

(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2009-199751

(P2009-199751A)

(43) 公開日 平成21年9月3日(2009.9.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 M 8/04 (2006.01)	H O 1 M 8/04 T	5 H O 2 6
H O 1 M 8/06 (2006.01)	H O 1 M 8/04 X	5 H O 2 7
H O 1 M 8/10 (2006.01)	H O 1 M 8/04 Y	
	H O 1 M 8/04 P	
	H O 1 M 8/04 Z	
審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 14 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2008-37268 (P2008-37268)
 (22) 出願日 平成20年2月19日 (2008.2.19)

(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 110000028
 特許業務法人明成国際特許事務所
 (72) 発明者 手嶋 剛
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 (72) 発明者 近藤 俊行
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 Fターム(参考) 5H026 AA06 HH05 HH08
 5H027 AA06 BA13 BA19 BA20 BC20
 CC02 CC04 CC06 KK41 KK46
 KK48 MM02 MM16

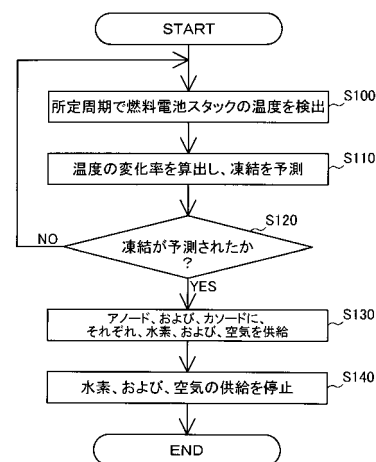
(54) 【発明の名称】 燃料電池システム、および、燃料電池システムの制御方法

(57) 【要約】

【課題】 燃料電池を備える燃料電池システムにおいて、燃料電池システムのエネルギー効率の低下を抑制するとともに、低温始動性を向上させる。

【解決手段】 燃料電池スタック100による発電停止後に、発電中に水素と酸素との電気化学反応によって生成された生成水が、燃料電池スタック100が備える膜電極接合体において凍結すると予測された際に、膜電極接合体の温度が、セパレータの温度よりも相対的に高くなるように、微弱な発電（温度勾配形成制御）を行う。そして、この温度勾配形成制御は、膜電極接合体とセパレータとの間に温度勾配が形成されるまでの期間のみ行い、膜電極接合体とセパレータとの間に温度勾配が形成された後には速やかに停止する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料電池システムであって、
電解質膜の両面に、それぞれ、アノード、および、カソードを接合してなる膜電極接合体を、セパレータによって挟持した燃料電池と、
前記アノードに燃料ガスを供給する燃料ガス供給部と、
前記カソードに酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給部と、
前記燃料電池を冷却するための冷却媒体を、前記セパレータ内に形成された冷却媒体流路に循環させる冷却媒体循環部と、
制御部と、を備え、
前記制御部は、
前記燃料電池による発電停止後に、発電中に前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとの電気化学反応によって生成された生成水が、前記膜電極接合体において凍結すると予測された際に、前記燃料ガス供給部と、前記酸化剤ガス供給部と、前記冷却媒体循環部とのうちの少なくとも 1 つを起動して、前記膜電極接合体の温度が前記セパレータの温度よりも相対的に高くなるように、前記膜電極接合体と前記セパレータとの間に温度勾配を形成する温度勾配形成制御を行い、前記膜電極接合体と前記セパレータとの間に前記温度勾配が形成された後に、前記温度勾配形成制御を停止する、
燃料電池システム。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の燃料電池システムであって、
前記制御部は、前記温度勾配形成制御として、前記燃料ガス供給部、および、前記酸化剤ガス供給部を起動して、前記燃料電池による発電を行うことによって、前記膜電極接合体の温度を、前記セパレータの温度よりも高くする、
燃料電池システム。

20

【請求項 3】

請求項 1 記載の燃料電池システムであって、
前記制御部は、前記温度勾配形成制御として、前記冷却媒体循環部を起動して、前記セパレータに前記冷却媒体を循環させることによって、前記セパレータの温度を、前記膜電極接合体の温度よりも低くする、
燃料電池システム。

30

【請求項 4】

請求項 1 記載の燃料電池システムであって、
前記アノード、および、カソードは、前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとの反応を促進するための触媒を含んでおり、
前記燃料電池システムは、さらに、前記アノード、および、前記カソードの少なくとも一方に、前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとの混合ガスを供給する混合ガス供給部を備え、
前記制御部は、前記温度勾配形成制御として、前記混合ガス供給部を起動して、前記触媒で前記混合ガスを燃焼させることによって、前記膜電極接合体の温度を、前記セパレータの温度よりも高くする、
燃料電池システム。

40

【請求項 5】

燃料電池システムの制御方法であって、
前記燃料電池システムは、
電解質膜の両面に、それぞれ、アノード、および、カソードを接合してなる膜電極接合体を、セパレータによって挟持した燃料電池と、
前記アノードに燃料ガスを供給する燃料ガス供給部と、
前記カソードに酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給部と、
前記燃料電池を冷却するための冷却媒体を、前記セパレータ内に形成された冷却媒体流路に循環させる冷却媒体循環部と、を備えており、

