、両者が一致するようにスイッチング素子 2 8 A のゲート制御をステップ S 2 0 9 により行う。

【 0 0 5 1 】

一方、ステップ S 2 0 3 により、キャパシタ電圧 V_{ec} が第2の所定電圧値 C_HV0 よりも高いと判断できない場合には (S 2 0 3 で N o)、キャパシタ 2 5 にはまだ電荷量を蓄える余裕のある可能性が高いので、ステップ S 2 1 1 に処理を移行してスイッチング素子 2 8 A を継続導通状態に制御する。つまり、キャパシタ 2 5 に対する電流制御をすることなく、燃料電池 2 1 や回生制動時のモータ駆動回路 2 9 A から供給可能な電気エネルギーをキャパシタ 2 5 に与える。

【 0 0 5 2 】

ステップ S 2 0 9 またはステップ S 2 1 1 による処理が終わると、一連のキャパシタ管

10

20

30

40

50

理制御処理を終了する。

【 0 0 5 3 】

このように本参考例に係る燃料電池システム 20 によると、スイッチング素子 28 A および HBC コントローラ 33 により、キャパシタ 25 のキャパシタ電圧 V_{ec} が第 2 の所定電圧値 C_HV0 よりも高いときには (S 203 で Yes)、燃料電池 21 からキャパシタ 25 に流れ込む充電電流および / またはモータ駆動回路 29 A からキャパシタ 25 に流れ込む回生電流を、第 2 の所定電流値 C_CC3 以下に抑制する。これにより、キャパシタ 25 のキャパシタ電圧 V_{ec} に基づいてキャパシタ 25 の充放電特性に悪影響を及ぼし得る条件が揃った場合には (S 203 で Yes)、燃料電池 21 および / またはモータ駆動回路 29 A からキャパシタ 25 に流れ込む充電電流および / または回生電流を抑制し、それ以外の場合には (S 203 で No)、抑制しない、というキャパシタ 25 の蓄電状態に応じた電流制御をすることができる。したがって、キャパシタ 25 の充放電特性にさらに悪影響を与え難い効果がある。

10

【 0 0 5 4 】

なお、本参考例で説明した回路構成に対して例えば以下に示すような変更を施した回路とすることも好適である。

(1) 燃料電池 21 の出力側に電流の逆流防止用のダイオードを付加する。この場合、ダイオードの方向は燃料電池 21 からの出力される電流を通す向き (燃料電池 21 側にアノード、キャパシタ 25、モータ駆動回路 29 A 側にカソード) に配置する。この配置箇所は図 2 の回路においてスイッチング素子 23 A のいずれかの端子に直接に、もしくはコンタクタ CN-a と燃料電池 21 との間に配置することが望ましい。このダイオードの配置によって、キャパシタ 25 もしくはモータ駆動回路 29 A から燃料電池 21 への電流の流入を防ぐことが可能となる。

20

(2) キャパシタ 25 からの放出電流を制御する電流調整部を設置する。配置箇所は、例えば図 2 の回路において、スイッチング素子 28 A のいずれかの端子に直列に接続する。より具体的にはスイッチング素子 28 A と同等の半導体素子を、スイッチング素子 28 A とは逆方向の電流を制御する向きでスイッチング素子 28 A のいずれかの端子に直列に配置する。

(3) なお、図 2 中のスイッチング素子 23 A を配置しないことも好適である。このようにすることで回路構成を単純化でき、燃料電池システム 20 全体のコストを低減する効果がある。

30

【 0 0 5 5 】

次に、本発明の実施形態に係る燃料電池システム 40 を図 7 ~ 図 9 に基づいて説明する。図 7 には、本発明の一実施形態に係る燃料電池システム 40 の電氣的構成を示す回路図が示されており、前述した参考例に係る燃料電池システム 20 と実質的に同一の構成部分には、同一の符号が付してある。なお、図 7 中に示す破線は、各機能ブロック間で授受される情報信号の流れを示している。

【 0 0 5 6 】

本実施形態に係る燃料電池システム 40 は、電気自動車の制動時におけるモータ駆動回路 29 A による回生電力をキャパシタ 25 に供給する場合の制御、つまり回生制動制御に特徴を有するものである。

