

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5131805号
(P5131805)

(45) 発行日 平成25年1月30日(2013.1.30)

(24) 登録日 平成24年11月16日(2012.11.16)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 M	8/04	(2006.01)	HO 1 M	8/04	P
HO 1 M	8/06	(2006.01)	HO 1 M	8/06	R
HO 1 M	8/00	(2006.01)	HO 1 M	8/00	A

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2006-168991 (P2006-168991)	(73) 特許権者	511084555
(22) 出願日	平成18年6月19日(2006.6.19)		日立マクセルエナジー株式会社
(65) 公開番号	特開2007-335373 (P2007-335373A)		京都府乙訓郡大山崎町小泉1番地
(43) 公開日	平成19年12月27日(2007.12.27)	(74) 代理人	110000040
審査請求日	平成21年4月16日(2009.4.16)		特許業務法人池内・佐藤アンドパートナーズ
		(72) 発明者	戸高 義弘
			大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号 日立マクセル株式会社内
		(72) 発明者	中井 敏浩
			大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号 日立マクセル株式会社内
		(72) 発明者	三木 健
			大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号 日立マクセル株式会社内

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】

燃料を化学反応させて発電可能な燃料電池と、
前記燃料電池の出力電流を増減させて出力電圧を制御する燃料電池制御部とを備えた燃料電池システムであって、

前記燃料電池制御部は、

前記燃料電池の出力電圧を監視し、前記燃料電池の出力電圧を増減させ、前記燃料電池の出力電流の振幅が減少を開始する時の電圧を第1の動作点として、前記燃料電池が出力できる最大電力時の電圧を第2の動作点として、検出可能な動作点検出部と、

前記燃料電池の出力電圧を、前記動作点検出部で検出された前記第1の動作点の電圧または前記第2の動作点の電圧に一致させるよう、前記燃料電池の出力電流を制御可能な電圧設定部とを備えたことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項2】

前記燃料電池制御部は、

前記燃料電池の出力電圧を微小に変動させつつ低下させ、

前記燃料電池の出力電流の微小な変化が減少する時の、前記燃料電池の平均出力電圧を、前記第1の動作点の電圧として検出する請求項1記載の燃料電池システム。

【請求項3】

前記燃料電池制御部は、

前記燃料電池の出力電圧を微小に変動させつつ低下させ、

10

20

前記燃料電池の出力電力の微小な変化に対して位相が逆転する時の、前記燃料電池の平均出力電圧を、前記第2の動作点の電圧として検出する請求項1記載の燃料電池システム。

【請求項4】

前記燃料電池は、

燃料供給部と、

前記燃料供給部から供給される燃料を消費して発電を行う発電部とを備え、

前記燃料電池制御部は、

前記第2の動作点を検出した後に前記第1の動作点を検出した場合、前記燃料供給部による燃料の供給量を減少させるよう制御する制御部を備える請求項2または3記載の燃料電池システム。

10

【請求項5】

前記燃料電池は、

燃料供給部と、

前記燃料供給部から供給される燃料を消費して発電を行う発電部とを備え、

前記燃料電池制御部は、

前記第2の動作点を検出する以前に前記第1の動作点を検出した場合、前記燃料供給部による燃料の供給量を増加させるよう制御する制御部を備える請求項2または3記載の燃料電池システム。

20

【請求項6】

前記燃料電池制御部は、

前記燃料電池の温度変化、時間経過のいずれかの変化を検出する状態検出部を、さらに備え、

前記状態検出部により前記いずれかの変化が検出された場合は、再度、前記動作点検出部を動作させて新たに第1の動作点または第2の動作点を検出した後、前記新たな第1の動作点または第2の動作点の電圧を前記燃料電池の出力電圧に設定するよう前記電圧設定部を制御する請求項1記載の燃料電池システム。

【請求項7】

燃料を化学反応させて発電可能な燃料電池と、

充放電可能な二次電池と、

前記燃料電池で発生された電力を、昇圧して前記二次電池に充電させる昇圧充電回路とを備えた燃料電池システムであって、

30

前記昇圧充電回路は、

前記燃料電池の出力電流の増減により前記燃料電池の出力電圧を第1の設定値に保つよう制御する出力電圧制御部と、

前記燃料電池の出力電流を検出しつつ前記出力電圧制御部の前記第1の設定値を増減させ、前記燃料電池の出力電流の振幅が減少を開始する時の電圧を第1の動作点電圧として検出する動作点検出部と、

前記動作点検出部で前記第1の動作点電圧が検出された後に、前記第1の設定値に前記第1の動作点電圧を設定するよう前記出力電圧制御部を制御する制御部とを備えることを特徴とする燃料電池システム。

40

【請求項8】

前記二次電池は、リチウムイオン電池で構成されている請求項7記載の燃料電池システム。

【請求項9】

前記燃料電池の燃料は、アルミニウム粉と水とから発生させた水素で構成されている請求項1または7記載の燃料電池システム。

【請求項10】

前記制御部は、

前記燃料電池の温度変化、時間経過、前記二次電池の電圧変化のいずれかの変化を検出

50

する状態検出部を備え、

前記第1の動作点電圧を前記第1の設定値に保持されるように制御するとともに、

前記状態検出部により前記いずれかの変化が検出された場合は、再度、前記動作点検出部を動作させて新たに第1の動作点電圧を検出した後、前記新たな第1の動作点電圧を前記第1の設定値に設定するよう前記出力電圧制御部を制御する請求項7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、水と水素発生物質との反応により水素を発生させて発電を行う燃料電池システムに関する。特に、燃料電池で発生した電力を蓄電装置（リチウムイオン電池）に蓄電させる燃料電池システムに好適である。

【背景技術】

【0002】

近年、パソコン、携帯電話などのコードレス機器の普及に伴い、その電源である二次電池はますます小型化、高容量化が要望されている。現在、エネルギー密度が高く、小型軽量化が図れるリチウムイオン二次電池が実用化されており、ポータブル電源として需要が増大している。しかし、使用されるコードレス機器の種類によっては、このリチウム二次電池では未だ十分な連続使用時間を保証するまでには至っていない。

【0003】

このような状況の中で、上記要望に応え得る電池の一例として、固体高分子型燃料電池がある。固体高分子型燃料電池は、電解質に固体高分子電解質、正極活物質に空気中の酸素、負極活物質に燃料（水素、メタノール等）がそれぞれ用いられ、リチウムイオン電池よりも高エネルギー密度化が期待できる系として注目されている。このような燃料電池において、その水素供給源として、アルミニウム粉と水とを反応させて水素を発生させることが、特許文献1などで提案されている。この場合、アルミニウム粉に水を添加し加熱することにより、100以下の低温で動作させることができるので、携帯用燃料電池に好適である。実際には、燃料の供給、すなわち水素の生成量の迅速な加減制御が困難であるため、燃料電池出力を二次電池（リチウムイオン電池等）に蓄電させるように構成することで、小型の携帯用燃料電池システムとして利用が容易となる。一般的な燃料電池は、電解質とそれを挟む一対の電極とで構成される単位であるセル（基本電池）を、複数個直列接続してスタックを形成している。複数のセルを直列接続することで、出力電圧を高めている。

