

(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2010-27443
(P2010-27443A)

(43) 公開日 平成22年2月4日(2010.2.4)

(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 X	5 H O 2 6
HO 1 M 8/10 (2006.01)	HO 1 M 8/04 Y	5 H O 2 7
	HO 1 M 8/04 N	
	HO 1 M 8/10	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2008-188512 (P2008-188512)	(71) 出願人	000000011 アイシン精機株式会社 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
(22) 出願日	平成20年7月22日 (2008.7.22)	(71) 出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
		(74) 代理人	100081776 弁理士 大川 宏
		(72) 発明者	石川 貴史 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内
		(72) 発明者	中西 修 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内
		Fターム(参考)	5H026 AA06

最終頁に続く

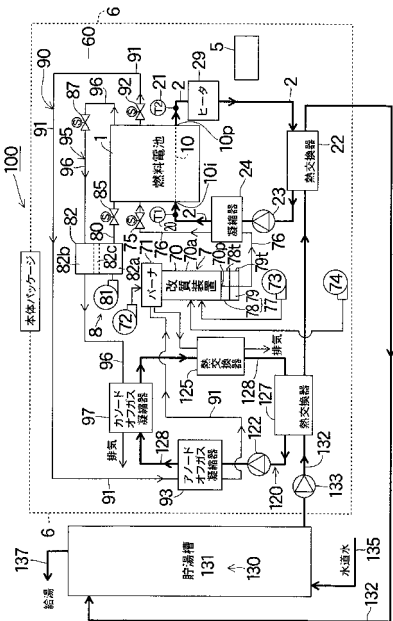
(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】迂回通路と、迂回通路を開閉させる迂回バルブとを廃止させることができる燃料電池システムを提供する。

【解決手段】システムは、アノードガスを燃料電池1のアノードに供給するアノードガス通路76と、アノードガスに含まれるCO濃度を低減させるCO低減部77と、カソードガスをカソードに供給するためのカソードガス通路80と、カソードの入口側を開閉する入口開閉部85と、カソードの出口側を開閉する出口開閉部87とを有する。システムの起動時において、制御部5は、入口開閉部85および出口開閉部87を閉鎖した状態で、アノードにアノードガスを供給させる第1制御と、その後、アノードにアノードガスを供給しつつ、燃料電池の発電量に応じてカソードガスをカソードに供給する第2制御を実施する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アノードおよびカソードをもつ燃料電池と、COを含む可能性があるアノードガスを前記燃料電池の前記アノードに供給するためのアノードガス通路と、前記燃料電池の前記アノードの上流に設けられ前記アノードガスに含まれるCO濃度を低減させるCO低減部と、酸素を含むカソードガスを前記燃料電池の前記カソードに供給するためのカソードガス通路と、前記燃料電池の前記カソードの入口側を開閉するための入口開閉部と、前記燃料電池の前記カソードの出口側を開閉するための出口開閉部と、少なくとも前記入口開閉部および前記出口開閉部を制御するための制御部とを具備する燃料電池システムにおいて、前記燃料電池システムの運転の起動時において、

10

前記制御部は、

前記入口開閉部および前記出口開閉部を閉鎖して前記燃料電池の前記カソードを封止した状態で、前記燃料電池の前記アノードに前記アノードガスを供給させる第1制御を実施し、

その後、前記入口開閉部および前記出口開閉部を開放させた状態で、前記燃料電池の前記アノードに前記アノードガスを供給しつつ、前記燃料電池の発電量に応じて前記カソードガスを前記燃料電池の前記カソードに供給する第2制御を実施する燃料電池システム。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記燃料電池の前記アノードに供給するアノードガスを改質用燃料から生成させるための改質装置が前記CO低減部の上流に設けられており、

20

前記制御部は、前記CO低減部の暖機完了前において前記第1制御を実行し、且つ、前記CO低減部の暖機完了後において前記第2制御を実施する燃料電池システム。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、前記改質装置は、燃焼用燃料を燃焼用空気によって燃焼させるためのバーナと、前記バーナにより改質反応に適するように加熱されて改質用燃料からアノードガスを生成させるための改質部とを有しており、

前記制御部は、前記第1制御において、前記燃料電池の前記アノードの入口に供給された前記アノードガスを前記燃料電池のアノードの出口から排出させた後、アノードオフガス通路を介して前記バーナに供給して前記バーナで前記燃焼用空気により燃焼させる燃料電池システム。

30

【請求項 4】

請求項 1 ～ 3 のうちの一項において、前記燃料電池システムの停止時において、前記燃料電池の開回路電圧が所定値よりも上昇するとき、前記燃料電池の前記カソードに前記カソードガスが存在し、且つ、前記アノードに前記アノードガスが供給され、且つ、前記燃料電池と電力消費部とが電氣的に接続された状態において、前記燃料電池に発生する電力を前記電力消費部で消費させることにより、前記燃料電池の前記開回路電圧の過剰な上昇を抑制しつつ、前記カソードの内部の酸素濃度を電力消費前よりも低減させる制御を実施する燃料電池システム。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 3 のうちの一項において、前記燃料電池システムの停止時において、前記制御部は、前記燃料電池の前記カソードの前記出口開閉部を閉鎖し且つ前記入口開閉部を開放した状態で、前記燃料電池の前記カソードの内部が大気圧を超える高圧となるように前記カソードに前記カソードガスを供給する制御と、

40

その後、前記出口開閉部を閉鎖した状態で前記入口開閉部を閉鎖させることにより、前記燃料電池の前記カソードの内部を大気圧を超える圧力とする制御と、

その後、前記燃料電池の前記カソードに前記カソードガスが存在し、且つ、前記アノードに前記アノードガスが供給され、且つ、前記燃料電池と電力消費部とが電氣的に接続された状態において、前記燃料電池に発生する電力を前記電力消費部で消費させることにより、前記燃料電池の開回路電圧の過剰な上昇を抑制しつつ、前記カソードの内部の酸素濃度を電力消費前よりも低減させる制御を実施する燃料電池システム。

50

【請求項 6】

請求項 5 において、前記燃料電池の前記カソードの内部の酸素濃度を電力消費前よりも低減させる制御を実施した後において、前記燃料電池の前記カソードの内部は大気圧を超える燃料電池システム。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 のうちの一項において、前記出口開閉部は、前記燃料電池の前記カソードの出口側に設けられた逆止弁であり、前記逆止弁は、前記燃料電池の前記カソードから排出されるカソードオフガスを前記カソードから排出される方向に流出させると共に、その逆の流れを阻止する燃料電池システム。

【請求項 8】

請求項 1 ～ 6 のうちの一項において、前記カソードガスを前記燃料電池の前記カソードに供給するカソードガス搬送源が前記燃料電池の前記カソードの入口側に設けられており、前記入口開閉部は前記カソードガス搬送源に設けられている燃料電池システム。

【請求項 9】

アノードおよびカソードをもつ燃料電池と、CO を含む可能性があるアノードガスを前記燃料電池の前記アノードに供給するためのアノードガス通路と、前記燃料電池の前記アノードの上流に設けられ前記アノードガスに含まれる CO 濃度を低減させる CO 低減部と、酸素を含むカソードガスを前記燃料電池の前記カソードに供給するためのカソードガス通路と、前記燃料電池の前記カソードの入口側を開閉するための入口開閉部と、前記燃料電池の前記カソードの出口側を開閉するための出口開閉部と、少なくとも前記入口開閉部および前記出口開閉部を制御するための制御部とを具備する燃料電池システムにおいて、前記燃料電池システムの運転の停止時において、

前記制御部は、

前記燃料電池のカソードの前記入口開閉部と前記出口開閉部とが閉鎖されて前記カソードが封止され、且つ、前記燃料電池の前記カソードに前記カソードガスが存在し、且つ、前記アノードに前記アノードガスが供給され、且つ、前記燃料電池と電力消費部とが電氣的に接続された状態において、前記燃料電池の電力を前記電力消費部で消費させることにより、前記燃料電池の開回路電圧の過剰な上昇を抑制しつつ、前記カソードの内部の酸素濃度を電力消費前よりも低減させる制御を実施する燃料電池システム。

【請求項 10】

アノードおよびカソードをもつ燃料電池と、CO を含む可能性があるアノードガスを前記燃料電池の前記アノードに供給するためのアノードガス通路と、前記燃料電池の前記アノードの上流に設けられ前記アノードガスに含まれる CO 濃度を低減させる CO 低減部と、酸素を含むカソードガスを前記燃料電池の前記カソードに供給するためのカソードガス通路と、前記燃料電池の前記カソードの入口側を開閉するための入口開閉部と、前記燃料電池の前記カソードの出口側を開閉するための出口開閉部と、少なくとも前記入口開閉部および前記出口開閉部を制御するための制御部とを具備する燃料電池システムにおいて、前記燃料電池システムの運転の停止時において、

前記制御部は、

前記燃料電池の前記カソードの前記出口開閉部を閉鎖し且つ前記入口開閉部を開放した状態において、前記燃料電池の前記カソードの内部が大気圧を高圧側に超える圧力となるように前記カソードに前記カソードガスを供給する制御と、

前記出口開閉部を閉鎖した状態で前記入口開閉部を閉鎖させることにより、前記カソードの内部を大気圧を超える高圧とさせる制御と、

その後、前記燃料電池の前記カソードに前記カソードガスが存在し、且つ、前記アノードに前記アノードガスが供給され、且つ、前記燃料電池と電力消費部とが電氣的に接続された状態において、前記燃料電池に発生する電力を電力消費部で消費させることにより、前記燃料電池の開回路電圧の過剰な上昇を抑制しつつ、前記カソードの内部の酸素濃度を電力消費前よりも低減させる制御を実施する燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は燃料電池システムに関する。

【背景技術】

【0002】

燃料電池システムは、アノードおよびカソードをもつ燃料電池と、改質装置から燃料電池のアノードにアノードガスを供給するためのアノードガス通路と、燃料電池のアノードの上流に設けられ改質装置で生成されたアノードガスに含まれるCO（一酸化炭素）濃度を低減させるCO低減部と、酸素を含むカソードガスを燃料電池のカソードに供給するためのカソードガス通路と、燃料電池のカソードの入口側を開閉するための入口開閉部と、燃料電池のカソードの出口側を開閉するための出口開閉部と、入口開閉部および出口開閉部を制御するための制御部とを有する。

10

【0003】

燃料電池システムの運転の起動時において、改質装置で生成されるアノードガスの組成の安定性は必ずしも充分ではなく、アノードガスは、所定濃度を越えるCOを含むおそれがある。COを含むアノードガスを、発電運転している燃料電池のアノードに供給することは、好ましくない。燃料電池が発電運転中であると、アノードに保持されている触媒がCO被毒により劣化するためである。そこで、従来のシステムでは迂回通路が設けられている（特許文献1）。そして、システムの運転の起動時において、改質装置で生成されるアノードガスの組成の安定性が必ずしも充分ではないときには、アノードガスを迂回通路に流すことにより燃料電池のアノードを迂回させ、アノードに供給させないようにしている。これにより燃料電池のアノードの触媒がCO被毒により劣化することを抑えている。上記した迂回通路では、システムの定常運転時にアノードガスが迂回通路を流れないように迂回通路を閉鎖する迂回バルブが必要とされている。

20

【特許文献1】特開2005-174745号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記した特許文献1に係る技術は、発電中の燃料電池のアノードの触媒がCO被毒により劣化することを抑えているが、システムの起動時においてアノードガスが燃料電池のアノードを迂回するように流れる迂回通路、さらには、迂回通路を開閉させる迂回バルブが必要とされる。

30

【0005】

本発明は上記した実情に鑑みてなされたものであり、アノードガスが燃料電池のアノードを迂回するための迂回通路と、迂回通路を開閉させる迂回バルブとを廃止させることができる燃料電池システムを提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

（1）様相1に係る燃料電池システムは、アノードおよびカソードをもつ燃料電池と、COを含む可能性があるアノードガスを燃料電池のアノードに供給するためのアノードガス通路と、燃料電池のアノードの上流に設けられアノードガスに含まれるCO濃度を低減させるCO低減部と、酸素を含むカソードガスを燃料電池のカソードに供給するためのカソードガス通路と、燃料電池のカソードの入口側を開閉するための入口開閉部と、燃料電池のカソードの出口側を開閉するための出口開閉部と、少なくとも入口開閉部および出口開閉部を制御するための制御部とを具備する燃料電池システムにおいて、

