

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6788778号
(P6788778)

(45) 発行日 令和2年11月25日(2020.11.25)

(24) 登録日 令和2年11月5日(2020.11.5)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 M 8/04858 (2016.01)	HO 1 M 8/04858
HO 1 M 8/04302 (2016.01)	HO 1 M 8/04302
HO 1 M 8/04303 (2016.01)	HO 1 M 8/04303
HO 1 M 8/10 (2016.01)	HO 1 M 8/10 1 O 1

請求項の数 4 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2017-528283 (P2017-528283)	(73) 特許権者 314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
(86) (22) 出願日 平成28年7月8日(2016.7.8)	(74) 代理人 100106116 弁理士 鎌田 健司
(86) 国際出願番号 PCT/JP2016/003246	(74) 代理人 100115554 弁理士 野村 幸一
(87) 国際公開番号 W02017/010069	(72) 発明者 谷山 明子 大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
(87) 国際公開日 平成29年1月19日(2017.1.19)	(72) 発明者 田村 佳央 大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
審査請求日 平成31年2月15日(2019.2.15)	
(31) 優先権主張番号 特願2015-142197 (P2015-142197)	
(32) 優先日 平成27年7月16日(2015.7.16)	
(33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム及びその運転方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の燃料電池スタックが接続された燃料電池システムであって、目標発電出力を得るために必要最少台数の前記複数の燃料電池スタックが稼働するよう、前記複数の燃料電池スタックの稼働を制御する制御器を備え、
前記制御器は、前記複数の燃料電池スタックのうち、発電中で累積発電時間が最も長い燃料電池スタックの累積発電時間と、発電停止中で累積発電時間が最も短い燃料電池スタックの累積発電時間との差が、所定値以上になると、前記発電中で累積発電時間が最も長い前記燃料電池スタックを停止させながら、前記発電停止中で累積発電時間が最も短い前記燃料電池スタックを稼働させ、発電出力が維持されるよう、前記複数の燃料電池スタックの稼働を制御する燃料電池システム。

【請求項2】

複数の燃料電池スタックが接続された燃料電池システムであって、目標発電出力を得るために必要最少台数の前記複数の燃料電池スタックが稼働するよう、前記複数の燃料電池スタックの稼働を制御する制御器を備え、
前記制御器は、前記複数の燃料電池スタックのうち、発電中で最も電圧が低い燃料電池スタックの電圧と、発電停止中で前回発電時の電圧が最も高かった燃料電池スタックの前回発電時の電圧との差が、所定値以上になると、前記発電中で最も電圧が低い燃料電池スタックを停止させながら、前記発電停止中で前回発電時の電圧が最も高かった燃料電池スタックを稼働させ、発電出力が維持されるよう、前記複数の燃料電池スタックの稼働を制御

する燃料電池システム。

【請求項 3】

複数の燃料電池スタックが接続された燃料電池システムの運転方法であって、目標発電出力を得るために必要最少台数の燃料電池スタックを稼働させ、
前記複数の燃料電池スタックのうち、発電中で累積発電時間が最も長い燃料電池スタックの累積発電時間と、発電停止中で累積発電時間が最も短い燃料電池スタックの累積発電時間との差が、所定値以上になると、前記発電中で累積発電時間が最も長い前記燃料電池スタックを停止させながら、前記発電停止中で累積発電時間が最も短い前記燃料電池スタックを稼働させ、発電出力が維持されるよう、前記複数の燃料電池スタックを稼働させる燃料電池システムの運転方法。

10

【請求項 4】

複数の燃料電池スタックが接続された燃料電池システムの運転方法であって、目標発電出力を得るために必要最少台数の燃料電池スタックを稼働させ、
前記複数の燃料電池スタックのうち、発電中で最も電圧が低い燃料電池スタックの電圧と、発電停止中で前回発電時の電圧が最も高かった燃料電池スタックの前回発電時の電圧との差が、所定値以上になると、前記発電中で最も電圧が低い燃料電池スタックを停止させながら、前記発電停止中で前回発電時の電圧が最も高かった燃料電池スタックを稼働させ、発電出力が維持されるよう、前記複数の燃料電池スタックを稼働させる燃料電池システムの運転方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池スタックを複数、接続した燃料電池システム及びその運転方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、一戸建て住宅および集合住宅などに設置して使用する家庭用燃料電池システムが知られている。家庭用燃料電池システムは、家庭で消費する消費電力をまかなうように構成され、その発電出力は例えば700～1000Wと小さい。

【0003】

30

そこで、このような家庭用燃料電池システムを利用して、例えば、3～5kWの発電出力を得るような技術の開発も進められ、複数の燃料電池ユニットを並列に接続して発電出力を得る制御方法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【0004】

図7は、特許文献1に記載された従来の燃料電池システム200を示す。図7に示すように、燃料電池システム200は、第1電流変換器208A～208D、第2電流変換器209A～209Dおよび燃料電池ユニット220A～220Dから構成されている。燃料電池ユニット220A～220Dは、制御器203A～203D、出力制御器206A～206Dおよび燃料電池スタック210A～210Dから構成されている。制御器203A～203Dは、燃料電池スタック210A～210Dの発電出力を制御し、出力制御器206A～206Dにより燃料電池スタック210A～210Dで発電した直流電力を交流電力に変換している。

40

【0005】

従来の燃料電池システム200は、第1電流変換器208A～208Dを用いて商業電力ラインを流れる電流を検知し、第2電流変換器209A～209Dを用いて燃料電池スタック210A～210Dの発電出力ラインを流れる電流を検知するよう構成されており、商用電力ラインの電力および複数の燃料電池ユニット220A～220Dの発電出力を監視して、燃料電池スタック210A～210Dの発電出力を制御している。

【0006】

これにより、燃料電池スタック210A～210Dそれぞれの発電出力が均等になるよ

50

うに制御されるとともに安定して電力を出力することができる。その結果、複数の燃料電池ユニット220A～220D全体の発電効率を高めることができる。

【0007】

しかしながら、上記のような従来の構成では、燃料電池システムの運転時間が長くなるほど燃料電池スタックが劣化し、電圧が低下することが考慮されておらず、燃料電池システム全体として発電効率が高くなるように、各々の燃料電池ユニットの発電出力が均等になるように制御されている。

【0008】

各々の燃料電池ユニットの発電出力が均等になるように制御する場合、例えば、定格発電出力700Wの燃料電池ユニットを4台並列に接続し、電気機器が消費する消費電力が1200Wの場合においては、4台の燃料電池ユニットは各々300Wずつ発電する。この場合、4台全ての燃料電池ユニットが稼働することになり、燃料電池ユニット内の全ての燃料電池スタックが運転時間とともに電圧低下する。

10

【0009】

そのため、1つ目の燃料電池スタックが700W、2つ目の燃料電池スタックが500W、および、3つ目と4つ目の燃料電池スタックは稼働しない場合などに比べ、各々の燃料電池スタックの発電出力が均等になるように制御する場合には、全ての燃料電池スタックの電圧が低下し、燃料電池スタックに燃料ガスを供給する燃料ガス供給系（例えば、ガスボンベおよび昇圧器など）の能力の上限から、必要な燃料ガスが燃料電池スタックに供給されない。このため、燃料電池スタックの電流を上げられず、運転時間とともに最大発電出力が低下するという問題を有している。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2014-103092号公報

【発明の概要】

【0011】

本発明は、上記のような従来の課題を解決するもので、複数の燃料電池スタックが接続された燃料電池システムにおいて、運転時間とともに最大発電出力が低下することを抑制する燃料電池システムを提供する。

30

【0012】

具体的には、本発明の実施の形態の一例による燃料電池システムは、複数の燃料電池スタックが接続された燃料電池システムにおいて、目標発電出力を得るために必要最少台数の燃料電池スタックを稼働させるよう、複数の燃料電池スタックの稼働を制御する制御器を備える。

【0013】

このような構成によって、運転時間とともに電圧低下する燃料電池スタックの台数を最少とすることができ、目標発電出力に対し全ての燃料電池スタックを稼働させる場合に比べ、運転時間とともに最大発電出力が低下することを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0014】

【図1】図1は、本発明の実施の形態1における燃料電池システムの構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、本発明の実施の形態1における燃料電池システムの運転方法を示すフローチャートである。

【図3】図3は、本発明の実施の形態2における燃料電池システムの構成を示すブロック図である。

【図4】図4は、本発明の実施の形態2における燃料電池システムの運転方法を示すフローチャートである。

【図5】図5は、本発明の実施の形態3における燃料電池システムの運転方法を示すフロ

50

ーチャートである。

【図6】図6は、本発明の実施の形態4における燃料電池システムの運転方法を示すフローチャートである。

【図7】図7は、従来の燃料電池システムの構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。なお、この実施の形態によって本発明が限定されるものではない。

