

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-38457  
(P2012-38457A)

(43) 公開日 平成24年2月23日(2012.2.23)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/04 (2006.01)	HO 1 M 8/04 P	5H026
HO 1 M 8/00 (2006.01)	HO 1 M 8/00 A	5H027
HO 1 M 8/10 (2006.01)	HO 1 M 8/04 Y	
	HO 1 M 8/10	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2010-175239 (P2010-175239)  
(22) 出願日 平成22年8月4日 (2010.8.4)

(71) 出願人 391022614  
学校法人幾徳学園  
神奈川県厚木市下荻野1030  
(74) 代理人 100094053  
弁理士 佐藤 隆久  
(72) 発明者 板子 一隆  
神奈川県厚木市下荻野1030 神奈川工  
科大学内  
Fターム(参考) 5H026 AA06  
5H027 AA06 DD03 KK25 KK52 KK54

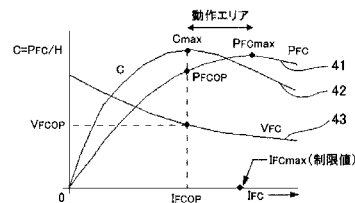
(54) 【発明の名称】 燃料電池の発電制御装置、燃料電池発電システム、燃料電池の発電制御方法、およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】燃料電池の燃料使用量を抑えて効率的に運転する。

【解決手段】発電制御装置1は、燃料電池13の出力電力を検出する第1検出部22、23と、燃料電池13の燃料供給量を制御する制御部31とを有する。制御部31は、複数の燃料供給量に関する出力電力を第1検出部22、23に検出させ、検出された各燃料供給量について、燃料供給量に対する出力電力の比を電力燃料比Cとして演算し、複数の燃料供給量のうちで、電力燃料比が最も大きいものCmaxを選択し、選択した燃料供給量の下で燃料電池13を発電させる。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

燃料が供給されると発電する燃料電池の発電制御装置であって、  
前記燃料電池の出力電力を検出する第 1 検出部と、  
前記燃料電池の燃料供給量を制御する制御部と  
を有し、

前記制御部は、

複数の燃料供給量に関する前記出力電力を前記第 1 検出部に検出させ、

検出された各前記燃料供給量について、燃料供給量に対する出力電力の比を電力燃料  
比として演算し、

前記複数の燃料供給量のうちで、前記電力燃料比が最も大きいものを選択し、

選択した前記燃料供給量の下で前記燃料電池を発電させる

燃料電池の発電制御装置。

**【請求項 2】**

前記燃料電池の負荷機器へ供給するための電力を蓄積する蓄積部と、

前記燃料電池と前記蓄積部との間の経路に接続され、前記燃料電池から出力された電力  
により前記蓄積部を充電する変換部と、

前記蓄積部の蓄積電圧を検出する第 2 検出部と

を有し、

前記制御部は、

前記蓄積電圧が第 1 閾値電圧より下がると、前期燃料電池への燃料供給を開始して前  
記燃料電池の発電を開始し、

前記蓄積電圧が前記第 1 閾値電圧より高い第 2 閾値電圧以上になると、前記燃料電池  
への燃料供給を止めて前記燃料電池を停止させ、

前記燃料電池への燃料の供給開始時に、前記複数の燃料供給量についての出力電力の  
検出処理、前記電力燃料比の演算処理、および前記複数の燃料供給量からの選択処理を実  
行し、その後の前記燃料電池の発電においては、当該選択した前記燃料供給量の下で前記  
燃料電池を発電させる

請求項 1 記載の燃料電池の発電制御装置。

**【請求項 3】**

前記制御部は、

前記複数の燃料供給量についての前記出力電力を、最も小さい燃料供給量から順次増  
加させる順番で、前記第 1 検出部に検出させ、

各燃料供給量の前記出力電力を検出する度にその電力燃料比を演算し、

演算した前記電力燃料比が前回の値より下がる場合に、前記複数の燃料供給量につい  
ての出力電力の検出処理を終了して、前回の演算に係る燃料供給量を選択する

請求項 1 または 2 記載の燃料電池の発電制御装置。

**【請求項 4】**

前記制御部は、

前記複数の燃料供給量のすべてについて前記出力電力を検出しても、演算した前記電  
力燃料比が前回の値より下がらない場合には、最後の検出に用いた燃料供給量を選択する  
請求項 3 記載の燃料電池の発電制御装置。

**【請求項 5】**

前記制御部は、

選択した前記燃料供給量の下で前記燃料電池を発電させている場合に、前記蓄積電圧  
が前記第 1 閾値電圧より低い第 3 閾値電圧以下になると、前記燃料電池の発電を、選択し  
た前記燃料供給量の下での発電から、燃料電池の出力電力が最大となる燃料供給量の下で  
の発電に切り替える

請求項 2 から 4 のいずれか一項記載の燃料電池の発電制御装置。

**【請求項 6】**

10

20

30

40

50

前記制御部は、

前記燃料電池が停止している場合に、前記蓄積電圧が前記第1閾値電圧より低い第3閾値電圧以下になると、前記燃料電池の発電を、燃料電池の出力電力が最大となる燃料供給量の下での前記燃料電池の発電により開始する

請求項2から5のいずれか一項記載の燃料電池の発電制御装置。

【請求項7】

前記制御部は、

最大の前記燃料供給量の下で前記燃料電池を発電させている場合に、前記蓄積電圧が前記第1閾値電圧より高い第4閾値電圧以上になると、前記燃料電池の発電を、当該燃料電池の出力電力が最大となる燃料供給量の下での発電から、選択した前記燃料供給量の下での発電に切り替える

請求項5または6記載の燃料電池の発電制御装置。

【請求項8】

前記燃料電池に供給される燃料供給量を検出する第3検出部を有し、

前記制御部は、

前記第3検出部により検出された燃料供給量を用いて前記電力燃料比を演算する

請求項1から7のいずれか一項記載の燃料電池の発電制御装置。

【請求項9】

燃料が供給されると発電する燃料電池と、

前記燃料電池による発電を制御する発電制御装置と

を有する燃料電池発電システムであって、

前記発電制御装置は、

前記燃料電池の出力電力を検出する第1検出部と、

前記燃料電池の燃料供給量を制御する制御部と

を有し、

前記制御部は、

複数の燃料供給量に関する前記出力電力を前記第1検出部に検出させ、

検出された各前記燃料供給量について、燃料供給量に対する出力電力の比を電力燃料比として演算し、

前記複数の燃料供給量のうちで、前記電力燃料比が最も大きいものを選択し、

選択した前記燃料供給量の下で前記燃料電池を発電させる

燃料電池発電システム。

【請求項10】

燃料が供給されると発電する燃料電池の発電制御方法であって、

前記燃料電池へ複数の燃料供給量により燃料を供給し、前記複数の燃料供給量についての前記燃料電池の出力電力を検出する工程と、

検出した前記複数の燃料供給量について、各々の燃料供給量に対する出力電力の比を電力燃料比として演算する工程と、

前記複数の燃料供給量のうちで、前記電力燃料比が最も大きいものを選択する工程と、

選択した前記燃料供給量の下で前記燃料電池を発電させる工程と

を有する燃料電池の発電制御方法。

【請求項11】

燃料が供給されると発電する燃料電池、前記燃料電池の出力電力を検出する第1検出部、並びに、前記燃料電池および前記第1検出部に接続された制御部を有する発電制御装置における前記制御部が実行するプログラムであって、

前記制御部に、

前記燃料電池へ複数の燃料供給量で燃料を供給し、前記複数の燃料供給量についての前記燃料電池の出力電力を前記第1検出部に検出させる手順と、

検出した前記複数の燃料供給量について、各々の燃料供給量に対する出力電力の比を電力燃料比として演算する手順と、

10

20

30

40

50

前記複数の燃料供給量のうちで、前記電力燃料比が最も大きいものを選択する手順と

、  
選択した前記燃料供給量の下で前記燃料電池を発電させる手順と

を実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池の発電制御装置、燃料電池発電システム、燃料電池の発電制御方法、およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

二酸化炭素の排出量問題、省エネルギー問題などの対策として、燃料電池が注目されている。

燃料電池は、化学反応または酵素の働きにより電気を直接的に発生するため、一般的に発電効率が良いとされている。

また、燃料電池の化学反応後に生成される物質は主に水である。排出物に $\text{NO}_x$ 成分などが含まれないため、環境にやさしい。

【0003】

燃料電池には、たとえば固体高分子形燃料電池（PEFC, Polymer Electrolyte Fuel Cell）、りん酸形燃料電池（PAFC, Phosphoric Acid Fuel Cell）、熔融炭酸塩形燃料電池（MCFC, Molten Carbonate Fuel Cell）、固体酸化物形燃料電池（SOFC, Solid Oxide Fuel Cell）、アルカリ電解質形燃料電池（AFC, Alkaline Fuel Cell）がある。

PEFCでは、イオン交換膜に対して水素と酸素とを供給する。イオン交換膜において水素と酸素との化学反応が生じ、電気が発生する。PEFCの運転温度は、約100度と比較的低温である。