【0004】

また、一般的に固体高分子型燃料電池の出力電圧は、1セル当たり1V以下となることが多く、それに対しリチウムイオン電池は3.6V程度の電圧である。リチウムイオン電池は、自己放電が少なく、重量当たりの蓄電量が大きい等の理由から、燃料電池で発電された電力を蓄積するバッファとして好適である。リチウムイオン電池を燃料電池システムのバッファとして利用する場合、複数のセルをシリーズ化して発生電圧を高電圧化するか、燃料電池で発生した電圧を昇圧回路により高電圧に変換した後に、リチウムイオン電池に充電する必要がある。

【0005】

ところで、このような燃料電池と二次電池とを組み合わせた燃料電池システムの一例は、特許文献2に開示されている。特許文献2には、燃料電池の発電効率が最大となるように燃料電池出力電圧を制御し、使用時間の長時間化が期待できる構成が開示されている。

【特許文献1】特開2004-231466号公報

【特許文献2】特開2002-184443号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

10

20

30

40

50

しかしながら上記特許文献2に開示された構成では、水素供給量のバラツキや燃料電池のセルのバラツキがあった場合の発電と、それを受けてのリチウムイオン電池に対する充電を効率よく行うことができないという問題があった。

【0007】

すなわち、特許文献2には、必要に応じて供給量を制御された水素を用いて燃料電池を如何に効率よく発電させるかについての記載はあるが、水素供給量の迅速な加減制御が困難で水素発生量にバラツキ等がある水素発生源を有する場合に、また、温度や使用状況、製作の個別バラツキによって変化する燃料電池の発電特性を有する場合に、如何に最適に燃料電池を発電させるかについては開示されていない。特許文献2では、予め保存していた燃料電池の動作特性に基づいて燃料電池のセル出力電圧を制御しているが、水素供給量のバラツキや燃料電池自体の発電特性の変動やバラツキに対処して効率化を図ることは困難である。

10

【0008】

本発明は、上記課題に鑑み、水素供給源からの水素流量の迅速な制御が困難な場合や燃料電池の発電特性に初期バラツキや劣化が生じていても、燃料電池の好適な発電条件を検出し、その発電条件で燃料電池を駆動することにより、効率化を図ることができ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】

【0009】

上記目的を達成するために本発明の燃料電池システムは、燃料を化学反応させて発電可能な燃料電池と、前記燃料電池の出力電流を増減させて出力電圧を制御する燃料電池制御部とを備えた燃料電池システムであって、前記燃料電池制御部は、前記燃料電池の出力電圧を監視し、前記燃料電池の出力電圧を増減させ、前記燃料電池の出力電流の振幅が減少を開始する時の電圧を第1の動作点として、前記燃料電池が出力できる最大電力時の電圧を第2の動作点として、検出可能な動作点検出部と、前記燃料電池の出力電圧を、前記動作点検出部で検出された前記第1の動作点電圧または前記第2の動作点電圧に一致させるよう、前記燃料電池の出力電流を制御可能な電圧設定部とを備えている。

20

【0010】

また、燃料を化学反応させて発電可能な燃料電池と、充放電可能な二次電池と、前記燃料電池で発生された電力を、昇圧して前記二次電池に充電させる昇圧充電回路とを備えた燃料電池システムであって、前記昇圧充電回路は、前記燃料電池の出力電流の増減により前記燃料電池の出力電圧を第1の設定値に保つように制御する出力電圧制御部と、前記燃料電池の出力電流を検出しつつ前記出力電圧制御部の前記第1の設定値を増減させ、前記燃料電池の出力電流の振幅が減少を開始する時の電圧を第1の動作点電圧として検出する動作点検出部と、前記動作点検出部で前記第1の動作点電圧が検出された後に、前記第1の設定値に前記第1の動作点電圧を設定するよう前記出力電圧制御部を制御する制御部とを備えている。

30

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、供給される燃料に応じて効率的な充電が行える燃料電池システムを実現できる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明の燃料電池システムは、前記二次電池はリチウムイオン電池で構成することが望ましい。

【0013】

また、前記燃料電池の燃料は、アルミニウム粉と水とから発生させた水素で構成することが望ましい。

【0014】

また、前記充電回路は燃料電池の出力電流の増減により出力電圧を一定値に保つことが

50

できる燃料電池出力電圧制御部を有することが望ましい。

【0015】

また、前記燃料電池システムでは前記燃料電池出力電圧制御部と燃料電池出力電流検出手段を有し、前記燃料電池出力電圧制御部により燃料電池出力電圧を低下させるに伴って生じる燃料電池出力電流の増加が停止する燃料電池出力電圧を第1の動作点電圧として検出する動作点検出部を有することが望ましい。

【0016】

また、前記燃料電池システムでは前記燃料電池出力電圧制御部を用いて、前記動作点検出部により検出した第1の動作電圧に燃料電池出力電圧を設定する制御を行う制御部を有することが望ましい。

10

【0017】

また、前記充電手段は、二次電池の電圧が充電されて第1の充電電圧に到達するまでは、前記燃料電池出力電圧制御部により燃料電池の出力電圧を一定の電圧に制御しつつ充電を行い、充電が進行して二次電池の電圧が第1の充電電圧に到達した場合は二次電池への充電電圧を第1の充電電圧に保ちつつ充電を継続する充電制御を行う機能を有することが望ましい。

【0018】

また、前記第1の動作点として、供給された水素を全て消費し、且つ、燃料電池出力電圧が最も高い電圧に保たれるような動作点とすることが望ましい。

【0019】

また、燃料電池の出力電流の制御により出力電圧を低下させるにつれて増加する出力電力が最大となる出力電圧を有する第2の動作点が検出された場合、水素供給量が過剰であるので、水の供給を減少させることが望ましい。

20

【0020】

また、燃料電池の出力電圧を低下させつつ行う動作点検出の制御中に、水素を全て消費する第1の動作点の電圧が先に検出された場合は、出力電力が最大となる第2の動作点までの水素供給の余裕があるので水の供給を増加させることが望ましい。

【0021】

また、前記第1の動作点を検出する場合、燃料電池の出力電圧を微小に変動させ、それに対する出力電流の変動量と位相により検出し、更に、前記第2の動作点を検出する場合、燃料電池の出力電圧を微小に変動させ、それに対する出力電力の変動量と位相により検出してもよく、いわゆるウォブリング制御を行わせるのが望ましい。

30

【0022】

(実施の形態1)