40

燃料電池システムの運転の起動時において、制御部は、（i）入口開閉部および出口開閉部を閉鎖して燃料電池のカソードを封止した状態で、燃料電池のアノードに前記アノードガスを供給させる第1制御を実施し、（ii）その後、入口開閉部および出口開閉部を開放させた状態で、燃料電池のアノードにアノードガスを供給しつつ、燃料電池の発電量に応じてカソードガスを燃料電池の前記カソードに供給する第2制御を実施する。

50

【 0 0 0 7 】

上記したように燃料電池システム（以下、システムともいう）の運転の起動時において、制御部は、燃料電池のアノードにアノードガスを供給させる。しかしながら、カソードの入口開閉部および出口開閉部が閉鎖されており、カソードは封止された状態とされている。従って、システムの起動時において、アノードガスは、燃料電池のアノードを迂回することなく、燃料電池のアノードに供給される。従って、燃料電池のアノードを迂回させるために従来必要とされていた迂回通路および迂回バルブを廃止することができる利点を得られ、配管の複雑化が抑制される。

【 0 0 0 8 】

ここで、燃料電池において発電反応により水（ $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ ）が発生することを考慮すると、2モルの H_2 と1モルの O_2 とが化学量論的に当量であるといえる。上記したようにシステムの起動時には、カソードが封止され、カソードガスがカソードに供給されることが制限された状態で、アノードガスがアノードに積極的に供給される。このためアノードに供給されるアノード活物質（水素）のモル数に比較して、カソードにおけるカソード活物質（酸素）のモル数は、化学量論的に低減または欠乏された状態とされる。よって、第1制御においては、モル比によれば、 H_2 のモル比2に対して、 O_2 のモル比は1未満とされる。すなわち、システムの起動時において、カソードは酸素欠乏状態等の酸素低減状態に維持される。ここで、酸素低減状態とは、アノードに供給されるアノード活物質（水素）のモル数に比較して、カソードにおけるカソード活物質である酸素のモル数が化学量論的に低減または欠乏された状態を意味する。

10

20

【 0 0 0 9 】

上記したように本様相によれば、システムの起動時において、カソードにおける酸素が化学量論的に酸素欠乏状態等の酸素低減状態であるため、カソードの電位の上昇が制限され、OCVの過剰な上昇は抑制される。

【 0 0 1 0 】

開回路電圧（以下、OCVともいう）は、open circuit voltageであり、燃料電池のアノードとカソードとが電氣的に接続されていない状態（燃料電池と電力負荷とが電氣的に接続されていない状態）における燃料電池の両端子間の電圧差をいう。OCVは、燃料電池のアノードとカソードとが電力負荷を介して電氣的に接続されている状態において燃料電池が発電する通常の実電圧よりも、高い電圧となる。燃料電池の電位が触媒の平衡電極電位よりも過剰に上昇すると、燃料電池の触媒（特にカソードの触媒）において、酸素と、アノードから電解質を透過してカソードにいたる水素との酸化反応に進み、燃料電池の触媒（特にカソードの触媒）が電気化学的に劣化するおそれがある。このためOCVが過剰に上昇することは、できるだけ避けることが好ましい。

30

【 0 0 1 1 】

また、燃料電池が発電している場合には、COを含むアノードガスが燃料電池のアノードに供給されるとき、アノードの触媒のCO被毒は無視できない。但し、燃料電池の発電が制限されている限り、COを含むアノードガスが燃料電池のアノードに仮に供給されたとしても、燃料電池のアノードの触媒のCO被毒の可逆性が高くなり、アノードの触媒のCO被毒は抑制される。

40

【 0 0 1 2 】

更に、システムの起動時において、アノード活物質の他にCOを含むアノードガスを燃料電池のアノードに積極的に供給したとしても、カソードにおける酸素が化学量論的に酸素欠乏状態等の酸素低減状態であるため、燃料電池の発電反応は制限される。この結果、燃料電池のアノードにおける触媒のCO被毒が抑制される利点を得られる。

【 0 0 1 3 】

本明細書によれば、燃料電池のカソードは酸化剤極であり、アノードは燃料極である。アノードガスはアノードに供給されるガスである。カソードガスはカソードに供給されるガスである。入口開閉部は、燃料電池のカソードの入口側を開閉するための要素であり、バルブなどが挙げられ、燃料電池自体に設けられていても良いし、燃料電池のカソードの

50

入口に繋がる通路に設けられていても良い。出口開閉部は、燃料電池のカソードの出口側を開閉するため要素であり、バルブなどが挙げられ、燃料電池自体に設けられていても良いし、燃料電池のカソードの出口に繋がる通路に設けられていても良い。CO低減部は、燃料電池のアノードの上流に設けられており、改質装置で生成されたアノードガスに含まれるCO濃度を低減させる要素である。CO低減部は、COシフト部、CO酸化部、メタネーション反応部のうちの少なくとも一つで形成でき、要するにCO濃度を低減できる機能を有すれば良い。

【0014】

様相1は次の好適態様のうちの少なくとも一つを採用できる。

【0015】

10

・燃料電池のアノードに供給するためのアノードガスを改質用燃料から改質反応により生成させるための改質装置がアノードガス供給源としてCO低減部の上流に設けられていることが好ましい。多数の燃料電池システムが設けられているときには、改質装置が共用されていても良い。好ましくは、改質装置は、燃焼用燃料を燃焼用空気中で燃焼させるためのバーナと、バーナにより改質反応に適するように加熱されてアノードガスを生成させるための改質部とを有する。また、燃料電池のアノードに供給するためのアノードガスを貯蔵するタンク等の貯蔵部がアノードガス供給源としてCO低減部の上流に設けられていても良い。

・システムの起動時において、CO低減部の暖機完了前では、CO低減部の温度が相対的に低いため、CO低減作用は充分ではない。この場合、燃料電池のアノードに供給されるアノードガスに含まれるCO濃度が高くなるおそれがあり、アノードにおける触媒のCO被毒のおそれが高くなる。これに対して、CO低減部の暖機完了後では、CO低減部の温度が相対的に高いため、CO低減作用が良好である。この場合、燃料電池のアノードに供給されるアノードガスに含まれるCO濃度が相対的に低くなり、アノードにおける触媒のCO被毒のおそれが低減される。そこで好ましくは、制御部は、CO低減部の暖機完了前において第1制御を実行し、燃料電池の発電反応を制限しつつ、且つ、CO低減部の暖機完了後において第2制御を実施し、スタックの発電反応を促進させる。この結果、第1制御において、アノードにおける触媒のCO被毒のおそれが低減される。

20

【0016】

・好ましくは、制御部は、第1制御において、燃料電池のアノードの入口に供給されたアノードガスを燃料電池のアノードの出口から排出させた後、アノードオフガス通路を介してバーナに供給してバーナで燃焼用空気により燃焼させることができる。システムの起動時には、改質装置で生成されるアノードガスの組成の安定性は必ずしも充分ではなく、アノードガスに含まれるCO濃度が高いことがある。そこで、制御部は、第1制御において、燃料電池（カソードでは酸素欠乏状態等の酸素低減状態）のアノードの入口にアノードガスを供給させるものの、燃料電池のアノードの出口から排出させた後、そのアノードガスをアノードオフガス通路を介してバーナに供給し、バーナで燃焼用空気により燃焼させることができる。第1制御においては、前述したように、燃料電池のカソードでは酸素欠乏状態等の酸素低減状態とされており、燃料電池の発電反応は制限されており、アノードの触媒のCO被毒が抑えられる。

30

40

【0017】

・好ましくは、出口開閉部は、燃料電池のカソードの出口側に設けられた逆止弁とすることができる。この場合、逆止弁は、燃料電池のカソードから排出されるカソードオフガスをカソードから排出される方向に流出させると共に、その逆の流れを阻止する。従って、酸素を含む外気が出口開閉部から燃料電池のカソードに進入することが抑えられる。この結果、システムの停止時から次の起動時までの間において、外気が燃料電池のカソードの内部に進入することが抑えられる。故に、カソードは、酸素が低減または欠乏された状態に維持され易い。従って次の起動時において、カソードは、酸素欠乏状態等の酸素低減状態に維持され易い。酸素低減状態は、カソードガスが本来有する酸素濃度よりも酸素濃度が少ない状態を意味する。

50

【 0 0 1 8 】

・好ましくは、カソードガスを燃料電池のカソードに供給するカソードガス搬送源が燃料電池のカソードの入口側に設けられており、入口開閉部はカソードガス搬送源に設けられていることができる。この結果、システムの停止時から次の起動時までも酸素を含む外気が入口開閉部から燃料電池のカソードに進入することが抑えられる。この結果、システムの起動時において、燃料電池のカソードの内部は、酸素を低減または消失された状態に維持され易い。ここで、カソードガス搬送源として、ポンプ、ファン、ブロア、コンプレッサなどが挙げられる。

【 0 0 1 9 】

・上記したシステム停止時において、燃料電池のアノードにアノードガスが存在し、カソードにカソードガスが存在するときには、燃料電池のアノードとカソードとが電氣的に接続されていない場合には、燃料電池の開回路電圧（以下、OCVともいう）が所定値よりも過剰に上昇するおそれがある。そこで、第1制御において、燃料電池のOCVが所定値よりも上昇するとき、カソードにカソードガスが存在し、アノードにCO濃度が十分に低い（例えばPEFCでは10ppm以下）アノードガスが供給されており、且つ、燃料電池と電力消費部とが電氣的に接続されている状態において、燃料電池に発生する電力は電力消費部で消費されることが好ましい。この場合、燃料電池のOCVの過剰な上昇が抑制される。更に、電力消費時において燃料電池の発電反応によりカソードの内部の酸素濃度は電力消費前よりも低減される。結果として、酸素低減状態がカソードに形成される。このように第1制御において、カソードにおける酸素欠乏状態等の酸素低減状態を形成することができる。上記した基準となる所定電圧値は、システム、燃料電池の触媒の材質等に応じて適宜設定できる。

【 0 0 2 0 】

・好ましくは、燃料電池システムの運転の停止時において、制御部は、（i）燃料電池のカソードの出口開閉部を閉鎖し且つ入口開閉部を開放した状態で、燃料電池のカソードの内部が大気圧を超える高圧となるようにカソードに、酸素を含むカソードガスを供給する制御と、（ii）その後、出口開閉部を閉鎖した状態で入口開閉部を閉鎖させることにより、燃料電池のカソードの内部を大気圧よりも高圧とする制御と、（iii）その後、燃料電池のカソードにカソードガスが存在し、且つ、アノードにアノードガスが供給され、且つ、燃料電池と電力消費部とが電氣的に接続された状態において、燃料電池に発生する電力を電力消費部で消費させる。これにより、制御部は、燃料電池のOCVの過剰な上昇を抑制しつつ、カソードの内部の酸素濃度を電力消費前よりも低減させる制御を実施する。この場合、カソードの内部に残留する酸素は、電力消費時における発電反応により消費されて低減される。このためカソードガスが空気であれば、不活性な窒素ガスの濃度がカソードにおいて高くなる。従って、燃料電池のカソードは、不活性な窒素ガスを封入した状態でシステムの次の起動時まで封止される。

【 0 0 2 1 】

ここで、大気圧を高圧側を超える圧力を有する不活性な窒素ガスが燃料電池のカソードの内部に封止されていることが好ましい。この場合、カソードの内部の圧力は大気圧よりも高いために、酸素を含む外気が燃料電池のカソードに進入することが効果的に抑制され、カソードの酸素低減状態が次の起動時まで良好に維持される。

【 0 0 2 2 】

ここで、本明細書によれば、電力消費部とは、燃料電池で発生した電力を消費できる要素をいい、燃料電池の発電電力で駆動させる電力負荷に対して別に設けられた放電負荷、あるいは、ヒータ、あるいは、システムの補機類、あるいは、キャパシタ、蓄電池などの電力貯蔵部が挙げられる。補機類としては、バルブなどの通路開閉部、ファン、ポンプ、ブロア、コンプレッサ等の流体搬送源が挙げられる。

