

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5404214号
(P5404214)

(45) 発行日 平成26年1月29日 (2014. 1. 29)

(24) 登録日 平成25年11月8日 (2013. 11. 8)

(51) Int. Cl.

F 1

H O 1 M 8/04 (2006. 01)

H O 1 M 8/04 X

H O 1 M 8/00 (2006. 01)

H O 1 M 8/00 A

B 6 O L 11/18 (2006. 01)

H O 1 M 8/04 P

H O 1 M 8/10 (2006. 01)

B 6 O L 11/18 G

H O 1 M 8/10

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2009-156289 (P2009-156289)
 (22) 出願日 平成21年6月30日 (2009. 6. 30)
 (65) 公開番号 特開2011-14322 (P2011-14322A)
 (43) 公開日 平成23年1月20日 (2011. 1. 20)
 審査請求日 平成24年2月2日 (2012. 2. 2)

(73) 特許権者 000005326
 本田技研工業株式会社
 東京都港区南青山二丁目1番1号
 (74) 代理人 100077665
 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 100149261
 弁理士 大内 秀治
 (72) 発明者 飯野 友嘉
 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

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】

水素と酸化剤ガスからなる反応ガスを供給する反応ガス供給装置と、
 前記反応ガスにより発電し、電極触媒として白金を用いた固体高分子型の燃料電池と、
 前記燃料電池の発電出力により駆動される負荷と、
 前記反応ガス供給装置から前記燃料電池へ前記反応ガスの供給を開始するとき、前記燃料電池の目標発電出力を決定する目標発電出力決定部と、
 前記燃料電池の前記発電出力を調整する発電出力調整部と、
 を備える燃料電池システムにおいて、
 前記反応ガス供給装置が前記反応ガスの供給を停止していて、前記発電出力調整部が前記燃料電池から前記負荷への前記発電出力をゼロに調整している状態から、前記反応ガス供給装置が前記反応ガスの供給を開始し、前記発電出力調整部が前記燃料電池の前記発電出力を、前記目標発電出力決定部で決定された前記目標発電出力に一致させる過程を有し、
 前記過程で、
 前記燃料電池の発電電圧の波形が、前記発電電圧の指令電圧の波形に倣って、
 前記燃料電池の前記白金の溶出を招く劣化促進電位を超える領域である劣化促進領域に入る前まで上昇し、前記劣化促進領域内では前記劣化促進領域に入る前までの前記上昇より緩やかに上昇しているとともに、
 前記燃料電池から流れ出す発電電流の波形が、

10

20

前記発電出力をゼロに調整して前記発電電流がゼロになっている状態から前記目標発電出力に対応する目標電流を超えて上昇した後、前記目標電流に向かって下降していることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】

請求項 1 記載の燃料電池システムにおいて、

前記反応ガス供給装置は、前記燃料電池の前記目標発電出力に応じて前記反応ガスを供給する

ことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の燃料電池システムにおいて、

前記劣化促進領域内では前記劣化促進領域に入る前までの前記上昇する速度より遅い速度で上昇する際、前記発電電圧の電圧上昇率が徐々に低下している

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、

前記目標発電出力決定部で決定された前記目標発電出力に一致させる過程に、前記負荷が要求する負荷要求電力が増大したとき、

前記目標発電出力決定部は、前記負荷要求電力の増大に追従させて前記目標発電出力を増大させる

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、

前記燃料電池に並列に蓄電装置を備え、

前記発電出力調整部は、前記蓄電装置側に配置されたコンバータであり、

前記コンバータは、前記燃料電池の電流・電圧特性を利用して前記発電電圧を調整することで前記発電電流の前記波形を調整する

ことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システムにおいて、

前記反応ガス供給装置の前記反応ガスの供給開始と、

前記燃料電池から流れ出す発電電流の波形が、前記発電出力をゼロに調整して前記発電電流がゼロになっている状態からの上昇開始と、が同時である

ことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 7】

水素と酸化剤ガスからなる反応ガスにより発電し、電極触媒として白金を用いた固体高分子型の燃料電池と、

前記燃料電池の発電出力により駆動される負荷と、

アイドル停止状態から復帰するとき、前記燃料電池の目標発電出力を決定する目標発電出力決定部と、

前記燃料電池の前記発電出力を調整する発電出力調整部と、

を備える燃料電池システムにおいて、

前記燃料電池システムが前記アイドル停止状態から復帰する際、前記発電出力調整部が前記燃料電池の前記発電出力を、前記目標発電出力決定部で決定された前記目標発電出力に一致させる過程を有し、

前記過程で、

前記燃料電池の発電電圧の波形が、前記発電電圧の指令電圧の波形に倣って、

前記燃料電池の前記白金の溶出を招く劣化促進電位を超える領域である劣化促進領域に入る前まで上昇し、前記劣化促進領域内では前記劣化促進領域に入る前までの前記上昇より緩やかに上昇しているとともに、

前記燃料電池から流れ出す発電電流の波形が、前記目標発電出力に対応する目標電流を

10

20

30

40

50

超えて上昇した後、前記目標電流に向かって下降している

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、それぞれが反応ガスである燃料ガスと酸化剤ガスとを反応させて発電を行う燃料電池の劣化が抑制されるように制御された燃料電池システムに関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、固体高分子型燃料電池は、高分子イオン交換膜からなる電解質膜（固体高分子電解質膜）の両側にそれぞれアノード電極（燃料極）及びカソード電極（酸化剤極）を設けた電解質膜・電極構造体を、一対のセパレータによって挟んで保持することで、アノード電極とセパレータとの間に燃料ガス流路が形成される一方、カソード電極とセパレータとの間に酸化剤ガス流路が形成される。

【0003】

燃料電池は、通常、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挟んで保持して構成される燃料電池セル（以下、単にセルという。）を、複数積層させて一体化させたスタック構造として使用されている。

【0004】

このように構成される燃料電池では、アイドル停止状態等の燃料電池の発電停止状態においては、燃料電池に対する反応ガスの供給が停止され、セルの発電電圧が低くなっている。

【0005】

アイドル停止状態中に、負荷の要求電力が発生したとき、通常発電状態に復帰させるために、エアポンプを駆動して酸化剤ガスの供給を開始するとともに高圧水素の水素供給弁を開弁して水素の供給を開始する。

【0006】

このとき、セル電圧が急激に上昇するが、このセル電圧が劣化促進電位、例えば、0.7[V]程度を上回ると、燃料電池の劣化が促進されることが知られている（特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2006-309971号公報（[0006]、[0047]）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

燃料電池の劣化が促進されることを回避するために、特許文献1に係る技術では、アイドル停止状態からアイドル状態への移行時に、燃料電池のセル電圧が上述した劣化促進電位を上回らないように、取り出し電流（発電電流）を増大させている。

