

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4127107号  
(P4127107)

(45) 発行日 平成20年7月30日 (2008. 7. 30)

(24) 登録日 平成20年5月23日 (2008. 5. 23)

(51) Int. Cl.

F 1

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

H O 1 M 8/04 Y

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

H O 1 M 8/04 Z

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

H O 1 M 8/00 Z

H O 1 M 8/10

H O 1 M 8/00 A

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-106737 (P2003-106737)  
 (22) 出願日 平成15年4月10日 (2003. 4. 10)  
 (65) 公開番号 特開2004-311348 (P2004-311348A)  
 (43) 公開日 平成16年11月4日 (2004. 11. 4)  
 審査請求日 平成17年5月18日 (2005. 5. 18)

(73) 特許権者 000004260  
 株式会社デンソー  
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地  
 (74) 代理人 100100022  
 弁理士 伊藤 洋二  
 (74) 代理人 100108198  
 弁理士 三浦 高広  
 (74) 代理人 100111578  
 弁理士 水野 史博  
 (72) 発明者 坂上 祐一  
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会  
 社デンソー内  
 (72) 発明者 岡本 邦夫  
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会  
 社デンソー内

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】

燃料極に供給される水素と酸化剤極に供給される酸素とを電気化学反応させて発電を行う固体高分子電解質型の燃料電池 ( 1 0 ) を備える燃料電池システムであって、

前記燃料電池に接続され、前記燃料電池の発電時に余った電力を蓄えることができるとともに前記燃料電池に電力を供給可能な二次電池 ( 1 2 ) を備え、

前記燃料電池の発電運転停止後、該燃料電池の前記酸化剤極側に存在する水を除去するために前記二次電池から前記燃料電池に、前記酸化剤極側が前記燃料極側よりも高い電位になるように電圧を印加して該水を電気分解し、前記二次電池から前記燃料電池に印加する電圧は、前記燃料電池の固体高分子電解質膜 ( 1 0 1 ) が破壊されない電圧以下で、かつ水の電気分解に必要な電圧以上に設定され、さらに、前記二次電池 ( 1 2 ) から前記燃料電池 ( 1 0 ) に電圧を印加する時間は、前記酸化剤極側のアノード過電圧が上昇して電流が減少して水の電気分解が終了する一定の時間に設定されていることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】

前記燃料電池 ( 1 0 ) から前記二次電池 ( 1 2 ) への電流の流れのみを許容する電流制限手段 ( 5 1 ) と、前記電流制限手段に対して並列に接続されたバイパス通電回路 ( 5 2 ) と、前記バイパス通電回路を開閉する開閉手段 ( 5 3 ) とを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 3】

前記酸化剤極に酸素を導く空気供給経路(20a)と、前記酸化剤極から排出されたガスを導く空気排出経路(20b)と、前記空気供給経路を開閉する空気供給経路開閉弁と、前記空気排出経路を開閉する空気排出経路開閉弁(23)とを備えることを特徴とする請求項1または2に記載の燃料電池システム。

【請求項4】

前記燃料極に水素を導く水素供給経路(30a)と、前記燃料極から排出されたガスを導く水素排出経路(30b)とを備え、さらに、前記水素供給経路を開閉する水素供給経路開閉弁(33)、および前記水素排出経路を開閉する水素排出経路開閉弁(34)のうち、少なくとも一方を備えることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1つに記載の燃料電池システム。

10

【請求項5】

前記燃料電池(10)の環境温度を検出する温度センサ(74)を備え、前記温度センサにより検出した環境温度値から燃料電池内部の水分の凍結が起こらないと予想される場合には、前記二次電池(12)から前記燃料電池への電圧印加を行わないように制御することを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1つに記載の燃料電池システム。

【請求項6】

地域および時期情報を外部より取り入れる情報取得装置を備え、前記地域および時期情報に基づいて最低外気温度を導出し、その温度値から前記燃料電池内部の水分の凍結が起こらないと予想される場合には前記二次電池(12)から前記燃料電池(10)への電圧印加を禁止するよう制御することを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1つに記載の燃料電池システム。

20

【請求項7】

前記燃料電池(10)の固体高分子電解質膜(101)あるいは拡散層(103、106)の湿潤状態を検出する湿潤検出センサを備え、前記湿潤検出センサの検出値に基づいて、前記燃料電池を構成する固体電解質膜、拡散層が乾燥されていると判断される場合には前記二次電池(12)から前記燃料電池への電圧印加を禁止するよう制御することを特徴とする請求項1ないし6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】

【0001】

【発明の属する技術分野】

30

本発明は、水素と酸素との化学反応により電気エネルギーを発生させる燃料電池からなる燃料電池システムに関するもので、車両、船舶及びポータブル発電器等の移動体に適用して有効である。