【 0 0 2 3 】

（2）様相2に係る燃料電池システムは、アノードおよびカソードをもつ燃料電池と、COを含む可能性があるアノードガスを燃料電池のアノードに供給するためのアノードガ

10

20

30

40

50

ス通路と、燃料電池のアノードの上流に設けられアノードガスに含まれるCO濃度を低減させるCO低減部と、酸素を含むカソードガスを燃料電池のカソードに供給するためのカソードガス通路と、燃料電池のカソードの入口側を開閉するための入口開閉部と、燃料電池のカソードの出口側を開閉するための出口開閉部と、少なくとも入口開閉部および出口開閉部を制御するための制御部とを具備する燃料電池システムにおいて、

燃料電池システムの運転の停止時において、制御部は、燃料電池のカソードの入口開閉部と出口開閉部が閉鎖されてカソードが封止され、且つ、燃料電池のカソードにカソードガスが存在し、且つ、アノードにアノードガスが供給され、且つ、燃料電池と電力消費部とが電氣的に接続された状態において、燃料電池の電力を電力消費部で消費させることにより、燃料電池の開回路電圧の過剰な上昇を抑制しつつ、カソードの内部の酸素濃度を電力消費前よりも低減させる制御を実施する。

10

【0024】

本様相によれば、システムの運転の停止時において、燃料電池のカソードの内部は、電力消費時における発電反応により、酸素を低減または欠乏させた状態とされる。そして、システムの次の発電運転まで、カソードの内部は、酸素を低減または消失された状態に維持される。この結果、システムを次に起動させるとき、アノードガスを燃料電池のアノードに積極的に供給したとしても、燃料電池の発電反応が抑制される。この結果、燃料電池のアノードとカソードとが電氣的に接続されていないとき、OCVの過剰な上昇が低減される。且つ、燃料電池のアノードとカソードとが電氣的に接続されているとき、燃料電池のアノードに保持されている触媒のCO被毒が抑制される。

20

【0025】

(3) 様相3に係る燃料電池システムは、アノードおよびカソードをもつ燃料電池と、COを含む可能性があるアノードガスを燃料電池のアノードに供給するためのアノードガス通路と、燃料電池のアノードの上流に設けられアノードガスに含まれるCO濃度を低減させるCO低減部と、酸素を含むカソードガスを燃料電池のカソードに供給するためのカソードガス通路と、燃料電池のカソードの入口側を開閉するための入口開閉部と、燃料電池のカソードの出口側を開閉するための出口開閉部と、少なくとも入口開閉部および出口開閉部を制御するための制御部とを具備する燃料電池システムにおいて、燃料電池システムの運転の停止時において、

制御部は、(i) 燃料電池のカソードの出口開閉部が閉鎖され且つ入口開閉部が開放された状態において、燃料電池のカソードの内部が大気圧を高圧側に超える圧力となるようにカソードにカソードガスを供給する制御と、(ii) 出口開閉部を閉鎖した状態で入口開閉部を閉鎖させることにより、カソードの内部が大気圧を超える高圧とさせる制御と、(iii) その後、燃料電池のカソードにカソードガスが存在し且つアノードにアノードガスが供給されている状態において、燃料電池と電力消費部とを電氣的に接続させ、燃料電池に発生する電力を電力消費部で消費させることにより、燃料電池の開回路電圧(OCV)の過剰な上昇を抑制しつつ、カソードの内部の酸素濃度を電力消費前よりも低減させる制御を実施する。

30

【0026】

本様相によれば、燃料電池システムの運転の停止時において、燃料電池のカソードの内部に残留する酸素は、電力消費時における発電反応により消費されているため、カソードの酸素濃度が相対的に低くなる。従って、燃料電池のカソードは、酸素低減状態で、システムの次の発電運転時まで維持される。このためカソードの触媒の酸素による劣化が抑制される。

40

【0027】

ここで、上記したように燃料電池のカソードの内部の酸素濃度を電力消費前よりも低減させる制御を実施した後は、燃料電池のカソードの内部は、大気圧を高圧側に超える圧力を有する窒素ガスを封入していることが好ましい。この場合、カソードの圧力が大気圧よりも高くなる。このため、酸素を含む外気が燃料電池のカソードに進入することが効果的に抑制される。更に入口開閉部および出口開閉部について、シール性が低い安価なもの

50

を用いることができる。勿論、シール性が高い高価なものを用いることもできる。

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、システムの起動時の第1制御において、燃料電池のカソードの入口開閉部および出口開閉部が閉鎖されて燃料電池のカソードが封止された状態において、アノードガスが燃料電池のアノードに供給される。このように第1制御において、アノードガスを燃料電池のアノードに供給させるため、アノードガスが燃料電池のアノードを迂回する迂回通路と、迂回通路を開閉させる迂回バルブとを廃止させることができる。

【0029】

更に、システムの起動時の第1制御において、アノードガスが燃料電池のアノードに積極的に供給されるものの、カソードが封止された状態に維持されているため、燃料電池の発電反応が制限される。従って、アノードの触媒のCO被毒が抑制され、触媒の耐久性の向上が図られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

(実施形態1)

以下、本発明の実施形態1について図1及び図2を参照して説明する。

【0031】

(全体構成)

図1において、燃料電池システム(以下、単にシステムともいう)100は、一般家庭、または業務店、ビル等に設置される定置用であり、冷却液が流れる冷却通路を有する燃料電池のスタック1と、冷却液をスタック1の冷却通路10に流してスタック1を冷却する主冷却回路2と、これらを収容する収容室60をもつパッケージ6(筐体)とを有する。スタック1の膜電極接合体は、アノード(燃料極)およびカソード(酸化剤極)で挟持されたイオン伝導膜(例えば炭化フッ素系、炭化水素系等の固体高分子型、または、無機材料系の電解質膜)を有しており、シート型でも良いしチューブ型でも良い。アノードは触媒を有する。カソードは触媒を有する。触媒は白金等の貴金属系にできる。

【0032】

図2に示すように、スタック1は、半導体スイッチ等のスイッチング素子53を介して放電負荷54(電力消費部)に接続されている。スタック1は、インバータ55およびブレーカ56(スイッチング部)を介して電力負荷57(家庭用電力負荷)に接続されている。電力負荷57はスタック1の電力または商用電源58の電力により作動される。ブレーカ56に代えてリレーとしても良い。

【0033】

本実施形態によれば、図1に示すように、主冷却回路2のうちスタック1の冷却通路10の出口10pから入口10iにかけて、出口温度センサ21、ヒータ29、第1熱交換器22、第1ポンプ23(第1搬送源)、アノード凝縮器24、入口温度センサ20が直列に設けられている。なお、ヒータ29は、スタック1の起動時等のように主冷却回路2を流れる冷却液の温度が過剰に低いときに、冷却液を暖めるものである。スタック1の定常運転時には、基本的には、ヒータ29はオフとされている。

【0034】

第1ポンプ23が作動すると、主冷却回路2の冷却水は、アノード凝縮器24で受熱し、入口温度センサ20を経て、スタック1の入口10iから冷却通路10に流れ、スタック1から受熱し、冷却通路10を経て出口10pから吐出され、更に温度センサ21、ヒータ29、第1熱交換器22を順に流れる。このため、スタック1が発電するときに発生した熱は、主冷却回路2の冷却水に回収される。更に、改質装置70で発生したアノードガスの熱はアノード凝縮器24を経て主冷却回路2の冷却水に回収される。なお、主冷却回路2の冷却水は電気伝導度が低い液体が採用されている。

【0035】

スタック1の燃料極であるアノードにアノードガス(例えば水素含有ガス等の燃料)を

10

20

30

40

50

供給するアノードガス供給系 7 について説明する。アノードガス供給系 7 は、改質部 7 0 a と改質部 7 0 a を改質反応に適するように加熱するバーナ 7 1 とをもつ改質装置 7 0 と、バーナ 7 1 に燃焼用空気を供給する空気ポンプ 7 2 (燃焼用空気搬送源) と、改質部 7 0 a およびバーナ 7 1 に燃料 (天然ガス等の炭化水素系ガス) を供給する燃料ポンプ 7 3 (燃料搬送源) と、改質装置 7 0 の蒸発部に改質水 (純水) を供給する水ポンプ 7 4 (改質水搬送源) と、改質装置 7 0 の出口 7 0 p とスタック 1 のアノード入口とをアノード凝縮器 2 4 およびアノード入口バルブ 7 5 を経て繋ぐアノードガス通路 7 6 (燃料通路) とを有する。

【 0 0 3 6 】

ここで、改質装置 7 0 で生成されたアノードガスは、アノードガス通路 7 6 を介してスタック 1 のアノード (燃料極) に供給される。改質装置 7 0 の出口側には C O 低減部 7 7 が設けられている。C O 低減部 7 7 は、改質装置 7 0 で生成されたアノードガスに含まれている C O の濃度を式 (1) のシフト反応により低減させるシフト反応を促進させる触媒を有する C O シフト部 7 8 と、C O シフト部 7 8 を経たアノードガスに含まれている C O を式 (2) により酸化させて C O の濃度をさらに低減させる酸化反応を促進させる触媒を有する C O 酸化部 7 9 とで形成されている。C O は、スタック 1 の触媒の性能に影響を与えるので、好ましくない。なお、C O シフト部 7 8 の温度を検知する温度センサ 7 8 t が設けられている。C O 酸化部 7 9 の温度を検知する温度センサ 7 9 t が設けられている。

式 (1) ... $\text{C O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{C O}_2$ (発熱反応)

式 (2) ... $\text{C O} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{C O}_2$ (発熱反応)

スタック 1 の酸化剤極であるカソードにカソードガス (例えば空気等の酸素含有ガス等の酸化剤ガス) を供給するカソードガス供給系 8 について説明する。カソードガス供給系 8 は、スタック 1 のカソードの入口に繋がるカソードガス通路 8 0 (酸化剤通路) と、カソードガス通路 8 0 に設けられたポンプ 8 1 (カソードガス搬送源) 、加湿器 8 2 とを有する。加湿器 8 2 は、加湿路 8 2 a と、吸湿路 8 2 b と、加湿路 8 2 a および吸湿路 8 2 b を仕切る水分保持部材 8 2 c とを有する。ポンプ 8 1 が作動すると、カソードガスは加湿器 8 2 の加湿路 8 2 a で加湿された後、スタック 1 のカソード (酸化剤極) に供給される。

【 0 0 3 7 】

図 1 に示すように、スタック 1 のカソードの入口側を開閉するためのカソード入口バルブ 8 5 (カソード用の入口開閉部) が、カソードガス通路 8 0 に設けられている。スタック 1 のカソードの出口側を開閉するためのカソード出口バルブ 8 7 (カソード用の出口開閉部) が、カソードオフガス通路 9 6 に設けられている。

【 0 0 3 8 】

アノードオフガス排出系 9 0 について説明する。オフガスとは、スタック 1 において発電反応に使われずに残留した余剰ガスという意味である。図 1 に示すように、アノードオフガス排出系 9 0 は、スタック 1 のアノードのアノード出口とバーナ 7 1 とを繋ぐアノードオフガス通路 9 1 と、アノードオフガス通路 9 1 に設けられたアノード出口バルブ 9 2 と、アノードオフガス通路 9 1 に設けられたアノードオフガス凝縮器 9 3 とを有する。ここで、スタック 1 のアノード出口から排出されたアノードオフガスは可燃成分を含むため、吸湿路 8 2 b およびアノードオフガス凝縮器 9 3 で水分を低下させた後、バーナ 7 1 に供給され、燃焼される。

【 0 0 3 9 】

カソードオフガス排出系 9 5 について説明する。図 1 に示すように、カソードガス排出系 9 5 は、スタック 1 のカソード出口から排出されたカソードオフガスを加湿器 8 2 の吸湿路 8 2 b を経て流すカソードオフガス通路 9 6 と、カソードオフガス通路 9 6 に設けられたカソードオフガス凝縮器 9 7 とを有する。ここで、スタック 1 のカソード出口から排出されたカソードオフガスは、加湿器 8 2 の吸湿路 8 2 b およびカソードオフガス凝縮器 9 7 で水分を更に低下させ、排気される。