50

前記制御方法は、

前記前記燃料電池による発電停止後に、発電中に前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとの電気化学反応によって生成された生成水が、前記膜電極接合体において凍結するか否かを予測する凍結予測工程と、

前記凍結予測工程によって、前記生成水が、前記膜電極接合体において凍結すると予測された際に、前記燃料ガス供給部と、前記酸化剤ガス供給部と、前記冷却媒体循環部とのうちの少なくとも1つを起動して、前記膜電極接合体の温度が前記セパレータの温度よりも相対的に高くなるように、前記膜電極接合体と前記セパレータとの間に温度勾配を形成する温度勾配形成工程と、

前記温度勾配形成工程によって、前記膜電極接合体と前記セパレータとの間に前記温度勾配が形成された後に、前記温度勾配形成工程を停止する工程と、

を備える制御方法。

【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、および、燃料電池システムの制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、燃料ガス（例えば、水素）と酸化剤ガス（例えば、酸素）との電気化学反応によって発電する燃料電池がエネルギー源として注目されている。この燃料電池は、プロトン伝導性を有する電解質膜の両面に、それぞれ、アノード、および、カソードを接合してなる膜電極接合体を、セパレータによって挟持することによって構成される。そして、膜電極接合体のカソードでは、発電時に、カソード反応によって、水（生成水）が生成される。

【0003】

このような燃料電池を備える燃料電池システムでは、燃料電池による発電停止後に、燃料電池の温度が氷点下になると、膜電極接合体に含まれる生成水が凍結する。そして、この状態で燃料電池システムを始動すると、凍結した生成水によって、膜電極接合体のアノードへの燃料ガスの供給、および、カソードへの酸化剤ガスの供給が妨げられ、燃料電池の発電性能が低下する。

【0004】

そこで、従来、燃料電池システムにおいて、発電停止中の燃料電池の内部における生成水の凍結を抑制するための種々の技術が提案されている。

【0005】

【特許文献1】特開2004-22198号公報

【特許文献2】特開2006-107901号公報

【特許文献3】特開2004-327101号公報

【特許文献4】特開2005-322527号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、上記特許文献に記載された技術では、燃料電池の内部に残留した生成水を燃料電池の外部に排出させる運転を行ったり、燃料電池の温度を凍結温度よりも高い温度に維持する運転を行ったりするため、これらの運転を行う際に、エネルギーを消費し、燃料電池システムのエネルギー効率の低下を招く。

【0007】

本発明は、上述の課題を解決するためになされたものであり、燃料電池を備える燃料電池システムにおいて、燃料電池システムのエネルギー効率の低下を抑制するとともに、低温始動性を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【0008】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するために以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

【0009】

〔適用例1〕燃料電池システムであって、電解質膜の両面に、それぞれ、アノード、および、カソードを接合してなる膜電極接合体を、セパレータによって挟持した燃料電池と、前記アノードに燃料ガスを供給する燃料ガス供給部と、前記カソードに酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給部と、前記燃料電池を冷却するための冷却媒体を、前記セパレータ内に形成された冷却媒体流路に循環させる冷却媒体循環部と、前記各部を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記燃料電池による発電停止後に、発電中に前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとの電気化学反応によって生成された生成水が、前記膜電極接合体において凍結すると予測された際に、前記燃料ガス供給部と、前記酸化剤ガス供給部と、前記冷却媒体循環部とのうちの少なくとも1つを起動して、前記膜電極接合体の温度が前記セパレータの温度よりも相対的に高くなるように、前記膜電極接合体と前記セパレータとの間に温度勾配を形成する温度勾配形成制御を行い、前記膜電極接合体と前記セパレータとの間に前記温度勾配が形成された後に、前記温度勾配形成制御を停止する、燃料電池システム。

10

【0010】

適用例1の燃料電池システムでは、燃料電池による発電停止後に、発電中に燃料ガスと酸化剤ガスとの電気化学反応によって生成された生成水が、膜電極接合体において凍結すると予測された際に、燃料ガス供給部と、酸化剤ガス供給部と、前記冷却媒体循環部とのうちの少なくとも1つを起動して、膜電極接合体の温度が、セパレータの温度よりも相対的に高くなるように、膜電極接合体とセパレータとの間に温度勾配を形成する温度勾配形成制御を行う。こうすることによって、膜電極接合体とセパレータとの間に蒸気圧勾配が生じ、膜電極接合体に含まれる生成水に、蒸気圧が高い膜電極接合体側から蒸気圧が低いセパレータ側へ移動する駆動力が作用する。したがって、膜電極接合体に含まれる生成水を、セパレータ側に移動させ、氷点下の低温環境下における膜電極接合体での生成水の凍結を抑制することができる。この結果、燃料電池システムの低温始動性を向上させることができる。

20

【0011】

また、上記温度勾配形成制御は、膜電極接合体とセパレータとの間に、所望の温度勾配が形成されるまでの期間のみ行われ、その温度勾配が形成された後には速やかに停止される。したがって、先に説明した従来技術、すなわち、燃料電池の内部に残留した生成水を燃料電池の外部に排出させる運転や、燃料電池の温度を凍結温度よりも高い温度に維持する運転と比較して、燃料電池システムのエネルギー効率の低下を抑制することができる。