【0002】

【従来の技術】

従来より、水素と酸素(空気)との電気化学反応を利用して発電を行う燃料電池を備えた燃料電池システムが知られている。この燃料電池システムを車両用として用いる場合には、あらゆる環境下における始動性が重要となる。例えば車両の駆動源(電動モータ)用電源として考えられている固体高分子電解質型燃料電池は、0℃以下の低温状態では電極近傍に存在している水分が凍結してしまい、その凍結した水分が反応ガスの拡散を阻害したり、或いは電極の触媒を覆ってしまいうため、燃料電池の再起動ができなくなるという問題がある。

40

【0003】

このため、燃焼器および加熱器により流体を加熱し、その加熱された流体(温水)を燃料電池に供給し、さらに燃焼ガスを燃料電池の燃料ガス供給経路あるいは酸化剤ガス供給経路に供給することにより、燃料電池を加熱昇温(暖機)して燃料電池を起動する燃料電池システムが提案されている(以下、第1従来システムという。例えば、特許文献1参照)。

【0004】

また、低温環境下で凍結し発電反応を阻害する水分を予め燃料電池内部から除去しておく

50

ことに着目し、加熱手段により燃料電池を所定温度に加熱しながら空気経路および水素経路に乾燥ガスを供給し、水分を除去する方法が提案されている（以下、第２従来システムという。例えば、特許文献２参照）。

【０００５】

また、燃料電池を使用する電気自動車において、同一の燃料電池を用いて発電だけでなく水の電気分解を行う方法が提案されている（以下、第３従来システムという。例えば、特許文献３参照）。

【０００６】

【特許文献１】

特開２０００－１６４２３３号公報

【０００７】

【特許文献２】

特開２００２－２４６０５４号公報

【０００８】

【特許文献３】

特開平９－２１５１１３号公報

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、第１従来システムは、燃料電池の熱容量が大きいため昇温に多大な時間を要することとなり、燃料電池を短時間で起動させることが難しい。また、暖機用加熱源としてヒータ等が必要となるため燃料電池システムの体格が大きくなり、搭載スペースに制約のある車両用として燃料電池システムを用いる場合には、搭載性の面でも問題となる。

【００１０】

一方、第２従来システムは、空気経路および水素経路に乾燥ガスを送るため、および加熱を行うために多量のエネルギーが必要となる。さらには、実際に反応が起こる触媒上に存在する水分が確実に除去されとは限らず、したがって燃料電池を確実に起動させることが難しい。

【００１１】

また、第３従来システムは、車両制動時にその回生エネルギーを利用して水の電気分解によりエネルギーを回収するもので、燃料電池停止（発電運転停止）時に水の電気分解を行うものではない。このため、燃料電池停止時点では電極近傍に水分が存在し、したがって、低温状態では電極近傍に存在している水分が凍結してしまい、燃料電池の再起動ができなくなるという問題がある。

【００１２】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたもので、燃料電池システムにおいて、発電運転停止後、できるだけ少ないエネルギーで確実に燃料電池内部の反応面の水分を除去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。

【００１３】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項１に記載の発明では、燃料極に供給される水素と酸化剤極に供給される酸素とを電気化学反応させて発電を行う固体高分子電解質型の燃料電池（１０）を備える燃料電池システムであって、燃料電池に接続され、燃料電池の発電時に余った電力を蓄えることができるとともに燃料電池に電力を供給可能な二次電池（１２）を備え、燃料電池の発電運転停止後、該燃料電池の酸化剤極側に存在する水を除去するために二次電池から燃料電池に、酸化剤極側が燃料極側よりも高い電位になるように電圧を印加して該水を電気分解し、二次電池から燃料電池に印加する電圧は、燃料電池の固体高分子電解質膜（１０１）が破壊されない電圧以下で、かつ水の電気分解に必要な電圧以上に設定され、さらに、前記二次電池（１２）から前記燃料電池（１０）に電圧を印加する時間は、前記酸化剤極側のアノード過電圧が上昇して電流が減少して水の電気分解が終了する一定の時間に設定されていることを特徴とする燃料電池システム。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 4 】

これによると、燃料電池内部の反応面に存在する水分は、燃料電池の発電運転停止後に電気分解されて水素と酸素になる。このように、水の電気分解によって水分除去を行うことにより、燃料電池内部の反応面に存在する水分を効率的に除去でき、水分除去に関する消費エネルギーを減少させることができる。さらに、燃料電池の酸化剤極側には水の電気分解によって発生した酸素が存在するため、酸素濃度が上昇し、再起動時の燃料電池の反応性を向上させることができる。さらに、二次電池から燃料電池に印加する電圧を、燃料電池の固体高分子電解質膜が破壊されない電圧以下で、かつ水の電気分解に必要な電圧以上に設定するため、固体高分子電解質膜を破壊しない範囲で効率よく水分を除去することができる。さらにまた、燃料電池および燃料電池システムの特性に合わせて時間を設定することにより、必要な時間以上に電圧印加を行うことによる余分なエネルギーの消費を防ぐことができる。