【 0 0 4 0 】

図 1 に示すように、排熱回収系 120 は、第 2 ポンプ 122 (水搬送源)、アノードオフガス凝縮器 93、カソードオフガス凝縮器 97、燃焼排気熱交換器 125、第 2 熱交換器 127 を経て循環する循環回路 128 を有する。第 2 ポンプ 122 が作動すると、循環回路 128 を冷却水 (冷媒) が循環し、アノードオフガス凝縮器 93、カソードオフガス凝縮器 97、燃焼排気熱交換器 125 の熱が回収される。これにより循環回路 128 を流れる冷却水が加熱される。

【0041】

貯湯系 130 について説明する。図 1 に示すように、貯湯系 130 は、温水を貯留する貯湯槽 131 と、貯湯槽 131 の吐出口と貯湯槽 131 の吸入口とを繋ぐ貯湯回路 132 と、貯湯回路 132 に順に配置された第 3 ポンプ 133 (水搬送源)、第 2 熱交換器 127、第 1 熱交換器 22 とを有する。第 3 ポンプ 133 が作動すると、貯湯回路 132 を流れる水が第 2 熱交換器 127 および第 1 熱交換器 22 を経て加熱される。すなわち、排熱回収系 120 で回収された熱は、第 2 熱交換器 127 により貯湯回路 132 の温水として回収される。主冷却回路 2 で回収された熱は第 1 熱交換器 22 により貯湯回路 132 の温水として回収される。制御部 5 は、ポンプ 23、122、133、81、72、73、74、バルブ 75、92、85、87、102、ヒータ 29 をそれぞれ制御する制御信号を出力する。

【0042】

発電運転時には、スタック 1 のアノードおよびカソードが電気通路を介して電氣的に結線された状態で、水素を含むアノードガスがアノードに供給され、酸素を含むカソードガスがカソードに供給され、次のような発電反応が発生する。アノードの発電反応で発生した電子 (e^-) は、電力通路を介してカソードに流れ、カソード反応に寄与する。カソード反応では水が生成される。

アノードの発電反応 $\dots H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

カソードの発電反応 $\dots 2H^+ + 1/2O_2 + 2e^- \rightarrow H_2O$

(要部説明)

さて本実施形態の要部について説明する。まず、システムの運転の起動時について説明する。システムの運転の起動開始前においては、カソード入口バルブ 85 およびカソード出口バルブ 87 は閉鎖されており、スタック 1 のカソードは封止されている。同様にアノード入口バルブ 75 およびアノード出口バルブ 92 は閉鎖されており、スタック 1 のアノードは封止されている。

【0043】

システムの運転の起動時において、制御部 5 は、カソード入口バルブ 85 およびカソード出口バルブ 87 を閉鎖した状態で、空気ポンプ 72 を作動させて燃焼用空気をバーナ 71 に供給し、アノード入口バルブ 75 およびアノード出口バルブ 92 を開放させる。次に燃料ポンプ 73 を作動させてガス状の改質用燃料を改質装置 70 に、ガス状の燃焼用燃料 (改質用燃料とおなじもの) をバーナ 71 に供給する。これによりバーナ 71 に供給された燃料が燃焼し、改質装置 70 が改質反応に適するように高温に加熱される。その後、制御部 5 は、水ポンプ 74 を作動させて改質水を改質装置 70 に供給する。この結果、改質装置 70 において、炭化水素系の改質用燃料が水蒸気改質される。よって、水素を主要成分として含むアノードガスが改質装置 70 において生成される。ここで、アノード入口バルブ 75 およびアノード出口バルブ 92 は開放されている。このため、アノードガスはスタック 1 のアノードに積極的に供給される。このとき、カソード入口バルブ 85 およびカソード出口バルブ 87 は閉鎖され、カソードは封止されている。このため、起動時において、スタック 1 のカソードに存在する酸素のモル比は、化学量論的に、スタック 1 のアノードに連続的に供給される水素のモル比に比較して遙かに少ない。

【0044】

上記したように燃料電池システムの運転の起動時において、制御部 5 は、第 1 制御を実施し、アノードガスをスタック 1 のアノードに供給させる。しかしながらシステムの起動時には、アノードガスの組成は必ずしも安定しておらず、CO 濃度が高いことがあるので

、アノードガスをスタック１のアノードに供給させて発電反応を発生させることは、好ましくない。

【００４５】

そこで本実施形態によれば、システムの起動時の第１制御において、スタック１のアノードにアノードガスを積極的に供給させるものの、スタック１のカソードのカソード入口バルブ８５およびカソード出口バルブ８７を閉鎖し、カソードを封止させた状態とする。この結果、第１制御において、スタック１のアノードに連続的に供給される水素のモル数に比較して、スタック１のカソードの内部における酸素のモル数は、化学量論的に、大幅に低減または欠乏された状態とされる。この結果、第１制御において、スタック１における発電反応が抑制される。故に、スタック１の触媒がＣＯ被毒することが抑えられる。

10

【００４６】

なお、スタック１が発電していない限り、ＣＯを含むアノードガスがスタック１のアノードに供給されたとしても、スタック１の触媒のＣＯ被毒は抑制される。これに対して、スタック１が発電している場合には、ＣＯを含むアノードガスがスタック１のアノードに供給されるとき、スタック１の触媒のＣＯ被毒の影響は増大し易い。

【００４７】

上記した本実施形態によれば、システムの起動時にスタック１の入口からアノードに供給されたアノードガスは、スタック１における発電反応にほとんど寄与せずに、アノード出口バルブ９２を経てアノードオフガス通路９１にそのまま流出され、更に、アノードオフガス凝縮器９３で水分を低下させ、その後、改質装置７０のバーナ７１に供給され、バーナ７１で燃焼用空気により燃焼される。

20

【００４８】

なお、スタック１のアノードを迂回させるようにアノードガス通路７６とアノードオフガス通路９１とを連通させる迂回通路を形成させる方式も考えられる。この方式によれば、改質装置７０で生成されたアノードガスを迂回通路を通過させることによりスタック１のアノードを迂回させつつ、アノードオフガス通路９１に流出させ、アノードオフガス凝縮器９３で水分を低下させた後に、バーナ７１に供給し、バーナ７１で燃焼用空気により燃焼させる方式となる。しかしこの方式では、迂回通路が必要とされ、更に迂回通路を開閉させる迂回バルブが必要とされるおそれがあり、コストアップ、配管の複雑化が誘発される。この点本実施形態によれば、迂回通路、迂回通路を開閉させる迂回バルブを廃止することができる利点が得られる。

30

【００４９】

本実施形態によれば、システムの起動時において改質装置７０の温度が安定すると、改質装置７０で生成されるアノードガスの組成の安定性も向上し、アノードガスに含まれるＣＯ濃度が低下する。そこで制御部５は、第１制御から第２制御に移行し、カソード入口バルブ８５およびカソード出口バルブ８７を開放させるとともに、ポンプ８１を作動させてスタック１のカソードにカソードガスを供給させる。このとき、アノードガスはスタック１のアノードに供給されている。このように第２制御においては、制御部５は、スタック１に要請されている発電量に応じたカソードガスの流量をスタック１のカソードに供給する。これにより第２制御においてスタック１は良好に発電する。この場合、前述したようにアノードガスの組成の安定性が向上し、ＣＯ濃度が低下しているため、スタック１のアノードの触媒のＣＯ被毒が抑制される。

40

【００５０】

なお、本実施形態によれば、システムの起動時において、アノードガスを迂回させることなく、スタック１の入口からアノードに積極的に供給させることにしている。このため起動時間が長い場合には、スタック１の膜電極接合体におけるイオン伝導膜の水分が低減され、イオン伝導膜のプロトン伝導率が低下するおそれがあるときがある。しかし、改質装置４０における水蒸気改質で生成されたアノードガスは、水蒸気を含むため、特に問題がない。

【００５１】

50

(実施形態 2)

本実施形態は実施形態 1 と基本的には同様の構成、同様の作用効果を有するため、図 1 および 2 を準用する。システムの起動時において、CO 低減部 77 の温度は必ずしも充分ではなく、CO 低減部 77 の暖機に時間が必要である。CO 低減部 77 の暖機完了前では、改質装置 70 の温度の安定性も必ずしも充分ではなく、加えて、CO 低減部 77 の温度が低いため、CO 低減部 77 における CO 低減作用は充分ではないおそれがある。この場合、システムの起動時において、アノードガスに含まれる CO 濃度が高いおそれがある。

【0052】

これに対して、CO 低減部 77 の暖機が完了した後では、CO 低減部 77 の温度が高いため、CO 低減部 77 の触媒活性温度領域となっており、CO 低減部 77 における CO 低減作用が良好であり、CO 低減部 77 を通過したアノードガスに含まれる CO 濃度が低い。そこで、制御部 5 は、CO 低減部 77 の暖機完了前（アノードに供給されるアノードガスに含まれている CO 濃度が（所定値よりも）高いおそれがあるとき）において、カソードを酸素低減状態とした上記した第 1 制御を実行し、スタック 1 の発電反応を制限する。

【0053】

これに対して、CO 低減部 77 の暖機完了後（アノードに供給されるアノードガスに含まれている CO 濃度が低い（所定値以下）と考えられるとき）においては、制御部 5 は、カソードを開放状態とした第 2 制御を実施し、スタック 1 の発電反応を促進させる。

【0054】

更に説明を加える。すなわち、システムの運転の起動開始前において、第 1 制御では、カソード入口バルブ 85 およびカソード出口バルブ 87 は閉鎖され、カソードは封止されている。同様に、アノード入口バルブ 75 およびアノード出口バルブ 92 は閉鎖され、アノードは封止されている。

【0055】

システムの運転の起動時において、CO 低減部 77 の暖機完了前では、制御部 5 は、カソード入口バルブ 85 およびカソード出口バルブ 87 を閉鎖し、カソードを封止した状態で、制御部 5 は、前述したように、空気ポンプ 72 を作動させて燃焼用空気をバーナ 71 に供給し、アノード入口バルブ 75 およびアノード出口バルブ 92 を開放させ、燃料ポンプ 73 を作動させて改質用燃料を改質装置 70 に、燃焼用燃料をバーナ 71 に供給する。これによりバーナ 71 に供給された燃焼用燃料が燃焼するので、改質装置 70 が改質反応に適するように高温に加熱される。その後、制御部 5 は、水ポンプ 74 を作動させて改質水を改質装置 70 に供給する。この結果、改質装置 70 において、ガス状をなす炭化水素系の改質用燃料が水蒸気改質され、水素を主要成分として含むアノードガス（水素含有ガス）が生成される。ここで、アノード入口バルブ 75 およびアノード出口バルブ 92 は開放されている。このため、アノードガスはスタック 1 のアノードを迂回することなく、アノードに供給される。このとき、前述したように、カソード入口バルブ 85 およびカソード出口バルブ 87 は閉鎖されているためカソードガスの進入が抑えられ、結果として、スタック 1 のカソードにおける酸素濃度は、カソードガスが本来有する酸素濃度よりも低減された状態に維持されている。

【0056】

上記したように燃料電池システムの運転の起動時において、制御部 5 は、第 1 制御を実施し、スタック 1 のアノードにアノードガスを積極的に供給させる。システムの起動時には、アノードガスの組成は必ずしも安定していないので、CO 濃度が高くなるおそれがあり、スタック 1 のアノードに供給させて発電反応を積極的に発生させることは、好ましくない。

【0057】

そこで本実施形態によれば、システムの起動時に、スタック 1 のアノードにアノードガスが積極的に供給されるものの、スタック 1 のカソードのカソード入口バルブ 85 およびカソード出口バルブ 87 が閉鎖され、カソードが封止された状態とされている。すなわち、スタック 1 のカソードにおける酸素濃度は、カソードガス（空気）が本来有する酸素濃

10

20

30

40

50

度よりも低減されている。このためシステムの起動時には、アノードに供給されるアノードガスに含まれている水素のモル数に比較して、カソードの内部における酸素のモル数は、化学量論的に、大幅に低減または欠乏された状態とされている。この結果、システムの起動時において、スタック 1 における発電反応が大幅に制限される。従ってアノードの触媒の CO 被毒が抑制される。