他の方式の燃料電池でも、燃料を供給することにより発電する。

【0004】

このように燃料電池は、燃料が供給されることにより発電する。

燃料電池は、燃料が継続的に供給されることにより、継続的に発電し続ける。

また、燃料電池の出力電力特性には、通常、ピークがある。

そこで、燃料電池では、燃料電池の出力電力が最大となる動作点をサーチし、その出力電力が最大となる動作点において燃料電池を運転している（特許文献1から3）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2008-270047号公報

【特許文献2】特開2005-063901号公報

【特許文献3】特開2008-10220号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、燃料電池では、燃料電池の出力電力が最大となる動作点での燃料供給量と、一定量の燃料により発電可能な電力（電力量）が最大となる燃料供給量とが異なる。

このため、燃料電池の出力電力が最大となる動作点をサーチし、その動作点で燃料電池を運転させたとしても、燃料電池は、一定量の燃料により発電可能な電力（電力量）を最大とした状態で運転していることにならない。

【0007】

また、この一定量の燃料により発電可能な電力（電力量）が最大となる燃料供給量は、たとえば燃料電池が設置された環境（温度、湿度など）に応じて変化する。

たとえば家庭用の燃料電池が屋外に設置されている場合、燃料電池の環境温度は、マイ

10

20

30

40

50

ナス数十度からプラス数十度まで変化する。加えて、燃料電池の環境温度は、1日の間で数十度の急激な温度変化が生じることもある。このように環境温度が変化すると、一定量の燃料により発電可能な電力（電力量）が最大となる燃料供給量に変化する。車両用の燃料電池においても、当該燃料供給量が環境の変化に応じて変化する。

よって、出力電力が最大となる燃料供給量に替えて、燃料電池に対して、仮にたとえばある環境（温度）において一定量の燃料により発電可能な電力（電力量）を最大とする燃料供給量を固定的に設定したとしても、実際の使用環境下では、燃料電池は、最適な燃料供給量で運転しているとは限らない。環境が随時変化していることからすれば、むしろ、燃料電池は、最適でない燃料供給量で運転している場合が多いと予想される。

【0008】

このように燃料電池では、燃料の使用量を抑えて効率的に運転することが求められている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の第1の観点の燃料電池の発電制御装置は、燃料が供給されると発電する燃料電池の発電制御装置であって、燃料電池の出力電力を検出する第1検出部と、燃料電池の燃料供給量を制御する制御部とを有する。そして、制御部は、複数の燃料供給量に関する出力電力を第1検出部に検出させ、検出された各燃料供給量について、燃料供給量に対する出力電力の比を電力燃料比として演算し、複数の燃料供給量のうちで、電力燃料比が最も大きいものを選択し、選択した燃料供給量の下で燃料電池を発電させる。

【0010】

好適には、発電制御装置は、燃料電池の負荷機器へ供給するための電力を蓄積する蓄積部と、燃料電池と蓄積部との間の経路に接続され、燃料電池から出力された電力により蓄積部を充電する変換部と、蓄積部の蓄積電圧を検出する第2検出部とを有し、制御部は、蓄積電圧が第1閾値電圧より下がると、前期燃料電池への燃料供給を開始して燃料電池の発電を開始し、蓄積電圧が第1閾値電圧より高い第2閾値電圧以上になると、燃料電池への燃料供給を止めて燃料電池を停止させ、燃料電池への燃料の供給開始時に、複数の燃料供給量についての出力電力の検出処理、電力燃料比の演算処理、および複数の燃料供給量からの選択処理を実行し、その後の燃料電池の発電においては、当該選択した燃料供給量の下で燃料電池を発電させてもよい。

【0011】

好適には、制御部は、複数の燃料供給量についての出力電力を、最も小さい燃料供給量から順次増加させる順番で、第1検出部に検出させ、各燃料供給量の出力電力を検出する度にその電力燃料比を演算し、演算した電力燃料比が前回の値より下がる場合に、複数の燃料供給量についての出力電力の検出処理を終了して、前回の演算に係る燃料供給量を選択してもよい。

【0012】

好適には、制御部は、複数の燃料供給量のすべてについて出力電力を検出しても、演算した電力燃料比が前回の値より下がらない場合には、最後の検出に用いた燃料供給量を選択してもよい。

【0013】

好適には、制御部は、選択した燃料供給量の下で燃料電池を発電させている場合に、蓄積電圧が第1閾値電圧より低い第3閾値電圧以下になると、燃料電池の発電を、選択した燃料供給量の下での発電から、燃料電池の出力電力が最大となる燃料供給量の下での発電に切り替えてもよい。

【0014】

好適には、制御部は、燃料電池が停止している場合に、蓄積電圧が第1閾値電圧より低い第3閾値電圧以下になると、燃料電池の発電を、燃料電池の出力電力が最大となる燃料供給量の下での燃料電池の発電により開始してもよい。

【0015】

10

20

30

40

50

好適には、制御部は、最大の燃料供給量の下で燃料電池を発電させている場合に、蓄積電圧が第1閾値電圧より高い第4閾値電圧以上になると、燃料電池の発電を、当該燃料電池の出力電力が最大となる燃料供給量の下での発電から、選択した燃料供給量の下での発電に切り替えてもよい。

【0016】

好適には、発電制御装置は、燃料電池に供給される燃料供給量を検出する第3検出部を有し、制御部は、第3検出部により検出された燃料供給量を用いて電力燃料比を演算してもよい。

【0017】

本発明の第2の観点の燃料電池発電システムは、燃料が供給されると発電する燃料電池と、燃料電池による発電を制御する発電制御装置とを有する。発電制御装置は、燃料電池の出力電力を検出する第1検出部と、燃料電池の燃料供給量を制御する制御部とを有する。そして、制御部は、複数の燃料供給量に関する出力電力を第1検出部に検出させ、検出された各燃料供給量について、燃料供給量に対する出力電力の比を電力燃料比として演算し、複数の燃料供給量のうちで、電力燃料比が最も大きいものを選択し、選択した燃料供給量の下で燃料電池を発電させる。

10

【0018】

本発明の第3の観点の燃料電池の発電制御方法は、燃料が供給されると発電する燃料電池の発電制御方法であって、燃料電池へ複数の燃料供給量により燃料を供給し、複数の燃料供給量についての燃料電池の出力電力を検出する工程と、検出した複数の燃料供給量について、各々の燃料供給量に対する出力電力の比を電力燃料比として演算する工程と、複数の燃料供給量のうちで、電力燃料比が最も大きいものを選択する工程と、選択した燃料供給量の下で燃料電池を発電させる工程とを有する。

20

【0019】

本発明の第4の観点のプログラムは、燃料が供給されると発電する燃料電池、燃料電池の出力電力を検出する第1検出部、並びに、燃料電池および第1検出部に接続された制御部を有する発電制御装置における制御部が実行するプログラムである。そして、当該プログラムは、制御部に、燃料電池へ複数の燃料供給量で燃料を供給し、複数の燃料供給量についての燃料電池の出力電力を第1検出部に検出させる手順と、検出した複数の燃料供給量について、各々の燃料供給量に対する出力電力の比を電力燃料比として演算する手順と、複数の燃料供給量のうちで、電力燃料比が最も大きいものを選択する手順と、選択した燃料供給量の下で燃料電池を発電させる手順とを実行させる。

30

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、燃料電池の燃料の使用量を抑えて効率的に運転することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】図1は、本発明の第1実施形態に係る燃料電池発電システムの概略構成図である。

【図2】図2は、図1の燃料電池の発電特性図である。

40

【図3】図3は、図1の燃料電池発電システムの状態遷移の説明図である。

【図4】図4は、図3の制御の下で燃料電池発電システムにより実行される制御例のタイミングチャートである。

【図5】図5は、本発明の第2実施形態に係る燃料電池発電システムの概略構成図である。

【図6】図6は、図5の燃料電池発電システムの燃料消費抑制モードにおけるタイミングチャートである。

【図7】図7は、図5の燃料電池発電システムで使用可能な固体高分子型燃料電池の基本特性図である。

【図8】図8は、負荷機器の消費電力波形の説明図である。

50

【図 9】図 9 は、一般家庭での 1 日の負荷電力（消費電力）を 100W 規模に縮小した一例を示す図である。

【図 10】図 10 は、変形例に係る燃料電池発電システムの概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の実施の形態を図面に関連付けて説明する。

【0023】

< 第 1 実施形態 >

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る燃料電池発電システム 1 の概略構成図である。

図 1 の燃料電池発電システム 1 は、燃料電池 13 で発電した電力を直流の電力として出力するものであり、たとえば一般家庭に設置される。

図 1 の燃料電池発電システム 1 には、直流電圧で動作可能な負荷（負荷機器）100 を接続できる。

【0024】

図 1 の燃料電池発電システム 1 は、発電系の構成要素として、タンク 11、供給弁 12、燃料電池 13、DC/DC コンバータ 14、エネルギー蓄積要素 15 を有する。

また、図 1 の燃料電池発電システム 1 は、検出制御系の構成要素として、流量センサ 21、FC 出力電圧センサ 22、FC 出力電流センサ 23、出力電圧センサ 24、出力電流センサ 25、マイクロプロセッサ 26 を有する。