【0009】

しかしながら、この特許文献1に係る技術では、セル電圧が劣化促進電位を上回らないように制御する際に、酸化剤ガスのストイキ比（供給流量/消費流量）を低下させて発電を行うようにしたことを原因として、負荷の要求電力がアイドル状態からさらに増加したとき、燃料電池から負荷に対してその要求電力に応じた発電電力を即応して供給することができないという問題がある。

【0010】

また、ストイキ比を低下させた状態で、換言すれば、発電効率を低下させた状態で発電を継続すると、燃料を無駄に消費してしまうという問題もある。

【0011】

10

20

30

40

50

この発明は、上記の課題を考慮してなされたものであり、始動時やアイドル停止状態からの復帰を含む燃料電池の発電開始時に、燃料電池の劣化の促進を抑制するとともに、負荷の要求電力に即応した発電電力を発生し、且つ発電効率の低下を最小限に抑制することを可能とする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】

【0012】

この発明に係る燃料電池システムは、水素と酸化剤ガスからなる反応ガスを供給する反応ガス供給装置と、前記反応ガスにより発電し、電極触媒として白金を用いた固体高分子型の燃料電池と、前記燃料電池の発電出力により駆動される負荷と、前記反応ガス供給装置から前記燃料電池へ前記反応ガスの供給を開始するとき、前記燃料電池の目標発電出力を決定する目標発電出力決定部と、前記燃料電池の前記発電出力を調整する発電出力調整部と、を備える燃料電池システムにおいて、以下の特徴(1)～(6)を備える。

10

【0013】

(1) 前記反応ガス供給装置が前記反応ガスの供給を停止していて、前記発電出力調整部が前記燃料電池から前記負荷への前記発電出力をゼロに調整している状態から、前記反応ガス供給装置が前記反応ガスの供給を開始し、前記発電出力調整部が前記燃料電池の前記発電出力を、前記目標発電出力決定部で決定された前記目標発電出力に一致させる過程を有し、前記過程で、前記燃料電池の発電電圧の波形が、前記発電電圧の指令電圧の波形に倣って、前記燃料電池の前記白金の溶出を招く劣化促進電位を超える領域である劣化促進領域に入る前まで上昇し、前記劣化促進領域内では前記劣化促進領域に入る前までの前記上昇より緩やかに上昇しているとともに、前記燃料電池から流れ出す発電電流の波形が、前記発電出力をゼロに調整していて前記発電電流がゼロになっている状態から前記目標発電出力に対応する目標電流を超えて上昇した後、前記目標電流に向かって下降していることを特徴とする。

20

【0014】

上記特徴(1)を備える発明によれば、燃料電池への反応ガスの供給を停止していて、前記燃料電池から前記負荷への前記発電出力をゼロに調整している状態から、前記燃料電池に前記反応ガスの供給を開始したとき、前記燃料電池から流れ出す発電電流の波形が、前記発電出力をゼロに調整していて前記発電電流がゼロになっている状態から前記目標発電出力に対応する目標電流を超えて上昇した後、前記目標電流に向かって下降しているので負荷の要求電力に即応して発電電力が発生し、前記燃料電池の発電電圧の波形が、前記燃料電池の劣化促進電位を上回る劣化促進領域に入る前まで上昇し、前記劣化促進領域内では前記劣化促進領域に入る前までの前記上昇より緩やかに上昇しているので、燃料電池の劣化の促進が抑制され、且つ反応ガスを供給する際に従来技術のように制限していないので、ストイキ比が確保されて発電効率の低下を最小限に抑制することができる。

30

【0015】

(2) 上記の特徴(1)を備える発明において、前記反応ガス供給装置は、前記燃料電池の前記目標発電出力に応じて前記反応ガスを供給するようにしているので、反応ガスの供給に伴う騒音の発生に違和感がない。

【0016】

40

(3) 上記の特徴(1)又は(2)を備える発明において、前記劣化促進領域内では前記劣化促進領域に入る前までの前記上昇する速度より遅い速度で上昇する際、前記発電電圧の電圧上昇率が徐々に低下しているので、触媒の溶出が防止され、燃料電池の劣化が防止される。

【0017】

(4) 上記の特徴(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、前記目標発電出力決定部で決定された前記目標発電出力に一致させる過程に、前記負荷が要求する負荷要求電力が増大したとき、前記目標発電出力決定部は、前記負荷要求電力の増大に追従させて前記目標発電出力を増大させるようにしているので、負荷の要求電力に即応して対応できる。

50

【 0 0 1 8 】

(5) 上記の特徴 (1) ~ (4) のいずれかを有する発明において、前記燃料電池に並列に蓄電装置を備え、前記発電出力調整部は、前記蓄電装置側に配置されたコンバータであり、前記コンバータは、前記燃料電池の電流・電圧特性を利用して前記発電電圧を調整することで前記発電電流の前記波形を調整するようにしているので、劣化促進領域での発電電圧の緩やかな上昇を正確に制御できる。

【 0 0 1 9 】

(6) 上記の特徴 (1) ~ (5) のいずれかを有する発明において、前記反応ガス供給装置の前記反応ガスの供給開始と、前記燃料電池から流れ出す発電電流の波形が、前記発電出力をゼロに調整して前記発電電流がゼロになっている状態からの上昇開始と、が同時であるので、反応ガスの供給開始時において発電電位が急激に高電位になることが抑制され燃料電池の劣化を防止することができる。

また、この発明に係る燃料電池システムは、水素と酸化剤ガスからなる反応ガスにより発電し、電極触媒として白金を用いた固体高分子型の燃料電池と、前記燃料電池の発電出力により駆動される負荷と、アイドル停止状態から復帰するとき、前記燃料電池の目標発電出力を決定する目標発電出力決定部と、前記燃料電池の前記発電出力を調整する発電出力調整部と、を備える燃料電池システムにおいて、前記燃料電池システムが前記アイドル停止状態から復帰する際、前記発電出力調整部が前記燃料電池の前記発電出力を、前記目標発電出力決定部で決定された前記目標発電出力に一致させる過程を有し、前記過程で、前記燃料電池の発電電圧の波形が、前記発電電圧の指令電圧の波形に倣って、前記燃料電池の前記白金の溶出を招く劣化促進電位を超える領域である劣化促進領域に入る前まで上昇し、前記劣化促進領域内では前記劣化促進領域に入る前までの前記上昇より緩やかに上昇しているとともに、前記燃料電池から流れ出す発電電流の波形が、前記目標発電出力に対応する目標電流を超えて上昇した後、前記目標電流に向かって下降していることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 2 0 】

この発明によれば、燃料電池の発電電圧の波形が、前記燃料電池の劣化促進電位を上回る劣化促進領域に入る前まで上昇し、前記劣化促進領域内では前記劣化促進領域に入る前までの前記上昇より緩やかに上昇しているので、燃料電池の劣化の促進が抑制され、且つ反応ガスを供給する際に従来技術のように制限していないので、ストイキ比が確保されて発電効率の低下を最小限に抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図 1】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の概略全体構成図である。