30

【0012】

なお、上記生成水が、膜電極接合体において凍結するか否かの予測は、種々の方法を適用可能である。例えば、燃料電池に温度センサを設けて、この温度センサによって、燃料電池の温度を適宜検出し、検出された温度や、温度の変化率に基づいて、上記生成水が膜電極接合体において凍結するか否かを判断するようにすることができる。また、燃料電池の外部の環境温度、環境温度の変化率、冷却媒体の温度、冷却媒体の温度の変化率の少なくとも一部に基づいて、上記生成水が膜電極接合体において凍結するか否かを判断するようにしてもよい。

40

【0013】

〔適用例2〕適用例1記載の燃料電池システムであって、前記制御部は、前記温度勾配形成制御として、前記燃料ガス供給部、および、前記酸化剤ガス供給部を起動して、前記燃料電池による発電を行うことによって、前記膜電極接合体の温度を、前記セパレータの温度よりも高くする、燃料電池システム。

【0014】

適用例2の燃料電池システムによって、膜電極接合体の温度を、セパレータの温度より

50

も高くすることができる。なお、温度勾配形成制御における発電は、膜電極接合体とセパレータとの間に温度勾配が形成されればよいため、定常発電よりも微弱な発電でよい。

【0015】

〔適用例3〕適用例1記載の燃料電池システムであって、前記制御部は、前記温度勾配形成制御として、前記冷却媒体循環部を起動して、前記セパレータに前記冷却媒体を循環させることによって、前記セパレータの温度を、前記膜電極接合体の温度よりも低くする、燃料電池システム。

【0016】

適用例3の燃料電池システムによって、膜電極接合体の温度を、セパレータの温度よりも高くすることができる。

10

【0017】

〔適用例4〕適用例1記載の燃料電池システムであって、前記アノード、および、カソードは、前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとの反応を促進するための触媒を含んでおり、前記燃料電池システムは、さらに、前記アノード、および、前記カソードの少なくとも一方に、前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとの混合ガスを供給する混合ガス供給部を備え、前記制御部は、前記温度勾配形成制御として、前記混合ガス供給部を起動して、前記触媒で前記混合ガスを燃焼させることによって、前記膜電極接合体の温度を、前記セパレータの温度よりも高くする、燃料電池システム。

【0018】

適用例4の燃料電池システムによって、膜電極接合体の温度を、セパレータの温度よりも高くすることができる。

20

【0019】

本発明は、上述した種々の特徴の一部を、適宜、組み合わせて構成することもできる。また、本発明は、上述の燃料電池システムとしての構成の他、燃料電池システムの制御方法の発明として構成することもできる。また、これらを実現するコンピュータプログラム、およびそのプログラムを記録した記録媒体、そのプログラムを含み搬送波内に具現化されたデータ信号など種々の態様で実現することが可能である。なお、それぞれの態様において、先に示した種々の付加的要素を適用することが可能である。

【0020】

本発明をコンピュータプログラムまたはそのプログラムを記録した記録媒体等として構成する場合には、燃料電池システムの動作を制御するプログラム全体として構成するものとしてもよいし、本発明の機能を果たす部分のみを構成するものとしてもよい。また、記録媒体としては、フレキシブルディスクやCD-ROM、DVD-ROM、光磁気ディスク、ICカード、ROMカートリッジ、パンチカード、バーコードなどの符号が印刷された印刷物、コンピュータの内部記憶装置（RAMやROMなどのメモリ）および外部記憶装置などコンピュータが読み取り可能な種々の媒体を利用できる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、本発明の実施の形態について、実施例に基づき説明する。

A. 第1実施例：

40

A1. 燃料電池システムの構成：

図1は、本発明の第1実施例としての燃料電池システム1000の概略構成を示す説明図である。

【0022】

燃料電池スタック100は、水素と酸素との電気化学反応によって発電する単セル40を、複数積層させたスタック構造を有している。各単セル40は、概ね、プロトン伝導性を有する電解質膜の両面に、それぞれアノード、および、カソードを接合した膜電極接合体を、セパレータによって挟持した構成となっている。アノード、および、カソードは、それぞれ、電解質膜の各表面に接合された触媒層と、この触媒層の表面に接合されたガス拡散層とを備えている。本実施例では、電解質膜として、ナフィオン（登録商標）等の固

50

体高分子膜を用いるものとした。電解質膜として、固体酸化物等、他の電解質膜を用いるものとしてもよい。各セパレータには、アノードに供給すべき燃料ガスとしての水素の流路や、カソードに供給すべき酸化剤ガスとしての空気の流路や、冷却媒体（水、エチレングリコール等）の流路が形成されている。なお、単セル４０の積層数は、燃料電池スタック１００に要求される出力に応じて任意に設定可能である。

【００２３】

燃料電池スタック１００は、一端から、エンドプレート１０ａ、絶縁板２０ａ、集電板３０ａ、複数の単セル４０、集電板３０ｂ、絶縁板２０ｂ、エンドプレート１０ｂの順に積層することによって構成されている。これらには、燃料電池スタック１００内に、水素や、空気や、冷却媒体を流すための供給口や、排出口が設けられている。また、燃料電池スタック１００内部には、水素や、空気や、冷却媒体を、それぞれ各単セル４０に分配して供給するための供給マニホールド（水素供給マニホールド、空気供給マニホールド、冷却媒体供給マニホールド）や、各単セル４０のアノードおよびカソードからそれぞれ排出されるアノードオフガスおよびカソードオフガスや、冷却媒体を集合させて燃料電池スタック１００の外部に排出するための排出マニホールド（アノードオフガス排出マニホールド、カソードオフガス排出マニホールド、冷却媒体排出マニホールド）が形成されている。