10

## 【 0 0 1 5 】

請求項 1 に記載の発明は、例えば請求項 2 に記載の発明のように、燃料電池 ( 1 0 ) から二次電池 ( 1 2 ) への電流の流れのみを許容する電流制限手段 ( 5 1 ) と、電流制限手段に対して並列に接続されたバイパス通電回路 ( 5 2 ) と、バイパス通電回路を開閉する開閉手段 ( 5 3 ) とを設けて、実施することができる。

## 【 0 0 1 6 】

請求項 1 に記載の発明は、例えば請求項 3 に記載の発明のように、酸化剤極に酸素を導く空気供給経路 ( 2 0 a ) と、酸化剤極から排出されたガスを導く空気排出経路 ( 2 0 b ) と、空気供給経路を開閉する空気供給経路開閉弁と、空気排出経路を開閉する空気排出経路開閉弁 ( 2 3 ) とを設けて、実施することができる。

20

## 【 0 0 1 7 】

請求項 1 に記載の発明は、例えば請求項 4 に記載の発明のように、燃料極に水素を導く水素供給経路 ( 3 0 a ) と、燃料極から排出されたガスを導く水素排出経路 ( 3 0 b ) とを設け、さらに、水素供給経路を開閉する水素供給経路開閉弁 ( 3 3 ) 、および水素排出経路を開閉する水素排出経路開閉弁 ( 3 4 ) のうち、少なくとも一方を設けて、実施することができる。

## 【 0 0 2 7 】

請求項 5 に記載の発明では、燃料電池 ( 1 0 ) の環境温度を検出する温度センサ ( 7 4 ) を備え、温度センサにより検出した環境温度値から燃料電池内部の水分の凍結が起こらないと予想される場合には、二次電池 ( 1 2 ) から燃料電池への電圧印加を行わないように制御することを特徴とする。

30

## 【 0 0 2 8 】

これによると、水分凍結が起こらないと予測される環境温度の場合には、発電運転停止後の燃料電池への電圧印可を禁止して、水分凍結が予測されないときに水分除去を行うことによる余分なエネルギーの消費を防ぐことができる。

## 【 0 0 2 9 】

請求項 6 に記載の発明では、地域および時期情報を外部より取り入れる情報取得装置を備え、地域および時期情報に基づいて最低外気温度を導出し、その温度値から燃料電池内部の水分の凍結が起こらないと予想される場合には二次電池 ( 1 2 ) から燃料電池 ( 1 0 ) への電圧印加を禁止するよう制御することを特徴とする。

40

## 【 0 0 3 0 】

これによると、地域および時期情報から水分凍結が起こらないと予測される場合には、発電運転停止後の燃料電池への電圧印可を禁止して、水分凍結が予測されないときに水分除去を行うことによる余分なエネルギーの消費を防ぐことができる。

## 【 0 0 3 1 】

請求項 7 に記載の発明では、燃料電池 ( 1 0 ) の固体高分子電解質膜 ( 1 0 1 ) あるいは拡散層 ( 1 0 3 、 1 0 6 ) の湿潤状態を検出する湿潤検出センサを備え、湿潤検出センサの検出値に基づいて、燃料電池を構成する固体電解質膜、拡散層が乾燥されていると判

50

断される場合には二次電池（１２）から燃料電池への電圧印加を禁止するように制御することを特徴とする。

【００３２】

これによると、固体高分子電解質膜あるいは拡散層が乾燥している場合には、発電運転停止後の燃料電池への電圧印可を禁止して、余分なエネルギーの消費を防ぐことができる。

【００３３】

なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【００３４】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図１～図４に基づいて説明する。本実施形態は、燃料電池システムを、燃料電池を電源として走行する電気自動車（燃料電池車両）に適用したものである。

【００３５】

図１は、本実施形態の燃料電池システムの全体構成を示している。図１に示すように、本実施形態の燃料電池システムは、水素と酸素との電気化学反応を利用して電力を発生する燃料電池（ＦＣスタック）１０を備えている。燃料電池１０は、車両走行用のモータジェネレータ１１、２次電池１２、補機１６等の電気機器に電力を供給するように構成されている。なお、２次電池１２は本発明の電源装置に相当する。