【0025】

燃料電池 13 は、燃料が供給されることで発電する。

燃料電池 13 には、たとえば固体高分子形燃料電池（PEFC）がある。固体高分子形燃料電池では、イオン交換膜に対して水素と酸素とが供給されることで、イオン交換膜において水素と酸素との化学反応が生じ、発電する。

固体高分子形燃料電池は、イオン交換膜に対して水素と酸素とが供給され続けることで、発電し続ける。

【0026】

タンク 11 は、燃料電池 13 へ供給する燃料を収容する。

燃料電池 13 が固体高分子形燃料電池（PEFC）である場合、タンク 11 には、燃料として水素が収容される。

なお、タンク 11 は、ガス供給会社のガス管に接続され、そのガス管から水素を含むガスが供給されてもよい。この場合、ガス管から供給されるガス中の水素が抽出され、この水素がタンク 11 に収容される。

【0027】

供給弁 12 は、タンク 11 と燃料電池 13 とを接続する。

これにより、タンク 11 から燃料電池 13 までの燃料供給経路が構成される。

供給弁 12 は、単に開閉するものであってもよいが、燃料供給量を調整するためには、任意の開閉率に制御可能なものが望ましい。

そして、供給弁 12 は、マイクロプロセッサ 26 から供給量 H（SET）の制御信号が入力されると、それに対応する燃料を供給可能な開閉率で開閉する。これにより、タンク 11 から燃料電池 13 へ、制御信号で指定された供給量 H（DTC T）の燃料が供給される。燃料電池 13 は、供給された水素量に応じた電力を発電する。

また、供給弁 12 が閉じると、燃料電池 13 への燃料供給が停止する。これにより、燃料電池 13 の発電は停止する。

【0028】

DC/DC コンバータ 14 は、燃料電池 13 に接続される。

エネルギー蓄積要素 15 は、たとえば電気二重層キャパシタ、リチウムイオン電池である。

エネルギー蓄積要素 15 は、DC/DC コンバータ 14 と負荷機器 100 との間に接続される。

10

20

30

40

50

これにより、燃料電池 13 から負荷機器 100 までの電力供給経路が構成される。

【0029】

DC/DCコンバータ14は、マイクロプロセッサ26からの制御信号の入力に応じて、燃料電池13の出力電圧(FC出力電圧VFC)を変換する。

DC/DCコンバータ14が生成した電圧によりエネルギー蓄積要素15が充電される。

【0030】

負荷機器100には、このエネルギー蓄積要素15の充電電圧(燃料電池発電システム1の出力電圧VL)が印加される。

負荷機器100には、エネルギー蓄積要素15により平滑化されたDC/DCコンバータ14の出力電圧が印加される。

たとえばエネルギー蓄積要素15の充電電圧が不足する場合、制御信号の入力に応じて、DC/DCコンバータ14は、エネルギー蓄積要素15の充電電圧より高い電圧を生成して出力する。これにより、エネルギー蓄積要素15は充電される。

この充電動作をエネルギー蓄積要素15の充電電圧に応じて繰り返すことにより、エネルギー蓄積要素15の充電電圧を略一定に維持することが可能になる。

【0031】

流量センサ21は、供給弁12から燃料電池13までの区間の燃料供給経路に設置される。

流量センサ21は、燃料供給経路を通じて燃料電池13へ供給される燃料(水素)の流量H(DTCT)を検出する。

流量センサ21は、検出した流量H(DTCT)を通知する信号をマイクロプロセッサ26へ出力する。

【0032】

FC出力電圧センサ22は、燃料電池13からDC/DCコンバータ14までの電力供給経路において、燃料電池13のFC出力電圧VFCを検出する。

FC出力電圧センサ22は、検出したFC出力電圧VFCを通知する信号をマイクロプロセッサ26へ出力する。

【0033】

FC出力電流センサ23は、燃料電池13からDC/DCコンバータ14までの電力供給経路において、燃料電池13のFC出力電流IFCを検出する。

FC出力電流センサ23は、検出したFC出力電流IFCを通知する信号をマイクロプロセッサ26へ出力する。

【0034】

出力電圧センサ24は、DC/DCコンバータ14から負荷100までの電力供給経路において、燃料電池発電システム1の出力電圧VLを検出する。

出力電圧センサ24は、検出した出力電圧VLを通知する信号をマイクロプロセッサ26へ出力する。

【0035】

出力電流センサ25は、燃料電池13からDC/DCコンバータ14までの電力供給経路において、燃料電池発電システム1の出力電流ILを検出する。

出力電流センサ25は、検出した出力電流ILを通知する信号をマイクロプロセッサ26へ出力する。

【0036】

マイクロプロセッサ26には、流量センサ21、FC出力電圧センサ22、FC出力電流センサ23、出力電圧センサ24、出力電流センサ25が接続され、検出信号が入力される。

また、マイクロプロセッサ26は、供給弁12、DC/DCコンバータ14に接続され、制御信号を出力する。

マイクロプロセッサ26は、たとえばDSP(Digital Signal Processor)であり、

10

20

30

40

50



内蔵するメモリに記憶されているプログラムを実行することにより、燃料電池発電システム 1 の動作を制御する。

これにより、マイクロプロセッサ 26 に、燃料電池発電システム 1 の制御部 31 が実現される。

#### 【0037】

制御部 31 は、たとえば流量センサ 21 などの各種センサから入力される信号に基づいて供給弁 12、DC/DCコンバータ 14 を制御することにより、燃料電池 13 および DC/DCコンバータ 14 の動作を制御する。

たとえば制御部 31 は、出力電圧センサ 24 の検出電圧  $V_L$  が所定値（以下、第 1 閾値  $V_1$  という）より下がった場合、供給弁 12 を通じた燃料電池 13 への燃料供給を開始して燃料電池 13 を発電させ、その発電電力を DC/DCコンバータ 14 で変換し、エネルギー蓄積要素 15 を充電する。

この場合、制御部 31 は、供給弁 12 へ燃料供給量の制御信号を出力し、DC/DCコンバータ 14 へ所定の電圧変換動作の制御信号を出力する。

また、出力電圧センサ 24 の検出電圧が第 1 閾値より高い所定値（以下、第 2 閾値  $V_2$  という）以上になると、供給弁 12 を通じた燃料電池 13 への燃料供給を停止して燃料電池 13 および DC/DCコンバータ 14 を停止させ、エネルギー蓄積要素 15 の充電を停止する。

この場合、制御部 31 は、供給弁 12 へ弁を閉じるための制御信号（たとえば燃料供給量を 0 とする制御信号）を出力し、DC/DCコンバータ 14 へ電圧変換動作を停止させる制御信号を出力する。

#### 【0038】

図 2 は、図 1 の燃料電池 13 の発電特性図である。

図 2 の発電特性図は、固体高分子形燃料電池（PEFC）の一例の発電特性図である。

図 2 の横軸は FC 出力電流  $I_{FC}$  である。

縦軸は、FC 出力電圧  $V_{FC}$  および電力燃料比  $C$ （ $= P_{FC} \div H$ ）である。

図 2 には、2 つの山形の曲線として、FC 出力電力  $P_{FC}$  の特性曲線 41 と、電力燃料比  $C$  の特性曲線 42 とが図示されている。

電力燃料比  $C$  が高いほど、同じ出力電力  $P_{FC}$  を得るために必要となる燃料が少なくなる。

また、図 2 には、燃料電池 13 の出力電圧  $V_{FC}$  の特性曲線 43 も図示されている。

図 2 において、 $P_{FC}$  は、燃料電池 13 の出力電力  $P_{FC}$ （ $= V_{FC} \times I_{FC}$ ）である。流量  $H$  は、燃料電池 13 への燃料供給量である。 $P_{FCmax}$  は、最大電力である。 $C_{max}$  は、最大の電力燃料比である。 $P_{FCop}$  は、 $C_{max}$  での電力である。 $V_{FCop}$  は、 $C_{max}$  での FC 出力電圧である。 $I_{FCop}$  は、 $C_{max}$  での FC 出力電流である。 $I_{FCmax}$  は、燃料電池 13 の運転時の最大電流である。

#### 【0039】

そして、図 2 において  $P_{FCmax}$  と  $C_{max}$  とは異なる動作点となっている。

燃料使用量  $H$  に対する燃料電池 13 の出力電力  $P_{FC}$  の比の最大点  $C_{max}$  は、最大電力  $P_{FCmax}$  の点と一致しない。

また、燃料電池 13 の FC 出力電流  $I_{FC}$  を最大とする定電流制御の場合でも、その出力電流が最大となる場合の電力燃料比  $C$  は、必ずしも最大の電力燃料比  $C_{max}$  と一致しない。

すなわち、図 2 の燃料電池 13 では、 $P_{FCmax}$  となる場合の FC 出力電圧  $V_{FC}$  および FC 出力電流  $I_{FC}$  と、 $C_{max}$  となる場合の FC 出力電圧  $V_{FCop}$  および FC 出力電流  $I_{FCop}$  とは異なっている。

このため、燃料電池 13 の最大の出力電力  $P_{FCmax}$  において燃料電池 13 を運転させたとしても、燃料電池 13 の電力燃料比  $C$  は、最大とならない。一定量の燃料により発電可能な電力（電力量）は最大にならない。