【 0 0 5 8 】

このため、スタック 1 の入口からアノードに供給されたアノードガスは、発電反応を発生にあまり寄与せず（すなわち、水素濃度をあまり減少させることなく）、アノード出口バルブ 9 2 を経てアノードオフガス通路 9 1 にそのまま流出され、そして、アノードオフガス凝縮器 9 3 で余剰の水分を低下させた後に、バーナ 7 1 に供給され、バーナ 7 1 で燃焼用空気により燃焼される。

10

【 0 0 5 9 】

上記した本実施形態によれば、システムの起動時に時間が経過すると、改質装置 7 0 の昇温温度が安定する他に、CO 低減部 7 7 の昇温温度も安定し、CO 低減部 7 7 の暖機も完了する。すなわち、CO 低減部 7 7 の暖機完了後では、改質装置 7 0 および CO 低減部 7 7 の温度が上昇し、改質装置 7 0 の触媒および CO 低減部 7 7 の触媒が活性し、改質装置 7 0 および CO 低減部 7 7 における CO 低減作用が良好となり、アノードガスに含まれる CO 濃度が大幅に低下する。

【 0 0 6 0 】

そこで制御部 5 は、上記した第 1 制御から第 2 制御に移行する。第 2 制御では、アノード入口バルブ 7 5 およびアノード出口バルブ 9 2 の開放が維持されつつ、カソード入口バルブ 8 5 およびカソード出口バルブ 8 7 が開放される。更に、ポンプ 8 1 が作動しスタック 1 のカソードにカソードガス（空気）が供給される。これにより制御部 5 は、スタック 1 に要請される発電量に応じて、カソードガスをスタック 1 のカソードに供給し、スタック 1 で発電する。

20

【 0 0 6 1 】

このような本実施形態によれば、前記した実施形態と同様に、システムの起動時においてアノードガスがスタック 1 を迂回させる必要がない。よって迂回通路、迂回通路を開閉させる迂回バルブを廃止させることができる利点が得られる。

【 0 0 6 2 】

図 3 は、システムの起動時において制御部 5 が実施する制御のフローチャートの一例を示す。フローチャートはこれに限定されるものではない。まず、燃料電池システムの運転の起動時について説明する。前述したようにシステムの運転の起動を開始させる前の状態において、カソード入口バルブ 8 5 およびカソード出口バルブ 8 7 は閉鎖され、カソードは封止されている。この場合、カソードは酸素欠乏状態であることが好ましい。アノード入口バルブ 7 5 およびアノード出口バルブ 9 2 は閉鎖され、アノードは封止されている。

30

【 0 0 6 3 】

先ず、システムの起動運転が指令されていれば、制御部 5 は、第 1 制御として、空気ポンプ 7 2 を作動させて燃焼用空気をバーナ 7 1 に供給し、更に、着火用のグロー放電器に通電させ（ステップ S 1 0 2 ）、その後、制御部 5 はアノード入口バルブ 7 5 およびアノード出口バルブ 9 2 を開放させる（ステップ S 1 0 4 , S 1 0 6 ）。更に、燃料ポンプ 7 3 を作動させ、ガス状をなす改質用燃料を改質装置 7 0 に供給し、且つ、ガス状をなす燃焼用燃料をバーナ 7 1 に供給する（ステップ S 1 0 8 ）。これによりバーナ 7 1 が着火され、バーナ 7 1 に供給された燃料が燃焼するので、改質装置 7 0 が改質反応に適するように高温に加熱される。

40

【 0 0 6 4 】

更に、制御部 5 は、改質装置 7 0 が蒸気発生準備完了か否かを判定する（ステップ S 1 1 0 ）。改質装置 7 0 が昇温しており、蒸気発生準備完了であれば（ステップ S 1 1 0 の YES ）、制御部 5 は、水ポンプ 7 4 を作動させて改質水を改質装置 7 0 に供給する（ステップ S 1 1 2 ）。この結果、改質装置 7 0 において、炭化水素系の改質用燃料が水蒸気改

50

質され、水素を主要成分として含むアノードガスが生成される。このとき、カソードは封止されているものの、アノード入口バルブ 75 およびアノード出口バルブ 92 は既に開放されているため、アノードガスはスタック 1 のアノードに供給される（第 1 制御）。

【0065】

制御部 5 は、CO 低減部 77 の暖機が完了したか否かを、すなわち、CO 低減部 77 が所定温度以上か否かを温度センサ 78 t, 79 t により判定する（ステップ S114）。温度センサ 78 t, 79 t の少なくとも一方の温度が所定温度以上であれば暖機完了であり、所定温度未満であれば暖機完了前である。CO 低減部 77 の昇温が充分ではなく、CO 低減部 77 の暖機が完了していなければ（ステップ S114 の NO）、制御部 5 は、アノードガスをスタック 1 のアノードに供給させつつ、CO 低減部 77 の暖機完了するまで第 1 制御を実施しつつ待機する。

10

【0066】

上記した第 1 制御においては、アノード入口バルブ 75 およびアノード出口バルブ 92 が開放されているため、改質装置 70 で生成されたアノードガスはスタック 1 のアノードに供給される。しかしながらカソード入口バルブ 85 およびカソード出口バルブ 87 は閉鎖されているため、前述したように発電反応は制限される。故に、アノードガスはあまり発電反応に寄与せず、アノードオフガス通路 91 からバーナ 71 に供給され、バーナ 71 で燃焼される。

【0067】

ステップ S114 における判定の結果、CO 低減部 77 の暖機が完了していれば（ステップ S114 の完了）、CO 低減部 77 を通過したアノードガスに含まれている CO 濃度は良好に低下する（例えば 10 ppm 以下）。そこで制御部 5 は、第 1 制御から第 2 制御に移行すべく、カソード入口バルブ 85 を開放させ（ステップ S116）、カソード出口バルブ 87 を開放させる（ステップ S118）。次にポンプ 81 を作動させて（ステップ S120）、カソードガスをスタック 1 のカソードに供給させる。上記したステップ S102～ステップ S122 までの間において、スタック 1 のアノードおよびカソードは電力負荷 57 に電氣的に接続されていない開回路状態である。

20

【0068】

なお、制御部 5 は OCV の値を判定し、OCV の値が過剰に低ければシステムが異常であるため、システムを停止する（ステップ S126）。OCV の値が所定値よりも高ければ、制御部 5 は、スタック 1 と電力負荷 57 とを電氣的に接続し、すなわち、スタック 1 のアノードおよびカソードを電力負荷 57 を介して電氣的に接続し、システムの発電運転を開始させ（ステップ S124）、メインルーチンにリターンする。

30

【0069】

（実施形態 3）

本実施形態は実施形態 1, 2 と基本的には同様の構成、同様の作用効果を有するため、図 1 および図 2 を準用する。本実施形態によれば、システムの運転の停止時において、制御部 5 は、スタック 1 と電力負荷 54 とを電氣的に遮断させスタック 1 を開回路とした状態で、アノード入口バルブ 75 およびアノード出口バルブ 92 を開放させスタック 1 のアノードにアノードガスを供給させつつ、カソード入口バルブ 85 およびカソード出口バルブ 87 を閉鎖してカソードのカソードガス（空気）を封止させる。

40

【0070】

このとき、スタック 1 の OCV が次第に高くなる可能性がある。この状態において、OCV の値が所定電圧値よりも過剰に高くなると、制御部 5 は、放電用のスイッチング素子 53 をオンし、スタック 1 と放電負荷 54 とを電氣的に繋ぐ。これにより、スタック 1 で発生する電力を放電負荷 54（電力消費部）で積極的に放電させて消費させる。これによりスタック 1 の OCV の値の過剰な上昇が抑制される。更に放電時にはスタック 1 の発電反応が進行するため、カソードの内部の酸素は電力消費前よりも低減されて消耗される。

【0071】

換言すると、放電負荷 54 で放電させているときには、制御部 5 は、アノード入口バル

50

ブ 7 5 およびアノード出口バルブ 9 2 を開放させて、スタックのアノードにアノードガスを積極的に供給させている。このため、カソードの内部の酸素濃度は、アノードの内部の水素濃度よりも低減されて消耗される。このためシステムの停止時において、スタック 1 のカソードでは、酸素欠乏状態（酸素低減状態）、つまり、窒素ガスの富化状態が良好に形成される。

【 0 0 7 2 】

上記したようにシステムの停止時において、スタック 1 のカソードで酸素欠乏状態（酸素低減状態、窒素富化状態）が形成されたら、制御部 5 は、スイッチング素子 5 3 をオフとし、放電負荷 5 4 による放電を停止させると共に、アノード入口バルブ 7 5 およびアノード出口バルブ 9 2 を閉鎖させてアノードにアノードガス（水素含有ガス）を封止させる。このとき、カソード入口バルブ 8 5 およびカソード出口バルブ 8 7 の閉鎖状態は、システムの次の起動まで維持される。このため、カソードにおける酸素欠乏状態（窒素富化状態）は、システムの次の起動まで良好に維持される。

【 0 0 7 3 】

更に、上記した本実施形態によれば、システムを起動させるときには、制御部 5 は、前記した実施形態 1 , 2 と同様に実施できる。すなわち、本実施形態によれば、システムの前回の停止時においてカソードの酸素欠乏状態（窒素富化状態）が形成され、システムの次の起動まで維持される。この結果、システムを次に起動させるとき、制御部 5 は、改質装置 7 0 が作動している状態において、アノード入口バルブ 7 5 およびアノード出口バルブ 9 2 を開放させてスタック 1 のアノードにアノードガスを積極的に供給させる。このとき、制御部 5 は、スタック 1 のカソードのカソード入口バルブ 8 5 およびカソード出口バルブ 8 7 を閉鎖させた状態とし、カソードにおける酸素欠乏状態（窒素富化状態）を維持させる。このため、システムの起動時において、スタック 1 のアノードに供給されるアノードガスに含まれている水素のモル数に比較して、スタック 1 のカソードの内部における酸素のモル数は、大幅に欠乏された状態とされ、スタック 1 における発電反応が制限される。

【 0 0 7 4 】

この結果、システムの起動時には、CO を含むおそれがあるアノードガスがスタック 1 のアノードに積極的に供給されたとしても、スタック 1 における発電反応がほとんど発生せず、アノードの触媒の CO 被毒が抑制される。すなわち、アノードガスは、発電反応をほとんど発生させることなく、アノード出口バルブ 9 2 を経てアノードオフガス通路 9 1 にそのまま流出され、吸湿路 8 2 b およびアノードオフガス凝縮器 9 3 で水分を低下させた後、バーナ 7 1 に供給され、バーナ 7 1 で燃焼用空気により燃焼される。

【 0 0 7 5 】

以上説明したように本実施形態においても、上記したようにシステムの起動時には、制御部 5 は実施形態 1 , 2 と同様な制御を実施する。すなわち、スタック 1 の入口からアノードに供給された CO を含むおそれがあるアノードガスは、発電反応にほとんど寄与せず、アノードの触媒の CO 被毒が抑制される。更にアノードガスは、アノード出口バルブ 9 2 を経てアノードオフガス通路 9 1 に流出され、アノードオフガス凝縮器 9 3 で水分を低下させた後、バーナ 7 1 に供給され、バーナ 7 1 で燃焼用空気により燃焼される。

【 0 0 7 6 】

本実施形態においても、前記した実施形態 1 , 2 と同様に、迂回通路および迂回バルブを廃止できる利点を得られる。

【 0 0 7 7 】

図 4 は、システムの停止時において、制御部 5 が実施する制御のフローチャートの一例を示す。フローチャートはこれに限定されるものではない。すなわち、システムの運転の停止させるとき、制御部 5 は、スタック 1 を通常運転状態から最低負荷状態（最低発電量）に移行させる（ステップ S 2 0 2 ）。すなわち、制御部 5 は、燃料ポンプ 7 3 , 水ポンプ 7 4 , ポンプ 8 1 の単位時間あたりの回転数（駆動量）を低減させ、アノードガスおよびカソードガスの単位時間あたりの流量を少なく抑える。更に、発電停止指令を出力し、

電力負荷 57 とスタック 1 との電氣的接続を遮断させる（ステップ S 204）。この場合、OCV が過剰に高くなるおそれがある。

【0078】

更に、制御部 5 は、改質装置 70 に供給する改質用燃料および改質水を最低限とし、改質装置 70 を改質運転から最低負荷運転へ移行させる（ステップ S 206）。最低負荷運転ではアノードガスは流量が低下するものの、まだ生成される。）