【0016】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1における燃料電池システムの構成を示すブロック図である。図1において、燃料電池システム100は、燃料ガス供給器1と、酸化ガス供給器2と、制御器3と、燃料ガス切換弁4A~4Nと、酸化ガス切換弁5A~5Nと、出力制御器6(出力制御器6A~6N)と、電気機器7と、燃料電池スタック10A~10Nとを備える。

【0017】

燃料ガス供給器1は、燃料ガスを燃料電池スタック10A~10Nへ供給する機器である。燃料ガス供給器1としては、例えば、所定の供給圧を有する燃料ガスインフラストラクチャが挙げられる。燃料ガスには、水素ガスが用いられる。

【0018】

酸化ガス供給器2は、酸化ガスを燃料電池スタック10A~10Nへ供給する酸化ガス流量を調整する機器であり、例えば、定容積型ポンプが用いられる。一般的に酸化ガスには、空気が用いられる。

【0019】

制御器3は、制御機能を有するものであればよく、演算処理部(図示せず)と、制御プログラムを記憶する記憶部(図示せず)とを備える。演算処理部としては、CPUが例示される。記憶部としては、メモリが例示される。

【0020】

燃料ガス切換弁4A~4Nは、燃料ガス供給器1から燃料電池スタック10A~10Nへ燃料ガスを供給する経路に夫々設置され、制御器3からの制御信号に従って夫々開閉される。燃料ガス切換弁4A~4Nは、経路の開閉を行えるものであればよく、例えば、電磁弁が挙げられる。

【0021】

酸化ガス切換弁5A~5Nは、酸化ガス供給器2から燃料電池スタック10A~10Nへ酸化ガスを供給する経路に夫々設置され、制御器3からの制御信号に従って夫々開閉される。酸化ガス切換弁5A~5Nは、経路の開閉を行えるものであればよく、例えば、電磁弁が用いられる。

【0022】

出力制御器6は、燃料電池スタック10A~10Nと電気機器7との間に設けられ、燃料電池スタック10A~10Nが発電した直流電力を交流電力に変換するためのDC/AC変換器(図示せず)を備えている。出力制御器6は、例えば、インバータで構成される。

【0023】

電気機器7は、例えば冷蔵庫および洗濯機などの電力消費機器であり、電気を使用する様々な機器が含まれ、出力制御器6から供給される交流電力を消費する機器であればよい。

【0024】

燃料電池スタック10A~10Nは、燃料ガス供給器1により供給される燃料ガスと、酸化ガス供給器2により供給される酸化ガスを用いて発電する。燃料電池スタックとしては、例えば、固体高分子型燃料電池が用いられる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 5 】

固体高分子型燃料電池の構成は、一般的に、MEA (Membrane Electrode Assembly) がセパレータで挟持された構造を有する。MEAは、一般的には、ガス拡散層、カソード触媒層、固体高分子電解質膜、アノード触媒層、およびガス拡散層が積層された構造を有する。電池反応は、触媒と、触媒を担持する担体と、アイオノマー (イオン伝導性高分子) とからなる触媒層において進行する。

【 0 0 2 6 】

燃料電池スタック 10A ~ 10N は、運転時間が長くなるほど劣化し、劣化により電圧が低下することが知られている。劣化の原因は、一般的に、大気中に含まれる不純物成分によるカソード触媒層の被毒、および、燃料ガスに含まれる不純物成分によるアノード触媒層の被毒による電極構造の変化などである。電極構造が変化すると、ガスの拡散性および生成水の排出性が低下して、電圧が低下する。

10

【 0 0 2 7 】

燃料電池スタック 10A ~ 10N の電圧が低下すると、燃料電池スタック 10A ~ 10N に燃料ガスを供給する燃料ガス供給器 1 の能力の上限から、必要な燃料ガスが燃料電池スタック 10A ~ 10N に供給されないため、燃料電池スタック 10A ~ 10N の電流を上げられず、運転時間とともに最大発電出力が低下する。

【 0 0 2 8 】

運転時間が長くなると、燃料電池スタック 10A ~ 10N は電圧低下する。この運転時間とは、燃料電池スタック 10A ~ 10N 夫々が発電している時間である。

20

【 0 0 2 9 】

ここで、複数の同一要素に対して付された参照符号について説明する。例えば「燃料電池スタック 10A ~ 10N」の場合、添え字の「A」, 「N」は、同一要素を互いに区別するために付したものであり、N個の燃料電池スタック 10 を備えていることを意味している。

【 0 0 3 0 】

以下の説明では、任意の燃料電池スタック 10 を示す場合には、添え字を省略して参照符号「10」のみを付し、「燃料電池スタック 10」と表記する。この場合、燃料電池スタック 10 は、1 台もしくは複数台を示す。

【 0 0 3 1 】

さらに、任意の燃料電池スタック 10 を互いに区別するため、燃料電池スタック 10 に添え字を「k」または「m」と付す。「k」と「m」は、任意の 1 ~ n の整数を意味する。

30

【 0 0 3 2 】

同様に、燃料ガス切換弁 4A ~ 4N は、N 個の燃料ガス切換弁 4 を備えていることを意味し、酸化ガス切換弁 5A ~ 5N は、N 個の酸化ガス切換弁 5 を備えていることを意味している。

【 0 0 3 3 】

以上のように構成された本実施の形態の燃料電池システム 100 について、以下その動作および作用を、図 2 を参照しながら説明する。

40

【 0 0 3 4 】

図 2 は、本発明の実施の形態 1 の燃料電池システム 100 の運転方法を示すフローチャートである。図 2 のフローチャートに示す動作 (ステップ) は、制御器 3 の制御によって実行される。

【 0 0 3 5 】

制御器 3 は、図 2 に示すように、燃料電池システム 100 に電源が投入された時点を、燃料電池システム 100 の運転のスタートとし、常時以下の動作を行う。

【 0 0 3 6 】

まず、制御器 3 は、電気機器 7 が消費する消費電力の変動に合わせ、燃料電池システム 100 が発電する目標発電出力を決定し、目標発電出力の変動を確認する (ステップ S 1

50

01)。目標発電出力の変動は発電時だけでなく、起動から発電に切り替えられる際にも、例えば、目標発電出力は0Wから200Wと変動する。

【0037】

ステップS101で制御器3が目標発電出力の変動を確認した場合(S101でYes)には、ステップS102に進む。

【0038】

ステップS102では、制御器3は、ステップS101で確認した目標発電出力に対して、可能な限り少ない稼働台数の燃料電池スタック10で目標発電出力が得られるように、燃料電池スタック10の稼働させる台数を算出する。すなわち、制御器3は、目標発電出力を得るために必要最少の燃料電池スタック10の台数を算出する。

10

【0039】

例えば、燃料電池システム100が、定格発電出力700Wの燃料電池スタック10A~10Dが4台並列に接続され、目標発電出力が1200Wの場合においては、1つ目の燃料電池スタック10の発電出力を700W、2つ目の燃料電池スタック10の発電出力を500Wとし、必要最少台数は2台と算出する。

【0040】

ステップS101で制御器3が目標発電出力の変動が無いことを確認した場合(S101でNo)には、ステップS101に戻り、ステップS101が繰り返される。

【0041】

次に、ステップS103では、制御器3は、現在発電している燃料電池スタック10の台数と、ステップS102で算出した燃料電池スタック10の台数を比較し、稼働させる燃料電池スタック10の台数に変更がある場合(S103でYes)には、ステップS104へ進む。

20

【0042】

ステップS104では、制御器3は、ステップS103で確認した燃料電池スタック10の稼働台数が増加するか確認し、増加する場合(S104でYes)には、ステップS105へ進む。

【0043】

ステップS105では、制御器3は、発電停止中の燃料電池スタック10の中で相対的に累積発電時間が短い燃料電池スタック10kを選択し、ステップS106へ進む。累積発電時間は、燃料電池スタック10が発電なしの初期の状態から、発電した発電時間の総和の時間のことである。

30

【0044】

ステップS106では、制御器3は、ステップS105で選択した燃料電池スタック10kを起動させるため、燃料ガス切換弁4kおよび酸化ガス切換弁5kを開放させ、ステップS107へ進む。

【0045】

ステップS107では、制御器3は、出力制御器6により電流を流すことを開始させ、ステップS101に戻る。ステップS101からステップS107の制御周期は、目標発電出力の変動の早さに応じて、設定されればよく、例えば、1秒とする。