〔燃料電池システムの概要〕

図1は、実施の形態1における燃料電池システムの構成を示すブロック図である。なお、図1は、実施の形態1の燃料電池システムを要素的に示した図である。

【0023】

図1において、燃料電池システムは、燃料電池1と昇圧充電回路2とリチウムイオン電池3と出力端子4とを備えている。燃料電池1は、水素発生部101と固体高分子型燃料電池104(以下、PEFCと称する。PEFC; Polymer Electrolyte Fuel Cell)とを備えている。昇圧充電回路2は、PEFC104の出力を昇圧してリチウムイオン電池3に充電する充電手段の他に、入力電圧設定部201、動作点検出部202、制御部203とを備えている。

40

【0024】

水素発生部101は、アルミニウム粉102に水を添加し加熱することにより、水素103を発生させている。発生された水素103は、PEFC104に供給されている。

【0025】

PEFC104は、電解質とそれを挟む一对の電極(正極、負極)とで構成されたセルを、複数個備えてスタックを形成している。電解質には、固体高分子電解質が使われてい

50

る。また、正確には正極活物質である空気中の酸素が供給され、負極には負極活物質である燃料（水素、メタノール）が供給されている。負極には、水素発生部 101 で発生した水素 103 が供給される。この構成において、負極活物質の水素イオンが電解質を通して正極側へ移動し、酸素分子と結合する時に、外部回路中を電子が移動し発電される。なお、PEFC 104 において使用される電解質、正極活物質、負極活物質の構成は、上記に限定されるものではない。

【0026】

入力電圧設定部 201 は、燃料電池 1 からの出力電流の増減制御により、出力電圧を任意の設定された電圧（例えば第 1 の設定電圧）に保つように制御する設定手段である。

【0027】

動作点検出部 202 は、入力電圧設定部 201 により燃料電池 1 の出力電圧を可変しつつ燃料電池 1 の出力電流の挙動を検知することにより、第 1 の動作点電圧を検出する手段である。第 1 の動作点電圧とは、水素供給を全て消費して発電を行っている状態における、燃料電池 1 の出力電圧のことである。さらに、動作点検出部 202 は、第 1 の動作点電圧を検出するとともに、出力電力を検知して第 2 の動作点電圧を検出することができる。第 2 の動作点電圧とは、出力電力が最大となる状態における、燃料電池 1 の出力電圧のことである。なお、第 1 の動作点電圧、第 2 の動作点電圧の検出方法については、後述する〔ウォプリング制御による動作点検出方法〕の項にて、詳しく説明する。

【0028】

制御部 203 は、動作点検出部 202 を制御して第 2 の動作点電圧を検出するために燃料電池 1 の出力電圧を低下させていった場合に、先に第 1 の動作点電圧を検出した場合には、入力電圧設定部 201 を制御して、第 1 の動作点電圧に基づき燃料電池 1 の出力電圧を制御するものである。また、最大電力を得る第 2 の動作点電圧を検出した後、水素を全て消費する第 1 の動作点電圧が検出されなかった場合、水素供給量が過剰であると判断して、水素発生部 101 に対する水の供給を減少させる制御を行う。

【0029】

これらの動作を実現するための具体的な構成は後述するが、図 1 に示した構成により、効率的な水素消費や水素生成を行うことができる燃料電池システムを構築することができる。

【0030】

〔具体的な回路構成〕

図 2 は、昇圧充電回路 2 の具体的な回路図である。

【0031】

図 2 は、入力電圧をより高い出力電圧に変換し充電する昇圧充電回路であり、説明を簡略化するため PWM 制御 IC として市販されている IC を使用することを前提に構成している。なお、動作説明を簡略化する為に、後述する第 1 の動作点電圧や第 2 の動作点電圧の検出方法や、効率的な燃料電池 1 の発電制御方法等を実現する方法として例示したものであり、昇圧充電による二次電池への充電やそれを市販の PWM 制御 IC を用いた充電回路で必ずしも構成する必要が無い事は言うまでもない。

【0032】

図 2 は、市販されている PWM 制御 IC（例えばリニアテクノロジー社の LS1919 等）を利用した昇圧型の DC-DC コンバータを元に、昇圧充電回路を構築した例であり、簡単な為に、そのような IC の動作と同様な動作をするとして説明する。

【0033】

図 2 において、昇圧充電回路 2 は、充電制御回路 21、PWM 制御回路 25、変換回路 33 とを備えている。

【0034】

充電制御回路 21 は、燃料電池 1 の出力端子 1a に接続されている端子 21a と、接地されている端子 21b と、リチウムイオン電池 3 の端子に接続されている端子 21c と、PWM 制御回路 25 に接続されている端子 21d と、基準電源である基準電源 22 と、+

10

20

30

40

50

端子が基準電源 2 2 に接続され - 端子が端子 2 1 a に接続されている誤差増幅器 2 3 と、アノードが誤差増幅器 2 3 の出力端子に接続されカソードが端子 2 1 d に接続されているダイオード 2 4 と、端子 2 1 c における電圧を分圧する分圧抵抗 2 9 及び 3 0 とを備えている。

【 0 0 3 5 】

P W M 制御回路 2 5 は、詳しい回路は図示しないが、内部基準電源、比較増幅器などから構成され、充電制御回路 2 1 から出力される電圧と内部基準電源電圧とを比較し、その誤差分を増幅して、所定のデューティを有する P W M パルスを出力するものである。

【 0 0 3 6 】

なお、P W M 制御回路 2 5 は、一般に市販されている P W M 制御用 I C を使用すると簡便に構成できるが、もちろん充電制御回路 2 1 等も含めて I C 化してもよいことは言うまでも無い。また、更には燃料電池 1 やリチウムイオン電池 3 等の電圧、電流を A D 変換によりマイコンに取り込んで、信号処理自体はデジタル処理を用いて行い、その結果を P W M 出力として取り出して制御回路を構築してもよいが、システムの処理方法や仕様等が明確になれば、回路の実現手段は当業者にとっては設計事項に含まれるので説明は省略する。

【 0 0 3 7 】

変換回路 3 3 は、燃料電池 1 の出力端子 1 a とフライホイールダイオード 2 7 との間に接続されているインダクタ 2 6 と、アノードがインダクタ 2 6 に接続されカソードがリチウムイオン電池 3 に接続されているフライホイールダイオード 2 7 と、P W M 制御回路 2 5 から出力される P W M 信号によってオン / オフに切換制御されるスイッチ 2 8 とを備えている。

【 0 0 3 8 】

充電制御回路 2 1 は、インダクタ 2 6 に蓄積される磁気エネルギーを利用した電流電圧変換により、第 1 に、燃料電池 1 の電流出力の可変により燃料電池 1 の出力電圧を一定に保ちつつリチウムイオン電池 3 を充電する、燃料電池 1 の定電圧駆動制御を行わせ、第 2 に、リチウムイオン電池 3 が充電され終止電圧に到達した後は、リチウムイオン電池 3 への出力電圧を一定に保ちつつ充電する定電圧充電制御を行わせる制御回路である。