10

【００２４】

また、燃料電池スタック１００には、単セル４０の温度を検出するための温度センサ９０が設けられている。図示するように、本実施例では、温度センサ９０は、放熱によって温度が低下しやすい、複数の単セル４０の積層方向の端部に配置された単セル４０に設けられているものとした。

20

【００２５】

エンドプレート１０ａ、１０ｂは、剛性を確保するため、鋼等の金属によって形成されている。絶縁板２０ａ、２０ｂは、ゴムや、樹脂等の絶縁性部材によって形成されている。集電板３０ａ、３０ｂは、緻密質カーボンや、銅板などのガス不透過な導電性部材によって形成されている。集電板３０ａ、３０ｂには、それぞれ図示しない出力端子が設けられており、燃料電池スタック１００で発電した電力を出力可能となっている。

【００２６】

なお、図示は省略しているが、燃料電池スタック１００は、スタック構造のいずれかの箇所における接触抵抗の増加等による電池性能の低下を抑制したり、ガスの漏洩を抑制したりするために、スタック構造の積層方向に、所定の締結荷重が加えられた状態で、締結部材によって締結されている。

30

【００２７】

燃料電池スタック１００のアノードには、配管５３を介して、高圧水素を貯蔵した水素タンク５０から、燃料ガスとしての水素が供給される。水素タンク５０の代わりに、アルコール、炭化水素、アルデヒドなどを原料とする改質反応によって水素リッチなガスを生成し、アノードに供給するものとしてもよい。

【００２８】

水素タンク５０に貯蔵された高圧水素は、水素タンク５０の出口に設けられたシャットバルブ５１、レギュレータ５２によって圧力、および、供給量が調整されて、水素供給マニホールドを介して、各単セル４０のアノードに供給される。各単セル４０から排出されるアノードオフガスは、アノードオフガス排出マニホールドに接続された排出配管５６を介して、燃料電池スタック１００の外部に排出することができる。なお、アノードオフガスを燃料電池スタック１００の外部に排出する際には、アノードオフガスに含まれる水素は、図示しない希釈器等によって処理される。

40

【００２９】

また、配管５３、および、排出配管５６には、アノードオフガスを配管５３に再循環させるための循環配管５４が接続されている。そして、排出配管５６の循環配管５４との接続部の下流側には、排気バルブ５７が配設されている。また、循環配管５４には、ポンプ

50

55が配設されている。ポンプ55、および、排気バルブ57の駆動を制御することによって、アノードオフガスを外部に排出するか、配管53に循環させるかを適宜切り換えることができる。アノードオフガスを配管53に再循環させることによって、アノードオフガスに含まれる未消費の水素を効率よく利用することができる。

【0030】

燃料電池スタック100のカソードには、配管61を介して、コンプレッサ60によって圧縮された圧縮空気が、酸素を含有した酸化剤ガスとして供給される。そして、この圧縮空気は、配管61に接続された空気供給マニホールドを介して、各単セル40のカソードに供給される。各単セル40のカソードから排出されるカソードオフガスは、カソードオフガス排出マニホールドに接続された排出配管62を介して、燃料電池スタック100の外部に排出される。排出配管62からは、カソードオフガスとともに、燃料電池スタック100のカソードで、水素と酸素との電気化学反応によって生成された生成水も排出される。

10

【0031】

燃料電池スタック100は、上述した電気化学反応によって発熱するため、燃料電池スタック100には、燃料電池スタック100を冷却するための冷却媒体も供給される。この冷却媒体は、ポンプ70によって、配管72を流れ、ラジエータ71によって冷却されて、燃料電池スタック100に供給される。

【0032】

なお、図示は省略しているが、氷点下の低温環境下において、燃料電池スタック100の内部における生成水の凍結を抑制するために、燃料電池スタック100は、断熱性を有するケースに収納されている。

20

【0033】

燃料電池システム1000の運転は、制御ユニット80によって制御される。制御ユニット80は、内部にCPU、RAM、ROM、タイマなどを備えるマイクロコンピュータとして構成されており、ROMに記憶されたプログラムに従って、例えば、各種バルブや、ポンプの駆動等、システムの運転を制御する。また、本実施例の燃料電池システム1000では、制御ユニット80は、燃料電池スタック100による発電停止後に、以下に説明する運転制御処理を行う。

【0034】

A2．発電停止後の運転制御処理：

図2は、第1実施例における燃料電池スタック100による発電停止後の運転制御処理の流れを示すフローチャートである。この処理は、制御ユニット80のCPUが実行する処理である。