40

【0046】

ステップS104で稼働させる燃料電池スタック10の台数が減少する場合(S104でNo)には、ステップS108へ進む。

【0047】

ステップS108では、制御器3は、発電中の燃料電池スタック10の中で相対的に累積発電時間が長い燃料電池スタック10mを選択し、ステップS109へ進む。

【0048】

ステップS109では、制御器3は、ステップS108で選択した燃料電池スタック10mを停止させるため、燃料ガス切換弁4mおよび酸化ガス切換弁5mを閉止させ、ステップS110へ進む。

50

【 0 0 4 9 】

ステップ S 1 1 0 では、制御器 3 は、出力制御器 6 により電流を流すことを停止させ、ステップ S 1 0 1 へ戻る。ステップ S 1 0 1 からステップ S 1 1 0 の制御周期は、目標発電出力の変動の早さに応じて、設定されればよく、例えば、1 秒とする。

【 0 0 5 0 】

以上説明したステップ S 1 0 1 からステップ S 1 1 0 の動作が燃料電池システム 1 0 0 において繰り返される。

【 0 0 5 1 】

以上のような構成（動作）により、本実施の形態における燃料電池システム 1 0 0 は、運転時間とともに電圧低下する燃料電池スタック 1 0 の台数を最少とすることができ、目標発電出力に対し全ての燃料電池スタック 1 0 を稼働させる場合に比べ、運転時間とともに最大発電出力が低下することを抑制することができる。

10

【 0 0 5 2 】

さらに、燃料電池スタック 1 0 の稼働台数を増やす場合には、発電停止中の燃料電池スタック 1 0 の内で相対的に累積発電時間が短い燃料電池スタック 1 0 から優先的に稼働させることにより、特定の燃料電池スタック 1 0 だけが極端に電圧低下することを防ぐことができる。

【 0 0 5 3 】

また、燃料電池スタック 1 0 の稼働台数を減らす場合には、発電中の燃料電池スタック 1 0 の内で相対的に累積発電時間が長い燃料電池スタック 1 0 から優先的に発電停止させることにより、特定の燃料電池スタック 1 0 だけが極端に電圧低下することを防ぐことができる。

20

【 0 0 5 4 】

なお、燃料ガス供給器 1 は、燃料ガスインフラに限られず、燃料ガスポンプまたは昇圧器および流量計により構成され、燃料ガスの流量を調整する機器でもよい。また、燃料ガスは、水素ガスに限られず、都市ガス等の炭化水素、および、メタノール等のアルコールが用いられてもよい。

【 0 0 5 5 】

燃料ガスが、都市ガス等の炭化水素、および、メタノール等のアルコールである場合には、燃料ガスを用いて改質反応により水素ガスを生成する改質部が燃料ガス供給器 1 と燃料ガス切替弁 4 A ~ 4 N との間に設けられていてもよい。

30

【 0 0 5 6 】

また、酸化ガス供給器 2 は、定容積型ポンプに限られず、昇圧器と流量計により構成されていてもよい。

【 0 0 5 7 】

さらに、制御器 3 は、集中制御を行う単独の制御器で構成されていてもよく、互いに協働して分散制御を行う複数の制御器で構成されていてもよい。

【 0 0 5 8 】

なお、出力制御器 6 は、図 1 に示すように、複数の燃料電池スタック 1 0 A ~ 1 0 N に対し 1 つだけ設けられてもよいし、複数の燃料電池スタック 1 0 A ~ 1 0 N に対し、各々設けられてもよい。一般的に、複数の燃料電池スタック 1 0 A ~ 1 0 N に対し、各々出力制御器 6 A ~ 6 N が設けられる方が、直流電力を交流電力に変換する効率が良い。

40

【 0 0 5 9 】

また、燃料電池スタック 1 0 A ~ 1 0 N は、固体高分子型燃料電池に限られず、他のいずれの種類であってもよく、例えば、固体酸化物形燃料電池および磷酸形燃料電池等が用いられる。なお、燃料電池スタックが、固体酸化物形燃料電池の場合は、改質部と燃料電池スタック 1 0 A ~ 1 0 N とが 1 つの容器内に内蔵されるよう構成される。

【 0 0 6 0 】

また、運転時間とは、燃料電池スタック 1 0 A ~ 1 0 N 夫々が発電している時間に限られず、燃料電池スタック 1 0 A ~ 1 0 N に酸化ガスが供給されている時間および燃料電池

50

スタック 10A ~ 10N に燃料ガスが供給されている時間などでもよい。

【0061】

なお、本実施の形態においては、制御器 3 は、燃料電池システム 100 に電源が投入された時点から燃料電池システム 100 の運転のスタートとしているが、これに限られず、燃料電池スタック 10 が発電を開始した時点からスタートとしてもよい。

【0062】

また、本実施の形態における燃料電池システム 100 は、燃料電池スタック 10A ~ 10N が並列に接続されているが、これに限られず、直列に接続されていてもよい。

【0063】

(実施の形態 2)

本発明の実施の形態 2 における燃料電池システムの構成について、図 3 を用いて説明する。図 3 は、本発明の実施の形態 2 における燃料電池システムの構成を示すブロック図である。なお、本実施の形態においては、実施の形態 1 と同様の構成要素については同一符号を付与し、その説明は本実施の形態では省略する。

【0064】

図 3 に示す本実施の形態の燃料電池システム 100 においては、燃料電池スタック 10 と、燃料ガス切換弁 4 と、酸化ガス切換弁 5 と、出力制御器 6 と、燃料電池ユニット制御器とを夫々 1 つずつ備える燃料電池ユニット 20 が複数 (燃料電池ユニット 20A ~ 20N) 接続されている点で実施の形態 1 と異なっている。

【0065】

燃料電池ユニット 20A ~ 20N は、直流電力を発生する燃料電池スタック 10A ~ 10N と、燃料電池スタック 10A ~ 10N からの直流電力を交流電力に変換する出力制御器 6A ~ 6N と、燃料電池スタック 10A ~ 10N の運転を制御する燃料電池ユニット制御器を夫々備える。燃料電池ユニット 20A ~ 20N はそれぞれ、制御器 3 の指令を受け、起動および停止を行う。

【0066】

一般的に、複数の燃料電池スタック 10A ~ 10N に対し、各々出力制御器 6A ~ 6N が設けられる方が、直流電力を交流電力に変換する効率が良いため、出力制御器 6A ~ 6N でのエネルギーロスを小さくすることができる。

【0067】

ここで、複数の同一要素に対して付された参照符号について説明する。例えば「燃料電池ユニット 20A ~ 20N」の場合、添え字の「A」, 「N」は同一要素を互いに区別するために付したものであり、N 個の燃料電池ユニット 20 を備えていることを意味している。

【0068】

以下の説明では、任意の燃料電池ユニット 20 を示す場合には、添え字を省略して参照符号「20」のみを付し、「燃料電池ユニット 20」と表記する。この場合、燃料電池ユニット 20 は、1 台もしくは複数台を示す。さらに、任意の燃料電池ユニット 20 それぞれを区別するため、燃料電池ユニット 20 に添え字を「k」または「m」と付す。「k」と「m」は任意の 1 ~ n の整数を意味する。

【0069】

同様に、燃料ガス切換弁 4A ~ 4N は、N 個の燃料ガス切換弁 4 を備えていることを意味し、酸化ガス切換弁 5A ~ 5N は、N 個の酸化ガス切換弁 5 を備えていることを意味している。さらに、出力制御器 6A ~ 6N は、N 個の出力制御器 6 を備えていることを意味し、燃料電池スタック 10A ~ 10N は、N 個の燃料電池スタック 10 を備えていることを意味している。

【0070】

本実施の形態における燃料電池システム 100 を構成する各機器の動作は、実施の形態 1 と同様であるため、実施の形態 1 と同様の構成要素については同一符号を付与し、説明を省略する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 1 】

本実施の形態の燃料電池システム 1 0 0 が実施の形態 1 と異なる点は、制御器 3 が、発電中で累積発電時間が最も長い燃料電池ユニット 2 0 の累積発電時間と、発電停止中で累積発電時間が最も短い燃料電池ユニット 2 0 の累積発電時間との差が、所定値以上になると、発電中で累積発電時間が最も長い燃料電池ユニット 2 0 を停止させながら、発電停止中で累積発電時間が最も短い燃料電池ユニット 2 0 を発電させ、発電出力が維持されるよう制御することである。