【図 2】上記実施形態に係る電力分配装置を構成する DC / DC コンバータの詳細な構成例を示す回路図である。

【図 3】燃料電池の発電電流・発電電圧特性図である。

【図 4】燃料電池車両（燃料電池システム）の状態遷移説明図である。

【図 5】エアポンプ駆動量指令値算出用のフローチャートである。

【図 6】アイドル停止復帰時における電圧上昇量抑制制御処理のフローチャートである。

【図 7】燃料電池システムが緩やかな加速でアイドル停止から復帰したときのタイムチャートである。

【図 8】電圧加算量テーブルの説明図である。

【図 9】電圧上昇量可変制御処理を説明するタイムチャートである。

【図 10】燃料電池システムが急な加速でアイドル停止から復帰したときのタイムチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

以下、この発明の一実施形態について図面を参照しながら説明する。

【 0 0 2 3 】

1. 全体的な構成の説明

[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 1 2 (以下「 F C システム 1 2 」ともいう。)を搭載した燃料電池車両 1 0 (以下「 F C 車両 1 0 」ともいう。)の概略全体構成図である。

【 0 0 2 4 】

この F C 車両 1 0 は、 F C システム 1 2 に加え、走行用のモータ 1 4 と、インバータ 1 6 とを有する。 F C システム 1 2 は、第 1 の電源としての燃料電池ユニット 1 8 (以下「 F C ユニット 1 8 」という。)と、第 2 の電源としてのバッテリー 2 0 と、電力分配装置 2 2 と、電子制御装置 2 4 (以下「 E C U 2 4 」ともいう。)と、を有する。

10

【 0 0 2 5 】

[駆動系]

モータ 1 4 は、 F C ユニット 1 8 及びバッテリー 2 0 から供給される電力に基づいて駆動力を生成し、当該駆動力によりトランスミッション 2 6 を通じて車輪 2 8 を回転させる。なお、前記電力は、ドライバによるアクセルペダル(不図示)の操作量を検出するアクセル開度センサ 1 0 4 の出力であるアクセル開度 a_p に応じた電力に対応する。

【 0 0 2 6 】

また、モータ 1 4 は、回生を行うことで生成した電力をバッテリー 2 0 に出力する。回生電力は、図示しない補機に対して出力してもよい。

20

【 0 0 2 7 】

インバータ 1 6 は、3相フルブリッジ型の構成とされて、直流 / 交流変換を行い、直流を3相の交流に変換してモータ 1 4 に供給する一方、回生動作に伴う交流 / 直流変換後の直流を電力分配装置 2 2 を通じてバッテリー 2 0 等に供給する。

【 0 0 2 8 】

なお、モータ 1 4 とインバータ 1 6 を併せて負荷 3 0 という。

【 0 0 2 9 】

[F C ユニット 1 8]

F C ユニット 1 8 の燃料電池 3 2 (以下「 F C 3 2 」ともいう。)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を積層したスタック構造にされている。 F C 3 2 には、高圧の水素タンク 3 4 とエアポンプ 3 6 が流路 3 8、4 0 を通じて接続されており、水素タンク 3 4 からは一方の反応ガスである水素(燃料ガス)が、エアポンプ 3 6 からは他方の反応ガスである圧縮空気(酸化剤ガス)が供給される。水素タンク 3 4 及びエアポンプ 3 6 から F C 3 2 に供給された水素と空気が F C 3 2 内で電気化学反応を起こすことにより発電が行われ、発電電力(F C 電力 P_{fc}) [W] がモータ 1 4 とバッテリー 2 0 に供給される。 F C 3 2 の発電電圧(以下「 F C 電圧 V_{fc} 」という。) [V] は、電圧センサ 4 2 により検出され、 F C 3 2 の発電電流(以下「 F C 電流 I_{fc} 」という。) [A] は、電流センサ 4 4 により検出され、それぞれ E C U 2 4 に出力される。また、 F C 3 2 を構成する各セルの発電電圧(以下「セル電圧 V_{cell} 」という。) [V] は、電圧センサ 4 6 により検出され、 E C U 2 4 に出力される。

30

40

【 0 0 3 0 】

水素タンク 3 4 と F C 3 2 とを結ぶ流路 3 8 には、ノーマルクローズタイプのレギュレータ 5 0 が設けられている。このレギュレータ 5 0 には、エアポンプ 3 6 と F C 3 2 とを結ぶ流路 4 0 から分岐した流路 5 2 が連結されており、エアポンプ 3 6 からの圧縮空気が供給される。レギュレータ 5 0 は、供給された圧縮空気を信号圧とし該信号圧の圧力に比例して弁の開度を変化させ、 F C 3 2 に供給する水素の流量を調整する。すなわち、 F C 3 2 に供給される水素のストイキ比は、 F C 3 2 に供給される圧縮空気である酸化剤ガスのストイキ比に応じて変化するように構成されている。

50

【 0 0 3 1 】

F C 3 2 の出口側に設けられた水素用の流路 5 4 には開閉弁 5 8 が設けられ、空気用の流路 5 6 には、出口側の空気の圧力を調整する背圧制御弁 6 0 が設けられている。また、水素用の入口側の流路 3 8 と出口側の流路 5 4 とを結ぶ流路 6 2 が設けられている。F C 3 2 から排出された水素は、この流路 6 2 を介して F C 3 2 の入口側に戻される。出口側の流路 5 6 には、圧力センサ 6 6 が設けられ、その検出値（圧力値）は、E C U 2 4 に出力される。

【 0 0 3 2 】

[バッテリ 2 0]

バッテリ 2 0 は、蓄電装置（エネルギーストレージ）であり、例えばリチウムイオン 2 次電池又はキャパシタ等を利用することができる。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。バッテリ 2 0 の出力電圧（以下「バッテリ電圧 V_{bat} 」という。）[V] は、電圧センサ 7 0 により検出され、バッテリ 2 0 の入出力電流（以下「バッテリ電流 I_{bat} 」という。）[A] は、電流センサ 7 2 により検出され、それぞれ E C U 2 4 に出力される。

10

【 0 0 3 3 】

[電力分配装置 2 2]

電力分配装置 2 2 は、F C ユニット 1 8 からの F C 電力 P_{fc} と、バッテリ 2 0 から供給された電力（以下「バッテリ電力 P_{bat} 」という。）[W] と、モータ 1 4 からの再生電力 P_{reg} との供給先を制御する。

20

【 0 0 3 4 】

図 2 は、電力分配装置 2 2 の詳細な構成例を示している。図 2 に示すように、電力分配装置 2 2 は、一方がバッテリ 2 0 のある 1 次側 1 S に接続され、他方が負荷 3 0 と F C 3 2 との接続点である 2 次側 2 S に接続された D C / D C コンバータである電圧制御ユニット 8 0 （以下「V C U 8 0 」という。）を有する。