【 0 0 3 9 】

以下、動作について説明する。

【 0 0 4 0 】

図 2 において、スイッチ 2 8 が P W M パルスによってオンにされると、インダクタ 2 6 を通じて燃料電池 1 から電流が供給され、インダクタ 2 6 に磁気エネルギーが蓄えられる。その後、スイッチ 2 8 が P W M パルスによってオフにされると、インダクタ 2 6 に蓄えられた磁気エネルギーにより電流の流れを継続するように、インダクタ 2 6 の両端に高電圧が反転生成する。インダクタ 2 6 の一端が燃料電池 1 に繋がれているのでインダクタ 2 6 のスイッチ 2 8 側に高電圧が発生し、それがフライホイールダイオード 2 7 を通じてリチウムイオン電池 3 側に供給され、充電される。このように、スイッチ 2 8 のオン / オフ切り換えによる変換動作を繰り返すことにより、燃料電池 1 で発生される電力を、リチウムイオン電池 3 へ充電させることができる。

【 0 0 4 1 】

燃料電池 1 からの電流を増加させる場合は、P W M 制御回路 2 5 から出力される P W M パルスのデューティ比を高くし、スイッチ 2 8 のオン期間を増加させ、インダクタ 2 6 に流れる電流を増加させる。

【 0 0 4 2 】

今、燃料電池 1 の出力電圧が上昇した等の理由により、ダイオード 2 4 の誤差増幅器 2 3 側が端子 2 1 d より低電圧となった場合、ダイオード 2 4 は逆極性となるためオフとなり、ダイオード 2 4 が接続されていない状態となる。この場合、リチウムイオン電池 3 の出力が、分圧抵抗 2 9 と分圧抵抗 3 0 とで分圧されて P W M 制御回路 2 5 に伝達される。このような信号経路での構成は一般的な P W M 制御 I C を使って一定電圧出力を出力する

10

20

30

40

50

DC - DCコンバータと同じ構成となり、PWM制御回路25は、PWM制御回路25内に設けられた内部基準電源（不図示）と比較し、分圧された端子21dの電圧が内部基準電源の電圧と等しくなるように、PWM制御回路25からスイッチ28へ出力される駆動パルスのデューティ等を変化させる。

【0043】

PWM制御回路25は、入力された電圧が内部基準電源に比較して上昇した場合には、スイッチ28のオン期間を短縮するように駆動パルスのデューティ比を変更して、インダクタ26に流入する電流を低下させることにより、インダクタ26を通じて供給される電流を減少させる。このようにインダクタ26を通じての電流が減少すると、燃料電池1の出力電流の減少による燃料電池1の出力電圧の上昇、リチウムイオン電池1側に流出する電流の減少によるリチウムイオン電池3側への出力電圧の低下、といった変化が生じる。また、逆にPWM制御回路25に入力された電圧が低下した場合は、スイッチ28のオン期間を延長することによりインダクタ26を通じて供給される電流が増加するので、燃料電池1では出力電圧の低下、リチウムイオン電池3側では出力電圧の上昇、といった電圧の変化が生じる。

10

【0044】

以上のような動作を利用することにより、PWM制御回路25の入力としてリチウムイオン電池3からの信号が入力された場合はリチウムイオン電池3への電圧を一定にするような定電圧充電制御を、燃料電池1からの信号が入力された場合は燃料電池1の電圧を一定にするような定電圧駆動制御を行うような制御回路を構成できる。

20

【0045】

先に、燃料電池1の出力電圧が上昇した等の理由により、ダイオード24の両端の電圧が逆極性となるためオフとなり、ダイオード24が接続されていない状態となると説明したが、このような場合は、リチウムイオン電池3から分圧抵抗29を経由する信号経路のみが有効になるので、リチウムイオン電池3側を定電圧に保つ定電圧充電制御が実行される。ダイオード24がオフではなく誤差増幅器23の経路が有効な場合は、燃料電池1の出力電圧を一定に保つ定電圧駆動制御が実行される。

【0046】

リチウムイオン電池3の充電は、リチウムイオン電池3をその過充電から保護するために、最終的には、予め決められている終止電圧で定電圧充電を行う。今、ダイオード24がオフとなりリチウムイオン電池3の定電圧充電制御状態となっていて、更に、リチウムイオン電池3の充電電圧が終止電圧であった場合に、PWM制御回路25に入力される電圧と内部基準電源の電圧値とが等しくなるように分圧抵抗29と分圧抵抗30の分圧比を設定すれば、この昇圧充電回路2は終止電圧を発生するDC - DCコンバータ動作を行うことになる。

30

【0047】

なお、このように分圧抵抗29等を調整設定することにより終止電圧の値を任意に設定できるので、リチウムイオン電池3が1直の構成の場合は例えば4.2Vに設定し、リチウムイオン電池が2直の構成の場合は例えば8.4Vに設定することにより、過充電に対しての保護を行うことができる。

40

【0048】

以下、まずは、リチウムイオン電池3の電圧が終止電圧より低下している場合の、燃料電池1の定電圧駆動制御についての動作を説明する。昇圧充電回路2のDC - DCコンバータ動作に伴って燃料電池1からインダクタ26を介して、リチウムイオン電池3に電流が流出するが、燃料電池1からの電流流出が増大していくと、図5(a)(詳細は後述)に示すように燃料電池1の出力電圧が低下していく。

【0049】

燃料電池1の出力電圧は、端子21aを通じて誤差増幅器23の-端子に入力されているため、燃料電池1の出力電圧が基準電源22の電圧より低下すると、誤差増幅器23の出力電圧が上昇する。したがって、ダイオード24が順方向の導通状態となり、誤差増幅

50

器 2 3 の出力により分圧抵抗 2 9 と分圧抵抗 3 0 とによる分圧回路の電圧が引き上げられるので、それにつれて、端子 2 1 d の電圧が上昇する。そのため、P W M 制御回路 2 5 は、入力電圧が上昇したとしてインダクタ 2 6 を介しての電流を減少させ、変換動作を停滞させるので、燃料電池 1 の出力電流が低下し、燃料電池 1 の出力電圧が上昇を始める。

【 0 0 5 0 】

逆に、燃料電池 1 の出力電圧が上昇し、誤差増幅器 2 3 の + 端子に接続された基準電源 2 2 より上昇すると、誤差増幅器 2 3 の出力が低下してダイオード 2 4 がオフとなり、先に説明したように充電制御回路 2 1 は終止電圧を発生する D C - D C コンバータ動作を行うことになる。今、リチウムイオン電池 3 の出力電圧が終止電圧以下の場合であるので、P W M 制御回路 2 5 に入力される分圧された電圧は不図示の内部基準電源の電圧より低下している。そのため、出力電圧が低下している D C - C D コンバータの動作と同じく、インダクタ 2 6 を介しての電流を増加させ、変換動作を増進させるので、燃料電池 1 の出力電流が増加し、燃料電池 1 の出力電圧が低下する。