【００３６】

燃料電池１０では、以下の水素と酸素の電気化学反応が起こり電気エネルギーが発生する。

アノード（水素極側） $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

カソード（酸素極側） $2H^+ + 1/2O_2 + 2e^- \rightarrow H_2O$

全体  $H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$

本実施形態では燃料電池１０として固体高分子電解質型燃料電池を用いており、基本単位となるセルが複数積層されて構成されている。各セルは、電解質膜が一对の電極で挟まれた構成となっている。セルの詳細構造については後述する。

【００３７】

燃料電池システムには、燃料電池１０の酸素極側に空気（酸素）を供給するための空気供給経路２０ａと、燃料電池１０からの空気を排出するための空気排出経路２０ｂと、燃料電池１０の水素極側に水素を供給するための水素供給経路３０ａと、燃料電池１０からの未反応水素ガス等を排出するための水素排出経路３０ｂとが設けられている。なお、酸素極は本発明の酸化剤極に相当し、水素極は本発明の燃料極に相当する。

【００３８】

空気供給経路２０ａには、空気圧送用の送風機（ガス圧縮機）２１が設けられている。この送風機２１は電動モータ２２によって駆動される。空気排出経路２０ｂには、空気排出経路２０ｂを開閉する空気排出経路開閉弁２３が設けられている。なお、空気供給経路２０ａに、空気供給経路２０ａを開閉する図示しない空気供給経路開閉弁を設けてもよい。燃料電池１０に空気を供給する際には、空気排出経路開閉弁２３を開弁するとともに、電動モータ２２によって送風機２１を駆動する。

【００３９】

空気供給経路２０ａと空気排出経路２０ｂには、加湿器２４が設けられている。この加湿器２４は、燃料電池１０から排出される湿った排気空気に含まれる水分を用いて送風機２１の吐出後の空気を加湿するものであり、これにより、燃料電池１０内の固体高分子電解質膜を水分を含んだ湿潤状態にして、発電運転時における電気化学反応が良好に行われるようにしている。

【００４０】

水素供給経路３０ａには、水素ガスが充填された水素ボンベ３１、燃料電池１０に供給される水素の圧力を調整する水素調圧弁３２、および水素供給経路３０ａを開閉する水素供給経路開閉弁３３が設けられている。水素排出経路３０ｂには、水素排出経路３０ｂを開

10

20

30

40

50

閉する水素排出経路開閉弁 34 が設けられている。燃料電池 10 に水素を供給する際には、水素供給経路開閉弁 33 を開弁するとともに、水素調圧弁 32 によって所望の水素圧力に調整する。水素排出経路 30b は、運転条件に応じて水素排出経路開閉弁 34 によって開閉される。水素排出経路 30b は、未反応水素ガス、蒸気（あるいは水）、および酸素極から固体高分子電解質膜を通過して混入した窒素、酸素などを排出する。

【0041】

燃料電池 10 は発電に伴い熱を生じる。このため、燃料電池システムには、燃料電池 10 を冷却して作動温度が電気化学反応に適した温度（80 程度）となるようにする冷却システム 40 ~ 44 が設けられている。

【0042】

冷却システムには、燃料電池 10 に冷却水（熱媒体）を循環させる冷却水経路 40、冷却水を循環させるウォーターポンプ 41、ウォーターポンプ 41 を駆動する電動モータ 42、ファン 44 を備えたラジエータ 43 が設けられている。燃料電池 10 で発生した熱は、冷却水を介してラジエータ 43 で系外に排出される。このような冷却系によって、ウォーターポンプ 41 による流量制御、およびファン 44 による風量制御で、燃料電池 10 の冷却量制御を行うことができる。

【0043】

燃料電池 10 と 2 次電池 12 との間、および 2 次電池 12 とモータジェネレータ 11 との間は、双方向に電力を伝達可能な DC - DC コンバータ 13 を介して電氣的に接続されている。この DC - DC コンバータ 13 は、燃料電池 10 から 2 次電池 12、あるいは 2 次電池 12 から燃料電池 10 への、電力の流れをコントロールするものである。

【0044】

燃料電池 10 および 2 次電池 12 とモータジェネレータ 11 との間にインバータ 14 が配置されている。このインバータ 14 により、モータジェネレータ 11 の機能、すなわち、電動機としての機能と発電機としての機能が切り換えられるようになっている。

【0045】

そして、DC - DC コンバータ 13 とインバータ 14 の作動により、例えば、急加速時などに急激に大きな電力が必要になった場合には、燃料電池 10 からだけでなく 2 次電池 12 からモータジェネレータ 11 に電力を供給することができる。また、燃料電池 10 の発電時に余った電力や、モータジェネレータ 11 によって回生された電力を、2 次電池 12 に蓄えることができる。