なお、最大の出力電力点（ $P_{FCmax}$  または  $I_{FCmax}$ ）で運転するように燃料電

10

20

30

40

50

池 1 3 を制御する方式は、M P P T (Maximum Power Point Tracking) 方式と呼ばれている。

【 0 0 4 0 】

また、図 2 の発電特性図は、ある環境下における燃料電池 1 3 の特性図である。

燃料電池 1 3 の発電特性は、たとえば温度、湿度、燃料供給量などの環境が変化すると、それに応じて変化する。

このため、仮にたとえばある環境(温度)において一定量の燃料により発電可能な電力(電力量)が最大となる特定の燃料供給量を設定したとしても、実際の使用環境下では、燃料電池 1 3 は、最適な燃料供給量で運転しているとは限らない。

環境が随時変化することからすれば、むしろ、燃料電池 1 3 は、最適でない燃料供給量で運転している場合が多いと予想される。

【 0 0 4 1 】

また、図 2 の燃料電池 1 3 では、I F C m a x 以下の電流で運転するように、F C 出力電流 I F C が制限されている。

このため、本実施形態の制御部 3 1 は、I F C o p から I F C m a x までの範囲の F C 出力電流 I F C が得られるように燃料電池 1 3 を制御するとよい。

制御部 3 1 は、与えられた環境(温度、湿度、燃料供給状態など)の中で燃料消費を極力抑えるように制御を実行するとよい。

【 0 0 4 2 】

たとえば後述する図 3 に示すように、制御部 3 1 は、燃料電池発電システム 1 の出力電圧に応じて、燃料電池発電システム 1 の動作モードを、休止モード 5 1 と、運転モードとの間で切り替える。

運転モードには、最大電力モード 5 2 と、燃料消費抑制モード 5 3 とがある。

最大電力モード 5 2 では、制御部 3 1 は、最大の出力電力点(P F C m a x または I F C m a x)で運転するように燃料電池 1 3 を制御する。

燃料消費抑制モード 5 3 では、制御部 3 1 は、C m a x で運転するように燃料電池 1 3 を制御する。

このような燃料電池発電システム 1 では、制御部 3 1 は、通常の運転時には燃料消費抑制モード 5 3 で燃料電池 1 3 を制御するとよい。

【 0 0 4 3 】

図 3 は、燃料電池発電システム 1 の状態遷移の説明図である。

図 3 には、燃料電池発電システム 1 の動作モードとして、休止モード 5 1、最大電力モード 5 2、燃料消費抑制モード 5 3 が図示されている。

【 0 0 4 4 】

休止モード 5 1 では、燃料電池 1 3 および D C / D C コンバータ 1 4 は停止する。

制御部 3 1 は、燃料電池 1 3 および D C / D C コンバータ 1 4 を停止させる制御信号を出力する。

【 0 0 4 5 】

最大電力モード 5 2 では、燃料電池 1 3 および D C / D C コンバータ 1 4 は動作する。

また、燃料電池 1 3 は、その最大電力 P F C m a x を出力する状態で動作する。

ただし、図 2 に示すように、図 1 の燃料電池 1 3 では、I F C m a x が制限されている。

このため、図 1 の燃料電池 1 3 では、I F C m a x での動作が、最大電力を出力する状態である。

制御部 3 1 は、燃料電池 1 3 に対して最大電力を出力させる燃料を供給するように供給弁 1 2 へ制御信号を出力し、D C / D C コンバータ 1 4 へ動作させる制御信号を出力する。

【 0 0 4 6 】

燃料消費抑制モード 5 3 では、燃料電池 1 3 および D C / D C コンバータ 1 4 は動作する。

また、燃料電池 13 は、電力燃料比  $C$  が最大となる状態（図 2 の  $C_{max}$ ）で動作する。

制御部 31 は、燃料電池 13 に対して電力燃料比を最大とする燃料を供給するように供給弁 12 へ制御信号を出力し、DC/DC コンバータ 14 へ動作させる制御信号を出力する。

#### 【0047】

そして、図 3 に示すように、出力電圧センサ 24 の検出電圧  $V_L$  が上限値（第 2 閾値  $V_2$ ）以上になると、燃料電池発電システム 1 の動作モードは、最大電力モード 52 または燃料消費抑制モード 53 から、休止モード 51 へ移行する。

休止モード 51 において出力電圧センサ 24 の検出電圧  $V_L$  が下限値（第 1 閾値  $V_1$ ）以下になると、燃料電池発電システム 1 の動作モードは、燃料消費抑制モード 53 となる。

休止モード 51 において出力電圧センサ 24 の検出電圧  $V_L$  が下限値より低い第 3 閾値  $V_3$  以下になると、燃料電池発電システム 1 の動作モードは、最大電力モード 52 となる。

燃料消費抑制モード 53 での動作中に、出力電圧センサ 24 の検出電圧  $V_L$  が第 3 閾値  $V_3$  以下になると、燃料電池発電システム 1 の動作モードは、最大電力モード 52 となる。

最大電力モード 52 での動作中に、出力電圧センサ 24 の検出電圧  $V_L$  が、第 1 閾値  $V_1$  と第 2 閾値  $V_2$  との間の第 4 閾値  $V_4$  になると、燃料電池発電システム 1 の動作モードは、燃料消費抑制モード 53 となる。

これにより、燃料電池発電システム 1 は、燃料消費を極力抑えた高効率な運転を実現する。

なお、燃料電池発電システム 1 の燃料効率を高めるためには、負荷 100 の平均電力が図 2 の  $PF_{cop}$  以下となるように燃料電池 13 の定格を設定することが望ましい。

#### 【0048】

次に、燃料消費抑制モード 53 での動作を詳しく説明する。

図 4 は、図 3 の制御の下で燃料電池発電システム 1 により実行される制御例のタイミングチャートである。

図 4 (A) は、電力燃料比  $C$  ( $= PF_{FC} \div H$ ) の波形である。

図 4 (B) は、燃料電池 13 の FC 出力電圧  $V_{FC}$  の波形である。

図 4 (C) は、燃料電池 13 の FC 出力電流  $I_{FC}$  の波形である。

図 4 において、時間は左から右に経過している。

#### 【0049】

図 4 のタイミングチャートは、休止モード 51 から燃料消費抑制モード 53 となり、燃料消費抑制モード 53 から最大電力モード 52 となる場合の例である。

出力電圧センサ 24 により検出される燃料電池発電システム 1 の出力電圧  $V_L$  が第 1 閾値  $V_1$  以下になると、制御部 31 により、燃料電池発電システム 1 は、休止モード 51 から燃料消費抑制モード 53 となる。

燃料消費抑制モード 53 での動作中に負荷電力が急増するなどして燃料電池発電システム 1 の出力電圧  $V_L$  が第 3 閾値  $V_3$  以下になると、燃料電池発電システム 1 は、燃料消費抑制モード 53 から最大電力モード 52 となる。

#### 【0050】

そして、制御部 31 は、燃料消費抑制モード 53 を開始する場合、まず、電力燃料比が最大 ( $C_{max}$ ) となる燃料供給量のサーチ処理を実行する。

燃料供給量のサーチ処理では、制御部 31 は、複数の燃料供給量  $H$  (SET) を供給弁 12 に順番に設定する。

図 2 の燃料電池 13 の場合、このスキャンに係る複数の燃料供給量は、たとえば燃料電池 13 の FC 出力電流  $I_{FC}$  の範囲、すなわち 0 から  $I_{FC_{max}}$  までの範囲を段階的に分割するように離散した複数の燃料供給量である。

10

20

30

40

50

これに対して、たとえば燃料電池 1 3 が、図 2 の最大出力電力  $PFC_{max}$  に対応する FC 出力電流  $IFC$  を出力可能である場合には、後述するスキャンに係る複数の燃料供給量は、たとえば 0 から最大出力電力  $PFC_{max}$  に対応する FC 出力電流までの範囲を段階的に分割するように離散した複数の燃料供給量とするとよい。

#### 【0051】

また、複数の燃料供給量を順番に設定するにあたり、制御部 3 1 は、値「0」の燃料供給量から、燃料供給量を段階的に増加させる順番で、複数の燃料供給量  $H(SET)$  を設定する。

図 4 では、タイミング  $T_1$  から  $T_4$  において、4 段階の燃料供給量  $H(SET)$  が供給弁 1 2 に順番に設定されている。

タイミング  $T_1$  から  $T_4$  において、燃料供給量  $H(SET)$  は、段階的に増えている。

供給弁 1 2 は、制御信号により設定された燃料供給量  $H(SET)$  により、燃料電池 1 3 へ燃料を供給する。

流量センサ 2 1 は、各燃料供給量の設定に基づいて実際に燃料電池 1 3 へ供給されている燃料供給量  $H(DTCT)$  を流量により検出し、制御部 3 1 へ出力する。

#### 【0052】

制御部 3 1 は、新たな燃料供給量を設定すると、実際に燃料電池 1 3 に対する供給量が安定すると予測される期間を待つ。

図 4 で言えば、たとえば  $T_1$  から  $T_2$  までの期間を待つ。

この待ち時間は、燃料電池 1 3 の発電量などに応じて異なるものであるが、たとえば数秒から数十秒程度の時間である。燃料電池 1 3 では、水素などの流体を供給する必要があるため、流量を制御をしてからその流量に安定するまでに時間がかかる。