10

【 0 0 5 1 】

このような動作により、充電制御回路 2 1 は、誤差増幅器 2 3 の + 端子に接続された基準電源 2 2 の電圧に等しくなるように燃料電池 1 の出力電圧を一定に保つ定電圧駆動制御を行う。従って、基準電源 2 2 の電圧を任意の値に設定することにより、燃料電池 1 の出力電圧を任意の値に制御できるので、これを利用して、燃料電池 1 の発電効率が最も向上する電圧に燃料電池 1 の出力電圧を設定することにより、燃料電池システムの発電効率の向上を図ることができる。

20

【 0 0 5 2 】

以上のような燃料電池 1 の定電圧駆動制御によりリチウムイオン電池 3 は充電されていくが、その電圧が終止電圧に到達するようになると D C - D C コンバータ動作としては平衡状態に近づくことになるので、変換動作が抑圧される。そのため、それまでの燃料電池 1 の定電圧駆動制御により燃料電池 1 から出力されていた出力電流よりも電流が減少するので、燃料電池 1 の出力電圧が上昇し、ダイオード 2 4 はオフの状態を維持することとなり、D C - D C コンバータ動作のみが継続することになる。その為、充電制御回路 2 1 は、終止電圧でリチウムイオン電池 3 を充電する定電圧充電制御に切り替わり、リチウムイオン電池 3 の充電が継続する。

30

【 0 0 5 3 】

なお、端子 4 a から負荷に対して電流が流れ、リチウムイオン電池 3 の電圧が低下した場合は、再び燃料電池 1 の定電圧駆動制御に切り替わりリチウムイオン電池 3 の充電を行ない、充電が継続していく。

【 0 0 5 4 】

以上のように、リチウムイオン電池 3 の電圧が終止電圧に到達するまでは、燃料電池 1 の出力電圧を基準電源 2 2 で設定される電圧に固定しつつ充電する定電圧駆動制御を行い、リチウムイオン電池 3 の電圧が終止電圧に到達すると、出力電圧を終止電圧に制御する定電圧充電制御を行うので、燃料電池 3 の発電効率の向上を図りつつ、リチウムイオン電池 3 の充電保護に適した充電動作を行うことができる。

【 0 0 5 5 】

40

なお、ダイオード 2 4 を通じて D C - D C コンバータの分圧抵抗の電圧を変化させているので、ダイオード 2 4 の電流電圧特性や温度特性により制御特性が変化する。そこで、ダイオード 2 4 とコンパレータとを組み合わせ、ダイオード 2 4 のオン / オフの切り換え特性をシャープにする回路を組み込むことにより、充電特性の向上を図ってもよく、図 3 A、図 3 B にその回路例を示す。

【 0 0 5 6 】

図 3 A は、図 2 におけるダイオード 2 4 を抜粋した図である。図 3 B は、図 3 A に示すダイオード 2 4 の代わりに、ダイオード 2 4 d とコンパレータ 2 4 c とで構成した切替え回路の例である。以下、図 3 B に示す回路を、図 2 に示す回路に組み込んだ場合の動作について説明する。

50

【 0 0 5 7 】

図 3 B に示す構成では、図 2 における燃料電池 1 の出力電圧が低下すると、誤差増幅器 2 3 によって、端子 2 4 a が端子 2 4 b よりも高電位となる。したがって、コンパレータ 2 4 c の出力が高電位となり、ダイオード 2 4 d が順方向のバイアスとなるため、端子 2 4 b を高電位に保とうとする。しかし、端子 2 4 b は、コンパレータ 2 4 c の - 端子に接続されているので、コンパレータ 2 4 c の出力を低電位に引き下げようとする。このような帰還ループによって、端子 2 4 a と端子 2 4 b とはほぼ同電位となり、端子 2 4 a の電位が上昇するとそれに伴って端子 2 4 b も上昇する。したがって、端子 2 4 b に接続されている P W M 制御回路 2 5 の入力電圧が上昇し、D C - D C コンバータの変換動作が低下する。

10

【 0 0 5 8 】

一方、燃料電池 1 の出力電圧が上昇し、端子 2 4 a の電位が端子 2 4 b の電位よりも低下した場合、すなわち、リチウムイオン電池 3 の出力が分圧抵抗 2 9 と分圧抵抗 3 0 で分圧された電圧より低下した場合は、コンパレータ 2 4 c の + 端子の電位が - 端子より低下するので、コンパレータ 2 4 c の出力電圧は低下する。しかし、この場合はダイオード 2 4 d が逆方向のバイアスとなるので、ダイオード 2 4 d はオフとなり、端子 2 4 b とコンパレータ 2 4 c の出力との導通は無くなる。そのため、端子 2 4 b は、端子 2 4 a の電位の影響を受けなくなり、P W M 制御回路 2 5 にはリチウムイオン電池 3 の出力電圧を分圧した電圧が加わり、D C - D C コンバータ動作が開始される。

【 0 0 5 9 】

このような回路構成より、ダイオード 2 4 d のオン/オフ制御するための切り替わり電圧の差は、コンパレータ 2 4 c の入力端子間に生じるオフセット電圧程度の誤差に収まり、また温度特性も同様の範囲に入るので、安定した昇圧充電回路を構成できる。

20

【 0 0 6 0 】

〔ウォブリング制御による動作点検出方法〕

前述した第 1 の動作点電圧、第 2 の動作点電圧の検出方法には、ウォブリング制御により検出する方法がある。この制御方法に関して、燃料電池出力特性を元に説明し、実施の形態の望ましい制御方法として示す。

【 0 0 6 1 】

燃料電池 1 の動作点を検出し、それを燃料電池の運転に使用することを述べたが、この動作点が燃料電池 1 の出力特性のどのような部分に相当し、どのように検出するかについて、図 5 から図 7 を参照して説明する。

30

【 0 0 6 2 】

図 5 (a) は、燃料電池 1 に水素供給を行って発電をした場合の、燃料電池 1 の出力電流 I_{OUT} に対する出力電圧 V_{OUT} の特性や挙動を示す。図 5 (a) に示すように、燃料電池 1 の発電中は、電解質中を水素イオンが移動しており、拡散抵抗等により出力電流 I_{OUT} の増加に伴って出力電圧 V_{OUT} が低下する。しかし、燃料電池 1 は、負極に供給されている水素以上には水素イオンが増加しないので、水素供給量で決まる所定の電流値以上の電流を流した場合、急速に出力電圧 V_{OUT} が低下する。このように、急速に出力電圧 V_{OUT} が低下するので、出力電流により水素供給量を推定することができるので、水素供給量に応じた燃料電池出力電圧を設定することが可能となる。