【0046】

補機 16 は、送風機 21 の電動モータ 22 やウォーターポンプ 41 の電動モータ 42 等を含むものであり、インバータ 15 を介して 2 次電池 12 と接続されている。

【0047】

燃料電池 10 と DC - DC コンバータ 13 の間には、燃料電池 10 から 2 次電池 12 あるいはモータジェネレータ 11 への電流の流れのみを許容するダイオード 51 が配設されている。すなわち、このダイオード 51 は、2 次電池 12 からの電流あるいはモータジェネレータ 11 で回生された電流が燃料電池 10 に流れ込むのを防止して、燃料電池 10 が破壊されるのを防止する。なお、ダイオード 51 は本発明の電流制限手段に相当する。

【0048】

ダイオード 51 をバイパスするように、すなわちダイオード 51 に対して並列にバイパス通電回路 52 が接続されている。バイパス通電回路 52 には、バイパス通電回路 52 を開閉するスイッチング素子 53 が配置されている。スイッチング素子 53 は、後述する水分除去制御時以外はオフ状態にして、燃料電池 10 に電流が流れ込まないようにしている。なお、スイッチング素子 53 は本発明の開閉手段に相当する。

【0049】

バイパス通電回路 52 には、このバイパス通電回路 52 を流れる電流  $I_{fc}$  を検出する電流検出器 71 が設けられている。燃料電池 10 には、燃料電池 10 の各セルあるいは数セル毎の電圧  $V_c$  を検出する電圧検出器 72 と、燃料電池本体の温度  $T_{fc}$  を検出するた

10

20

30

40

50

めの電池温度センサ 73 が設けられている。なお、電流検出器 71 は本発明の電流検出手段に相当し、電圧検出器 72 は本発明の電圧検出手段 (72) に相当する。

【0050】

燃料電池システムには、燃料電池 10 の環境温度 (外気温度  $T_{am}$ ) を検出する外気温度センサ 74、および、各種制御を行う制御部 (ECU) 60 が設けられている。なお、75 は、図示しない車両に設けられたキースイッチである。

【0051】

制御部 60 には、各種負荷からの要求電力信号、電流検出器 71 からの電流信号、電圧検出器 72 からの電圧信号、電池温度センサ 73 からの電池温度信号、外気温度センサ 74 からの外気温度信号、キースイッチ 75 からのキースイッチ信号が入力される。また、制御部 60 は、2 次電池 12、DC - DC コンバータ 13、インバータ 14、15、電動モータ 22、空気排出経路開閉弁 23、水素調圧弁 32、水素供給経路開閉弁 33、水素排出経路開閉弁 34、電動モータ 42、ファン 44、スイッチング素子 53 等に制御信号を出力するように構成されている。

10

【0052】

次に、燃料電池 10 を構成しているセルの詳細構造について説明する。図 2 はセル 100 の構成を示す断面図である。

【0053】

図 2 において、セル 100 は、電解質膜 101、水素極側触媒 102、水素極側ガス拡散層 103、水素極側セパレータ 104、酸素極側触媒 105、酸素極側ガス拡散層 106、および酸素極側セパレータ 107 から構成されている。

20

【0054】

電解質膜 101 は、プロトン伝導性のイオン交換膜から形成された固体高分子電解質膜である。両触媒 102、105 は、白金からなり、両拡散層 103、106 は、繊維状のカーボクロスからなり、両セパレータ 104、107 は、ガスが透過しない導電性材料 (例えばカーボン材) からなる。

【0055】

両触媒 102、105 および両拡散層 103、106 は、電解質膜 101 を両側から挟み込むように配置され、両セパレータ 104、107 は、両触媒 102、105 および両拡散層 103、106 を両側から挟み込むように配置されている。

30

【0056】

両セパレータ 104、107 には多数の溝が形成されており、水素極側ガス拡散層 103 と水素極側セパレータ 104 との間には、水素が通過する水素ガス流路 108 が形成され、酸素極側ガス拡散層 106 と酸素極側セパレータ 107 との間には酸素 (空気) が通過する酸化ガス流路 109 が形成され、さらに、両セパレータ 104、107 の外側面には、冷却システムの冷却水が通過する冷却液流路 110 が形成されている。

【0057】

次に、上記構成になる燃料電池システムの作動を説明する。

【0058】

燃料電池 10 を発電運転させる際には、水素ガス流路 108 に水素を供給し、酸化ガス流路 109 に酸素を供給し、これにより、水素と酸素とを電気化学反応させて電力を発生させる。発電によって酸素極側触媒 105 上で水が生成されるため、発電運転を停止した時点では、酸素極側触媒 105、酸素極側ガス拡散層 106 および酸化ガス流路 109 に水が存在することになる。