30

【0035】

まず、CPUは、温度センサ90によって、所定周期で燃料電池スタック100の温度を検出する（ステップS100）。本実施例では、1時間周期で燃料電池スタック100の温度を検出するものとした。なお、上記所定周期は、任意に設定可能である。また、燃料電池スタック100の温度の検出周期を、温度センサ90によって検出された温度に応じて変化させるようにしてもよい。例えば、発電停止後の初期には、燃料電池スタック100の温度の検出周期を1時間とし、燃料電池スタック100の温度が、所定温度（例えば、10（℃））以下になったときに、燃料電池スタック100の温度の検出周期を5分とするようにしてもよい。

40

【0036】

そして、CPUは、燃料電池スタック100の温度の変化率（低下率）を算出し、燃料電池スタック100の温度と、燃料電池スタック100の温度の変化率とに基づいて、燃料電池スタック100内の膜電極接合体における生成水の凍結を予測する（ステップS110）。そして、膜電極接合体において、生成水が凍結しないと判断された場合には（ステップS120：NO）、ステップS100に戻る。なお、燃料電池スタック100による発電停止後、相当時間経過後は、燃料電池スタック100を構成する膜電極接合体とセ

50

パレータの温度はほぼ等しい。

【0037】

一方、膜電極接合体において、生成水が凍結する判断された場合には（ステップS120：YES）、CPUは、膜電極接合体の温度が氷点下になる直前のタイミングで、シャットバルブ51、レギュレータ52、排気バルブ57を開弁するとともに、コンプレッサ60を起動して、膜電極接合体のアノード、および、カソードに、それぞれ、水素、および、空気を供給し（ステップS130）、所定期間、燃料電池スタック100によって、定常発電よりも微弱な発電を行い、この発電による膜電極接合体の発熱によって、膜電極接合体とセパレータとの間に、温度勾配を形成する。この処理は、本発明における温度勾配形成制御に相当する。なお、上記所定期間は、膜電極接合体とセパレータとの間に所望の温度勾配が形成される範囲内で、任意に設定可能である。その後、CPUは、シャットバルブ51、レギュレータ52、排気バルブ57を閉弁するとともに、コンプレッサ60を停止して、膜電極接合体のアノード、およびカソードへの、水素、および、空気の供給を停止し（ステップS140）、この処理を終了する。

【0038】

A3. 作用・効果：

図3は、上述した発電停止後の運転制御処理による作用・効果を示す説明図である。上述した運転制御処理のステップS130において、所定期間、燃料電池スタック100による発電を行うことによって、図3（b）に示したように、膜電極接合体（MEA：Membrane Electrode Assembly）とセパレータとの間に、温度勾配、すなわち、蒸気圧勾配が形成される。すると、この蒸気圧勾配によって、膜電極接合体に含まれる生成水に、蒸気圧が高い膜電極接合体側から蒸気圧が低いセパレータ側へ移動する駆動力が作用するため、図3（a）に示したように、膜電極接合体に含まれる生成水は、膜電極接合体側からセパレータ側へ移動する。こうすることによって、膜電極接合体に含まれる生成水の量を減少させることができる。

【0039】

以上説明した第1実施例の燃料電池システム1000によれば、上述した運転制御によって、膜電極接合体に含まれる生成水が凍結する直前に、この生成水を、膜電極接合体からセパレータ側へ移動させることができるので、氷点下の低温環境下における膜電極接合体での生成水の凍結を抑制し、燃料電池システム1000の低温始動性を向上させることができる。また、上記運転制御において、燃料電池スタック100による発電（図2のステップS130）は、膜電極接合体とセパレータとの間に温度勾配が形成されるまでの期間のみ行われ、その後、速やかに停止されるので、先に説明した従来技術、すなわち、燃料電池の内部に残留した生成水を燃料電池の外部に排出させる運転や、燃料電池の温度を凍結温度よりも高い温度に維持する運転と比較して、燃料電池システム1000のエネルギー効率の低下を抑制することができる。

【0040】

B. 第2実施例：

第2実施例の燃料電池システムの構成は、第1実施例の燃料電池システム1000の構成と同じである。ただし、燃料電池スタック100による発電停止後の運転制御処理が、第1実施例と異なっている。以下、第2実施例の燃料電池システムにおいて、燃料電池スタック100による発電停止後の運転制御処理について説明する。

【0041】

図4は、第2実施例における燃料電池スタック100による発電停止後の運転制御処理の流れを示すフローチャートである。この処理は、制御ユニット80のCPUが実行する処理である。

【0042】

まず、CPUは、温度センサ90によって、所定周期で燃料電池スタック100の温度を検出する（ステップS200）。これは、第1実施例の運転制御処理のステップS100と同様である。

【0043】

そして、CPUは、燃料電池スタック100の温度の変化率（低下率）を算出し、燃料電池スタック100の温度と、燃料電池スタック100の温度の変化率とに基づいて、燃料電池スタック100内の膜電極接合体における生成水の凍結を予測する（ステップS210）。そして、膜電極接合体において、生成水が凍結しないと判断された場合には（ステップS220：NO）、ステップS200に戻る。