【 0 0 7 2 】

以上のように構成された本実施の形態の燃料電池システム 1 0 0 について、以下その動作および作用を、図 4 を参照しながら説明する。

10

【 0 0 7 3 】

図 4 は、本実施の形態の燃料電池システム 1 0 0 の運転方法を示すフローチャートである。図 4 のフローチャートに示す動作（ステップ）は、制御器 3 の制御によって実行される。制御器 3 は、例えば、図 4 に示すように、燃料電池システム 1 0 0 に電源が投入された時点を、燃料電池システム 1 0 0 の運転のスタートとし、常時以下の動作を行う。

【 0 0 7 4 】

まず、制御器 3 は、燃料電池ユニット 2 0 A ~ 2 0 N のうち少なくとも 1 台が発電中か否かを確認する（ステップ S 2 0 1 ）。

【 0 0 7 5 】

ステップ S 2 0 1 で制御器 3 が、燃料電池ユニット 2 0 A ~ 2 0 N のうち少なくとも 1 台が発電中であることを確認した場合（S 2 0 1 で Y e s ）には、ステップ S 2 0 2 に進む。

20

【 0 0 7 6 】

ステップ S 2 0 1 で制御器 3 が、燃料電池ユニット 2 0 A ~ 2 0 N が発電していないことを確認した場合（S 2 0 1 で N o ）には、ステップ S 2 0 1 に戻る。

【 0 0 7 7 】

ステップ S 2 0 2 では、制御器 3 は、発電中の燃料電池ユニット 2 0 の中で最も長い累積発電時間（ T_k ）と、発電停止中の燃料電池ユニット 2 0 の中で最も短い累積発電時間（ T_m ）とを確認し、ステップ S 2 0 3 へ進む。

【 0 0 7 8 】

燃料電池システム 1 0 0 が、定格発電出力 7 0 0 W の燃料電池ユニット 2 0 A ~ 2 0 D が 4 台並列に接続されて構成されている場合、制御器 3 は、燃料電池ユニット 2 0 A ~ 2 0 D 夫々の累積発電時間を確認する。例えば、燃料電池ユニット 2 0 A は 4 9 0 時間、燃料電池ユニット 2 0 B は 4 8 0 時間、燃料電池ユニット 2 0 C は、4 7 8 時間、および、燃料電池ユニット 2 0 D は 4 9 0 時間と確認する。また、制御器 3 は、発電中の燃料電池ユニット 2 0 の中で最も長い累積発電時間（ $T_k = 4 9 0$ 時間）の燃料電池ユニット 2 0 k を、燃料電池ユニット 2 0 A または 2 0 D とし、発電停止中の燃料電池ユニット 2 0 の中で最も短い累積発電時間（ $T_m = 4 7 8$ 時間）の燃料電池ユニット 2 0 m を、燃料電池ユニット 2 0 C とする。

30

【 0 0 7 9 】

ステップ S 2 0 3 では、制御器 3 は、発電中の燃料電池ユニット 2 0 の中で最も長い累積発電時間（ T_k ）と、発電停止中の燃料電池ユニット 2 0 の中で最も短い累積発電時間（ T_m ）との差（ $T_k - T_m$ ）が、所定値 T_1 以上になるか否かを確認し、累積発電時間の差（ $T_k - T_m$ ）が所定値 T_1 以上になる場合、ステップ S 2 0 4 へ進む。

40

【 0 0 8 0 】

目標発電出力を得るために、稼働させる燃料電池ユニット 2 0 の台数の増減に関わらず、同じ燃料電池ユニット 2 0 が継続して発電を長時間行う場合、特定の燃料電池ユニット 2 0 の累積発電時間は長くなり、極端に電圧が低下してしまう。

【 0 0 8 1 】

一度発電を開始させて発電を停止させるまでの燃料電池ユニット 2 0 の連続発電時間は

50

、燃料電池スタック10が固体高分子型燃料電池の場合、一般的に24時間であるが、固体酸化物形燃料電池の場合、1000時間以上になることもある。

【0082】

このように、用いられる燃料電池スタック10の種類および燃料電池システム100の運転方法によって、適切な所定値T1は異なるため、用いられる燃料電池スタック10の種類および燃料電池システム100の運転方法等によって、所定値T1は設定されればよく、例えば、 $T1 = 12$ 時間と設定される。

【0083】

本実施の形態においては、発電中の燃料電池ユニット20の中で最も長い累積発電時間 ($T_k = 490$ 時間)の燃料電池ユニット20kは燃料電池ユニット20Aまたは20D、および、発電停止中の燃料電池ユニット20の中で最も短い累積発電時間 ($T_m = 478$ 時間)の燃料電池ユニット20mは燃料電池ユニット20Cであるため、累積発電時間の差 ($T_k - T_m) = 12$ 時間となる。よって、所定値 $T1 = 12$ 時間と設定されている場合は、累積発電時間の差 ($T_k - T_m$)が所定値T1以上になるので、ステップS204へ進む。

10

【0084】

ステップS203で制御器3が累積発電時間の差 ($T_k - T_m$)が所定値T1未満になることを確認した場合 (S201でNo)には、ステップS201に戻る。ステップS201からステップS203の制御周期は、例えば、1秒とする。

【0085】

ステップS204では、制御器3は、発電中の燃料電池ユニット20の中で最も長い累積発電時間 (T_k)の燃料電池ユニット20kの発電出力を5W下げ、発電中の燃料電池ユニット20の中で最も長い累積発電時間 (T_k)の燃料電池ユニット20kの発電出力を下げる前と同じ発電出力を得られるように、発電停止中の燃料電池ユニット20の中で最も短い累積発電時間 (T_m)の燃料電池ユニット20mを発電させ、発電出力を5W上げ、ステップS205へ進む。

20

【0086】

燃料電池ユニット20mを発電させる際は、燃料電池ユニット制御器は、燃料ガス切替弁4mと酸化ガス切替弁5mとを開放し、出力制御器6mにより電流を流すことを開始する。

30

【0087】

ここで、発電停止中の燃料電池ユニット20の中で最も短い累積発電時間 (T_m)の燃料電池ユニット20mの最小発電出力が、例えば200Wの場合、200Wから発電開始となり、燃料電池システム100の発電出力が、目標発電出力を越えてしまう。

【0088】

そのため、制御器3は、発電中の燃料電池ユニット20の中で最も長い累積発電時間 (T_k)の燃料電池ユニット20kの発電出力が、200W分下がった後に、発電停止中の燃料電池ユニット20の中で最も短い累積発電時間 (T_m)の燃料電池ユニット20mの発電出力を200W上げる。このとき、一時的に発電出力が200W分下がるため、商業用電源などから電力供給してもよい。

40

【0089】

ステップS205では、制御器3は、発電中の燃料電池ユニット20の中で最も長い累積発電時間 (T_k)の燃料電池ユニット20kの発電出力が0Wになっているかを確認し、0Wの場合 (S205でYes)には、ステップS201に戻る。

【0090】

ステップS205で制御器3が、発電中の燃料電池ユニット20の中で最も長い累積発電時間 (T_k)の燃料電池ユニット20kの発電出力が0Wになっていないことを確認した場合 (S205でNo)には、ステップS204に戻る。

【0091】

ステップS204からステップS205の制御周期は、燃料電池ユニット20が発電出

50

力の増減量に十分対応できる値に設定されればよく、例えば、1秒とする。

【0092】

以上のような構成により、本実施の形態における燃料電池システム100は、燃料電池ユニット20の稼働台数の増減に関わらず、特定の燃料電池ユニット20だけが極端に電圧低下することを防ぐことができる。

【0093】

さらに、上記のような構成により、本実施の形態における燃料電池システム100は、発電中で累積発電時間が最も長い燃料電池ユニット20と、発電停止中で累積発電時間が最も短い燃料電池ユニット20とが切り替えられるときに、切り替えられる前と同じ発電出力が維持されることができ、安定した発電出力を供給することができる。

10

【0094】

なお、制御器3は、燃料電池システム100に電源が投入された時点から燃料電池システム100の運転のスタートとしたが、これに限られず、燃料電池スタック10A~10Nが発電を開始した時点からスタートとしてもよい。

【0095】

また、本実施の形態では、累積発電時間の差($T_k - T_m$)が所定値 T_1 以上になる場合としているが、これに限られず、累積発電時間の比 T_k / T_m が所定値 T_2 以上になる場合としてもよい。この場合、例えば $T_2 = 1.1$ と設定する。

【0096】

さらに、ステップS201からステップS203の制御周期は、1秒としたが、これに限られず、1時間に一回、累積発電時間の差($T_k - T_m$)が所定値 T_1 以上になるか確認する構成としてもよい。