40

したがって、図 2 と図 7 とを比較するとわかるように、本実施形態に係る燃料電池システム 40 は、放電抵抗 41 とスイッチング素子 42 とを直列に接続した回路要素をモータ駆動回路 29 A と並列に接続し、さらに交流モータ M に設けられたブレーキ機構 53 をブレーキコントローラ 51 により制御するところが、前述した参考例に係る燃料電池システム 20 と相違する。よって、以下、これらの相異点を中心に燃料電池システム 40 の構成および作動を説明する。

【 0 0 5 7 】

図 7 に示すように、燃料電池システム 40 は、モータ駆動回路 29 A に対して並列に、放電抵抗 41 とスイッチング素子 42 とを直列に接続した回路要素を接続しており、また

50

モータ駆動回路 29A に並列に接続された電圧センサ 43 によりモータ駆動回路 29A の入出力電圧（インバータ電圧） V_{iv} を検出し得るように構成されている。またブレーキ機構 53 をモータ駆動回路 29A に設けるとともに、システムコントローラ 31 に接続されたブレーキコントローラ 51 によって、ブレーキ機構 53 を制御し得るように構成されている。なお、ブレーキコントローラ 51 には、外部からブレーキ踏込み量情報が入力され得るように構成されている。

【0058】

次に、このように構成した燃料電池システム 40 における回生制動制御処理を図 8 および図 9 に示すフローチャートに基づいて説明する。なお、この回生制動制御処理はシステムコントローラ 31 により行われるものである。

10

なお、この回生制動制御処理は、踏込み量センサによりブレーキペダルの踏込みを検出すると、システムコントローラ 31 に対して割り込み信号が発生し、これにより割り込み処理として起動される処理である。そのため、ブレーキペダルが踏込まれている間は、本回生制動制御処理が繰り返し実行され、踏込み量の変化に応じて、以下説明する要求制動力 B_{rq} が更新される。また車速の減速とともに変化する交流モータ M の回転数に応じて回生制動力 B_{re} も随時更新される。

【0059】

図 8 に示すように、システムコントローラ 31 による回生制動制御処理は、まずステップ S301 により、外部から入力されるブレーキ踏込み量情報に基づいて、ブレーキペダルの踏込みがあるか否かの判断を行う。なお、このブレーキ踏込み量情報は、ブレーキペ

20

【0060】

ステップ S301 により、ブレーキペダルの踏込みがあると判断されると（S301 で Yes）、続くステップ S303 により、入力されたブレーキ踏込み量情報から踏込み量を検出する処理を行う。一方、ステップ S301 により、ブレーキペダルの踏込みがあると判断されなければ（S301 で No）、ブレーキによる制動発生しないので、本回生制動制御処理を終了する（RETURN）。

【0061】

ステップ S303 により踏込み量を検出すると、次にステップ S305 によりブレーキペダルの踏込み量から実現すべき制動力、つまり要求制動力 B_{rq} を算出する処理を行う。この要求制動力 B_{rq} は、ブレーキペダルの踏込み量に比例した値でも良いし、またブレーキペダルの踏込み量を入力、要求制動力 B_{rq} を出力とした所定の関数あるいはマップによって求めるものでも良い。例えば、踏込み量（入力）が大きい場合に比例関係によりそれに応じた要求制動力 B_{rq} を出力するものである。またブレーキペダルの踏込み速度にも基づくものでも良い。

30

【0062】

続いてステップ S307 により、交流モータ M およびモータ駆動回路 29A の諸特性から、現在のモータ回転数で生成さえる回生電力で達成できる制動力、つまり回生制動力 B_{re} を算出する処理を行う。

ここで「回生電力」とは、電動モータがその出力軸を外力により強制的に回転させられる場合に、当該電動モータから発生する逆起電力のことをいう。またこの逆起電力により生じるトルクおよび当該電動モータの粘性抵抗の和によるものが回生制動力となる。またこれらは、電動モータやその駆動回路（インバータ回路等）の諸特性から算出することができる。

40

【0063】

ステップ S309 では、機械式ブレーキで達成すべき制動力、つまり機械制動力 B_{me} を算出する処理を行う。なお、機械制動力 B_{me} は、要求制動力 B_{rq} から回生制動力 B_{re} を除いたもの（ $B_{me} = B_{rq} - B_{re}$ ）に相当する。