#### 【0053】

燃料の流量が安定すると、燃料電池 1 3 は、その安定した流量の水素と酸素との化学反応により、水素の供給量に応じた FC 出力電圧  $VFC$  および FC 出力電流  $IFC$  を出力する。

この FC 出力電圧  $VFC$  および FC 出力電流  $IFC$  は、燃料供給量  $H(SET)$  が段階的に制御されることにより、段階的に変化する。

#### 【0054】

このように燃料の供給量を停止した状態から段階的に増やすことで、燃料電池 1 3 に対する燃料供給量を段階的に増やすことができる。

また、各燃料供給量において、前回の燃料供給量との差分を最小限に抑えることができるため、各回において供給量が安定化するまでの時間が短くなる。

その分、早期の検出および次段階への切替が可能である。サーチ期間が短縮される。

#### 【0055】

燃料供給量が安定するまでの待ち期間において、制御部 3 1 は、検出されている FC 出力電圧  $VFC$  および FC 出力電流  $IFC$  に基づいて、DC / DC コンバータ 1 4 を制御する。

制御部 3 1 は、変化している FC 出力電圧  $VFC$  および FC 出力電流  $IFC$  に追従させて、DC / DC コンバータ 1 4 の動作を制御する。

#### 【0056】

燃料供給量が安定するまでの待ち期間が経過すると、制御部 3 1 は、各種のセンサの検出値を取得する（タイミング  $T_2$  から  $T_5$ ）。

そして、制御部 3 1 は、燃料電池 1 3 の FC 出力電圧  $VFC$  と FC 出力電流  $IFC$  とを乗算し、燃料電池 1 3 の出力電力  $PFC$  を演算する。

また、制御部 3 1 は、燃料電池 1 3 の出力電力  $PFC$  を、流量センサ 2 1 により検出された燃料供給量  $H(DTCT)$  で除算し、電力燃料比  $C$  を演算する。

#### 【0057】

また、2 段階目以降の燃料供給量の検出タイミング  $T_3$  から  $T_5$  では、制御部 3 1 は、新たに演算した電力燃料比  $C$  を、前回の値と比較する。

10

20

30

40

50

制御部 3 1 は、新たに演算した電力燃料比  $C$  が前回の値より下がるか否かを判断する。  
 たとえば図 4 のタイミング T 3 では、新たに演算した電力燃料比  $C$  が前回の値より大きいため、制御部 3 1 は、新たに演算した電力燃料比  $C$  が前回の値より下がらないと判断する。

新たに演算した電力燃料比  $C$  が前回の値より下がらないと判断した場合、制御部 3 1 は、次の燃料供給量を設定し、同様の処理を繰り返す。

また、タイミング T 4 でも、新たに演算した電力燃料比  $C$  が前回の値より大きいため、制御部 3 1 は、新たに演算した電力燃料比が前回の値より下がらないと判断する。

新たに演算した電力燃料比  $C$  が前回の値より下がらないと判断した場合、制御部 3 1 は、次の燃料供給量を設定し、同様の処理を繰り返す。

このように制御部 3 1 は、新たに演算した電力燃料比  $C$  が前回の値より下がると判断するまで、複数の燃料供給量のうちの次の燃料供給量を設定し、検出判定処理を繰り返す。

【 0 0 5 8 】

そして、図 4 のタイミング T 5 に示すように、新たに演算した電力燃料比  $C$  が前回の値より下がる場合、制御部 3 1 は、電力燃料比が最大 ( $C_{max}$ ) となる燃料供給量のサーチ処理を終了する。

具体的には、制御部 3 1 は、複数の燃料供給量についての出力電力の検出を終了する。

また、制御部 3 1 は、前回の演算に係る燃料供給量  $H (SET)$  を、電力燃料比が最大 ( $C_{max}$ ) となる燃料供給量として選択する。

その後の追従動作期間では、制御部 3 1 は、このサーチ処理により選択した燃料供給量  $H (SET)$  を用いて燃料電池 1 3 を動作させる。

【 0 0 5 9 】

これに対して、たとえば複数の燃料供給量のすべてについてサーチ処理を実行し終えたとしても、演算した電力燃料比  $C$  が前回の値より下がることがない場合が考えられる。

この場合には、制御部 3 1 は、たとえば最後の検出に用いた燃料供給量を選択する。

そして、制御部 3 1 は、複数の燃料供給量についての出力電力の検出を終了する。

この場合、その後の追従動作期間では、制御部 3 1 は、この検出処理により選択した燃料供給量  $H (SET)$  を用いて燃料電池 1 3 を動作させる。

【 0 0 6 0 】

また、図 2 の電力特性図では、 $IFC_{op}$  より  $IFC_{max}$  が右側にある。すなわち  $C_{max}$  よりも  $PF C_{max}$  が右側にある。

このため、制御部 3 1 は、追従動作期間において、出力電圧  $V_L$  と出力電流  $I_L$  とを常に検出し、負荷電力  $P_L$  を監視する。

そして、たとえば負荷電力  $P_L (= V_L \times I_L)$  がある設定値を超えた場合、制御部 3 1 は、動作モードを燃料消費抑制モード 5 3 から最大電力モード 5 2 に切り替える。

具体的にはたとえば、燃料電池発電システム 1 の出力電圧  $V_L$  が負荷電力の急増などにより第 3 閾値  $V_3$  より下がると、制御部 3 1 は、動作モードを燃料消費抑制モード 5 3 から最大電力モード 5 2 に切り替える。

制御部 3 1 は、最大電力となる燃料供給量を供給弁 1 2 へ指示する。

図 2 の場合、制御部 3 1 は、 $IFC_{max}$  となる燃料供給量を供給弁 1 2 へ指示する。

また、制御部 3 1 は、検出されている FC 出力電圧  $V_{FC}$  および FC 出力電流  $I_{FC}$  に基づいて、その変化に追従するように DC / DC コンバータ 1 4 を制御する。

【 0 0 6 1 】

以上のように、第 1 実施形態では、制御部 3 1 は、燃料消費抑制モード 5 3 の開始時に電力燃料比を最大 ( $C_{max}$ ) とする燃料供給量  $H (SET)$  を選択し、燃料消費抑制モード 5 3 における燃料供給量を、その選択した燃料供給量  $H (SET)$  とする。

よって、第 1 実施形態では、一定量の燃料により発電可能な電力 (電力量) を最大とした状態で燃料電池 1 3 を運転することができる。

燃料の使用量を最小限に抑え、効率的に運転することができる。

特に、流量センサ 2 1 により実際に供給されている燃料供給量  $H (DTCT)$  を検出し

10

20

30

40

50

、その検出された燃料供給量  $H(DTC T)$  を用いて電力燃料比  $C$  を演算している。

このため、設定値  $H(SET)$  を演算に用いる場合より、正確な電力燃料比を演算できる。燃料供給量の設定値  $H(SET)$  と検出値  $H(DTC T)$  との誤差を含まない正確な演算ができる。

#### 【0062】

第1実施形態では、負荷機器100と燃料電池13との間にDC/DCコンバータ14およびエネルギー蓄積要素15を設けている。

これにより、第1実施形態では、燃料電池13を間欠的に発電させながら、負荷機器100へ安定した電力を供給することができる。

また、第1実施形態では、この燃料電池13を間欠的に動作させることを利用し、各燃料消費抑制モード53での発電期間の開始時に、最適な電力燃料比 ( $C_{max}$ ) が得られる燃料供給量を選択している。

よって、第1実施形態では、燃料電池13の環境が変化したとしても、その環境の変化にかかわらず、変化する各々の環境下において最適な燃料供給量で燃料電池13を運転することができる。

燃料電池13は、休止モード51から繰り返し復旧することにより、常に最適な燃料供給量で運転できる。

また、第1実施形態では、電力燃料比  $C$  を演算するための複数の燃料供給量による運転を、燃料電池13を動作させる必要がある燃料消費抑制モード53において実行している。

これにより、その計測中に発電される電力についても、エネルギー蓄積要素15の充電に用いることができる。

環境に応じた最適な電力燃料比 ( $C_{max}$ ) を得るための運転により生成される電力を無駄にしない。

#### 【0063】

第1実施形態では、電力燃料比が最大 ( $C_{max}$ ) となることを判断するために必要となる複数の燃料供給量について計測したら、それ以降の計測を中断する。

このため、燃料供給量の制御可能な範囲のすべてについて計測することなく、早期に検出動作を中断することができる。

検出のための電力燃料比  $C$  が高くない状態での運転時間を短縮し、燃料消費を抑制できる。

また、第1実施形態では、停止した状態から検出を開始するにあたり、少ない燃料供給量 (具体的には「0」) から順次増加させる順番で検出している。

これにより、各燃料供給量への安定化時間を最小限にできる。

その結果、第1実施形態では、複数の燃料供給量について検出するためのトータルの検出期間を、実質的に短縮することができる。

必要最小限の短い時間で一連の検出処理を終了することができる。

#### 【0064】

第1実施形態では、複数の燃料供給量において極大となる最適な電力燃料比 ( $C_{max}$ ) が得られない環境であっても、その極大値 ( $C_{max}$ ) に最も近い効率で発電することができる。