【 0 0 3 5 】

V C U 8 0 は、1 次側 1 S の電圧（1 次電圧 V_1 ）[V] を 2 次側 2 S の電圧（2 次電圧 V_2 ）[V]（ $V_1 > V_2$ ）に昇圧するとともに、2 次電圧 V_2 を 1 次電圧 V_1 に降圧する昇降圧型且つチョッパ型の電圧変換装置である。なお、この実施形態において、制御しようとする電圧は、2 次電圧 V_2 のみであり、以下、V C U 指令電圧 V_{2com} は、2 次電圧 V_2 の指令電圧を意味する。また、この実施形態においては、逆方向阻止ダイオード 1 3 の順方向電圧は、F C 電圧 V_{fc} に比較してきわめて低いので無視し、F C 電圧 V_{fc} が 2 次電圧 V_2 に等しいものとする（ $V_{fc} = V_2$ ）。

30

【 0 0 3 6 】

図 2 に示すように、V C U 8 0 は、1 次側 1 S と 2 次側 2 S との間に配される相アーム U A と、リアクトル 8 1 とから構成される。

【 0 0 3 7 】

相アーム U A は、上アーム素子（上アームスイッチング素子 8 2 とダイオード 8 4 ）と下アーム素子（下アームスイッチング素子 8 6 とダイオード 8 8 ）とで構成される。

【 0 0 3 8 】

上アームスイッチング素子 8 2 と下アームスイッチング素子 8 6 には、それぞれ例えば M O S F E T 又は I G B T 等が採用される。

40

【 0 0 3 9 】

リアクトル 8 1 は、相アーム U A の中点（共通接続点）とバッテリ 2 0 の正極との間に挿入され、V C U 8 0 により 1 次電圧 V_1 と 2 次電圧 V_2 との間で電圧を変換する際に、エネルギーを放出及び蓄積する作用を有する。

【 0 0 4 0 】

上アームスイッチング素子 8 2 は、E C U 2 4 から出力されるゲート駆動信号（駆動電圧）U H のハイレベルによりオンにされ、下アームスイッチング素子 8 6 は、ゲートの駆動信号（駆動電圧）U L のハイレベルによりオンにされる。なお、E C U 2 4 は、1 次側

50

の平滑コンデンサ 92 に並列に設けられた電圧センサ 70 により 1 次電圧 V_1 を検出し、電流センサ 72 により 1 次電流 I_1 を検出し、2 次側の平滑コンデンサ 98 に並列に設けられた電圧センサ 96 により 2 次電圧 V_2 を検出し、電流センサ 100 により 2 次電流 I_2 を検出する。

【0041】

なお、図 2 の VCU80 は、バッテリー電圧 V_{bat} が FC 電圧 V_{fc} より低い場合 ($V_{bat} < V_{fc}$) であるのでバッテリー 20 側に配置した例を示しているが、FC 電圧 V_{fc} がバッテリー電圧 V_{bat} より低い場合 ($V_{fc} < V_{bat}$) には、VCU80 は、FC 32 側に配置すればよい。

【0042】

10

[ECU24]

ECU24 は、通信線 102 を介して、モータ 14、インバータ 16、FC ユニット 18、バッテリー 20 及び電力分配装置 22 を制御する。当該制御に際しては、メモリ (ROM) に格納されたプログラムを実行し、また、実行に際し、電圧センサ 42、46、70、96、電流センサ 44、72、100、圧力センサ 66、アクセル開度センサ 104、車速センサ 106、及びブレーキペダルセンサ 108 等の各種センサの検出値を用いる。ECU24 は、マイクロコンピュータを含み、必要に応じて、タイマ、A/D 変換器、D/A 変換器等の入出力インタフェースを有する。なお、ECU24 は、1 つの ECU のみからなるのではなく、モータ 14、FC ユニット 18、バッテリー 20 及び電力分配装置 22 毎の複数の ECU から構成することもできる。

20

【0043】

ECU24 は、FC 32 の状態、バッテリー 20 の状態、及びモータ 14 の状態の他、各種スイッチ及び各種センサからの入力 (負荷要求) に応じた要求電力に対応する負荷電流 (この実施形態では、負荷 30 の電流 I_m とする。) を決定し、負荷電流 I_m を VCU80 の通過電流である 2 次電流 I_2 (ここでは、バッテリー 20 からの供給電流又はバッテリー 20 への充電電流である 1 次電流 I_1 に等しいものとする。) と発電電流 I_{fc} に分配し、FC 32 が目標電流 I_{fctar} である発電電流 I_{fc} を流し出すための発電電圧 V_{fc} を、図 3 の FC 32 の電流・電圧特性 (マップ、関数) 200 を参照して決定し、VCU 目標電圧 V_{fctar} の VCU 指令電圧 V_{2com} として算出する。

【0044】

30

ECU24 は、VCU80 の 2 次電圧 V_2 が VCU 指令電圧 V_{2com} (この場合、VCU 目標電圧 V_{fctar}) となるように上アームスイッチング素子 82 及び下アームスイッチング素子 86 の駆動デューティをフィードフォワード・フィードバック制御する。

【0045】

2. 本実施形態の制御

燃料電池車両 10 における FC システム 12 は、図 4 の状態遷移説明図に示すように、例えば FC 車両 10 が走行中である ECU24 による通常発電状態 NS の制御中において、ECU24 が、アクセル開度センサ 104 により検出されるアクセル開度がゼロ値 (図示しないアクセルペダルが解放状態) であって、車速センサ 106 により検出される車速がゼロ値、さらにブレーキペダルセンサ 108 により検出される図示しないブレーキペダルを踏んでいるか否かの有無が有 (ブレーキペダルが踏まれている。) を検出したとき、通常発電状態 NS の制御からアイドル停止状態 IS の制御に遷移する。

40

【0046】

また、アイドル停止状態 IS の制御中において、ブレーキペダルセンサ 108 によりブレーキペダルが踏まれなくなったことを検出したとき、さらには、図示しないアクセルペダルがドライバにより踏まれてアクセル開度がゼロ値を上回ったとき、アイドル停止状態 IS の制御からアイドル停止復帰状態 RS の制御に遷移する。

【0047】

このアイドル停止復帰状態 RS の制御中において、FC 電圧 V_{fc} が目標電流 I_{fc} に対応する VCU 指令電圧 V_{2com} に一致したとき、アイドル停止復帰状態 RS の制御が

50

ら通常発電状態 N S の制御に遷移する。

【 0 0 4 8 】

図 5 は、エアポンプ指令算出部として機能する E C U 2 4 のエアポンプ 3 6 に対するエアポンプ駆動量指令値 A p c o m の算出処理のフローチャートを示している。