【0064】

そして、ステップ S309 により算出した機械制動力 B_{me} を、ブレーキコントローラ 5

50

1への出力指令値として、ステップS311によりシステムコントローラ31からブレーキコントローラ51に出力し、一連の回生制動制御処理を終了する。これにより、ブレーキコントローラ51から出力指令値 B_{me} を受けたブレーキ機構53は、当該指令値に基づいて機械制動を実行する。

【0065】

一方、これとほぼ同時に、図9に示す回生制動時のキャパシタ管理制御処理がHBCコントローラ33により実行されているので、このキャパシタ管理制御処理を図9に基づいて説明する。

この回生制動時のキャパシタ管理制御処理は、上述した回生制動制御処理と並行してHBCコントローラ33により常時実行されているもので、図9に示すように、まずステップS401によりサブルーチンとしてキャパシタ管理制御処理をコールする。即ち、前述した参考例の図5において説明した定常運転時等におけるキャパシタ管理制御処理を実行する。

【0066】

そして、ステップS403により、回生中は、電圧センサ43により検出したモータ駆動回路29Aのインバータ電圧 V_{iv} が許容値以上であるか否かを監視している。そして、インバータ電圧 V_{iv} が許容値以上である場合には(S403でYes)、ステップS405に処理を移行して放電抵抗41を回生電力の余剰分を消費させるために、スイッチング素子42を導通状態にさせる制御、即ち、スイッチング素子42のゲートあるいはベースにトリガ信号を与える処理を行う。

【0067】

一方、ステップS403により、インバータ電圧 V_{iv} が許容値以上であると判断されない場合には(S403でNo)、一連のキャパシタ管理制御処理を終了して、再度、起動されるまで待機する。

【0068】

このように本実施形態に係る燃料電池システム40によると、電圧センサ43により検出したモータ駆動回路29Aのインバータ電圧 V_{iv} が許容値以上であるか否かを監視し、インバータ電圧 V_{iv} が許容値以上である場合には(S403でYes)、ステップS405に処理を移行して放電抵抗41を回生電力の余剰分を消費させる。これにより、キャパシタ25では充電しきれない回生電力の余剰分を放電抵抗41により消費させるので、キャパシタ25の予定された充電能力以上に電気エネルギーをキャパシタ25に与えることを防止することができる。したがって、キャパシタ25の充放電特性にさらに悪影響を与えない効果がある。