次に、制御部 5 は、カソード出口バルブ 87 を閉鎖させ（ステップ S 208）、所定時間待機し（ステップ S 210）、その後、カソード入口バルブ 85 を閉鎖させる（ステップ S 212）、カソードを封止させる。その後、制御部 5 はポンプ 81 の作動を停止させ、カソードガスの供給を停止させる（ステップ S 214）。このような順番でバルブが閉鎖されれば、カソードにカソードガスができるだけ封入され、カソードに封入されているカソードガスの圧力はできるだけ高めにされ、ひいてはカソードの過剰な負圧化が抑制または防止される。よってスタック 1 の耐負圧性設計が容易となる利点が挙げられる。

【0079】

アノード入口バルブ 75 およびアノード出口バルブ 92 は開放され、改質装置 70 は暖機運転しているため、改質装置 70 で生成されたアノードガスがスタック 1 のアノードに供給されている。ここでスタック 1 のカソードにカソードガス（空気）が残留しており、且つ、電力負荷 57 とスタック 1 との電氣的接続が遮断されているため、スタック 1 の OCV が過剰に上昇するおそれがある。そこで OCV の値 V_c が第 1 所定値 V_x （例えば 0.3 ボルト）未満か否かが判定する（ステップ S 216）。第 1 所定値 V_x は、システムの種類、スタック 1 の触媒の材質等に応じて適宜設定できる。OCV の値 V_c が第 1 所定値 V_x （例えば 0.3 ボルト）を高圧側に超えていれば（ステップ S 216 の NO）、制御部 5 はスイッチング素子 53 をオンしてスタック 1 と放電負荷 54 とを電氣的に接続させ、スタック 1 の電力を放電負荷 54 で放電させて消費させる（ステップ S 218）。これにより OCV の過剰な上昇が抑制され、スタック 1 の触媒の電気化学的な劣化が抑えられる。

【0080】

上記したように放電が実施されるとき、スタック 1 のアノードおよびカソードにおける発電反応は進行するため、封止状態のカソードの内部の酸素濃度は電力消費前よりも低減され、カソードは酸素欠乏状態（窒素富化状態）に良好に設定される。

【0081】

ステップ S 216 における判定の結果、OCV の値 V_c が第 1 所定値 V_x （例えば 0.3 ボルト）未満であれば（ステップ S 216 の YES）、制御部 5 は、改質装置 70 の最低負荷運転を停止させ、水ポンプ 74 および燃料ポンプ 73 の作動を停止させる。これにより改質用燃料および改質水が改質装置 70 に供給されることは、停止される。なお、改質装置 70 の運転が停止されても、空気ポンプ 72 は作動しており、燃焼用空気が冷却空気として改質装置 70 に供給され、改質装置 70 の冷却が促進される。

【0082】

更に、制御部 5 は、アノード入口バルブ 75 およびアノード出口バルブ 92 を閉鎖（ステップ S 222, S 224）する。よってアノードガスがスタック 1 のアノードに供給されることは、停止される。ここで、停止している改質装置 70 の温度が所定温度よりも低下していれば（ステップ S 228 の YES）、改質装置 70 の冷却を終了させるべく、空気ポンプ 72 の作動を停止し、燃焼用空気を冷却空気として改質装置 70 に供給することを停止し（ステップ S 230）、改質装置 70 の温度の冷却処理を終了させ、システムを停止させるべく、システムの補機の作動を停止させる（ステップ S 232）。

【0083】

さて本実施形態によれば、システムの停止時において、OCV の値 V_c が第 1 所定値 V_x （例えば 0.3 ボルト）を超えているとき、その信号が制御部 5 に入力され、制御部 5 は割り込み処理を実施する（図 5）。従って図 5 に示すように、OCV の値 V_c が第 1 所定値 V_x （例えば 0.3 ボルト）を超えているとき、制御部 5 は、スイッチング素子 53

をオンしてスタック 1 と放電負荷 5 4 とを電氣的に接続し、スタック 1 の電力を放電負荷 5 4 で放電させる（ステップ S 3 0 2）。放電時に、スタック 1 のアノードおよびカソードにおける発電反応は進行するため、カソードの内部の酸素濃度は電力消費前よりも低減される。よって、カソードは酸素欠乏状態（窒素富化状態）に設定される。

【 0 0 8 4 】

制御部 5 は、OCV の値 V_c が第 1 所定値 V_x （例えば 0.3 ボルト）未満であるか否か判定し（ステップ S 3 0 4）、OCV の値 V_c が第 1 所定値 V_x （例えば 0.3 ボルト）未満であれば、スタック 1 と放電負荷 5 4 とを電氣的に遮断させ、放電を中止する（ステップ S 3 0 6）。しかし時間経過につれて OCV が回復するおそれがある。このため、制御部 5 は所定時間待機し（ステップ S 3 0 8）、OCV の値 V_c と第 2 所定値 V_y （例えば 0.5 ボルト）とを比較し（ステップ S 3 1 0）、値 V_c が第 2 所定値 V_y 以上であれば（ステップ S 3 1 0 の NO）、制御部 5 はスイッチング素子 5 3 を再びオンし、スタック 1 と放電負荷 5 4 とを電氣的に接続し、スタック 1 の電力を放電負荷 5 4 で再び放電させて消費させる（ステップ S 3 0 2）。ステップ S 3 1 0 における判定の結果、OCV の値 V_c が第 2 所定値 V_y （例えば 0.5 ボルト）未満であれば（ステップ S 3 1 0 の YES）、OCV は低いため、制御部 5 は、メインルーチンにリターンする。なお、第 1 所定値 V_x 、第 2 所定値 V_y および所定時間は燃料電池システムに応じて適宜設定できる。

【 0 0 8 5 】

このように本実施形態によれば、システムの停止時に、スタック 1 と電力負荷 5 7 とが遮断された状態において OCV の値 V_c が過剰に上昇すると、スタック 1 と放電負荷 5 4 とが電氣的に接続され、放電負荷 5 4 で放電が行われる。この結果、スタック 1 の発電反応が進行し、カソードの内部の酸素濃度は電力消費前よりも低減され、カソードは酸素欠乏状態（窒素富化状態）となる。このためシステムの停止時には、カソードは酸素欠乏状態（窒素富化状態）に設定される。

【 0 0 8 6 】

上記したようにカソード入口バルブ 8 5 およびカソード出口バルブ 8 7 の双方の閉鎖状態は、システムの次の起動まで維持される。このため、スタック 1 のカソードにおける酸素欠乏状態（窒素富化状態）は、システムの次の起動まで良好に維持される。

【 0 0 8 7 】

以上説明したように本実施形態によれば、システムを起動させるときには、制御部 5 は、前記した実施形態 1, 2 と同様に実施できる。すなわち、本実施形態によれば、システムの停止時において、制御部 5 は、スタック 1 のカソードにおける酸素欠乏状態（窒素富化状態）を積極的に形成する。制御部 5 は、カソード入口バルブ 8 5 およびカソード出口バルブ 8 7 の閉鎖状態を維持することにより、スタック 1 のカソードにおける酸素欠乏状態（窒素富化状態）を、システムの次の起動まで良好に維持する。この結果、システムを次に起動させるとき、制御部 5 は、アノード入口バルブ 7 5 およびアノード出口バルブ 9 2 を開放させ、CO を含むおそれがあるアノードガスをスタック 1 のアノードに供給させるものの、スタック 1 のカソードは酸素欠乏状態（窒素富化状態）にシステムの次の起動時まで維持されている。この結果、システムの起動時において、アノードガスをスタック 1 のアノードに積極的に供給したとしても、スタック 1 における発電反応が抑制され、スタック 1 のアノードの CO 被毒が抑制される。

【 0 0 8 8 】

本実施形態においても、上記したようにシステムの起動時には、制御部 5 は実施形態 1, 2 と同様な制御を実施する。すなわち、スタック 1 の入口からアノードに供給されたアノードガスは、スタック 1 における発電反応を発生させることなく、アノード出口バルブ 9 2 を経てアノードオフガス通路 9 1 に流出され、アノードオフガス凝縮器 9 3 で水分を低下させた後に、バーナ 7 1 に供給され、バーナ 7 1 で燃焼用空気により燃焼される。このようにシステムの起動時においてスタック 1 のアノードガスに供給されたアノードガスは、スタック 1 における発電反応を発生させることが抑えられるため、アノードにおける触媒の CO 被毒が抑制される。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 9 】

(実 施 形 態 4)

本実施形態は実施形態 1 , 2 , 3 と基本的には同様の構成、同様の作用効果を有するため、図 1 および図 2 を準用する。システムの運転の停止時において、制御部 5 は、カソード出口バルブ 8 7 を閉鎖し且つカソード入口バルブ 8 5 を開放した状態で、ポンプ 8 1 を作動させ、カソードガスをスタック 1 のカソードに供給する。その後、制御部 5 は、カソード出口バルブ 8 7 を閉鎖した状態で、カソード入口バルブ 8 5 を閉鎖させる。この結果、スタック 1 のカソードの内部は、カソードガス（空気）で満たされる。カソードの圧力は、大気圧を超える高圧としても良いし、大気圧程度でもよい。

【 0 0 9 0 】

この場合、スタックのカソードにカソードガスが存在し、且つ、アノードにアノードガスが供給されている。このためスタック 1 のアノードとカソードとが電氣的に遮断されている場合には、スタック 1 の O C V が過剰に高くなるおそれがある。

【 0 0 9 1 】

そこで制御部 5 は、スタック 1 の O C V が過剰に高くなると、前述したように、放電用のスイッチング素子 5 3 をオンし、スタック 1 と放電負荷 5 4 とを電氣的に繋ぐ。この結果、スタックにおいて発生する電力を放電負荷 5 4 で積極的に放電させて消費させる。放電時により O C V の過剰な上昇が抑制される。更に放電時にスタック 1 の発電反応が進行するため、カソードの内部の酸素は消耗され、カソードにおける酸素濃度は電力消費前よりも大幅に低減される。このように放電によりカソードの内部に残留する酸素は消費されるため、カソードにおいては、不活性の窒素ガスの濃度が高くなる。すなわち、スタック 1 のカソードの内部はほとんど窒素ガスとなる。本実施形態によれば、スタック 1 の O C V が過剰に高くなるたびに、放電用のスイッチング素子 5 3 がオンされ、放電負荷 5 4 が放電する。この結果、カソードの内部の酸素は消費され欠乏状態とされる。

【 0 0 9 2 】

放電が所定回数実施されると、酸素が消費されるぶん、カソードの圧力は低下する。そこで、制御部 5 は、カソード出口バルブ 8 7 を閉鎖した状態でカソード入口バルブ 8 5 を開放し、ポンプ 8 1 を作動させ、カソードガス（空気）をスタック 1 のカソードに補充しても良い。この場合、ポンプ 8 1 の単位時間あたりの回転数（駆動量）を、システムの定常運転（定格運転）よりも高めることができるが、定常運転と同一でも良い。

【 0 0 9 3 】

上記したように放電による酸素の消費と、カソードへのカソードガスの補充とを交互に所定回（複数回）ずつ実施することもできる。これによりカソードの内部を大気圧を超える高圧にすることができる。但し、カソードの内部は大気圧以下でも良い。

【 0 0 9 4 】

この状態で、システムの次の起動時まで、カソード入口バルブ 8 5 およびカソード出口バルブ 8 7 は閉鎖されている。このためカソードにおける酸素欠乏状態（窒素富化状態）は、システムの次の起動時まで良好に維持される。

【 0 0 9 5 】

上記したように本実施形態によれば、スタック 1 のカソードの内部の酸素濃度を欠乏させる制御を実施した後、カソードに封入されているガスは、実質的に窒素ガスとなる。よって、スタック 1 のカソードの内部は、窒素ガスが封入されている状態に相当する。この場合、外気がカソードに進入することを抑えることを考慮すると、カソードの圧力は、大気圧よりも高いことが好ましい。ポンプやバルブなどを考慮すると、カソードの圧力は例えば 3 気圧未満にできる。