【 0 0 4 9 】

エアポンプ 3 6 の駆動は、ステップ S 1 において、F C システム 1 2 (F C 車両 1 0) がアイドル停止状態 I S の制御中であるかどうかにより判定され、アイドル停止状態 I S の制御中である場合には、ステップ S 2 において、エアポンプ 3 6 に対するエアポンプ駆動量指令値 A p c o m がゼロ値とされる (エアポンプ駆動量指令値 A p c o m = 0) 。一方、ステップ S 1 の判定において、アイドル停止状態 I S の制御中でない場合には、通常
10 発電状態の制御中又はアイドル停止復帰状態の制御中であると判定される。この場合、ステップ S 3 において、エアポンプ駆動量指令値 A p c o m が F C 目標電流 I f c t a r に対応した圧縮空気の圧力値 A p c o m (I f c t a r) が指令値に設定される { A p c o m = A p c o m (I f c t a r) } 。なお、F C 目標電流 I f c t a r に対応した圧縮空気の圧力値 A p c o m (I f c t a r) は、予めマップあるいは計算式として E C U 2 4 のメモリ (記憶部) に格納してある。

【 0 0 5 0 】

次に、アイドル停止復帰状態 R S の制御時に、F C 3 2 の発電電圧 V f c の上昇率を所定条件のもとに抑制する電圧制御処理について、図 6 のフローチャートを参照して説明する。
20

【 0 0 5 1 】

理解の容易化のために、まず、F C 車両 1 0 (F C システム 1 2) は、アイドル停止状態 I S の制御中であるものとする。

【 0 0 5 2 】

そこで、ステップ S 1 1 において、アイドル停止復帰状態 R S での発電電圧 V f c (2 次電圧 V 2) の電圧制御中であるか否かが判定される。

【 0 0 5 3 】

ステップ S 1 1 の判定は否定的となるので、アイドル停止状態 I S 又は通常発電状態 N S での制御中と判定される。

【 0 0 5 4 】

次いで、ステップ S 1 2 において、通常発電状態 N S での制御中であるか否かが判定される。アイドル停止状態 I S の制御中であるので、ステップ S 1 2 の判断は否定的となる。
30

【 0 0 5 5 】

次いで、ステップ S 1 3 において、アイドル停止状態 I S の制御からアイドル停止復帰状態 R S の制御に遷移したかが判断される。アイドル停止状態 I S の制御中であるので、ステップ S 1 3 の判断は否定的となる。

【 0 0 5 6 】

次に、ステップ S 1 4 において、アイドル停止状態 I S の制御中には、V C U 指令電圧 V 2 c o m が所定の放電電圧 V d i s とされる。ここで、放電電圧 V d i s は、放電セル
40 電圧 V c e l l d i s が V c e l l d i s = 0 . 4 [V] 程度に設定される。この実施形態において、セル数を 5 0 0 個とすれば、放電電圧 V d i s は、V d i s = 2 0 0 [V] とされる。なお、この放電電力は、バッテリー 2 0 に充電される。このとき、既にエアポンプ駆動量指令値 A p c o m はゼロ値になっていて、反応ガスの供給が停止されているため、バッテリー 2 0 に充電される電力量は、数 k W 程度である。

【 0 0 5 7 】

次いで、ステップ S 1 5 において、アイドル停止中フラグ F i s を F i s = 1 にセットする。

【 0 0 5 8 】

次いで、ステップ S 1 6 において、V C U 指令電圧 V 2 c o m 、この場合、V 2 c o m
50

= V_{dis} を V_{CU} 指令電圧 V_{2com} の前回値として保持する。

【0059】

再び、ステップ S_{11} において、アイドル停止復帰状態 RS での発電電圧 V_{fc} (2次電圧 V_2) の電圧制御中であるか否かが判定される。

【0060】

今回は、図7の(e)の時点 t_1 に示すように、アクセル開度センサ 104 により時点 t_0 から時点 t_1 までの緩やかな加速を行うアクセルペダルの踏み込み操作がアクセル開度 a_p として検出されたものとする。なお、時点 $t_0 \sim t_1$ の FC_{32} が駆動されていない間では、バッテリー 20 から要求電力に対応する負荷電流 I_m が供給されるように ECU_{24} により制御される。

10

【0061】

そうすると、ステップ S_{11} の判定は、肯定的となりアイドル停止復帰状態 RS での発電電圧 V_{fc} (2次電圧 V_2) の電圧制御中とされる。

【0062】

このとき、図5のフローチャート中のステップ S_1 の判定が否定的となるので、ステップ S_3 において、アクセル開度 a_p の負荷要求に応じて FC 目標電流 I_{fctar} が算出され、算出された FC 目標電流 I_{fctar} に応じてエアポンプ駆動量指令値 A_{pcm} が算出され、時点 t_1 において、このエアポンプ駆動量指令値 A_{pcm} に応じてエアポンプ 36 が駆動される{図7の(c)の時点 t_1 参照}。なお、この時点 t_1 で、 FC 目標電流 I_{fctar} に対応した FC 目標電圧 V_{fctar} が算出されるが、 V_{CU} 指令電圧 V_{2com} は、以下に説明する電圧変化過程で、最終的に FC 目標電圧 V_{fctar} に設定される。

20

【0063】

次いで、ステップ S_{13} において、アイドル停止状態 IS の制御からアイドル停止復帰状態 RS の制御に遷移したか否かの判定が肯定的とされ、ステップ S_{17} において、アイドル停止中フラグ F_{is} が $F_{is} = 1$ であるか否かが判定される。

【0064】

このとき、 $F_{is} = 1$ となっているので、アイドル停止復帰状態 RS の制御への直後の状態と判定され、ステップ S_{18} において、アイドル停止復帰状態 RS の制御に遷移した最初の V_{CU} 指令電圧 V_{2com} が設定される。

30

【0065】

このときの V_{CU} 指令電圧 V_{2com} は、電圧が減少中である場合の現時点での FC 電圧(復帰時初期電圧) V_{fc} 、又は電圧が $V_{2com} = V_{dis}$ まで減少していた場合には、 V_{CU} 指令電圧 V_{2com} の前回値、すなわち $V_{2com} = V_{dis}$ のいずれか大きい方の値に設定される。なお、同時に、このステップ S_{18} において、アイドル停止中フラグ F_{is} が $F_{is} = 0$ にリセットされる。

【0066】

次いで、ステップ S_{16} において、ステップ S_{18} で設定された V_{CU} 指令電圧 V_{2com} が前回値として設定される。

【0067】

40

次いで、ステップ S_{11} (YES)、ステップ S_{13} (YES) の判定の後、ステップ S_{17} の判定が否定的となり、ステップ S_{19} にて、 V_{CU} 指令電圧 V_{2com} の前回値にて電圧上昇可変制御を行うための図8に示す電圧加算量テーブル 202 が参照されて、電圧加算量が算出される。