20

【0097】

なお、ステップS204で、発電出力の増減は5Wずつとしているが、これに限られず、燃料電池ユニット20が発電出力の増減に十分対応できる値に設定されればよい。

【0098】

また、発電中の燃料電池ユニット20の中で最も長い累積発電時間(T_k)の燃料電池ユニット20kと、発電停止中の燃料電池ユニット20の中で最も短い累積発電時間(T_m)の燃料電池ユニット20mとの切り替えを行う際に、過渡的に発電中の燃料電池ユニット20の台数が増加するが、これは一時的なものとする。

30

【0099】

さらに、ステップS204で、発電停止中の燃料電池ユニット20の中で最も短い累積発電時間(T_m)の燃料電池ユニット20mの発電出力を、例えば最小発電出力の200Wに上げた後、発電中の燃料電池ユニット20の中で最も長い累積発電時間(T_k)の燃料電池ユニット20kの発電出力を200W分下げてもよいが、一時的に発電出力が200W分上がるため、この場合、燃料電池システム100の内部で、増加した発電出力200Wを、例えばヒータなどにより消費する。

【0100】

なお、本実施の形態における燃料電池システム100は、複数の燃料電池ユニット20A~20Nが接続されている燃料電池システム100を例としているが、これに限られず、複数の燃料電池スタック10A~10Nが接続されている燃料電池システムでもよい。

40

【0101】

(実施の形態3)

本発明の実施の形態3における燃料電池システムの構成について説明する。本発明の実施の形態3における燃料電池システム100を構成する各機器は、実施の形態1の燃料電池システム100と同様であるため、実施の形態1と同様の構成要素については同一符号を付与し、その説明はここでは省略する。

【0102】

本発明の実施の形態3の燃料電池システム100が実施の形態1および実施の形態2と異なる点は、制御器3が、燃料電池スタック10A~10Nの稼働台数を増やす場合には

50

、発電停止中の燃料電池スタック10A～10Nの中で前回発電時の電圧が相対的に高い燃料電池スタック10A～10Nから優先的に稼働させ、燃料電池スタック10A～10Nの稼働数を減らす場合には、発電中の燃料電池スタック10A～10Nの中で電圧が相対的に低い燃料電池スタック10A～10Nから優先的に発電停止させる点である。

【0103】

本実施の形態の燃料電池システム100は、発電中の燃料電池スタック10A～10Nそれぞれの両端の電圧を検出する検出部と、燃料電池スタック10A～10Nそれぞれの両端の電圧の電圧履歴を記憶する記憶部とを備える。

【0104】

以上のように構成された燃料電池システム100について、以下その動作および作用を、図5を参照しながら説明する。

10

【0105】

図5は、本実施の形態の燃料電池システム100の運転方法を示すフローチャートである。図5のフローチャートに示す動作(ステップ)は、制御器3の制御によって実行される。

【0106】

図5に示すように、制御器3は、燃料電池システム100に電源が投入された時点を燃料電池システム100の運転のスタートとし、常時以下の動作を行う。

【0107】

まず、制御器3は、電気機器7が消費する消費電力の変動に合わせ、燃料電池システム100が発電する目標発電出力を決定し、目標発電出力の変動を確認する(ステップS301)。目標発電出力の変動は発電時だけでなく、起動から発電に切り替えられる際にも、例えば、目標発電出力は0Wから200Wと変動する。

20

【0108】

ステップS301で制御器3が目標発電出力の変動を確認した場合(S301でYes)には、ステップS302に進む。

【0109】

ステップS302では、制御器3は、ステップS301で確認した目標発電出力に対して、可能な限り少ない台数の燃料電池スタック10で目標発電出力が得られるように、稼働させる燃料電池スタック10の台数を算出する。すなわち、目標発電出力を得るために必要最少の燃料電池スタック10の台数を算出する。

30

【0110】

例えば、燃料電池システム100が、定格発電出力700Wの燃料電池スタック10が4台並列に接続されて構成されており、目標発電出力が1200Wの場合においては、1つ目の燃料電池スタック10の発電出力を700W、2つ目の燃料電池スタック10の発電出力を500Wとして、目標発電出力を得るために稼働させる必要がある燃料電池スタック10の台数(必要最少台数)を2台と算出する。

【0111】

ステップS301で制御器3が目標発電出力の変動が無いことを確認した場合(S301でNo)には、ステップS301に戻る。

40

【0112】

次に、ステップS303では、制御器3は、現在発電している燃料電池スタック10の台数と、ステップS302で算出した燃料電池スタック10の台数を比較し、台数に変更がある場合(S303でYes)には、ステップS304へ進む。

【0113】

ステップS304では、制御器3は、ステップS303で確認した燃料電池スタック10の台数が増加するか確認し、増加する場合(S304でYes)には、ステップS305へ進む。

【0114】

ステップS305では、制御器3は、記憶部の電圧履歴を参照し、発電停止中の燃料電

50

池スタック 10 の内で前回発電時の電圧が相対的に高い燃料電池スタック 10 k を選択した後、ステップ S 306 へ進む。

【0115】

前回発電時の電圧としては、前回発電時の電圧の平均値が用いられてもよいし、停止する前のある瞬間値が用いられてもよいが、一般的に、電圧は、発電出力の大きさにより異なり、低発電出力（例えば 200 W）の方が高発電出力（例えば 700 W）に比べ、高いため、前回発電時の電圧を比較するときには、同じ発電出力における電圧を比較することが好ましい。

【0116】

また、前回発電時の電圧が相対的に高い燃料電池スタック 10 k とは、前回発電時の電圧の平均値（電圧の平均値とは、所定の時間当たり（例えば数秒～数十秒）における電圧の平均値をいう。）が他の燃料電池スタック 10 より高い燃料電池スタック 10、発電を停止する前のある瞬間の電圧値が他の燃料電池スタック 10 より高い燃料電池スタック 10、前回発電時の発電出力が同じ発電出力（例えば 200 W）の燃料電池スタック 10 同士の電圧で比較したとき、電圧の平均値が他の燃料電池スタック 10 より高い燃料電池スタック 10、および、前回発電時の発電出力が同じ発電出力（例えば 200 W）の燃料電池スタック 10 同士の電圧を比較したとき、発電を停止する前のある瞬間の電圧値がより高い方の燃料電池スタック 10 などを意味する。

10

【0117】

ステップ S 306 では、制御器 3 は、ステップ S 305 で選択した燃料電池スタック 10 k を起動させるため、燃料ガス切換弁 4 k と酸化ガス切換弁 5 k を開放させ、ステップ S 307 へ進む。

20

【0118】

ステップ S 307 では、制御器 3 は、出力制御器 6 により電流を流すことを開始させ、ステップ S 301 へ戻る。ステップ S 301 からステップ S 307 の制御周期は、目標発電出力の変動の早さに応じて、設定されればよく、例えば、1 秒とする。

【0119】

ステップ S 304 で燃料電池スタック 10 の台数が減少する場合（S 304 で No）には、ステップ S 308 へ進む。

【0120】

ステップ S 308 では、制御器 3 は、検出部が検出する電圧を参照し、発電中の燃料電池スタック 10 の内で電圧が相対的に低い燃料電池スタック 10 m を選択した後、ステップ S 309 へ進む。

30

【0121】

検出する電圧としては、発電中の電圧の平均値が用いられてもよいし、発電中の電圧のある瞬間値が用いられてもよいが、一般的に、電圧は、発電出力の大きさにより異なり、低発電出力（例えば 200 W）の方が高発電出力（例えば 700 W）に比べ、高いため、検出した電圧を比較するときには、同じ発電出力における電圧を比較することが好ましい。

【0122】

また、検出した電圧が相対的に低い燃料電池スタック 10 m とは、例えば、発電中の電圧の平均値が発電中の他の燃料電池スタック 10 より低い燃料電池スタック 10、発電中の電圧のある瞬間値が発電中の他の燃料電池スタック 10 より低い燃料電池スタック 10、発電中の同じ発電出力（例えば 200 W）の燃料電池スタック 10 のうち、発電中の電圧の平均値が発電中の他の燃料電池スタック 10 より低い燃料電池スタック 10、および、発電中の同じ発電出力（例えば 200 W）の燃料電池スタック 10 のうち、発電中の電圧のある瞬間値がより低い燃料電池スタック 10 などを意味する。

40

【0123】

ステップ S 309 では、制御器 3 は、ステップ S 308 で選択した燃料電池スタック 10 m を停止するため、燃料ガス切換弁 4 m と酸化ガス切換弁 5 m を閉止させ、ステップ S