【 0 0 9 6 】

このようにカソードの内部は窒素富化状態とされているため。システムの停止から次の起動までの期間が長くなったとしても、酸素を含む外気がスタック 1 のカソードに進入することが効果的に抑制される。カソードの圧力が大気圧よりも高ければ、外気の進入が一層抑制される。よって、カソードにおける酸素欠乏状態（窒素富化状態）がシステムの次

10

20

30

40

50

の起動時まで良好に維持される。

【 0 0 9 7 】

上記したようにシステムの停止が完了しているときには、カソードの圧力を大気圧（１気圧）以上とすることができ、酸素を含む大気のカソードに進入することが抑えられる。よって、カソード出口バルブ８７およびカソード入口バルブ８５については、過剰なシール性が要請されず、安価なバルブを使用できる利点が挙げられる。勿論、高いシール性をもつ高価なバルブを使用しても良い。

【 0 0 9 8 】

（実施形態５）

図６は、本実施形態は実施形態１～４と基本的には同様の構成、同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。すなわち、図６に示すように、カソード出口バルブ８７Ｂは、スタック１のカソードの出口側に設けられた逆止弁であり、加湿器８２の吸湿路８２ｂの上流に配置されている。逆止弁はコストの面で好ましい。カソード出口バルブ８７Ｂは、スタック１のカソードから排出されるカソードオフガスをカソードから排出される方向（矢印Ｗ１方向）に流出させるものの、その逆の方向（矢印Ｗ２方向）の流れを阻止する。カソード出口バルブ８７Ｂは、カソードオフガス通路９６に連通する弁口８７０と、弁口８７０を閉鎖するための弁体８７２と、弁口８７０を弁体８７２で閉鎖する方向に付勢する付勢バネ８７４とを有する。付勢バネ８７４は、スタック１のカソードの内部を大気圧を超える圧力に維持することができるバネ力を有する。このためカソードガスの供給圧を高めれば、スタック１のカソードの内部を大気圧を超える圧力に維持できる。従って、システムの停止時から次の起動時までの間において、酸素を含む外気がカソード出口バルブ８７Ｂからスタック１のカソードに進入することが抑えられる。この結果、カソード出口バルブ８７Ｂが閉鎖されていれば、システムの停止時からシステムの次の起動時までの間において、スタック１のカソードの内部は、酸素欠乏状態（酸素低減状態）に良好に維持される。本実施形態においても、前記した実施形態と同様に、迂回通路、迂回通路を開閉させる迂回バルブを廃止することができる利点が得られる。

【 0 0 9 9 】

（実施形態６）

図７は実施形態６を示す。本実施形態は実施形態１～５と基本的には同様の構成、同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。カソード出口バルブ８７Ｂは、スタック１のカソードの出口側に設けられた逆止弁である。カソード出口バルブ８７Ｂの付勢バネ８７４は、スタック１のカソードの内部を大気圧を超える圧力に維持することができるバネ力を有する。カソード出口バルブ８７Ｂは加湿器８２の吸湿路８２ｂの下流に配置されている。スタック１から排出されたカソードオフガスは多量の水蒸気を含む。カソードオフガスの水蒸気は吸湿路８２ｂで低減される。このため、カソード出口バルブ８７Ｂを通過するカソードオフガスの水蒸気量が低減される。よってカソード出口バルブ８７Ｂのバルブ径が小さくでき、バルブ８７Ｂが小型化される利点が得られる。

【 0 1 0 0 】

（実施形態７）

図８は実施形態７を示す。本実施形態は実施形態１～６と基本的には同様の構成、同様の作用効果を有する。以下、相違する部分を中心として説明する。図８に示すように、カソード出口バルブ８７Ｂは、スタック１のカソードの出口側において、加湿器８２の吸湿路８２ｂの下流に配置されている。カソードガスをスタック１のカソードに供給するためのポンプ８１（カソードガス搬送源）がスタック１のカソードの入口側に設けられている。カソード入口バルブ８５Ｄはポンプ８１に組み込まれている。この結果、システムの停止から次に起動するまでの間において、カソード入口バルブ８５Ｄが閉鎖されていれば、酸素を含む外気がスタック１の入口からカソードに進入することが抑えられる。この結果、システムの停止時から次の起動時までの間において、スタック１のカソードの内部は、酸素欠乏状態（窒素富化状態）に良好に維持される。窒素富化状態とは、空気の窒素濃度よりも高い窒素濃度の状態をいう。本実施形態においても、前記した実施形態と同様に、

迂回通路、迂回通路を開閉させる迂回バルブを廃止することができる利点を得られる。

【 0 1 0 1 】

(実施形態 8)

図 9 は実施形態 8 を示す。本実施形態は実施形態 1 ~ 8 と基本的には同様の構成、同様の作用効果を有する。改質装置 7 0 の出口側には C O 低減部 7 7 B が設けられている。C O 低減部 7 7 B は、C O シフト部 7 8 とメタネーション反応部 7 9 B とで形成されている。C O シフト部 7 8 は、前述同様に、改質装置 7 0 で生成されたアノードガスに含まれている C O の濃度を式 (1) のシフト反応により低減させる。メタネーション反応部 7 9 B は、C O シフト部 7 8 を経たアノードガスに含まれている C O を H_2 とのメタネーション反応によりメタン化させることにより、C O の濃度をさらに低減させる。C O は、スタック 1 の触媒の性能に影響を与えるので、好ましくない。

メタネーション反応 ... $C O + 3 H_2 \rightarrow C H_4 + H_2 O$ (発熱反応)

本実施形態においても、前記した実施形態と同様に、迂回通路、迂回通路を開閉させる迂回バルブを廃止することができる利点を得られる。

【 0 1 0 2 】

(実施形態 9)

図 1 0 は実施形態 9 を示す。本実施形態は実施形態 1 と基本的には同様の構成、同様の作用効果を有する。改質装置 7 0 の出口側には C O 低減部 7 7 C が設けられている。C O 低減部 7 7 C は、改質装置 7 0 で生成されたアノードガスに含まれている C O の濃度をメタネーション反応により低減させる第 1 メタネーション反応部 7 8 C と、第 1 メタネーション反応部 7 8 C を経たアノードガスに含まれている C O を H_2 とのメタネーション反応によりメタン化させて C O の濃度をさらに低減させる第 2 メタネーション反応部 7 9 C とで形成されている。本実施形態によれば、前記した実施形態と同様に、迂回通路、迂回通路を開閉させる迂回バルブを廃止することができる利点を得られる。

【 0 1 0 3 】

(実施形態 1 0)

本実施形態は実施形態 1 と基本的には同様の構成、同様の作用効果を有するため、図 1 および図 2 を準用する。システムの起動時において、アノードガスを迂回させることなく、スタック 1 の入口からアノードに積極的に供給させることにしている。このため起動時間が長くなる場合には、スタック 1 の膜電極接合体におけるイオン伝導膜の水分が低減され、イオン伝導膜のプロトン伝導率が低下するおそれがあるときがある。このとき、改質装置 4 0 における水蒸気改質で生成されたアノードガスは、水蒸気を含むため、特に問題がない。

【 0 1 0 4 】

但し発電を制限させつつアノードガスをアノードに長い時間供給していると、条件によっては、スタック 1 のイオン伝導膜が乾燥方向に移行するおそれがある。この場合、システムの起動時において、スタック 1 のイオン伝導膜の過剰乾燥を抑えるべく、次の方策を採用できる。

【 0 1 0 5 】

(i) システムの起動時において、制御部 5 は、主冷却回路 2 を流れる冷却液をヒータ 2 9 で予熱させるとき、アノードガスを迂回路に流す場合に比較して、ヒータ 2 9 の発熱量を抑えるように制御し、スタック 1 の温度を $\Delta T 1$ 低下させ、スタック 1 の内部の乾燥を抑える。

【 0 1 0 6 】

(i i) システムの起動時において、改質装置 4 0 で生成されるアノードガスの温度を、アノードガスを迂回路に流す場合に比較して $\Delta T 2$ 上昇させるように改質装置 4 0 を制御する。これによりアノードガスに保持できる水蒸気量が増加できる。

【 0 1 0 7 】

(i i i) システムの起動時において、改質装置 4 0 で生成されるアノードガスにおける S / C 比 (steam / carbon) について、アノードガスを迂回路に流す場合よりも、あるい

10

20

30

40

50

は、スタック 1 の定常運転（定格運転）時よりも高めるように改質装置 40 を制御する。アノードガスの水蒸気量が増加するため、イオン伝導膜の水分低減が一層抑えられる。この場合であっても、アノードガスの水分を低下させるアノードオフガス凝縮器 93 が設けられているため、バーナ 71 における燃焼性が良好に維持される。

【0108】

（その他）

システム 100 は、図 1 に示すシステムの配置および構造に限定されるものではなく、配置および構造は、必要に応じて適宜変更できるものである。必ずしも加湿器が搭載されていなくても良い。上記した実施形態によれば、OCV の値が所定電圧値よりも過剰に高くなると、制御部 5 は、スタック 1 と放電負荷 54 とを電氣的に繋ぎ、スタック 1 で発生する電力を放電負荷 54（電力消費部）で積極的に放電させて消費させるが、これに限らず、キャパシタおよび / または蓄電池に蓄電させても良い。

10

【0109】

図 1 に示す凝縮器 93, 97, 24 等は必要に応じて設ければ良い。ポンプ 81、空気ポンプ 72 は、ファン、ブロア、コンプレッサとしても良い。燃料ポンプ 73 は、ファン、ブロア、コンプレッサとしても良い。水ポンプ 74 は、ファン、ブロア、コンプレッサとしても良い。改質装置に供給される改質用燃料は、都市ガスやバイオガス等のガスに限定されず、灯油、メタノール、ジメチルエーテル、ガソリン等の液体燃料でも良い。バーナに供給される燃焼燃料は、ガスに限定されず、灯油、メタノール、ジメチルエーテル、ガソリン等の液体燃料でも、固形燃料でも良い。

20

【0110】

本発明は上記し且つ図面に示した実施形態のみに限定されるものではなく、要旨を逸脱しない範囲内で適宜変更して実施可能である。ある実施形態に特有の構造および機能は他の実施形態についても適用できる。本明細書の記載から次の技術的思想が把握される。

【0111】

〔付記項 1〕アノードおよびカソードをもつ燃料電池と、アノードガスを前記燃料電池の前記アノードに供給するためのアノードガス通路と、酸素を含むカソードガスを前記燃料電池の前記カソードに供給するためのカソードガス通路と、前記燃料電池の前記カソードの入口側を開閉するための入口開閉部と、前記燃料電池の前記カソードの出口側を開閉するための出口開閉部と、前記入口開閉部および前記出口開閉部を制御するための制御部とを具備する燃料電池システム。

30

【0112】

〔付記項 2〕付記項 1 において、前記改質装置で生成されたアノードガスに含まれる CO 濃度を低減させる CO 低減部が、前記燃料電池のアノードの上流に設けられている燃料電池システム。

【0113】

〔付記項 3〕付記項 1 または 2 において、前記燃料電池システムの運転の起動時において、前記制御部は、前記入口開閉部および前記出口開閉部を閉鎖した状態に維持しつつ、前記燃料電池の前記アノードに前記アノードガスを供給させる第 1 制御と、その後、前記燃料電池の前記アノードに前記アノードガスを供給しつつ、前記燃料電池の発電量に応じて前記カソードガスを前記燃料電池の前記カソードに供給する第 2 制御を実施する燃料電池システム。第 1 制御では、燃料電池のカソードにおける酸素濃度は、カソードガスが本来有する酸素濃度よりも低減させた状態とされる。

40

【0114】

〔付記項 4〕アノードおよびカソードをもつ燃料電池と、アノードガスを前記燃料電池の前記アノードに供給するためのアノードガス通路と、酸素を含むカソードガスを前記燃料電池の前記カソードに供給するためのカソードガス通路と、前記燃料電池の前記カソードの入口側を開閉するための入口開閉部と、前記燃料電池の前記カソードの出口側を開閉するための出口開閉部と、前記入口開閉部および前記出口開閉部を制御するための制御部とを具備する燃料電池システムにおいて、前記燃料電池システムの運転の停止時において