【0068】

電圧加算量テーブル 202 は、 FC_{32} の劣化を抑制するためのテーブルであり、 FC_{32} は、単位時間当たりの電圧変化率 $[V/s]$ が大きい場合、具体的には、発電電圧 V_{fc} が劣化促進電位 V_{det} (この実施形態では、 $V_{det} = 350 [V]$) 以上の劣化促進領域では、換言すれば、セル電圧 $V_{detcell} = 0.7 [V]$ 以上の劣化促進領域では、セル電圧 V_{cell} の電圧変化率を、 $10 [mV/s]$ 以下の値に制限する必要

50

がある。そのため、制御毎に更新される発電電圧 V_{fc} の電圧加算量を $2 [V]$ にしている。

【0069】

また、発電電圧 V_{fc} が劣化電位 $V_{th} \sim V_{det}$ (この実施形態では、 $301 [V] \sim 350 [V]$)、セル電圧 V_{cell} では、 $V_{thcell} \sim V_{detcell} = 0.6 [V] \sim 0.7 [V]$ の範囲でのセル電圧 V_{cell} の電圧変化率は、 $10 [mV/s]$ 程度の値に制限する必要がある。そのため、制御毎に更新される発電電圧 V_{fc} の電圧加算量を $5 [V]$ にしている。

【0070】

さらに、発電電圧 V_{fc} が非劣化電位 $0 \sim V_{dis} \sim V_{th}$ (この実施形態では、 $0 [V] \sim 200 [V] \sim 300 [V]$)、セル電圧 V_{cell} では、 $0 \sim V_{discell} \sim V_{thcell}$ ($0 [V] \sim 0.4 [V] \sim 0.6 [V]$) の範囲での電圧変化率は、制限する必要がある。そのため、制御毎に更新される電圧加算量を $10 [V]$ にしている。

【0071】

次いで、ステップ $S20$ において、 VCU 指令電圧 $V2com$ の前回値に算出された電圧加算量が加算されて新たな VCU 指令電圧 $V2com$ に設定される。

【0072】

このアイドル停止復帰状態 RS の電圧上昇可変制御は、図7の時点 $t1 \sim t2$ の間で実行され、その間、ステップ $S11$ (YES)、ステップ $S13$ (YES)、ステップ $S17$ (NO)、ステップ $S19$ 、ステップ $S20$ 、及びステップ $S16$ の処理を繰り返す。

【0073】

図9は、時点 $t1 \sim t2$ の間でのセル電圧 V_{cell} の変化を示している。時点 $t1$ からエアポンプ駆動量指令値 $Apcom$ を要求電力に対応する目標発電電流 I_{fctar} が取れる値に設定しているのので、反応ガスが概ね図9の(c)の波形に対応して供給される。そして、発電電圧 V_{fc} の低い領域の閾値電位 V_{th} までは VCU 指令電圧 $V2com$ の電圧上昇量を大きくしているので、ストイキ不足が解消されて時点 $t1$ 後のセル電圧 V_{cell} の低下量を最小限にすることができ、一方、閾値電位 V_{th} を上回る発電電圧 V_{fc} の高い領域では、電圧上昇量を小さくするようにしているので、 $FC32$ の劣化を抑制することができる。

【0074】

図7の(d)の時点 $t2$ に示すように、 FC 電流 I_{fc} (FC 実電流) がステップ $S3$ で算出した FC 目標電流 I_{fctar} となった時点、換言すれば、図7の(b)の時点 $t2$ に示すように、 VCU 指令電圧 $V2com$ と略比例して変化する FC 電圧 V_{fc} が、 FC 目標電圧 V_{fctar} となった時点で、ステップ $S11$ の判定が否定的とされ、さらにステップ $S12$ の判定が成立して、アイドル停止復帰状態 RS の制御から通常発電状態 NS の制御とされる。

【0075】

図7の時点 $t2$ 以降の通常発電状態 NS の制御では、ステップ $S21$ において、 FC 目標電流 I_{fctar} により図3の電流・電圧特性 200 が参照されて FC 目標電圧 V_{fctar} に対応した VCU 指令電圧 $V2com$ が算出される。通常発電中は、ステップ $S16$ 、ステップ $S11$ (NO)、ステップ $S12$ (YES)、及びステップ $S21$ の処理を繰り返す。

【0076】

なお、実際の発電電流 I_{fc} は、図7の(d)に示すように、時点 $t1 \sim t2$ の間で VCU 指令電圧 $V2com$ を FC 目標電圧 V_{fctar} より低く設定しているのので、 FC 目標電流 I_{fctar} を上回って流れ出しているのので、この余剰分は、バッテリー 20 の充電あるいは図示しない補機の駆動に分配する。

【0077】

次に、図10の(e)の時点 $t12 \sim t13$ に示すように、急な加速を行うためのアク

10

20

30

40

50

セルペダルの踏み込み操作がアクセル開度センサ 104 によりアクセル開度 a_p として検出されたものとして動作を説明する。

【0078】

この場合、ステップ S3 において、アクセル開度 a_p に応じて、図 10 の (d) に示すように、FC 目標電流 I_{fctar} が算出されるとともに、この FC 目標電流 I_{fctar} に応じてエアポンプ駆動量指令値 A_{pcom} が算出され (図 10 の時点 $t_{11} \sim t_{13}$)、エアポンプ 36 が駆動される。

【0079】

この場合には、FC 目標電流 I_{fctar} が大きいので、時点 t_{12} でステップ S11 の判定が否定的となりアイドル停止復帰状態 RS の制御からステップ S12 の判定が肯定的となる通常発電状態 NS の制御となる。すなわち、時点 t_{12} 以降では、VCU 指令電圧 V_{2com} が、FC 目標発電電圧 V_{fctar} に設定される。なお、図 7 の (b) での時点 $t_1 \sim t_2$ までの処理並びに図 10 の (b) の時点 $t_{11} \sim t_{12}$ までの処理は、いわゆるレートリミット処理と称される。

【0080】

以上説明したように上述した実施形態によれば、アイドル停止復帰状態 RS において、FC 電圧 V_{fc} の電圧上昇を抑制し、且つエアポンプ 36 の駆動量であるエアポンプ駆動量指令値 A_{pcom} を低い側で一定に制御し、一時的に低ストイキ比運転を許容する。ただし、低ストイキ比運転を行うと、FC 32 のセル電圧 V_{cel1} が低下し目標とする出力が得られなくなる。発電電圧 V_{fc} が低い領域 (FC 高出力領域: 図 3 参照) で低ストイキ比運転を行うとセル電圧 V_{cel1} の低下量が大きい、発電電圧 V_{fc} が高い領域になるにつれて低ストイキ比運転でもセル電圧 V_{cel1} の低下量は小さくなるため、発電電圧 V_{fc} が低い領域では電圧上昇速度が早くなるように制御し、発電電圧 V_{fc} が高い領域では電圧上昇速度が遅くなるよう、それぞれの電圧領域で電圧上昇量 (電圧上昇率) を変化させることにより、FC 32 の劣化が抑制され、エアポンプ駆動音が大きくなることによる商品性の低下が防止され、その上、セル電圧 V_{cel1} の著しい低下を防止することができる。