すなわち、複数の燃料供給量が設定される燃料供給量の制御可能な範囲において利用可能な最も高い電力燃料比で発電が可能となる。

#### 【0065】

第1実施形態では、休止モード51または燃料消費抑制モード53中に出力電圧  $V_L$  が低下すると、最大電力モード52となる。

よって、燃料電池13の最大出力を用いて、出力電圧  $V_L$  を維持することができる。

そして、通常は燃料消費抑制モード53での運転とすることで、高効率と高負荷運転とを高度なレベルで両立できる。

#### 【0066】

10

20

30

40

50

第1実施形態では、出力電圧 $V_L$ が第1閾値電圧 $V_1$ より高い第4閾値電圧 $V_4$ 以上となるまで最大電力モード52を継続する。

これにより、最大電力モード52から燃料消費抑制モード53へ復帰した直後に、出力電圧 $V_L$ が第1閾値電圧 $V_1$ 以下となり難くできる。

最大電力モード52と燃料消費抑制モード53との間で、頻繁なモード切替が発生しないようにできる。

【0067】

<第2実施形態>

図5は、本発明の第2実施形態に係る燃料電池発電システム1の概略構成図である。

図5の燃料電池発電システム1は、燃料電池13で発電した電力を交流の電力として出力するものであり、たとえば一般家庭に設置される。

図5の燃料電池発電システム1には、交流電圧で動作可能な負荷(負荷機器)100を接続できる。図5の燃料電池発電システム1は、交流の電力系統に接続してもよい。

なお、第2実施形態の以下の説明では、第1実施形態の構成要素との対応関係を明確にするために、同様の機能を果たす構成要素には第1実施形態と同一の符号を付して説明を省略する。

【0068】

図5の燃料電池発電システム1は、発電系の構成要素として、PEFC装置61、昇圧型DC/DCコンバータ14-1、電気二重層キャパシタ15-1、インバータ62を有する。

昇圧型DC/DCコンバータ14-1、電気二重層キャパシタ15-1、およびインバータ62は、PEFC装置61から負荷機器100までの電力供給経路に対して、その順番に接続される。

【0069】

また、図5の燃料電池発電システム1は、検出制御系の構成要素として、FC出力電圧センサ22、FC出力電流センサ23、コンバータ出力電圧センサ71、出力電圧センサ24、出力電流センサ25、およびこれらが接続されたDSP制御ボード72を有する。

また、図5には、光電変換回路73、ゲートドライバ74、パージ制御回路75が図示されている。

【0070】

PEFC装置61は、図1のタンク11、供給弁12、燃料電池13、流量センサ21を有する。

電気二重層キャパシタ15-1は、エネルギー蓄積要素15の一種である。

FC出力電圧センサ22は、PEFC装置61の出力電圧を検出する。

FC出力電流センサ23は、PEFC装置61の出力電流を検出する。

コンバータ出力電圧センサ71は、昇圧型DC/DCコンバータ14-1の出力電圧を検出する。

出力電圧センサ24は、インバータ62の出力電圧を検出する。

出力電流センサ25は、インバータ62の出力電流を検出する。

DSP制御ボード72は、マイクロプロセッサ26を有する。

マイクロプロセッサ26がプログラムを実行することにより、制御部31が実現される。

【0071】

パージ制御回路75は、PEFC装置61のタンク11、燃料電池13などから、残留水などを排出するための制御回路である。

タンク11、燃料電池13などは、水分過多となることにより、劣化したり、出力が低下したりする。

パージ処理により不要な空気、ガス並びに水分を外気に放出させることにより、これらの弊害の発生を防止できる。

具体的にはたとえば、燃料電池13の水素排出口に電磁弁を設け、この電磁弁の開閉を

10

20

30

40

50

D S P で制御すればよい。

【 0 0 7 2 】

昇圧型 D C / D C コンバータ 1 4 - 1 は、コイル 8 1、ダイオード 8 2、キャパシタ 8 3、M O S F E T 8 4 を有する。

コイル 8 1 の一端は、P E F C 装置 6 1 に接続される。

ダイオード 8 2 のアノードは、コイル 8 1 の他端に接続される。

ダイオード 8 2 のカソードは、電気二重層キャパシタ 1 5 - 1 の一端（プラス側）に接続される。

これにより、コイル 8 1 およびダイオード 8 2 は、P E F C 装置 6 1 から電気二重層キャパシタ 1 5 - 1 までの電力供給経路の一方の電力線 9 1 において直列に接続される。

10

【 0 0 7 3 】

キャパシタ 8 3 の一端は、ダイオード 8 2 のカソードから電気二重層キャパシタ 1 5 - 1 までの一方の電力線 9 1 に接続される。

キャパシタ 8 3 の他端は、他方の電力線 9 2 に接続される。

これにより、キャパシタ 8 3 は、P E F C 装置 6 1 から電気二重層キャパシタ 1 5 - 1 までの電力供給経路に並列に接続される。

【 0 0 7 4 】

M O S F E T 8 4 のソースは、コイル 8 1 とダイオード 8 2 との間において一方の電力線 9 1 に接続される。

ドレインは、他方の電力線 9 2 に接続される。

20

ゲートは、ゲートドライバ 7 4 に接続される。

ゲートドライバ 7 4 は、光電変換回路 7 3 に接続される。

光電変換回路 7 3 は、D S P 制御ボード 7 2 に接続される。

【 0 0 7 5 】

D S P 制御ボード 7 2 は、たとえばパルス幅変調されたオンオフの光信号を出力する。

光電変換回路 7 3 は、光パルス信号を電気パルス信号へ変換する。

ゲートドライバ 7 4 は、電気パルス信号に基づいて M O S F E T 8 4 をオンオフ制御する。

たとえばゲートドライバ 7 4 は、電気パルス信号が入力される場合、そのパルス幅の期間で M O S F E T 8 4 をオン状態に制御し、それ以外の期間でオフ状態に制御する。

30

【 0 0 7 6 】

M O S F E T 8 4 がオン状態とオフ状態との間で切り替えられることにより、コイル 8 1 には、電圧が誘導される。

また、M O S F E T 8 4 がオフ状態である場合に、P E F C 装置 6 1 の F C 出力電圧にコイル 8 1 の誘導電圧を加算した電圧がダイオード 8 2 およびキャパシタ 8 3 の直列回路に印加される。

これにより、キャパシタ 8 3 は、F C 出力電圧より高い電圧に充電される。

また、ダイオード 8 2 が直列に接続されているため、キャパシタ 8 3 の充電電圧が高い場合でも、キャパシタ 8 3 から P E F C 装置 6 1 側へ電流が流れない。

このため、たとえば電力燃料比が最大となる運転のために P E F C 装置 6 1 の F C 出力電圧が低くなったとしても、昇圧型 D C / D C コンバータ 1 4 - 1 は、所望の高い電圧を出力することができる。

40

電気二重層キャパシタ 1 5 - 1 を所望の電圧に充電し、その電圧に維持することができる。

【 0 0 7 7 】

図 6 は、第 2 実施形態における燃料消費抑制モード 5 3 の動作を示すタイミングチャートである。

図 6 ( A ) は、燃料電池 1 3 の F C 出力電圧  $V_{FC}$  の波形である。

図 6 ( B ) は、燃料電池 1 3 の F C 出力電流  $I_{FC}$  の波形である。

図 6 ( C ) は、燃料の流量に対する電力の比を示す電力燃料比  $C (= P_{FC} \div H)$  の波

50



形である。

図 6 において、時間は左から右に経過している。

【 0 0 7 8 】

燃料消費抑制モード 5 3 では、制御部 3 1 は、まず、電力燃料比  $C$  が最大となる燃料供給量のサーチ処理を実行する。

サーチ処理において、制御部 3 1 は、水素消費の過渡応答に基づいて選定した時間間隔（たとえば 2 0 [ s ]）で燃料電池 1 3 への燃料供給量  $H$  ( S E T ) を段階的に変化させ、図 2 の燃料消費特性曲線をゆっくりスキャン（ソフトスキャン）する（タイミング  $T 1 1$  から  $T 1 7$ ）。

タイミング  $T 1 1$  から  $T 1 7$  の各段階において、制御部 3 1 は、燃料電池 1 3 の F C 出力電圧  $V_{FC}$  [ V ]、燃料電池 1 3 の F C 出力電流  $I_{FC}$  [ A ]、並びに燃料供給量の検出流量  $H$  [ l / m i n ] を各センサで検出し、これらを D S P で演算処理して、電力燃料比  $C$  [ W / l / m i n ] を求める。