40

【 0 0 6 3 】

通常の水素供給量の場合は、第 1 の特性 4 0 3 a に示すように出力電流 I_{OUT} の増加に伴って出力電圧 V_{OUT} が低下する。また、水素供給量を増やした場合は、第 2 の特性 4 0 3 b に示すように出力電圧 V_{OUT} が低下する。すなわち、水素供給量を増やせば、急速に出力電圧 V_{OUT} が低下する時の出力電流 I_{OUT} は高くなる。

【 0 0 6 4 】

また、図 5 (b) 及び図 5 (c) は、燃料電池 1 の出力電圧を微小変動させた場合の、出力電流における微小変動の振幅の挙動や、微小変動の位相の挙動を示している。図 5 (b) は、燃料電池 1 の平均出力電圧 V_{AVE} に対する出力電流 I_{OUT} の振幅特性を示している

50

。また、図5(c)は、電池1の平均出力電圧 V_{AVE} に対する出力電流 I_{OUT} の位相特性を示している。

【0065】

図6は、PEFC104に水素供給を行って発電をした場合の、出力電流 I_{OUT} に対する出力電力 W_{OUT} の特性を示す。図6に示すように、水素供給が十分な場合は、出力電流 I_{OUT} の増加に伴って出力電力 W_{OUT} が増加するが、前述したように出力電流 I_{OUT} が増加すると出力電圧 V_{OUT} が低下していくので、出力電力 W_{OUT} は最大電力 W_1 となった後に減少していく。しかし、水素供給が不十分であると、特性403cに示すように、出力電流 I_{OUT} の増加に対して急速な出力電圧の低下が起こるため、電力 W_1 よりも低い電力 W_2 を最大値として、急速に出力電力 W_{OUT} が低下する。

10

【0066】

図7(a)は、燃料電池1の出力電圧 V_{OUT} と出力電力 W_{OUT} との関係を示している。図7(a)において、十分な水素供給の下で燃料電池1の出力電流を増加させると、第3の特性403dに示すように出力電圧 V_{OUT} が下がってくるが、出力電力 W_{OUT} は最大電力 W_3 で最大値を取る。一方、水素供給が不十分な場合は、第4の特性403eに示すように、出力電圧 V_{OUT} の減少に伴って電流が増加しなくなるため、出力電力 W_{OUT} は最大電力 W_1 よりも低い電力 W_4 を最大値にして、以降急速に低下する。

【0067】

また、図7(b)や図7(c)には、燃料電池1の出力電圧 V_{OUT} を微小変動させた場合の、出力電力 W_{OUT} における微小変動の振幅の挙動や、微小変動の位相の挙動を示している。図7(b)は、平均出力電圧 V_{AVE} と出力電力 W_{OUT} の振幅Aとの関係を示している。図7(c)は、平均出力電圧 V_{AVE} と出力電力 W_{OUT} の位相Pとの関係を示している。

20

【0068】

なお、図6に示した出力電力 W_{OUT} の特性曲線は、燃料電池1からの出力電流 I_{OUT} が零の場合を基点としており、出力電流 I_{OUT} の増加に伴い出力電力 W_{OUT} が増加する。また、図7は、出力電流 I_{OUT} が零の場合、即ちOCV(Open Circuit Voltage)の電圧が基点となり、出力電圧 V_{OUT} の低下に伴って出力電力 W_{OUT} が増加する。

【0069】

図5(a)と図7(a)とを参照して、本発明の構成での望ましい動作点検出方法を説明する。

30

【0070】

アルミニウム粉の反応によって水素の供給がされる場合、迅速な供給量の増減制御が困難であるので、供給量に応じた、最適な燃料電池1の発電を行う必要がある。そこで、燃料電池1の出力電圧を低下させた場合に、その出力電流が増加しなくなる点(すなわち、急速に電圧が低下する点)を検出し、その点を供給された水素を全て消費する「第1の動作点」と定義する。図5(a)において、第1の動作点404aにおける出力電圧を、第1の動作点電圧 V_1 とする。

【0071】

入力電圧設定部201により、燃料電池1の出力電圧を、第1の動作点電圧 V_1 に一致させるように設定して発電させれば、水素発生部101において発生した水素を全て燃料電池1の発電に利用できる。よって、水素の余剰分を排出させる必要がなくなり、効率的な燃料電池システムを構築できる。

40

【0072】

なお、このような動作点の検出方法として、燃料電池1の出力電圧を微小に変動させ、その出力電圧に対する出力電流や出力電力の振幅や位相の挙動に基づき動作点を検出する方法(いわゆるウォブリング制御)がある。ウォブリング制御自体は、磁気記録のヘッド制御や、カメラのオートフォーカス制御等に利用されているが、制御対象や制御方法がそれぞれの対象によって異なってくる。本発明では制御対象を燃料電池1の出力電圧にしている。

【0073】

50

図5(a)に示すように、時間 t の経過に従って、燃料電池1の出力電圧 V_{OUT} を波形410aに示すように変動させると、それに対する燃料電池1の出力電流 I_{OUT} が波形411aに示すように表れる。このように出力電圧 V_{OUT} を変動させながらその平均電圧を下げていくと、波形410bに示す出力電圧 V_{OUT} においては、出力電流 I_{OUT} が波形411bに示すように表れる。波形411bは、波形411aに対して位相は同じであるが、振幅が大幅に低下している。このように、大幅な振幅低下が開始される時の出力電圧が、第1の動作点電圧 V_1 である。

【0074】

もちろん、第1の動作点電圧 V_1 を検出する際、出力電流 I_{OUT} を増加させていき、出力電圧 V_{OUT} が急速に低下する時の電圧を検出することで、第1の動作点電圧 V_1 を検出することもできる。

10

【0075】

検出された第1の動作点電圧 V_1 で燃料電池1を運転させることにより、供給された水素を全て消費するような効率が良い発電ができる。

【0076】

なお、出力電流 I_{OUT} の波形411aまたは411bの振幅は、図5(b)に示すように平均出力電圧 V_{AVE} が第1の動作点電圧 V_1 以上では一定であるが、第1の動作点電圧 V_1 未満になると急速に低下する。一方、出力電流 I_{OUT} の波形411aまたは411bの位相は、図5(c)に示すように平均出力電圧 V_{AVE} に関係なく、一定であるので、通常のウォブリング制御のように位相まで観測して動作点を検出する必要は無いことはいうまでも無い。

20

【0077】

次に、図7(a)を参照して、出力電圧が最大となる第2の動作点電圧の、ウォブリング制御による検出方法について説明する。

【0078】

図7(a)における特性(実線)は、水素供給が十分である場合の出力電圧 V_{OUT} と出力電力 W_{OUT} との関係を示している。出力電力 W_{OUT} は、出力電圧 V_{OUT} の低下に伴って増加するが、最大電力 W_3 (最大点404fにおける電力)以降は低下していく。この最大電力 W_3 の時の出力電圧を電圧 V_2 とする。