【0081】

より詳しく説明すると、水素と酸化剤ガスからなる反応ガスを供給する反応ガス供給装置としてのエアポンプ 36 及び水素タンク 34 (ここでは、分かり易さを考慮してエアポンプ 36 で代表する。) と、前記反応ガスにより発電する FC 32 と、FC 32 の発電出力により駆動される負荷 30 と、エアポンプ 36 から FC 32 へ前記反応ガスの供給を開始するとき、FC 32 の目標発電出力として FC 目標電流 I_{fctar} を決定する目標発電出力決定部 (ステップ S3) としての ECU 24 と、FC 32 の前記発電出力を調整する発電出力調整部としての ECU 24 と、を備える FC システム 12 において、エアポンプ 36 が前記反応ガスの供給を停止していて、前記発電出力調整部が FC 32 から負荷 30 への前記発電出力をゼロに調整している状態から、エアポンプ 36 が前記反応ガスの供給を開始し、前記発電出力調整装置が FC 32 の前記発電出力を、前記目標発電出力決定部で決定された FC 目標電流 I_{fctar} に一致させる過程を有し、前記過程で、FC 32 から流れ出す発電電流 I_{fc} の波形が、前記発電出力をゼロに調整していて発電電流 I_{fc} がゼロになっている状態から FC 目標電流 I_{fctar} に対応する電流を超えて上昇した後、FC 目標電流 I_{fctar} に向かって下降しているとともに { 図 7 の (d) の時点 $t_1 \sim t_2$ 又は図 10 の (d) の時点 $t_{11} \sim t_{12}$ }、FC 32 の発電電圧 V_{fc} の波形 (VCU 指令電圧 V_{2com} の波形に相似している。) が、FC 32 の劣化領域 (閾値電位 V_{th} 以上の電圧) 又は劣化促進領域 (閾値電位 V_{th} 以上の電圧で劣化促進電位 V_{det} 以上の電圧) に入る前まで上昇し、前記劣化促進領域内では前記劣化促進領域に入る前までの前記上昇より緩やかに上昇している { 図 7 の (b) の時点 $t_1 \sim t_2$ 、又は図 10 の (b) の時点 $t_{11} \sim t_{12}$ }。

【0082】

このように、FC 32 への反応ガスの供給を停止していて、FC 32 から負荷 30 への

10

20

30

40

50

前記発電出力をゼロに調整している状態から、FC32に前記反応ガスの供給を開始したとき、FC32から流れ出す発電電流 I_{fc} の波形が、前記発電出力をゼロに調整して発電電流 I_{fc} がゼロになっている状態からFC目標電流 I_{fctar} を超えて上昇した後、FC目標電流 I_{fctar} に向かって下降しているので負荷30の要求電力に即応して発電電力が発生し、FCの発電電圧 V_{fc} の波形が、FC32の劣化促進電位 V_{det} を上回る劣化促進領域に入る前まで上昇し、前記劣化促進領域内では前記劣化促進領域に入る前までの前記上昇より緩やかに上昇しているので、FC32の劣化の促進（触媒である白金の溶出）が抑制され、且つ反応ガスを供給する際に従来技術のように制限していないので、ストイキ比が確保されて発電効率の低下を最小限に抑制することができる。

【0083】

10

この場合、エアポンプ36は、FC32の目標発電電流 I_{fctar} に応じて前記反応ガスを供給するようにしているので、反応ガスの供給に伴う騒音の発生に違和感がない。

【0084】

また、前記劣化促進領域内では前記劣化促進領域に入る前までの前記上昇する速度より遅い速度で上昇する際、発電電圧 V_{fc} の電圧上昇率が徐々に低下しているので、触媒の溶出が防止され、FC32の劣化が防止される。

【0085】

さらに、前記目標発電出力決定部で決定された目標発電電流 I_{fctar} に一致させる過程に、負荷30が要求する負荷要求電力が増大したとき、前記目標発電出力決定部は、前記負荷要求電力の増大に追従させて目標発電電流 I_{fctar} を増大させるようにしているため、負荷30の要求電力に即応して対応できる。

20

【0086】

さらにまた、FC32に並列に蓄電装置としてのバッテリー20を備え、前記発電出力調整部は、バッテリー20に配置されたVCU80であり、VCU80は、FC32の電流・電圧特性200を利用して発電電圧 V_{fc} を調整することで発電電流 I_{fc} の前記波形を制御するようにしているので、劣化促進領域での発電電圧 V_{fc} の緩やかな上昇を正確に制御できる。

【0087】

さらにまた、エアポンプ36の前記反応ガスの供給開始と、FC32から流れ出す発電電流 I_{fc} の波形が、前記発電出力をゼロに調整して発電電流 I_{fc} がゼロになっている状態からの上昇開始と、が同時であるので、反応ガスの供給開始時において発電電位が急激に高電位になることが抑制されFC32の劣化を防止することができる。

30

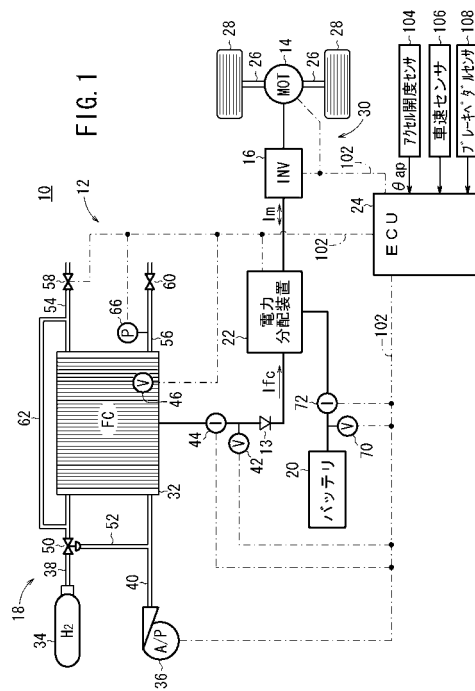
【符号の説明】

【0088】

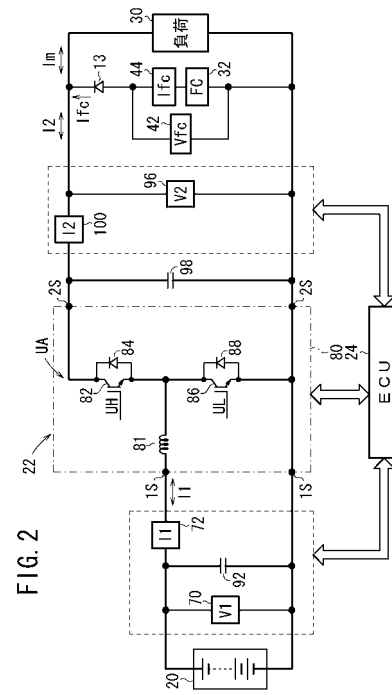
10 ... 燃料電池車両 (FC車両)	12 ... 燃料電池システム (FCシステム)
14 ... モータ	16 ... インバータ
18 ... 燃料電池ユニット (FCユニット)	20 ... バッテリ
22 ... 電力分配装置	24 ... ECU
30 ... 負荷	32 ... 燃料電池 (FC)
34 ... 水素タンク (水素貯蔵装置)	36 ... エアポンプ
104 ... アクセル開度センサ	