40

【0059】

そして、発電運転終了後に燃料電池 10 が氷点下以下になったとき酸素極側触媒 105 周辺に存在する水が凍結すると再起動できないため、燃料電池 10 の発電運転停止時点で酸素極側触媒 105 周辺の水を除去する「水分除去制御」を行う。

【0060】

以下、「水分除去制御」について説明する。固体高分子電解質型の燃料電池 10 は、外部

50

より電圧を印加すれば逆に水の電気分解が可能である。そこで、水の電気分解により、酸素極側触媒 105 近傍に存在する水を除去するようにしている。

#### 【0061】

具体的には、この燃料電池システムの発電運転停止後に、燃料電池 10 の酸素極側が水素極よりも高い電位となるように、2 次電池 12 から DC - DC コンバータ 13 を介して燃料電池 10 に電圧を印加する。その際、スイッチング素子 53 をオンすることで、燃料電池 10 に電流を流すことができる。すると、燃料電池 10 のカソード側に存在する水が電気分解されて、水素と酸素になり、水分が除去される。

#### 【0062】

より詳細には、水は電気分解されて燃料電池 10 のアノード側には水素が生成され、燃料電池 10 のカソード側には酸素が生成される。以下に電気分解の反応式を示す。

アノード（発電反応時はカソード側）  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+ + 1/2\text{O}_2 + 2\text{e}^-$

カソード（発電反応時はアノード側）  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$

全体  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$

この電気分解によって生成した酸素が酸化ガス流路 109 に存在するため、酸化ガス流路 109 の酸素濃度が上昇し、カソード（酸化極）過電圧が低下するため、燃料電池 10 の再起動時の始動性を向上させることができる。

#### 【0063】

図 3 を用いて、固体高分子電解質膜 101 を用いたセル 100 における水の電気分解について説明する。図 3 は、燃料電池 10 で水の電気分解を行ったときの、セル電圧と電流密度との関係を示す特性図である。

#### 【0064】

水を電気分解させるには、理論的には 1 セル当たり 1.23 V 以上の電圧が必要となる。実際には、図 3 に示すようにアノード過電圧、カソード過電圧、オーム損があるため、1.23 V よりも大きな電圧が必要となる。ただし、電圧を大きくし過ぎると電解質膜 101 が破壊されるため、印加電圧としては、電解質膜 101 の破壊電圧以下とする必要がある。なお、図 3 中のアノード過電圧は、燃料電池 10 の空気極側つまり水が存在する側の過電圧のことであり、同様に図 3 中のカソード過電圧とは、燃料電池 10 の水素極側の過電圧である。発電反応のときと水の電気分解のときでは電極の呼び方が逆になっている。燃料電池 10 はこのように発電反応と水の電気分解の反応がリバーシブルであるので、システム構成が複雑になることもない。

#### 【0065】

また、酸素極側触媒 105 近傍に存在する水がなくなれば図 3 中のアノード過電圧が上昇する。つまり、燃料電池 10 に一定電圧を印加しておけば、水の電気分解とともにアノード過電圧が上昇して電流が減少するため、おのずと水の電気分解が終了する。この特性を利用すれば、一定電圧をある十分な時間印加するだけでよく、複雑な電圧制御等は必要ない。つまり、電流値、電圧値をモニターして制御する必要がないため、電流センサ、電圧センサも必要がなくなる。ただし、電流あるいは電圧などをモニターして制御を行ってももちろん問題はない。

#### 【0066】

固体高分子電解質膜 101 を用いたセル 100 における水の電気分解の効率は、エネルギー効率で 70 ~ 80 % 以上であるため高効率な燃料電池システムとすることができる。

#### 【0067】

図 3 からわかるように、電流値が低いほど過電圧が小さくなるため、エネルギー効率も良くなる。そのため、できるだけ低い電圧をかけ、小さい電流で電気分解したほうが効率がよい。

#### 【0068】

また、印加電圧値によって、水の電気分解の反応深度（どのくらい水が電気分解されるか）が影響を受けるため、燃料電池 10 が所望の乾燥状態になるように、印加電圧を設定すればよい。



## 【 0 0 6 9 】

次に、図 4 を用いて、水分除去の制御方法を説明する。図 4 は燃料電池システムの水分除去制御を示すフローチャートである。

## 【 0 0 7 0 】

車両のキースイッチ 7 5 がオフされて、燃料電池 1 0 の発電運転が停止されると、図 4 の処理が開始される。

## 【 0 0 7 1 】

まず、ステップ S 1 0 では、外気温度センサ 7 4 で検出した外気温度  $T_{am}$  が、水分除去を行うかどうかのしきい値である所定外気温度  $T_a$  未満であるか否かを判定する。 $T_{am} < T_a$  でない場合、水分除去は行わず、制御を終了する。一方、 $T_{am} < T_a$  の場合、ス