50

310へ進む。

【0124】

ステップS310では、制御器3は、出力制御器6により電流を流すことを停止させ、ステップS301へ戻る。ステップS301からステップS310の制御周期は、目標発電出力の変動の早さに応じて、設定されればよく、例えば、1秒とする。

【0125】

これら、ステップS301からステップS310までの処理が繰り返される。

【0126】

以上のような構成により、本実施の形態における燃料電池システム100は、運転時間とともに電圧低下する燃料電池スタック10の台数を最少とすることができ、目標発電出力に対し全ての燃料電池スタック10を稼働させる場合に比べ、運転時間とともに最大発電出力が低下することを抑制することができる。

10

【0127】

さらに、本実施の形態における燃料電池システム100は、燃料電池スタック10の稼働台数を増やす場合には、発電停止中の燃料電池スタック10の中で前回発電時の電圧が相対的に高い燃料電池スタック10から優先的に稼働させるよう構成されており、累積発電時間ではなく、前回発電時の電圧を基に、稼働させる燃料電池スタック10が選択されるため、より確実に電圧低下の小さい燃料電池スタックから発電させることができる。

【0128】

また、燃料電池スタック10の稼働台数を減らす場合には、発電中の燃料電池スタック10の中で電圧が相対的に低い燃料電池スタック10から優先的に発電停止させるよう構成されているため、より確実に電圧低下の大きい燃料電池スタック10から停止させることができる。

20

【0129】

なお、本実施の形態では、制御器3は、燃料電池スタック10A～10Nそれぞれの両端の電圧を検出し、記憶部から前回発電時の電圧を参照しているが、これに限られず、燃料電池スタック10A～10Nそれぞれの単セル電圧を検出し、前回発電時の単セル電圧を参照してもよい。

【0130】

また、制御器3は、燃料電池システム100に電源が投入された時点が燃料電池システム100の運転のスタートとしているが、これに限られず、燃料電池スタック10A～10Nが発電を開始した時点がスタートとしてもよい。

30

【0131】

さらに、本実施の形態における燃料電池システム100は、複数の燃料電池スタック10A～10Nが接続されている燃料電池システム100を例としているが、これに限られず、燃料電池スタック10A～10Nおよび出力制御器6A～6Nを含む燃料電池ユニット20A～20Nが複数接続されている燃料電池システムでもよい。

【0132】

(実施の形態4)

本発明の実施の形態4における燃料電池システム100を構成する各機器は、実施の形態1と同様であるため、実施の形態1と同様の構成要素については同一符号を付与し、その説明はここでは省略する。

40

【0133】

本発明の実施の形態4における燃料電池システム100が実施の形態1～実施の形態3と異なる点は、制御器3が、発電中で最も電圧が低い燃料電池スタック10A～10Nの電圧と、発電停止中で前回発電時の電圧が最も高かった燃料電池スタック10A～10Nの前回発電時の電圧との差が、所定値以上になると、発電中で最も電圧が低い燃料電池スタック10A～10Nを停止させながら、発電停止中で前回発電時の電圧が最も高かった燃料電池スタック10A～10Nを発電させて、発電出力を維持させる点である。

【0134】

50

本実施の形態の燃料電池システム100においては、制御器3は、発電中の燃料電池スタック10A~10Nそれぞれの両端の電圧を検出する検出部と、燃料電池スタック10A~10Nそれぞれの両端の電圧の電圧履歴を記憶する記憶部とを備える。

【0135】

以上のように構成された本実施の形態の燃料電池システム100について、以下その動作および作用を、図6を参照しながら説明する。

【0136】

図6は、本発明の実施の形態4の燃料電池システム100の運転方法を示すフローチャートである。図6のフローチャートに示す動作(ステップ)は、制御器3の制御によって実行される。

10

【0137】

図6に示すように、制御器3は、燃料電池システム100に電源が投入された時点を燃料電池システム100の運転のスタートとし、常時以下の動作を行う。

【0138】

まず、制御器3は、燃料電池スタック10が発電中か否かを確認する(ステップS401)。

【0139】

ステップS401で制御器3が、燃料電池スタック10が発電中であることを確認した場合(S401でYes)には、ステップS402に進む。

【0140】

ステップS401で、燃料電池スタック10が発電していない場合(S401でNo)には、ステップS401に戻り、ステップS401が繰り返される。

20

【0141】

ステップS402では、制御器3は、発電中の燃料電池スタック10の中で最も低い電圧(V_k)と、発電停止中の燃料電池スタック10の中で最も高い前回発電時の電圧(V_m)とを確認し、ステップS403へ進む。

【0142】

ステップS403では、制御器3は、発電中の燃料電池スタック10の中で最も低い電圧(V_k)と、発電停止中の燃料電池スタック10の中で最も高い前回発電時の電圧(V_m)の差($V_m - V_k$)が、所定値 V_1 以上になるか否かを確認し、電圧の差($V_m - V_k$)が所定値 V_1 以上になる場合、ステップS404へ進む。

30

【0143】

一般的に、電圧は、発電出力の大きさにより異なり、低発電出力(例えば200W)の方が高発電出力(例えば700W)に比べ、高いため、電圧の差($V_m - V_k$)を算出するときには、同じ発電出力における電圧を比較するのが好ましい。

【0144】

したがって、ステップS403では、制御器3は、例えば、発電出力200Wで発電中の燃料電池スタック10の中で最も低い電圧(V_k)と、発電停止中の燃料電池スタック10の中で前回発電時の発電出力が200Wの燃料電池スタック10の電圧(V_m)との差($V_m - V_k$)を算出する。

40

【0145】

所定値 V_1 は、用いられる燃料電池スタック10の種類によって、適切な所定値 V_1 は異なるため、用いられる燃料電池スタック10の種類に応じて、所定値 V_1 は設定されればよいが、例えば、固体高分子型燃料電池の場合、 $V_1 = 0.1$ (V)と設定される。

【0146】

ステップS403で電圧の差($V_m - V_k$)が所定値 V_1 未満の場合(S201でNo)には、S401に戻る。ステップS401からステップS403の制御周期は、例えば1秒とする。

【0147】

ステップS404では、制御器3は、発電中の燃料電池スタック10の中で最も低い電

50

圧 (V_k) の燃料電池スタック 10 k の発電出力を燃料電池スタック 10 k の発電可能な最小発電出力 (例えば、200 W) まで下げ、発電停止中の燃料電池スタック 10 の中で最も高い前回発電時の電圧 (V_m) を有する燃料電池スタック 10 m を 200 W まで発電させ、ステップ S 405 へ進む。

【0148】

燃料電池スタック 10 m を発電させる際には、制御器 3 は、燃焼ガス切替弁 4 m と酸化ガス切替弁 5 m とを開放させ、出力制御器 6 により電流を流すことを開始させる。

【0149】

ステップ S 405 では、制御器 3 は、燃料電池スタック 10 k の発電出力が、燃料電池スタック 10 k が発電可能な最小発電出力である 200 W まで低下しているか確認し、燃料電池スタック 10 k の発電出力が、200 W まで低下している場合 (S 405 で Yes) には、ステップ S 406 へ進む。

10

【0150】

ステップ S 405 で、制御器 3 が、燃料電池スタック 10 k の発電出力が、燃料電池スタック 10 k の発電可能な最小発電出力である 200 W まで低下していないことを確認した場合 (S 405 で No) には、ステップ S 404 に戻る。

【0151】

ステップ S 406 では、制御器 3 は、燃料電池スタック 10 k を停止し、ステップ S 407 へ進む。燃料電池スタック 10 k を停止させる際には、燃料ガス切替弁 4 k と酸化ガス切替弁 5 k とを閉止させ、出力制御器 6 により電流を流すことを停止させる。

20

【0152】

ステップ S 407 では、制御器 3 は、発電停止中の燃料電池スタック 10 の中で最も高い前回発電時の電圧 (V_m) を有する燃料電池スタック 10 m の発電出力が、燃料電池スタック 10 k の発電出力を下げる前と同じ発電出力を得られるように、発電出力を、例えば 10 W 上げ、ステップ S 405 へ進む。

【0153】

ステップ S 408 では、制御器 3 は、燃料電池スタック 10 m の発電出力が、燃料電池スタック 10 k の発電出力を下げる前の発電出力と同じになるか確認し、同じ場合 (S 408 で Yes) には、ステップ S 401 へ戻る。

【0154】

ステップ S 409 で、制御器 3 が、燃料電池スタック 10 m の発電出力が、燃料電池スタック 10 k の発電出力を下げる前の発電出力と同じではないことを確認した場合 (S 408 で No) には、ステップ S 407 に戻る。