【図面の簡単な説明】

【0069】

【図1】本発明の参考例に係る燃料電池システムの主な機能構成を示す機能ブロック図である。

【図2】本参考例による燃料電池システムの電氣的構成を示す回路図である。

【図3】本参考例の燃料電池システムを搭載した電気自動車の始動時等におけるキャパシタ管理制御処理の流れを示すフローチャートである。

【図4】図3に示すキャパシタ管理制御処理に用いられる「キャパシタ電圧 - 充電電流マップ」の例を示す説明図である。

【図5】本参考例の燃料電池システムを搭載した電気自動車の定常運転時等におけるキャパシタ管理制御処理の流れを示すフローチャートである。

【図6】図5に示すキャパシタ管理制御処理に用いられる「キャパシタ電圧 - 充電電流マップ」の例を示す説明図である。

【図7】本発明の一実施形態に係る燃料電池システムの電氣的構成を示す回路図である。

【図8】本実施形態の燃料電池システムによる回生制動制御処理の流れを示すフローチャートである。

【図9】本実施形態の燃料電池システムによるキャパシタ管理制御処理の流れを示すフロ

10

20

30

40

50

ーチャートである。

【符号の説明】

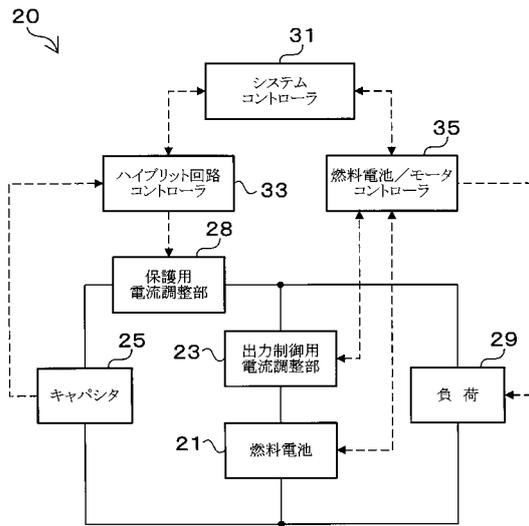
【 0 0 7 0 】

- 20、40 燃料電池システム
- 21 燃料電池
- 23 出力制御用電流調整部
- 23A スwitching素子
- 25 キャパシタ (コンデンサ)
- 28 保護用電流調整部 (電流制御手段)
- 28A スwitching素子 (電流制御手段)
- 29 負荷
- 29A モータ駆動回路
- 31 システムコントローラ
- 33 HBCコントローラ (電流制御手段)
- 35 FC/Mコントローラ
- M モータ
- Vec キャパシタ電圧 (コンデンサの端子間電圧)
- Vfc FC電圧
- C_LV0 第1の所定電圧値
- C_CC1 第1の所定電流値
- C_HV0 第2の所定電圧値 (所定の電圧値)
- C_CC4 第2の所定電流値 (所定の電流値)