10

## 【 0 0 7 2 】

ここで、所定外気温度  $T_a$  は、発電運転停止時の環境温度（外気温）や季節情報等を考慮して決定する。そして、本ステップ S 1 0 を入れることで、水分凍結が予測されないときに水分除去制御を行い余分なエネルギーを消費することを防ぐことができる。

## 【 0 0 7 3 】

ステップ S 1 1 では、空気排出経路開閉弁 2 3、水素供給経路開閉弁 3 3 および水素排出経路開閉弁 3 4 を閉じる。また、このステップ S 1 1 では、スイッチング素子 5 3 をオンして、バイパス通電回路 5 2 を介して燃料電池 1 0 に電流が流れるようにする。

## 【 0 0 7 4 】

ステップ S 1 2 では、DC - DC コンバータ 1 3 を制御して燃料電池 1 0 に電圧を印加する。これにより、燃料電池 1 0 内の水の電気分解が開始される。

20

## 【 0 0 7 5 】

ステップ S 1 3 では、電池温度センサ 7 3 で検出した燃料電池温度  $T_{fc}$  を読み込み、ステップ S 1 4 では、燃料電池温度  $T_{fc}$  が所定電池温度  $T_b$  未満であるか否かを判定する。 $T_{fc} < T_b$  の場合はステップ S 1 5 に進み、 $T_{fc} < T_b$  でない場合は制御を終了する。因みに、所定電池温度  $T_b$  として設定する値は、固体高分子電解質膜 1 0 1 の耐熱温度から 8 0 ~ 9 0 が適当である。

## 【 0 0 7 6 】

ステップ S 1 5 では、電圧検出器 7 2 で検出したセル電圧  $V_c$  を読み込み、ステップ S 1 6 では、セル電圧  $V_c$  が所定範囲になっているか否かを判定する。セル電圧  $V_c$  が所定範囲でない場合は、異常と判断して燃料電池 1 0 への電圧印加を終了する。因みに、セル電圧  $V_c$  の所定範囲は、1 . 2 3 V 以上で、かつ 2 ~ 3 V 以下が適当である。

30

## 【 0 0 7 7 】

ステップ S 1 7 では、電流検出器 7 1 で検出した燃料電池 1 0 に流れる電流の値  $I_{fc}$  を読み込み、ステップ S 1 8 では、その電流値  $I_{fc}$  が所定の下限值  $I_a$  を超え、且つ所定の上限値  $I_b$  未満であるか否かを判定する。電流値  $I_{fc}$  が所定の下限值  $I_a$  以下の場合、これ以上電圧を印加する必要が無いいため、すなわち、電気分解が十分行われたものと推定されるため、燃料電池 1 0 への電圧印加を終了する。電流値  $I_{fc}$  が所定の上限値  $I_b$  以上の場合、回路の短絡等による異常電流と判定し、燃料電池 1 0 への電圧印加を終

40

## 【 0 0 7 8 】

ステップ S 1 9 では、ステップ S 1 2 で燃料電池 1 0 に電圧印加を開始してからの経過時間である電圧印加時間  $T_v$  が、所定電圧印加時間  $T_r$  以上か否かを判定する。 $T_v < T_r$  の場合、燃料電池 1 0 への電圧印加を終了する。 $T_v < T_r$  でない場合は、ステップ S 1 3 に戻り、制御を継続する。なお、所定電圧印加時間  $T_r$  は、燃料電池 1 0 および燃料電池システムの特性に合わせて設定すればよい。例えば、1 セルあたり 1 g の水を電気分解させるために平均電流 1 0 A で電気分解を行った場合にかかる時間は 2 0 分程度である。

## 【 0 0 7 9 】

上記本実施形態では、燃料電池内部の反応面に存在する水分は、燃料電池 1 0 の発電運転

50

停止後に電気分解されて水素と酸素になる。このように、水の電気分解によって水分除去を行うことにより、燃料電池内部の反応面に存在する水分を効率的に除去でき、水分除去に関する消費エネルギーを減少させることができる。さらに、燃料電池 10 の酸素極側には水の電気分解によって発生した酸素が存在するため、酸素濃度が上昇し、再起動時の燃料電池 10 の反応性を向上させることができる。

【0080】

また、燃料電池 10 に流れる電流の値  $I_{fc}$  が所定の下限值  $I_a$  以下の場合は、電気分解が十分行われたものと判定して電圧印加を終了するため、水分除去に関する消費エネルギーを少なくでき、また、電流値  $I_{fc}$  が異常に大きい場合には回路短絡等と判定して電圧印加を終了するため、システムの安全性を確保することができる。