図 6 では  $T 1 2$  から  $T 1 5$  までの各タイミングでは、電力燃料比  $C$  は、段階的に上昇している。

$T 1 6$  のタイミングでは、電力燃料比  $C$  は、前回の値より減少している。

この電力燃料比  $C$  の減少を検出することで、制御部 3 1 は、電力燃料比  $C$  が最大となる燃料供給量を選択する。

具体的には、制御部 3 1 は、前回の燃料供給量  $H$  ( S E T ) を選択する。

そして、タイミング  $T 1 7$  において、制御部 3 1 は、選択した燃料供給量  $H$  ( S E T ) を設定する。

このため、検出期間に続く追従期間では、燃料電池 1 3 は、電力燃料比  $C$  が最大となる状態で発電し続ける。

【 0 0 7 9 】

これに対して、たとえば燃料電池 1 3 が出力可能な所定の電圧範囲（燃料供給量の範囲）についてスキャンを終了したとしても、演算した電力燃料比  $C$  が前回の値より下がらない場合には、制御部 3 1 は、最後の検出に用いた燃料供給量を選択する。

また、制御部 3 1 は、複数の燃料供給量についてのサーチ処理を終了する。

この場合のその後の追従動作期間では、制御部 3 1 は、このサーチ処理により選択した燃料供給量  $H$  ( S E T ) を用いて燃料電池 1 3 を動作させる。

【 0 0 8 0 】

図 7 は、図 5 の燃料電池発電システム 1 で使用可能な固体高分子型燃料電池の基本特性図である。

図 7 の固体高分子型燃料電池は、定格出力電力が 1 0 0 W であり、0 から 1 0 A までの範囲の F C 出力電流を出力可能である。

図 7 の横軸は、F C 出力電流である。

縦軸は、F C 出力電圧、F C 出力電力、電力燃料比である。

そして、図 7 には、F C 出力電圧の特性曲線 1 1 1、F C 出力電力の特性曲線 1 1 2、電力燃料比の特性曲線 1 1 3 が図示されている。

図 7 の特性曲線 1 1 1 に示すように、固体高分子型燃料電池の F C 出力電圧は、F C 出力電流  $I_{FC}$  の増加に伴い減少する。

【 0 0 8 1 】

また、F C 出力電力  $P_{FC}$  は、特性曲線 1 1 2 に示すように、F C 出力電流  $I_{FC}$  の増加に伴い増加する。

そして、電力燃料比  $C$  は、特性曲線 1 1 3 に示すように、F C 出力電流  $I_{FC}$  が 0 から 1 . 5 A までの範囲で急激に上昇し、1 . 5 A においてピーク（最大値）となり、1 . 5 から 1 0 A までの範囲で緩やかに降下する。

このため、図 7 の固体高分子型燃料電池では、燃料消費抑制モード 5 3 においては F C 出力電流  $I_{FC}$  が約 1 . 5 A となる燃料供給量で燃料電池 1 3 を動作させるのが望ましい。

。

10

20

30

40

50

なお、燃料電池 13 の燃料効率、一般的に、FC 出力電力 PFC が増加するほど、悪化する傾向にある。

たとえば FC 出力電流が 2 倍になると、必要とされる燃料供給量は 2 倍以上になる。

また、図 7 において、斜面ハッチングを付した範囲が、平均電力制御対象範囲である。図 7 の場合、FC 出力電流 IFC が 0 から 1.5 A までの範囲が、これに相当している。

【0082】

図 8 は、負荷機器 100 の消費電力波形の説明図である。

横軸は、時間である。縦軸は、電力である。

図 8 には、A 波形と、B 波形とが図示されている。

A 波形は、ピーク電力を 80 W、平均電力を 20 W、周期 120 秒とする負荷電力の波形である。 10

B 波形は、ピーク電力を 40 W、平均電力を 20 W、周期 120 秒とする負荷電力の波形である。

A 波形と B 波形とでは、周期が同一であるものの、ピーク電力および平均電力が異なる。

【0083】

【表 1】

	負荷パターン	実測値	
		水素消費量[l]	直結に対する減少率[%]
直結	B(40[W])	2.982	1.74
制御あり		2.930	
直結	A(80[W])	3.695	20.0
制御あり		2.957	

20

【0084】

表 1 は、図 7 の固体高分子型燃料電池に対して、図 8 の波形で電力を消費する負荷機器 100 を接続した場合の燃料消費量の実験結果の一例である。 30

【0085】

そして、表 1 の上段に示すように、B 波形の負荷機器 100 を図 7 の固体高分子型燃料電池に直結した場合、水素（燃料）の消費量は、2.982 リットルになる。

これに対して、B 波形の負荷機器 100 と図 7 の固体高分子型燃料電池との間に図 5 の回路を接続した場合、水素（燃料）の消費量は、2.930 リットルに減る。

このように、第 2 実施形態では、燃料電池 13 に負荷 100 を直結した場合に比べて、水素（燃料）の消費量を 1.74% も低減できる。

【0086】

また、表 1 の下段に示すように、A 波形の負荷機器 100 を図 7 の固体高分子型燃料電池に対して直結した場合、水素（燃料）の消費量は、3.695 リットルになる。 40

これに対して、A 波形の負荷機器 100 と図 7 の固体高分子型燃料電池との間に図 5 の回路を接続した場合、水素（燃料）の消費量は、2.957 リットルになる。

水素（燃料）の消費量は、直結した場合に比べて、実に 20.0% も低減される。

【0087】

以上のように、第 2 実施形態の燃料電池発電システム 1 では、燃料消費量を効果的に削減できる。

特に、第 2 実施形態の燃料電池発電システム 1 では、表 1 から明らかなように、負荷 100 のピーク電流が高いほど、または負荷 100 のピーク電力と平均電力との差が大きいほど、燃料消費量についての高い削減効果が得られる。

【0088】

50

図9は、一般家庭での1日の負荷電力（消費電力）を100W規模に縮小した一例を示す図である。

横軸は、時刻である。縦軸は、負荷電力である。

この縮小した規模での負荷電力パターンは、一般的に、0Wから数十Wの範囲で変動する。

また、朝方、夕方、夜中にピーク電力が発生する。

【0089】

【表2】

		水素消費量[L]	MPPT制御の水素消費量 に対する割合[%]
MPPT制御		351	100
提案方式	A方式	239	68.1
	B方式	286	81.5

10

【0090】

表2は、図9の負荷電力パターンの中で、図7の固体高分子型燃料電池を用いた場合の燃料（水素）消費量である。

20

表2において「MPPT制御」は、固体高分子型燃料電池による発電をする場合に最大電力点をサーチし、そのサーチした最大電力によるMPPT方式により発電する場合である。この場合の燃料（水素）消費量は、351リットルになる。

提案方式「A方式」および「B方式」は、基本的に、燃料消費抑制方式で負荷電力を監視する例である。

そして、提案方式「B方式」では、監視する負荷電力が、電力燃料比 $C_{max}$ での電力 $P_{FCop}$ より小さい場合には常に電力燃料比 $C_{max}$ で動作させ、電力 $P_{FCop}$ より大きくなった場合にはMPPT方式に切り替える。この場合の燃料（水素）消費量は、286リットルになる。

これに対して、提案方式「A方式」では、監視する負荷電力が、電力燃料比 $C_{max}$ での電力 $P_{FCop}$ より小さい場合には常に電力燃料比 $C_{max}$ で動作させ、電力 $P_{FCop}$ より大きくなった場合には、燃料電池の出力電力を負荷電力より10%程度高い電力で制御する方式に切り替える。この場合の燃料（水素）消費量は、239リットルになる。

30

このように「A方式」は、「B方式」と比べて、常に電力燃料比 $C$ が高いところで動作するように制御する。このため、「A方式」は、「B方式」と比べても消費電力を抑えることができる。

【0091】

そして、燃料消費抑制方式で負荷電力を監視する「A方式」では、「MPPT制御」と比べて水素消費量が68%に低下する。実に30%以上の削減効果がある。

また、「A方式」は、「B方式」と比べても水素消費量において13%以上の削減効果がある。

40

このように燃料消費抑制方式で負荷電力を監視することにより、従来の方式に比べて燃料（水素）を効率的に利用できる。

以上のように、燃料消費抑制方式で負荷電力を監視する方式を採用する第2実施形態の燃料電池発電システム1は、一般家庭などの実社会において現実的に利用される場合に、従来の制御方式に比べて燃料消費量についての高い削減効果が得られる。

【0092】

以上の各実施形態は、本発明の好適な実施形態の例であるが、本発明は、これに限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更または変形が可能である。

50

## 【 0 0 9 3 】

たとえば上記各実施形態は、一般家庭に設置される定置型の燃料電池発電システム 1 の例である。

この他にも例えば、燃料電池発電システム 1 は、自動車、電車、航空機、衛星などの移動体に設置されるものであってもよい。

移動体に設置される燃料電池発電システム 1 に本発明を適用することにより、移動体に積載された燃料を長持ちさせることができ、移動距離を伸ばすことができる。

## 【 0 0 9 4 】

上記実施形態では、燃料電池 1 3 と負荷機器 1 0 0 との間の電力供給経路に、DC / DC コンバータ 1 4 とエネルギー蓄積要素 1 5 とを接続している。

この他にもたとえば、燃料電池 1 3 と負荷機器 1 0 0 との間の電力供給経路に、抵抗素子などの定電流制御素子とエネルギー蓄積要素 1 5 とを接続してもよい。

この場合でも、本発明の方式で燃料電池 1 3 を運転することにより、燃料消費量を減らすことができる。

## 【 0 0 9 5 】

図 1 0 は、燃料電池 1 3 と負荷機器 1 0 0 との間の電力供給経路に、抵抗素子 1 2 1 とエネルギー蓄積要素 1 5 とを接続した燃料電池発電システム 1 の概略構成図である。