30

【0155】

ステップ S 407 からステップ S 408 の制御周期は、燃料電池スタック 10 が発電出力の増減量に十分対応できる値に設定されればよく、例えば、1 秒とする。

【0156】

以上のような構成により、本実施の形態における燃料電池システム 100 は、燃料電池スタック 10 の稼働台数の増減に関わらず、特定の燃料電池スタック 10 だけが極端に電圧低下することを防ぐことができる。さらに、発電中の燃料電池スタック 10 の中で最も電圧が低い燃料電池スタック 10 と、発電停止中の燃料電池スタック 10 の中で前回発電時の電圧が最も高かった燃料電池スタック 10 を切り替えるときに、切り替える前と同じ発電出力が維持されることができ、安定した発電出力を供給することができる。

40

【0157】

なお、本実施の形態では、燃料電池スタック 10 A ~ 10 N それぞれの両端の電圧を検出し、記憶部から前回発電時の電圧を参照しているが、これに限られず、燃料電池スタック 10 A ~ 10 N それぞれの単セル電圧を検出し、前回発電時の単セル電圧を参照してもよい。

【0158】

また、ステップ S 403 では、電圧の差 ($V_m - V_k$) が所定値 V_1 以上になる場合と

50

しているが、これに限られず、電圧の比 V_m / V_k が所定値 V_2 以上になる場合としてもよい。この場合、例えば $V_2 = 1.007$ と設定する。

【0159】

さらに、発電中の燃料電池スタック10の中で最も低い電圧 (V_k) の燃料電池スタック10kと、発電停止中の燃料電池スタック10の中で最も高い前回発電時の電圧 (V_m) の燃料電池スタック10mの切り替えを行う際に、過渡的に発電中の燃料電池スタック10の台数が増加するが、これは一時的なものとする。

【0160】

なお、制御器3は、例えば、燃料電池システム100に電源が投入された時点が燃料電池システム100の運転のスタートとしているが、これに限られず、燃料電池スタック10A~10Nが発電を開始した時点がスタートとしてもよい。

10

【0161】

また、ステップS401からステップS403の制御周期は、例えば1秒とするが、これに限られず、1時間に一回、電圧の差 ($V_m - V_k$) が所定値 V_1 以上になるか確認してもよい。

【0162】

さらに、ステップS408で、制御器3は、燃料電池スタック10mの発電出力が、燃料電池スタック10kの発電出力を下げる前の発電出力と同じになるか確認しているが、これに限られず、制御器3は、現在の目標発電出力に合わせ、燃料電池スタック10mの発電出力を決定してもよい。

20

【0163】

なお、ステップS405で、発電出力の増加量を10Wずつとしているが、これに限られず、燃料電池スタック10が発電出力の増減に十分対応できる値に設定されればよい。

【0164】

さらに、ステップS404からステップS408において、燃料電池システム100は、燃料電池スタック10kの発電出力を下けている間、燃料電池システム100の発電出力が一時的に下がるため、不足の発電出力を商業用電源などから電力供給してもよい。

【0165】

また、発電停止中の燃料電池スタック10の中で最も高い前回発電時の電圧 (V_m) の燃料電池スタック10mを発電させ、発電出力を最小発電出力 (例えば200W) に上げた後、発電中の燃料電池スタック10の中で最も低い電圧 (V_k) の燃料電池スタック10kの発電出力を200W分下げてもよいが、一時的に発電出力が200W分上がるため、この場合、燃料電池システム100の内部で、例えば、増加した発電出力200Wをヒータなどにより消費する。

30

【0166】

さらに、本実施の形態における燃料電池システム100は、複数の燃料電池スタック10A~10Nが接続されている燃料電池システム100を例としているが、これに限られず、燃料電池スタック10A~10Nおよび出力制御器6A~6Nを含む燃料電池ユニット20A~20Nが複数接続されている燃料電池システムでもよい。

【0167】

以上、本発明について、実施の形態1~実施の形態4において例示説明したが、本発明は、上記の実施の形態1~実施の形態4それぞれに例示された実施の形態が互いに独立して成立する構成に限られず、実施の形態1~実施の形態4に例示された実施の形態が組み合わせられて成立する構成も含む。例えば、燃料電池システム100は、実施の形態1および実施の形態3それぞれに例示された制御を組み合わせることで燃料電池スタックの運転台数を決定することができる。この場合、例えば、実施の形態1に例示したような累積発電時間に基づく制御、および、実施の形態3に例示したような前回発電時の電圧に基づく制御に基づいて、それぞれの重み付けから燃料電池スタックの運転台数を決定できるよう構成されていてもよい。

40

【0168】

50

以上説明したように、本発明の実施の形態の一例による燃料電池システムは、複数の燃料電池スタックが接続された燃料電池システムであって、目標発電出力を得るために、稼働させる複数の燃料電池スタックの台数が最少となるように燃料電池スタックを稼働させる制御器を備える。

【0169】

このような構成により、運転時間とともに電圧低下する燃料電池スタックの台数を最少とすることができ、目標発電出力を得るために全ての燃料電池スタックを稼働させる場合に比べ、運転時間とともに最大発電出力が低下することを抑制することができる。

【0170】

また、本発明の実施の形態の一例による燃料電池システムは、制御器が、稼働させる燃料電池スタックの台数を増やす場合には、発電停止中の燃料電池スタックの中で相対的に累積発電時間が短い燃料電池スタックから優先的に稼働させるよう構成されていてもよい。このような構成により、特定の燃料電池スタックだけが極端に電圧低下することを防ぐことができる。

10

【0171】

また、本発明の実施の形態の一例による燃料電池システムは、制御器が、稼働させる燃料電池スタックの台数を減らす場合には、発電中の燃料電池スタックの中で相対的に累積発電時間が長い燃料電池スタックから優先的に発電停止させるよう構成されていてもよい。このような構成により、特定の燃料電池スタックだけが極端に電圧低下することを防ぐことができる。

20

【0172】

また、本発明の実施の形態の一例による燃料電池システムは、制御器が、発電中の燃料電池スタックの累積発電時間と、発電停止中の燃料電池スタックと累積発電時間との差が、所定値以上のとき、発電停止中の燃料電池スタックを発電させ、発電中の燃料電池スタックを停止させるよう構成されていてもよい。このような構成により、燃料電池スタックの稼働台数の増減に関わらず、特定の燃料電池スタックだけが極端に電圧低下することを防ぐことができる。

【0173】

また、本発明の実施の形態の一例による燃料電池システムは、制御器が、発電中の燃料電池スタックの累積発電時間と、発電停止中の燃料電池スタックの累積発電時間との差が、所定値以上のとき、発電中で累積発電時間が最も長い燃料電池スタックを停止させながら、発電停止中で累積発電時間が最も短い燃料電池スタックを発電させ、発電出力が維持されるよう構成されていてもよい。このような構成により、発電中で累積発電時間が最も長い燃料電池スタックと、発電停止中で累積発電時間が最も短い燃料電池スタックを切り替えるときに、切り替える前と同じ発電出力が維持されることができ、安定した発電出力を供給することができる。

30

【0174】

また、本発明の実施の形態の一例による燃料電池システムは、稼働させる燃料電池スタックの台数を増やす場合には、制御器が、発電停止中の燃料電池スタックの中で前回発電時の電圧が相対的に高い燃料電池スタックから優先的に稼働させるよう構成されていてもよい。このような構成により、制御器は、燃料電池スタックの稼働数を増やす場合に、新たに稼働させる燃料電池スタックを、累積発電時間ではなく、前回発電時の電圧を基に選択するため、より確実に電圧低下の小さい燃料電池スタックから発電させることができる。

40

【0175】

また、本発明の実施の形態の一例による燃料電池システムは、稼働させる燃料電池スタックの台数を減らす場合には、制御器が、発電中の燃料電池スタックの中で電圧が相対的に低い燃料電池スタックから優先的に発電停止させるよう構成されていてもよい。このような構成により、より確実に電圧低下の大きい燃料電池スタックから停止することができる。

50

【 0 1 7 6 】

また、本発明の実施の形態の一例による燃料電池システムは、制御器が、発電中で最も電圧が低い燃料電池スタックの電圧と、発電停止中で前回発電時の電圧が最も高かった燃料電池スタックの前回発電時の電圧との差が、所定値以上のとき、発電停止中で前回発電時の電圧が最も高かった燃料電池スタックを発電させ、発電中で最も電圧が低い燃料電池スタックを停止させるよう構成されていてもよい。このような構成により、燃料電池スタックの稼働台数の増減に関わらず、特定の燃料電池スタックだけが極端に電圧低下することを防ぐことができる。