10

【0081】

また、燃料電池 10 に電圧を印可している際のセル電圧  $V_c$  が所定範囲外の場合には異常と判定して電圧印加を終了するため、システムの安全性を確保することができる。

【0082】

また、水分凍結が起こらないと予測される外気温度  $T_{am}$  の場合には、発電運転停止後の燃料電池 10 への電圧印加を行わないため、水分凍結が予測されないときに水分除去を行うことによる余分なエネルギーの消費を防ぐことができる。

【0083】

(他の実施形態)

なお、上記実施形態では、1つの制御部 (ECU) 60 で制御を行っているが、機器ごと (燃料電池 10、2次電池 12、DC-DCコンバータ 13 など) に ECU をもって、ECU 同士で通信を行って制御を行うようにしてもよい。

20

【0084】

また、上述したように、燃料電池 10 内で水を電気分解して「水分除去制御」を行う際、水の電気分解の進行に伴ってアノード過電圧が上昇して電流が減少するため、燃料電池 10 に一定電圧をある十分な時間印加するだけでよく、複雑な電圧制御等は必ずしも必要ではない。したがって、その場合には、電流検出器 71、電圧検出器 72、電池温度センサ 73、外気温度センサ 74 を廃止することができる。

【0085】

また、地域および時期情報を外部より取り入れる情報取得装置 (図示せず) を設け、地域および時期情報から最低外気温度を導出し、その温度値を用いて、発電運転停止後の燃料電池 10 への電圧印加を行うか否かを決定するようにしても良い。これによると、地域および時期情報から水分凍結が起こらないと予測される場合には、発電運転停止後の燃料電池 10 への電圧印可を禁止して、水分凍結が予測されないときに水の電気分解を行うことによる余分なエネルギーの消費を防ぐことができる。

30

【0086】

また、燃料電池内部に、燃料電池の固体高分子電解質膜 101 あるいは拡散層 103、106 の湿潤状態を検出する湿潤検出センサ (図示せず) を設け、湿潤状態によって、発電運転停止後の燃料電池 10 への電圧印加を行うか否かを決定するようにしても良い。これによると、固体高分子電解質膜 101 あるいは拡散層 103、106 が乾燥している場合には、発電運転停止後の燃料電池 10 への電圧印可を禁止して、余分なエネルギーの消費を防ぐことができる。

40

【0087】

また、上記実施形態では、燃料電池システムを燃料電池車両に適用する例を示したが、本発明の燃料電池システムは、燃料電池車両以外にも適用可能であり、例えば家庭用燃料電池システムにも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施形態になる燃料電池システムの全体構成を示す概念図である。

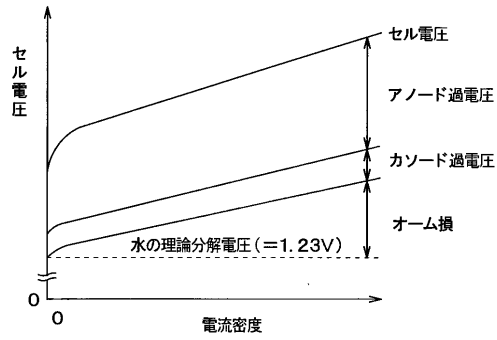
【図 2】図 1 の燃料電池 10 を構成するセル 100 の断面図である。

【図 3】図 1 の燃料電池 10 で水の電気分解を行ったときのセル電圧と電流密度との関係

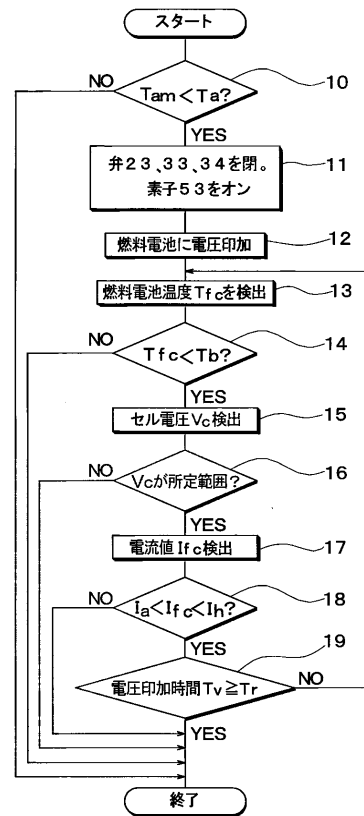
50



【図 3】



【図 4】



---

フロントページの続き

(72)発明者 河合 利幸

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 須田 裕一

(56)参考文献 特開2000-285944(JP,A)

特開2002-112408(JP,A)

特開2002-044807(JP,A)

特開平08-103029(JP,A)

特開2002-246054(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 8/04

H01M 8/00