【0079】

30

図7(a)において、波形312aで示すように出力電圧 V_{OUT} を変動させると、出力電力 W_{OUT} は波形413aに示すように変動する。波形312aと波形413aとは逆位相である。変動させている出力電圧 V_{OUT} の平均電圧を低下させ、出力電圧 V_{OUT} を波形312bに示すように変動させると、出力電力 W_{OUT} は波形413bのように変動する。波形413bは、波形312bに対して同位相であるが、振幅は低下している。このような出力電力 W_{OUT} における位相の逆転は、最大電力である電力 W_3 の時(動作点404f)に現れる。したがって、電力 W_3 を出力させることが可能な第2の動作点電圧 V_2 で燃料電池1を運転させることにより、最大出力電力を得ることができる。

【0080】

この第2の動作点電圧 V_2 を検出するには、出力電圧を変動させつつその平均値をOCVから低下させていき、出力電力の最小振幅(図7(b)参照)と、位相の逆転(図7(c)参照)とを検出することで、第2の動作点電圧 V_2 を検出することができる。すなわち、図7(c)に示すように、出力電力 W_{OUT} の最大点である第2の動作点404f(出力電圧 V_2)を境に、波形413aと波形413bとは位相が逆転する。したがって、出力電圧 V_{OUT} を低下させていき、位相の変化を検出すれば、第2の動作点404fの方向が分かり、最大電力である第2の動作点404fに到達させることができるのである。また、図7(b)に示すように、出力電力の波形の振幅は、第2の動作点404fにおいて最小となる。したがって、出力電力の波形の振幅が最小となるポイントを検出することで、最大電力である第2の動作点404fに到達させることができるのである。

40

【0081】

50

しかし、水素の供給量が足りず、水素供給量が特性403eに示すような場合は、最大電力である第2の動作点404fに到達する前に供給された水素を全て消費する第1の動作点404dが検出される。そこで、燃料電池1の動作点としては、第1の動作点404dの出力電圧(第1の動作点電圧 V_1)に設定すれば、効率的な発電ができる。この場合、最大電力 W_3 を得るまでには水素供給量に余裕があるので、アルミニウム粉への水の供給を増加することが望ましい。

【0082】

一方、水素供給が過剰な場合の特性403dに示すような場合は、燃料電池1の出力電圧が、第2の動作点電圧 V_2 より低い電圧に到達して初めて、供給された水素を全て消費する動作点404eを検出することができる。このような場合は、水素供給が過剰であるため、アルミニウム粉への水の供給を減少させることが望ましい。

10

【0083】

このように、水の供給制御は、全ての水素を消費する第1の動作点404dと、最大電力が得られる第2の動作点404fの検出を継続しておき、出力電圧 V_{OUT} を低下させて、最大電力 W_3 が得られる第2の動作点404fを検出する前に第1の動作点404dを検出した場合は水の供給を増加させ、最大電力 W_3 が得られる第2の動作点404dを検出した場合は水の供給を減少させる制御とすることが望ましい。

【0084】

しかし、昇圧充電回路2が取り扱える燃料電池1の出力電流の変換許容値や、水素発生の単位時間あたりの目標発生量等から、まずは水の供給量を設定し、その後、第1の動作点の検出等を行う制御とすることが望ましい。

20

【0085】

また、第2の動作点404fで最大電力を得る動作点を、燃料電池1の出力の挙動のみから求めたが、燃料電池システムでは水を供給するためのポンプ等のいわゆる補機による電力消費がその電源である二次電池の電圧によって変化したり、或いは、入出力電圧によって昇圧充電回路2の効率が変化し昇圧充電回路2によって消費される電力が変化したりする。従って、燃料電池1の出力電力から、補機の電力や昇圧充電回路2の電力等を減算した総合電力を算出し、その電力が最大となるように第2の動作点404fの検出を行うことが望ましい。

【0086】

30

なお、第1の動作点404d、第2の動作点404fの検出方法は、燃料電池1の出力電圧の制御部があれば検出可能であり、昇圧充電に限らないことは言うまでも無い。

【0087】

しかし、燃料電池のセルを多数個使用する場合、形態的に大きなものとなり、可搬性に支障をきたすため、燃料電池とリチウムイオン電池と昇圧充電回路を有する燃料電池システムが、アルミニウム粉を用いた燃料電池システムとして好適であるとして提案する。

【0088】

〔制御部を含む構成〕

図4は、図2の燃料電池システムの構成に、制御部を含んだ構成を示している。したがって、図2と同様の構成要素には、同一番号を付与している。

40

【0089】

図4において、電流検知部31は、燃料電池1の出力電流を検知する。

【0090】

動作点検出部202aは、端子203bを介して燃料電池1の出力電圧が入力され、電流検知部31から端子203cを介して燃料電池1の出力電流が入力される。さらに、動作点検出部202aは、基準電源23の電圧を制御することにより、燃料電池1の出力電圧を制御するように構成されている。また、動作点検出部202aは、基準電源23の電圧設定を変更することで生じる燃料電池1の出力電圧と出力電流の変動を検知し、図5で説明した検出方法に基づき、第1の動作点および第2の動作点を検出する。その後、制御部203により検出された動作点に合わせて、燃料電池1の出力電圧を制御するこ

50

とにより、効率的な発電が可能となる。

【0091】

なお、動作点検出を行う際に、燃料電池1の出力電圧の制御方法として、例えば基準電源23の代わりにマイコンのD/A出力を与えることにより、マイコンで制御可能となり、また、出力電流と出力電圧はマイコンのA/D入力により検知できる。

【0092】

このように、電流と電圧を取り込んだ後は、図5で示した動作点検出方法に従い演算することにより、容易に第1の動作点と第2の動作点とを検出できるが、燃料電池の出力電圧の制御や電圧/電流の取り込み方法、および検出のアルゴリズムが判明すれば、その後の動作点検出の具体的な回路構成は当業者にとっては単なる設計事項であるので省略する。

10

【0093】

以上のように本実施の形態によれば、低い出力電圧で急速な出力制御の困難な燃料電池1を有する燃料電池システムにおいて、燃料電池1の出力電圧の可変による燃料電池出力電流の挙動から水素供給量に応じて、最適な燃料電池出力電圧を検出できるので、燃料電池1の特性や水素供給量のバラツキや変動が生じていても、効率化が図られた燃料電池システムを実現することができる。

【0094】

なお、第2の動作点を検出するための位相を求めるには、出力電力を演算により求めてその位相を検出してもよいが、出力電流との位相から求めてよいことはいうまでもない。

20

【0095】

以上、動作点の検出と、動作点の設定について述べたが、動作点の検出に際してのウォブリング制御は常に行う必要は無く、状態検出部32からの動作点検出開始信号を待ってから検出を開始してもよい。この場合、状態検出部32は、一定の時間が経過した場合、温度が変化した場合、燃料電池1の出力電力が変化した場合、リチウムイオン電池3の電圧が変化した場合等の変化が生じた場合に、再度動作点を検出し、燃料電池1の発電条件を変更するよう、制御部203を制御する。