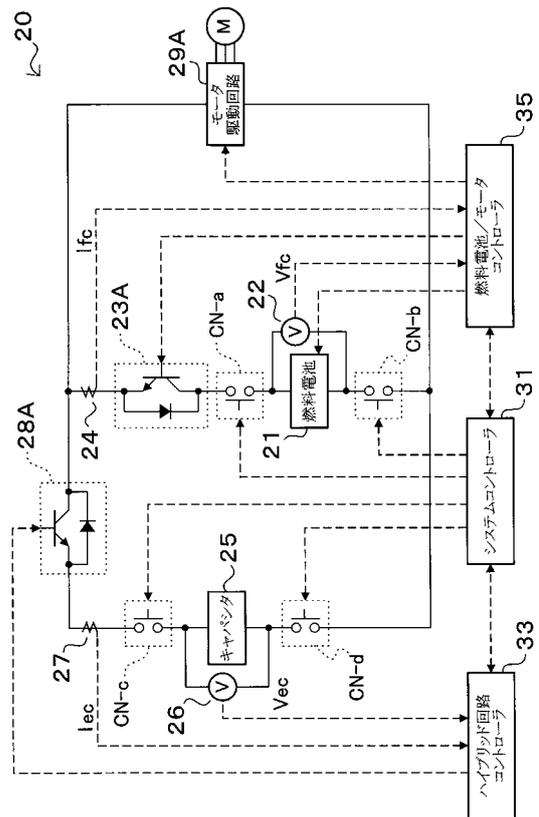
10

20

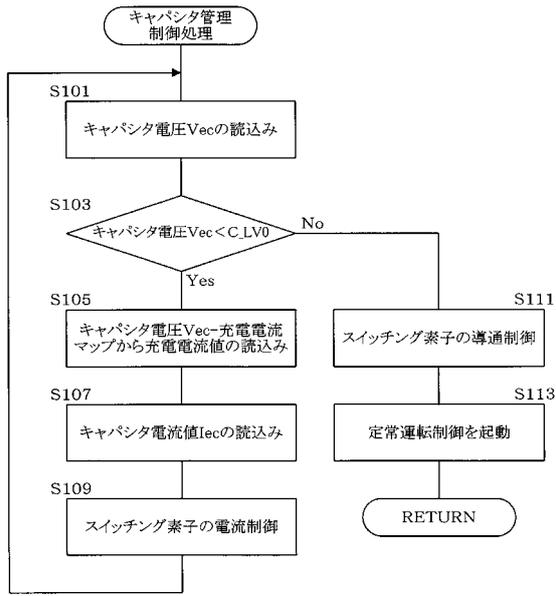
【図1】



【図2】



【図3】

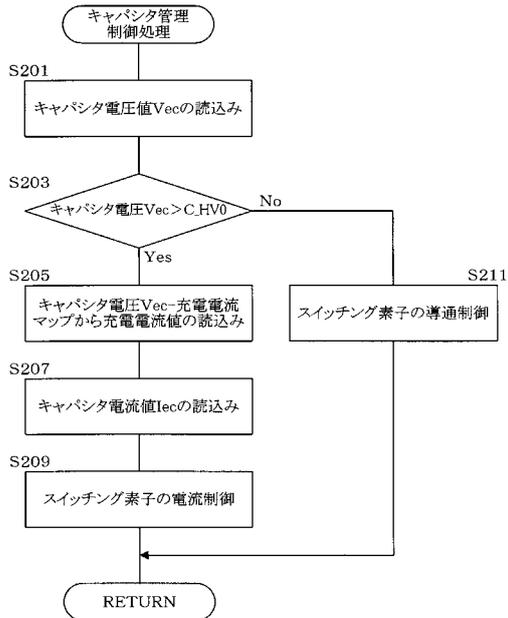


【図4】

電圧範囲	電流値
C_LV0~C_LV1	C_CC1
C_LV1~C_LV2	C_CC2
C_LV2~C_LV3	C_CC3

↑ 電圧大
↓ 電流大

【図5】

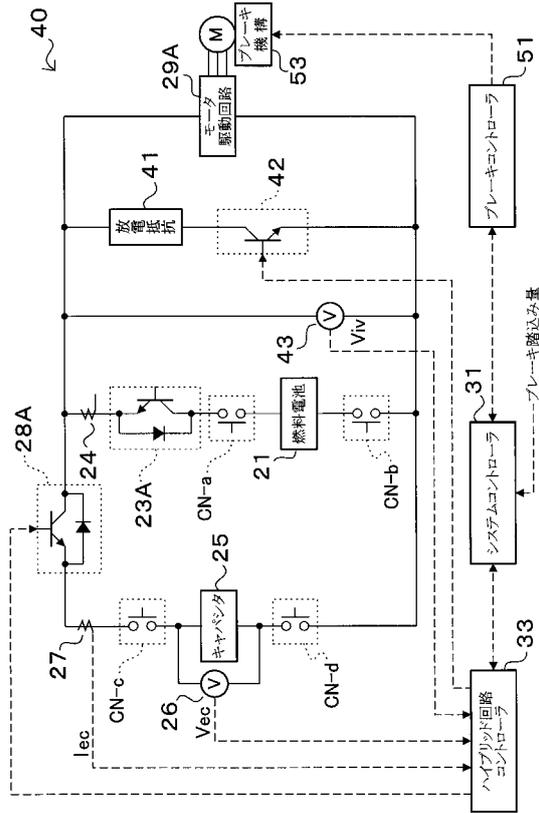


【図6】

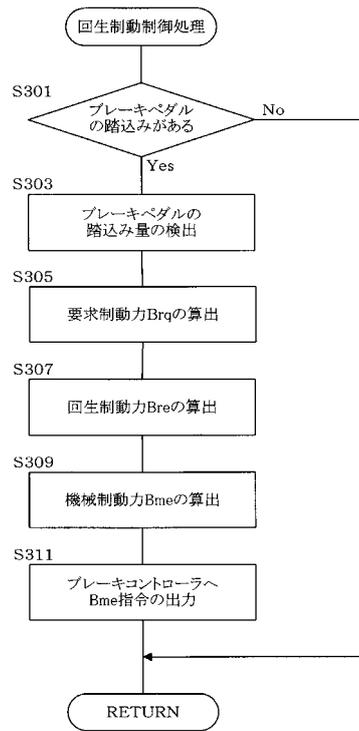
電圧範囲	電流値
C_HV0~C_HV1	C_CC4
C_HV1以上	C_CC5

↓ 電圧大
↑ 電流大

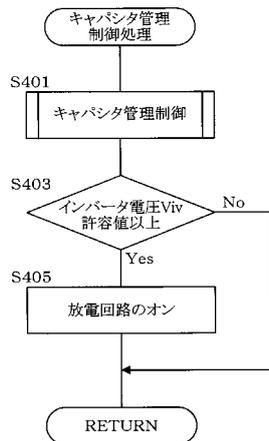
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

- (72)発明者 安藤 正夫
東京都千代田区外神田2丁目19番12号 株式会社エクス・リサーチ内
- (72)発明者 堀口 宗久
東京都千代田区外神田2丁目19番12号 株式会社エクス・リサーチ内
- (72)発明者 石川 哲浩
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 杉浦 浩
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 守安 太郎

- (56)参考文献 特開2001-357865(JP,A)
特開2001-325977(JP,A)
特開平08-130805(JP,A)
特開平10-271706(JP,A)
特開平06-124720(JP,A)
特開平08-214452(JP,A)
特開平07-264715(JP,A)
特開2003-187816(JP,A)
特開2002-305011(JP,A)
特開2003-199213(JP,A)
特開平06-253409(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 8/04
H01M 8/00
B60L 11/18
H02J 1/00、7/00