【0044】

一方、膜電極接合体において、生成水が凍結する判断された場合には（ステップS220：YES）、CPUは、膜電極接合体の温度が氷点下になる直前のタイミングで、冷却媒体を循環させるためのポンプ70、および、ラジエータ71を起動して、燃料電池スタック100に冷却媒体を循環させ（ステップS230）、所定期間、セパレータを冷却し、膜電極接合体とセパレータとの間に、温度勾配を形成する。なお、先に説明したように、燃料電池スタック100は、断熱性を有するケース内に収納されており、ポンプ70や、ラジエータ71等の冷却装置は、ケース外に配置されているため、冷却媒体の温度は、セパレータの温度よりも低い。このため、燃料電池スタック100に冷却媒体を循環させることによって、セパレータの温度を低下させることができる。この処理は、本発明における温度勾配形成制御に相当する。その後、CPUは、ポンプ70、および、ラジエータ71を停止して、冷却媒体の循環を停止し（ステップS240）、この処理を終了する。

【0045】

以上説明した第2実施例の燃料電池システム1000によっても、第1実施例の燃料電池システム1000と同様に、膜電極接合体に含まれる生成水が凍結する直前に、膜電極接合体とセパレータとの間に温度勾配を形成し、この生成水を、膜電極接合体からセパレータ側に移動させることができるので、氷点下の低温環境下における膜電極接合体での生成水の凍結を抑制し、燃料電池システム1000の低温始動性を向上させることができる。また、上記運転制御において、冷却水の循環（図4のステップS230）は、膜電極接合体とセパレータとの間に温度勾配が形成されるまでの期間のみ行われ、その後、速やかに停止されるので、第1実施例と同様に、先に説明した従来技術、すなわち、燃料電池の内部に残留した生成水を燃料電池の外部に排出させる運転や、燃料電池の温度を凍結温度よりも高い温度に維持する運転と比較して、燃料電池システム1000のエネルギー効率の低下を抑制することができる。

【0046】

C．第3実施例：

C1．燃料電池システムの構成：

図5は、本発明の第3実施例としての燃料電池システム1000Aの概略構成を示す説明図である。この燃料電池システム1000Aの構成は、第1実施例、および、第2実施例の燃料電池システム1000の構成とほぼ同じである。ただし、第3実施例の燃料電池システム1000Aは、図示するように、配管53から配管61に水素を流すための配管58と、水素を燃料電池スタック100に流すか、配管58に流すかを切り換える三方弁59とを備えている。そして、コンプレッサ60を駆動させて空気を配管61に流すとともに、三方弁59を制御して、水素を配管61に流すことによって、燃料電池スタック100のカソードに、水素と空気との混合ガスを流すことができる。また、燃料電池システム1000Aは、制御ユニット80の代わりに、制御ユニット80Aを備えている。

【0047】

C2．発電停止後の運転制御処理：

図6は、第3実施例における燃料電池スタック100による発電停止後の運転制御処理の流れを示すフローチャートである。この処理は、制御ユニット80AのCPUが実行する処理である。

【0048】

まず、CPUは、温度センサ90によって、所定期間で燃料電池スタック100の温度を検出する（ステップS300）。これは、第1実施例の運転制御処理のステップS10

10

20

30

40

50

0と同様である。

【0049】

そして、CPUは、燃料電池スタック100の温度の変化率（低下率）を算出し、燃料電池スタック100の温度と、燃料電池スタック100の温度の変化率とに基づいて、燃料電池スタック100内の膜電極接合体における生成水の凍結を予測する（ステップS310）。そして、膜電極接合体において、生成水が凍結しないと判断された場合には（ステップS320：NO）、ステップS300に戻る。

【0050】

一方、膜電極接合体において、生成水が凍結する判断された場合には（ステップS320：YES）、CPUは、膜電極接合体の温度が氷点下になる直前のタイミングで、シャットバルブ51、レギュレータ52を開弁し、また、配管53から配管58に水素が流れるように三方弁59を制御するとともに、コンプレッサ60を起動して、膜電極接合体のカソードに、所定期間、水素と空気との混合ガスを供給する（ステップS330）。すると、膜電極接合体のカソードの触媒層に含まれる触媒で、水素と空気に含まれる酸素とが燃焼し、この燃焼による膜電極接合体（触媒層）の発熱によって、膜電極接合体とセパレータとの間に、温度勾配が形成される。この処理は、本発明における温度勾配形成制御に相当する。その後、CPUは、シャットバルブ51、レギュレータ52を閉弁し、三方弁59の状態を元に戻すとともに、コンプレッサ60を停止して、膜電極接合体のカソードへの混合ガスの供給を停止し（ステップS340）、この処理を終了する。

【0051】

以上説明した第3実施例の燃料電池システム1000Aによっても、第1実施例の1000と同様に、膜電極接合体に含まれる生成水が凍結する直前に、膜電極接合体とセパレータとの間に温度勾配を形成し、この生成水を、膜電極接合体からセパレータ側に移動させることができるので、氷点下の低温環境下における膜電極接合体での生成水の凍結を抑制し、燃料電池システム1000の低温始動性を向上させることができる。また、上記運転制御において、膜電極接合体のカソードへの混合ガスの供給（図6のステップS330）は、膜電極接合体とセパレータとの間に温度勾配が形成されるまでの期間のみ行われ、その後、速やかに停止されるので、第1実施例と同様に、先に説明した従来技術、すなわち、燃料電池の内部に残留した生成水を燃料電池の外部に排出させる運転や、燃料電池の温度を凍結温度よりも高い温度に維持する運転と比較して、燃料電池システム1000Aのエネルギー効率の低下を抑制することができる。