【0096】

また、燃料電池1の定電圧出力制御において、出力電圧を微小変動させるウォブリング制御を行うことにより最適な制御が実現できるが、その微小変動の電圧や周期については燃料電池1の電気2重層容量等からなるインピーダンス特性やセルのスタック方法による出力電圧等から求める必要がある。その為、セル設計等に依存し、それぞれの場合の設計事項によるところであるので、詳細説明は省く。

30

【産業上の利用可能性】

【0097】

本発明により、燃料電池の発電効率や水素発生量のバラツキ等が生じても、それに応じた燃料電池の動作点を検出して運転させることにより、効率が良い発電を行うことができるので、小型携帯機器用の燃料電池システムに幅広く利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0098】

40

【図1】本発明の実施の形態1における燃料電池システムの構成を示すブロック図

【図2】燃料電池システムを実現するための回路例を示す回路図

【図3A】燃料電池システムにおけるダイオードの構成を示す回路図

【図3B】燃料電池システムにおけるダイオードの構成を示す回路図

【図4】燃料電池システムを実現するための構成を示すブロック図

【図5】燃料電池システムを実現するための制御方法を説明するための波形図

【図6】燃料電池システムを実現するための制御方法を説明するための波形図

【図7】燃料電池システムを実現するための制御方法を説明するための波形図

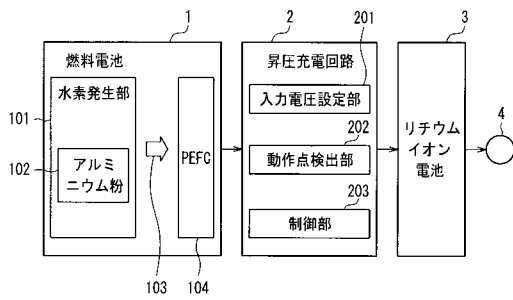
【符号の説明】

【0099】

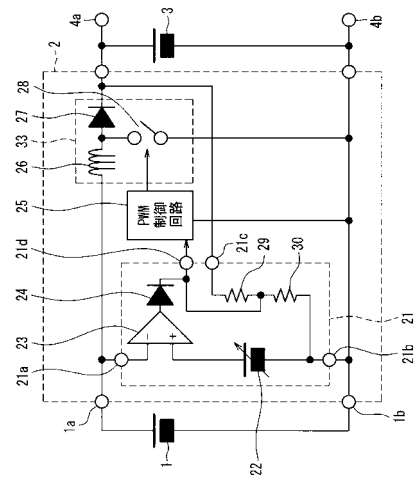
50

- 1 燃料電池
 - 101 水素発生部
 - 102 アルミニウム粉
 - 103 水素
 - 104 P E F C
- 2 昇圧充電回路
 - 201 入力電圧設定部
 - 202 動作点検出部
 - 203 制御部
- 3 リチウムイオン電池
- 4 出力端子

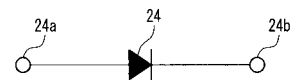
【 図 1 】



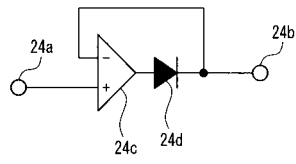
【 図 2 】



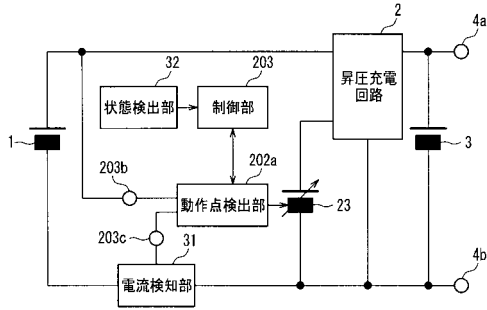
【 図 3 A 】



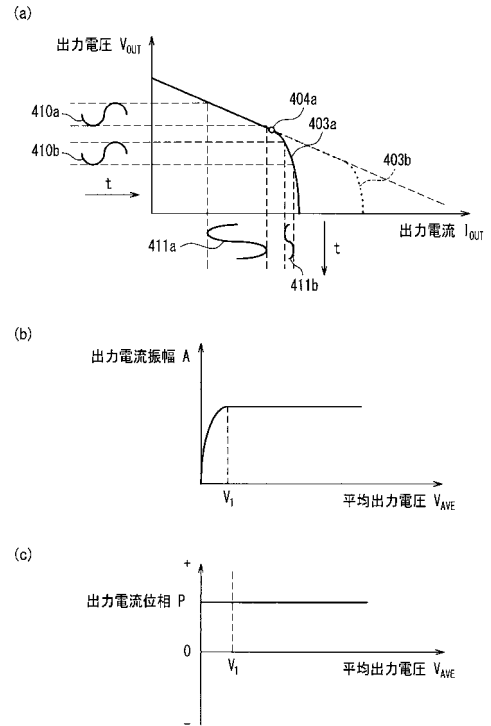
【図3B】



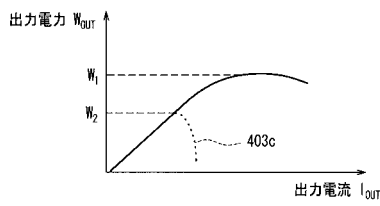
【図4】



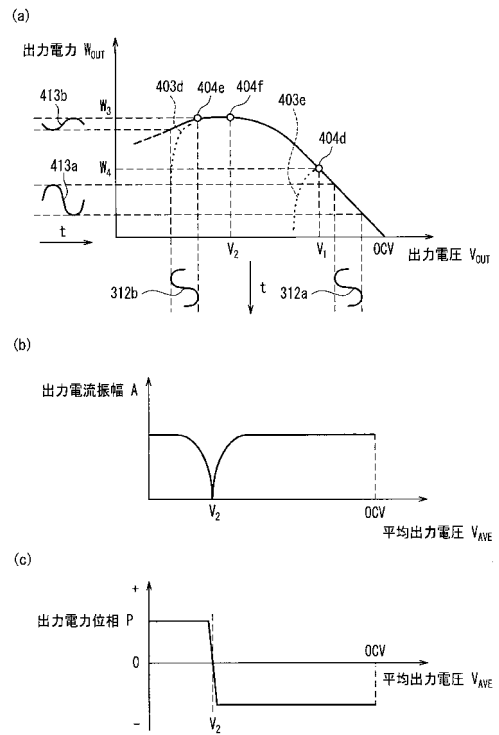
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (72)発明者 柏野 博志
大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号 日立マクセル株式会社内
- (72)発明者 西原 昭二
大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号 日立マクセル株式会社内

審査官 村上 哲

- (56)参考文献 特開2005-063901(JP,A)
特開2006-045004(JP,A)
特開2003-229138(JP,A)
特開2002-184443(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|------|
| H01M | 8/04 |
| H01M | 8/00 |
| H01M | 8/06 |