図 1 0 の燃料電池発電システム 1 は、負荷変動をエネルギー蓄積要素 1 5 で吸収し、抵抗素子 1 2 1 で燃料電池 1 3 の電流を略一定に保つように動作する。

このため、図 1 0 の変形例の燃料電池発電システム 1 における燃料電池 1 3 のエネルギー効率、DC / DC コンバータ 1 4 とエネルギー蓄積要素 1 5 とを用いた場合に比べて、必ずしも良いとは言えない。

## 【 0 0 9 6 】

上記実施形態では、電力燃料比の最大値  $C_{max}$  をサーチする場合に、制御部 3 1 は、最小の燃料供給量から段階的に供給量を増加している。

この他にもたとえば、制御部 3 1 は、最大の燃料供給量から段階的に供給量を減少させてもよい。

また、制御部 3 1 は、温度センサなどの検出に基づいて環境変化の大小を判断し、環境変化が大きい場合にはすべての燃料供給量についてのサーチ制御を実行し、環境変化が小さい場合には前回使用した燃料供給量およびその前後の一部の燃料供給量についてのサーチ制御を実行してもよい。

## 【 0 0 9 7 】

上記実施形態では、制御部 3 1 は、休止モード 5 1 から燃料消費抑制モード 5 3 へ復旧する場合に、燃料供給量のサーチ処理を実行している。

この他にもたとえば、制御部 3 1 は、最大電力モード 5 2 から燃料消費抑制モード 5 3 へ移行する場合、燃料消費抑制モード 5 3 から休止モード 5 1 へ移行する場合などにおいて、燃料供給量をサーチしてもよい。

また、制御部 3 1 は、休止モード 5 1 から復旧する度に毎回サーチするのではなく、たとえば環境変化の大小や復旧回数などに応じて、複数回に 1 回の割合でサーチを実行してもよい。

たとえば、制御部 3 1 は、燃料消費抑制モード 5 3 への復旧回数をカウントしたり、最後にサーチしてからの経過時間を計測したり、時刻を参照したりして、複数回に 1 回の割合でサーチを実行すればよい。

この場合、その複数回の期間において、制御部 3 1 は、最後にサーチした最新の燃料供給量を共通に使用すればよい。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 9 8 】

1 ... 燃料電池発電システム ( 発電制御装置 )、1 3 ... 燃料電池、2 2 ... FC 出力電圧センサ ( 第 1 検出部 )、1 4 ... DC / DC コンバータ ( 変換部 )、1 5 ... エネルギー蓄積要素 ( 蓄積部 )、2 1 ... 流量センサ ( 第 3 検出部 )、2 3 ... FC 出力電流センサ ( 第 1 検出部

10

20

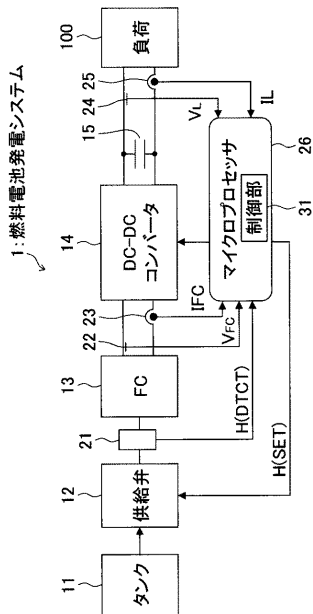
30

40

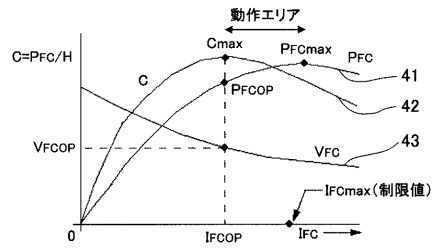
50

)、24...出力電圧センサ(第2検出部)、31...制御部、100...負荷機器、V1...第1閾値電圧、V3...第3閾値電圧、V4...第4閾値電圧、C...電力燃料比

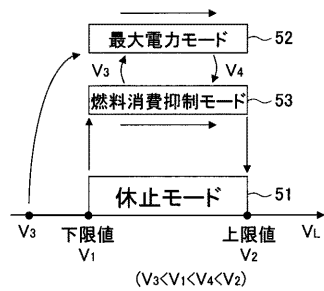
【図1】



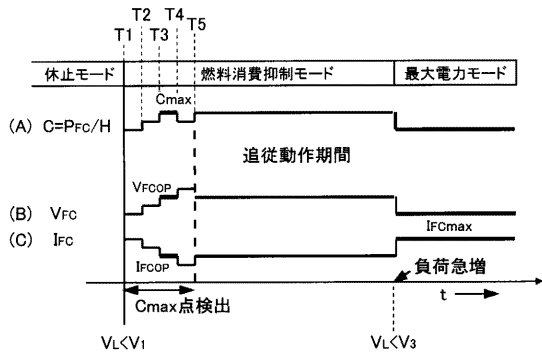
【図2】



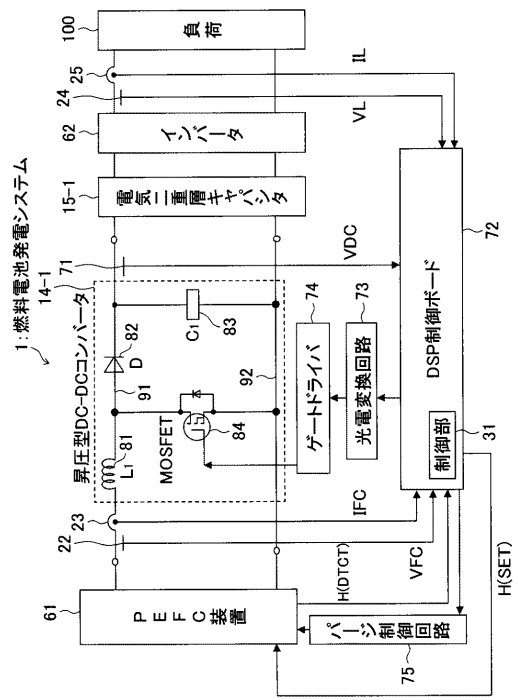
【図3】



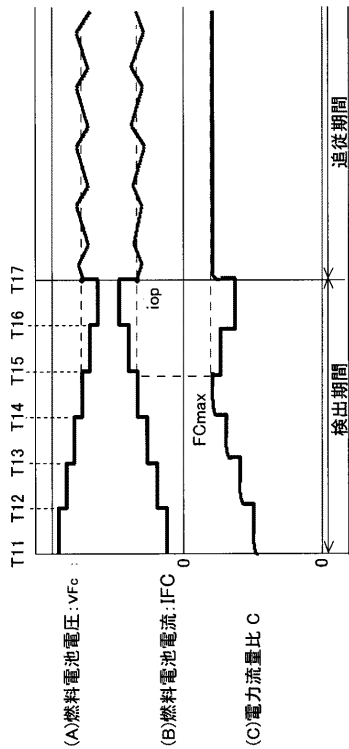
【 図 4 】



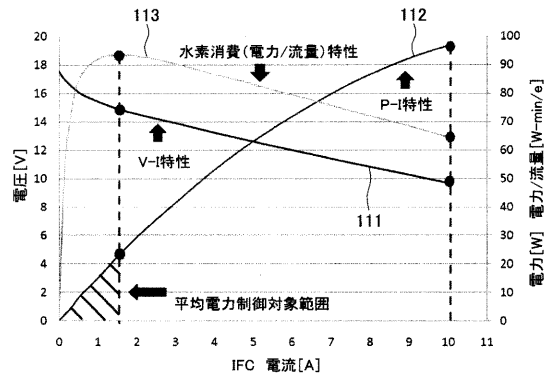
【 図 5 】



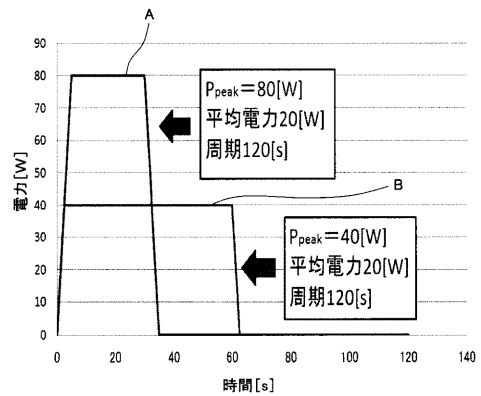
【 図 6 】



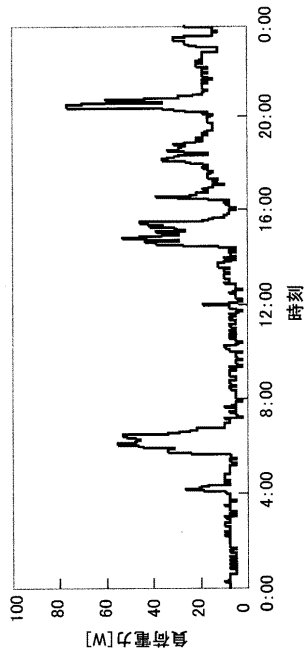
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】