40

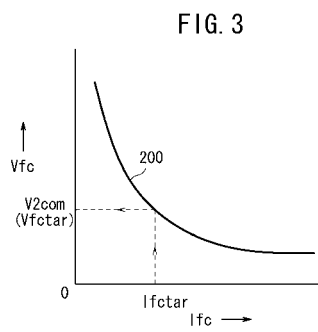
【図 1】



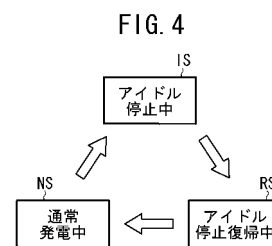
【図 2】



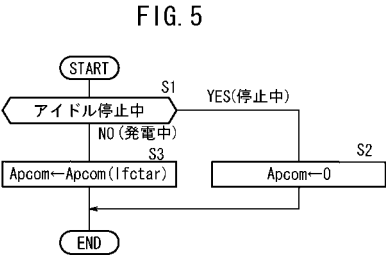
【図 3】



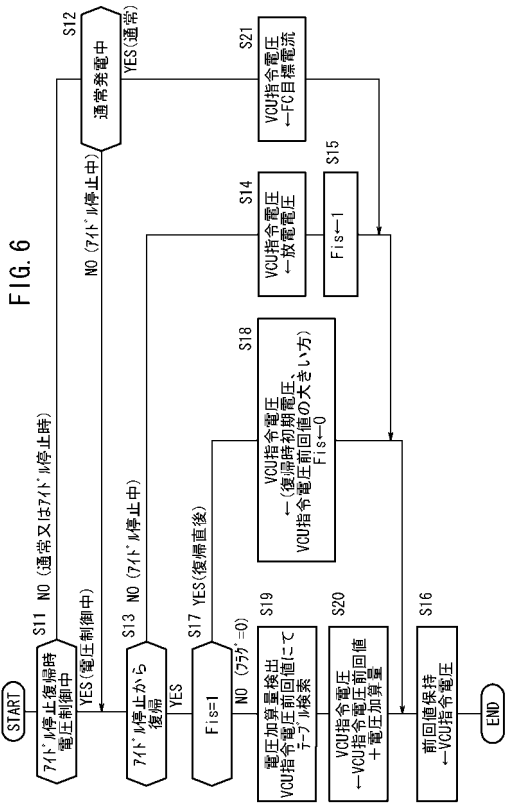
【図 4】



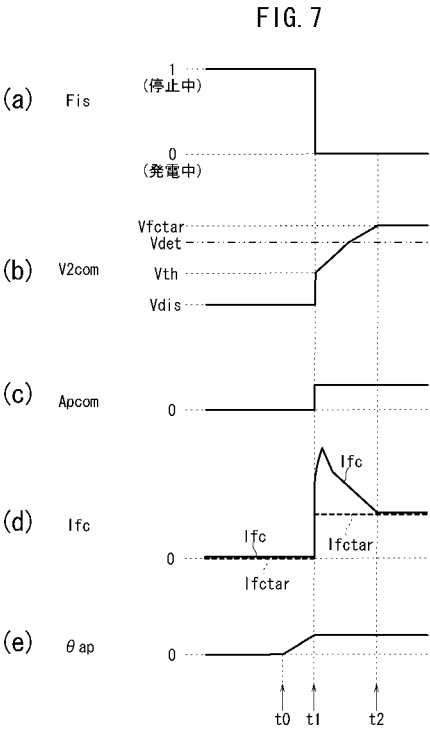
【図5】



【図6】



【図7】

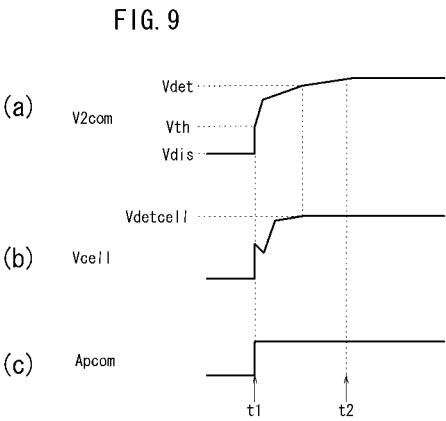


【図8】

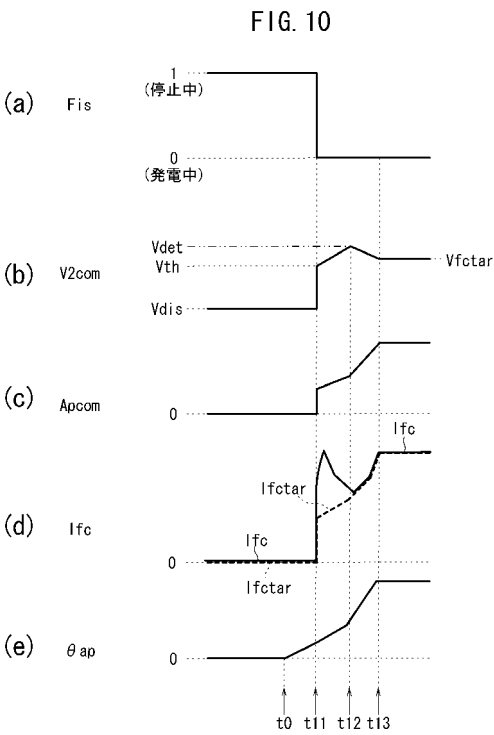
FIG. 8

V2comの前回値	0 ~ Vdis	Vdis ~ Vth	Vth ~ Vdet	Vdet ~
	0[V] ~ 200[V]	201[V] ~ 300[V]	301[V] ~ 350[V]	351[V] ~
Vcel	0 ~ Vdiscell	Vdiscell ~ Vthcell	Vthcell ~ Vdetcell	Vdetcell ~
	0[V] ~ 0.4[V]	0.4[V] ~ 0.6[V]	0.6[V] ~ 0.7[V]	0.7[V] ~
電圧加算量	10[V]			
電圧変化率が急の場合	制限なし 非劣化領域			
	10[mV/s]以下 劣化促進領域			

【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 佐伯 響

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 森川 洋

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 貞光 大樹

(56)参考文献 特開2005-183354(JP,A)

特開2007-109569(JP,A)

特開2008-218398(JP,A)

特開2009-59669(JP,A)

特開2009-32418(JP,A)

特開2008-166164(JP,A)

特開2006-309971(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 8/00 ~ 8/24

B60L 11/18