【0052】

D．変形例：

以上、本発明のいくつかの実施の形態について説明したが、本発明はこのような実施の形態になんら限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲内において種々なる態様での実施が可能である。例えば、以下のような変形が可能である。

【0053】

D1．変形例1：

上述した第1ないし第3実施例の内容を組み合わせるようにしてもよい。例えば、第1実施例における燃料電池スタック100による発電停止後の運転制御処理と、第2実施例における燃料電池スタック100による発電停止後の運転制御処理とを組み合わせ、燃料電池スタック100の膜電極接合体において生成水が凍結すると予測されたときに、発電を行うとともに、冷却媒体を循環させるようにしてもよい。また、第3実施例の燃料電池システム1000Aにおいて、燃料電池スタック100による発電停止後の運転制御処理と、第2実施例における燃料電池スタック100による発電停止後の運転制御処理とを組み合わせ、燃料電池スタック100の膜電極接合体において生成水が凍結すると予測されたときに、膜電極接合体のカソードの触媒層に含まれる触媒で、混合ガスを燃焼させるとともに、冷却媒体を循環させるようにしてもよい。

【0054】

D2．変形例2：

上記第3実施例では、燃料電池システム1000Aは、配管58と三方弁59とを備え、燃料電池スタック100による発電停止後の運転制御処理において、膜電極接合体のカソードに上記混合ガスを供給し、カソードの触媒層に含まれる触媒で水素と酸素とを燃焼させるものとしたが、本発明は、これに限られない。膜電極接合体のアノード、および、カソードの少なくとも一方に、上記混合ガスを供給し、触媒層に含まれる触媒で水素と酸素とを燃焼させるようにすればよい。

【0055】

D3. 変形例3:

上記実施例では、燃料電池スタック100による発電停止後の運転制御処理において、燃料電池スタック100の温度と、燃料電池スタック100の温度の変化率とに基づいて、燃料電池スタック100内の膜電極接合体における生成水の凍結を予測するものとしたが、本発明は、これに限られない。例えば、燃料電池スタック100の外部の環境温度、環境温度の変化率、冷却媒体の温度、冷却媒体の温度の変化率を検出、あるいは、算出し、これらの少なくとも1つに基づいて、燃料電池スタック100内の膜電極接合体における生成水の凍結を予測するものとしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0056】