50

、前記制御部は、前記燃料電池のカソードの前記入口開閉部と前記出口開閉部を閉鎖し、且つ、前記燃料電池の前記カソードに前記カソードガスが存在し且つ前記アノードに前記アノードガスを供給しつつ、前記燃料電池の電力を電力消費部で消費させることにより、前記燃料電池の前記カソードの内部の酸素濃度を電力消費前よりも低減させる制御を実施する燃料電池システム。この場合、カソードにおける酸素が積極的に消費される。システムの停止時に、カソードを酸素欠乏状態等の酸素低減状態に維持できる。

【 0 1 1 5 】

[付記項 5] 付記項 4 において、前記燃料電池の前記カソードの内部の酸素濃度を電力消費前よりも低減させる制御を実施した後、前記制御部は、前記燃料電池のカソードの前記出口開閉部を閉鎖した状態で前記入口開閉部を開放させ、且つ、前記燃料電池の前記カソードに前記カソードガスを再び供給してカソードの内部の圧力を大気圧以上に増加させ、その後、前記出口開閉部および前記入口開閉部の閉鎖を維持させることにより、前記カソードの内部の圧力を大気圧以上に維持する燃料電池システム。酸素が消費されたことに起因するカソードにおける圧力低下を補うことができる。この場合、酸素を含む外気がカソードに進入することが抑制されるため、カソードにおける酸素欠乏状態等の酸素低減状態（大気圧以上の窒素ガス富化状態）が良好に維持され、次の起動時まで大気圧以上に維持することが好ましい。出口開閉部および入口開閉部については、過剰なシール性を有しない安価なものにできる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 1 6 】

本発明は例えば定置用、車両用、電気機器用、電子機器用、可搬用の燃料電池システムに適用できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 1 7 】

【 図 1 】 実施形態 1 に係り、燃料電池システムの全体のシステム図である。

【 図 2 】 実施形態 1 に係り、燃料電池システムの要部のシステム図である。

【 図 3 】 実施形態に係り、制御部がシステムの起動時に実行する制御のフローチャートである。

【 図 4 】 実施形態に係り、制御部がシステムの停止時に実行する実行する制御のフローチャートである。

【 図 5 】 実施形態に係り、制御部がシステムの停止時に実行する実行する割り込み制御のフローチャートである。

【 図 6 】 実施形態 5 に係り、燃料電池システムのシステム図である。

【 図 7 】 実施形態 6 に係り、燃料電池システムのシステム図である。

【 図 8 】 実施形態 7 に係り、燃料電池システムのシステム図である。

【 図 9 】 実施形態 8 に係り、燃料電池システムの要部のシステム図である。

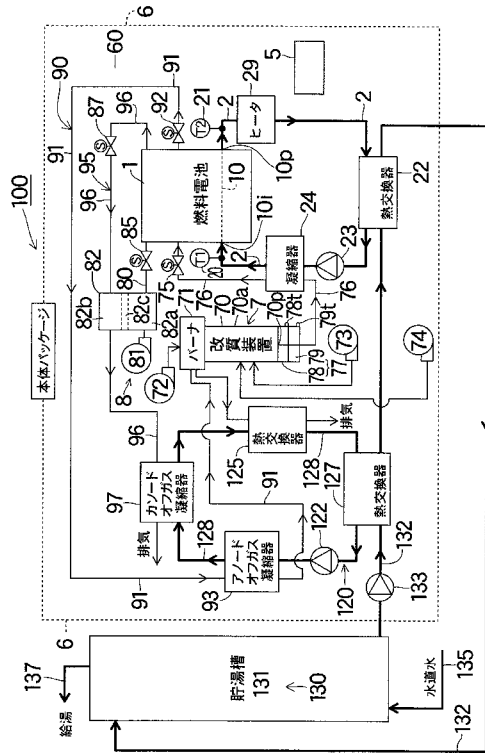
【 図 10 】 実施形態 9 に係り、燃料電池システムの要部のシステム図である。

【 符号の説明 】

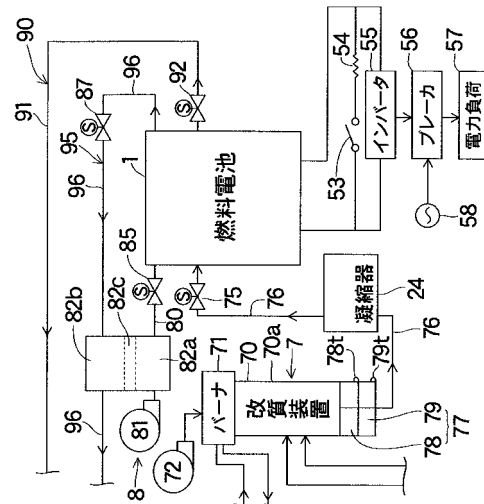
【 0 1 1 8 】

図中、1 はスタック（燃料電池）、5 は制御部、5 3 はスイッチング素子、5 4 は放電負荷（電力消費部）、5 5 はインバータ、5 6 はブレーカ、5 7 は電力負荷（家庭用電力負荷）7 0 は改質装置、7 1 はバーナ、7 6 はアノードガス通路、7 7 は CO 低減部、7 8 は CO シフト部、7 8 は CO 酸化部、8 0 はカソードガス通路、8 1 はポンプ（カソードガス搬送源）、8 5 はカソード入口バルブ（入口開閉部）、8 7 はカソード出口バルブ（出口開閉部）、9 1 はアノードオフガス通路、9 6 はカソードオフガス通路、7 5 はアノード入口バルブ、9 2 はアノード出口バルブを示す。

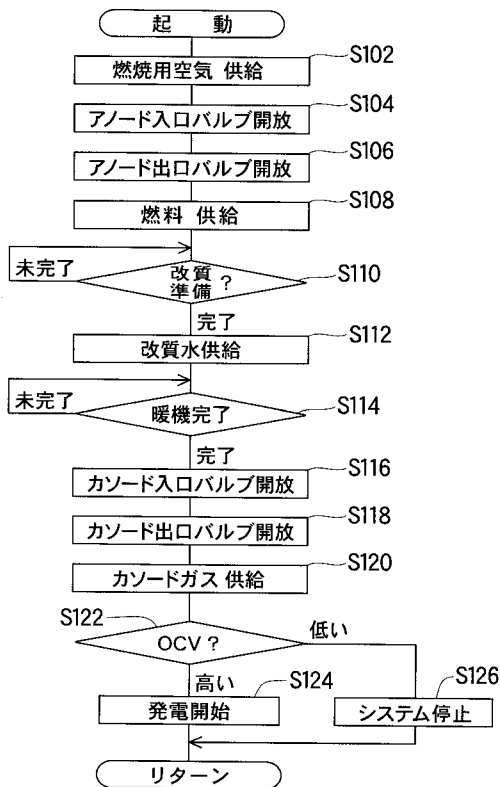
【図 1】



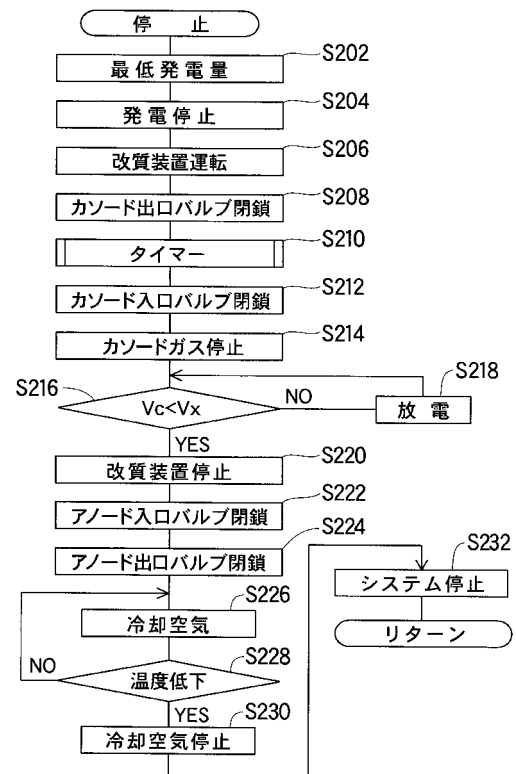
【図 2】



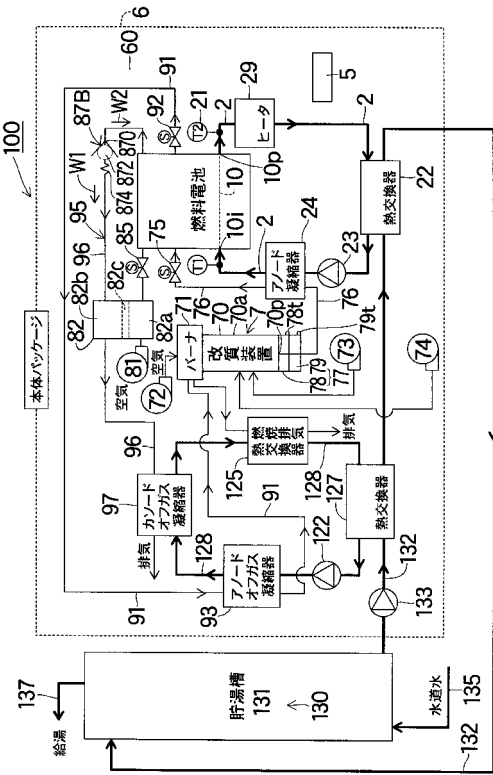
【図 3】



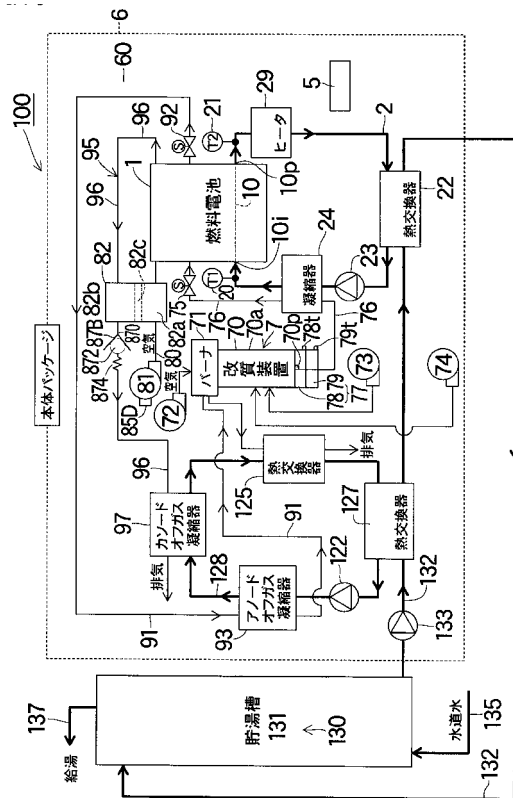
【図 4】



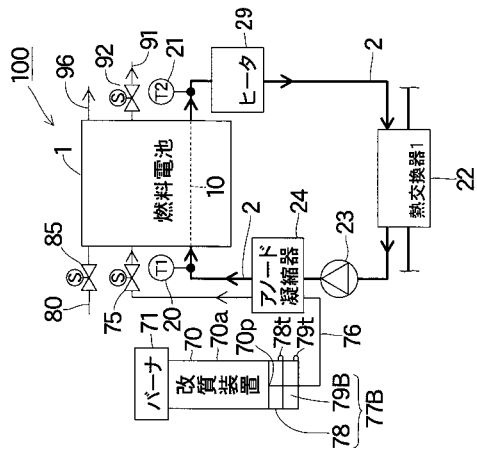
【 図 6 】



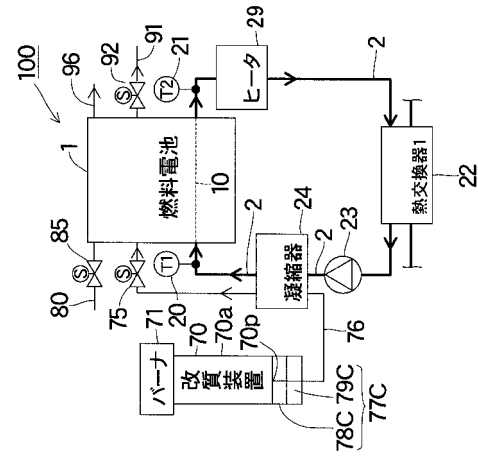
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 1 0 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H027 AA06 BA01 BA09 BA16 MM03 MM26