【図1】本発明の第1実施例としての燃料電池システム1000の概略構成を示す説明図である。

【図2】第1実施例における燃料電池スタック100による発電停止後の運転制御処理の流れを示すフローチャートである。

【図3】発電停止後の運転制御処理による作用・効果を示す説明図である。

【図4】第2実施例における燃料電池スタック100による発電停止後の運転制御処理の流れを示すフローチャートである。

【図5】本発明の第3実施例としての燃料電池システム1000Aの概略構成を示す説明図である。

【図6】第3実施例における燃料電池スタック100による発電停止後の運転制御処理の流れを示すフローチャートである。

【符号の説明】

【0057】

1000, 1000A...燃料電池システム

100...燃料電池スタック

10a, 10b...エンドプレート

20a, 20b...絶縁板

30a, 30b...集電板

40...単セル

50...水素タンク

51...シャットバルブ

52...レギュレータ

53...配管

54...循環配管

55...ポンプ

56...排出配管

57...排気バルブ

58...配管

59...三方弁

60...コンプレッサ

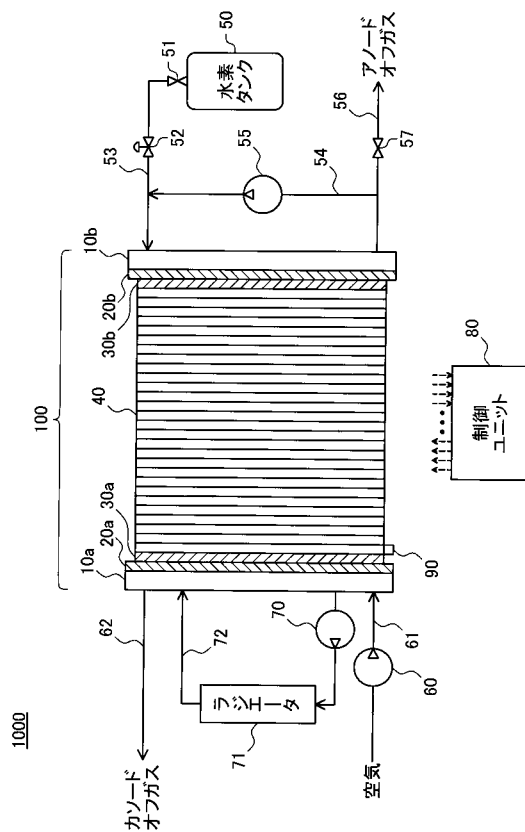
61...配管

62...排出配管

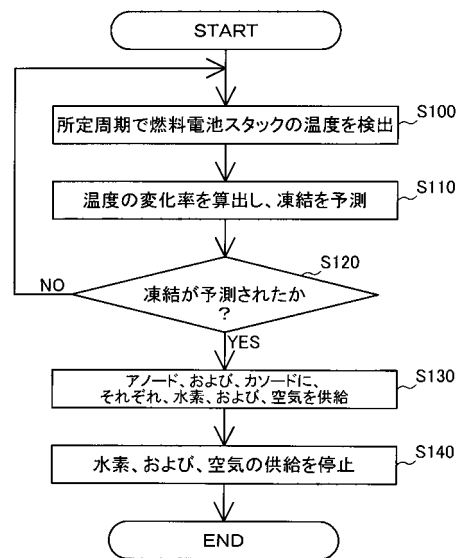
70...ポンプ

- 71...ラジエータ
 72...配管
 80, 80A...制御ユニット
 90...温度センサ

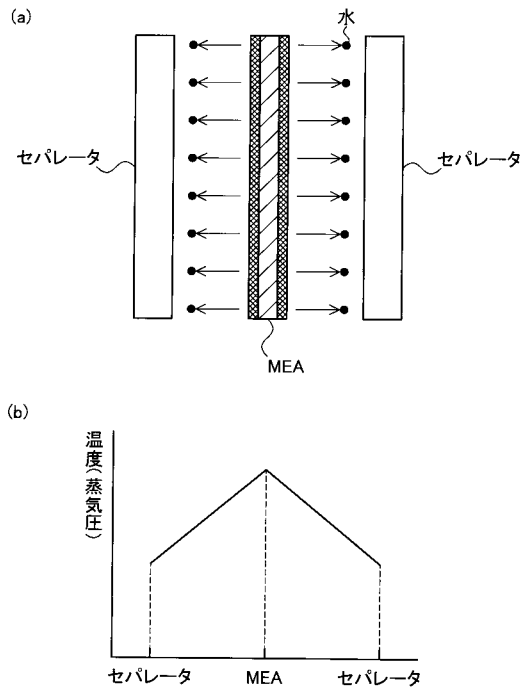
【図1】



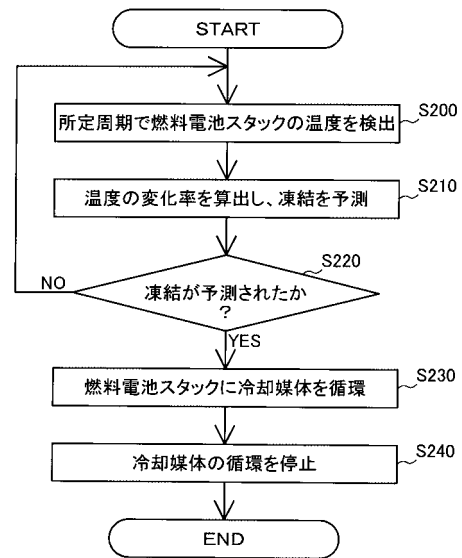
【図2】



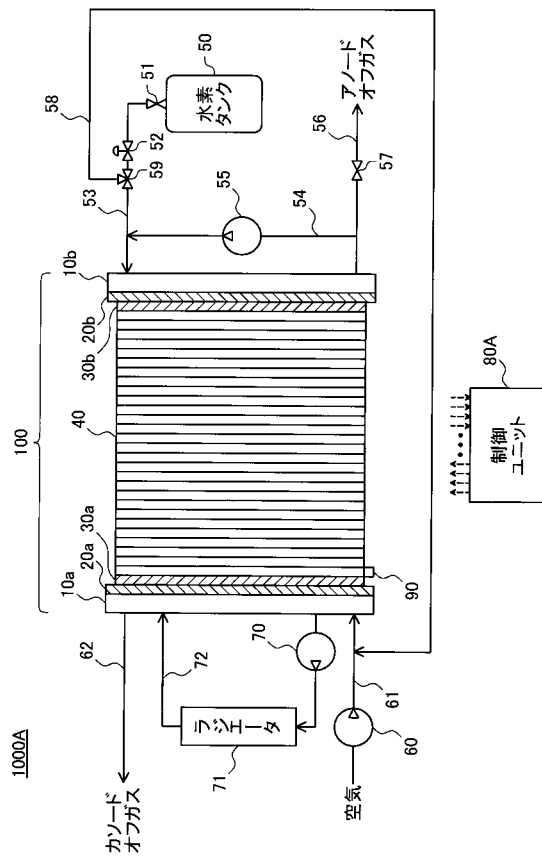
【図 3】



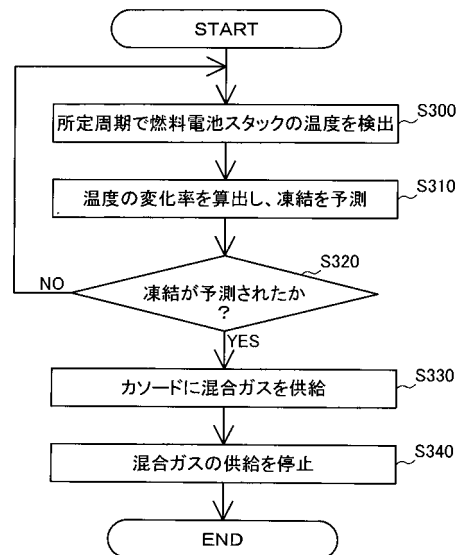
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 M 8/06

W

H 0 1 M 8/10