【 0 1 7 7 】

また、本発明の実施の形態の一例による燃料電池システムは、制御器が、発電中で最も電圧が低い燃料電池スタックの電圧と、発電停止中で前回発電時の電圧が最も高かった燃料電池スタックの前回発電時の電圧との差が、所定値以上のとき、発電中で最も電圧が低い燃料電池スタックを停止させながら、発電停止中で前回発電時の電圧が最も高かった燃料電池スタックを発電させ、発電出力が維持されるよう構成されていてもよい。これにより、発電中で最も電圧が低い燃料電池スタックと、発電停止中で前回発電時の電圧が最も高かった燃料電池スタックを切り替えるときに、切り替える前と同じ発電出力が維持されることができ、安定した発電出力を供給することができる。

10

【 0 1 7 8 】

また、本発明の実施の形態の一例による燃料電池システムの運転方法は、複数の燃料電池スタックが接続された燃料電池システムの運転方法であって、目標発電出力を得るために必要最少台数の燃料電池スタックを稼働させる動作（ステップ）を有する。これにより、運転時間とともに電圧低下する燃料電池スタックの台数を最少とすることができ、目標発電出力に対し全ての燃料電池スタックを稼働させる場合に比べ、運転時間とともに最大発電出力が低下することを抑制することができる。

20

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 7 9 】

以上述べたとおり、本発明は、複数の燃料電池スタックが接続された燃料電池システムにおいて、運転時間とともに電圧低下する燃料電池スタックの台数を最少とすることができ、目標発電出力に対し全ての燃料電池スタックを稼働させる場合に比べ、運転時間とともに最大発電出力が低下することを抑制することができる燃料電池システムを提供する。よって、家庭用および業務用その他各種の燃料電池システムに広く利用されることができ

30

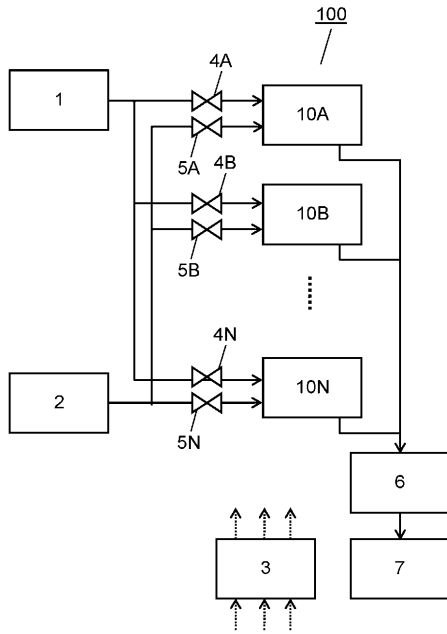
【 符号の説明 】

【 0 1 8 0 】

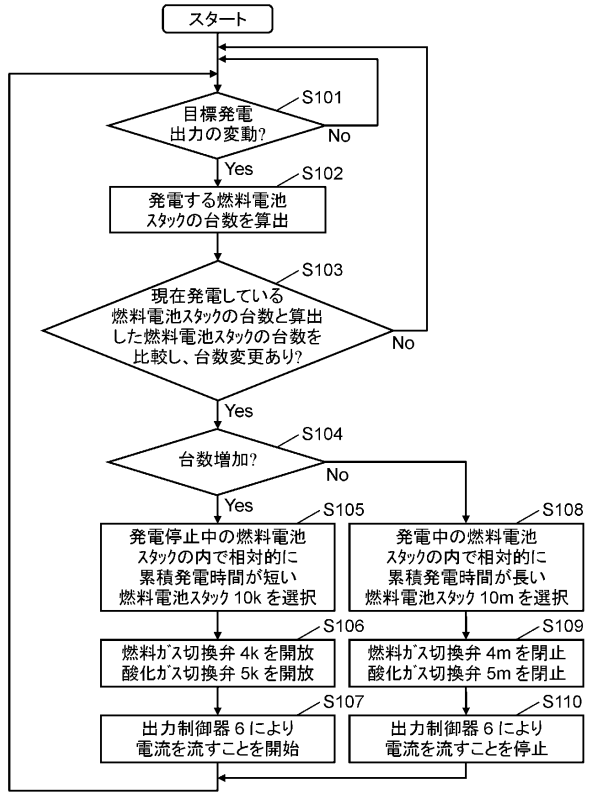
- 1 燃料ガス供給器
- 2 酸化ガス供給器
- 3 制御器
- 4 A ~ 4 N 燃料ガス切換弁
- 5 A ~ 5 N 酸化ガス切換弁
- 6 , 6 A ~ 6 N 出力制御器
- 7 電気機器
- 1 0 A ~ 1 0 N 燃料電池スタック
- 2 0 A ~ 2 0 N 燃料電池ユニット
- 1 0 0 燃料電池システム

40

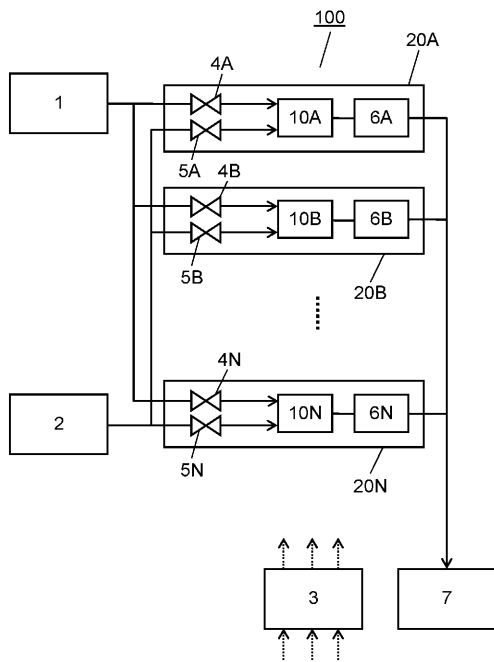
【図1】



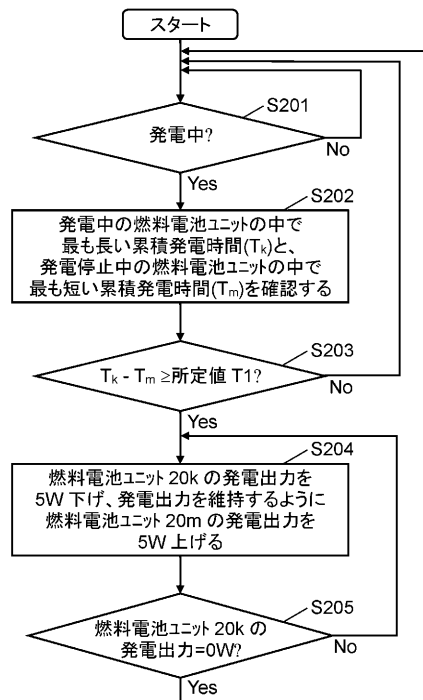
【図2】



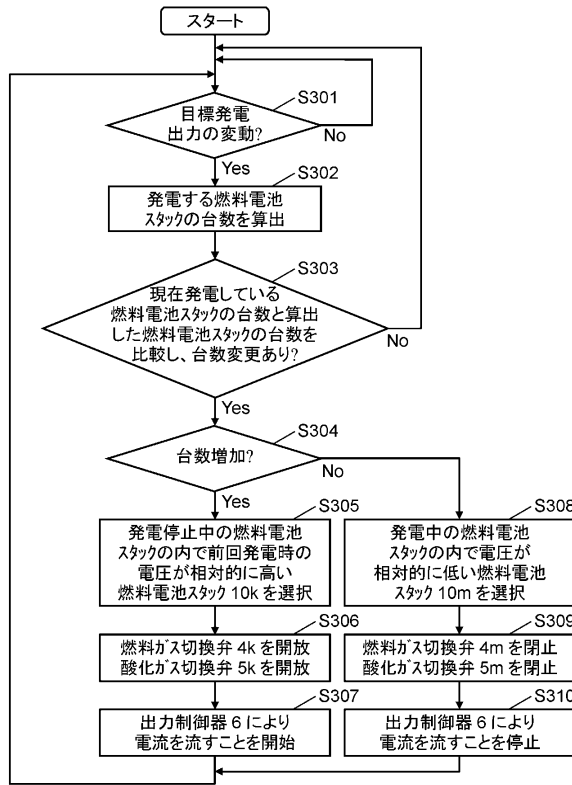
【図3】



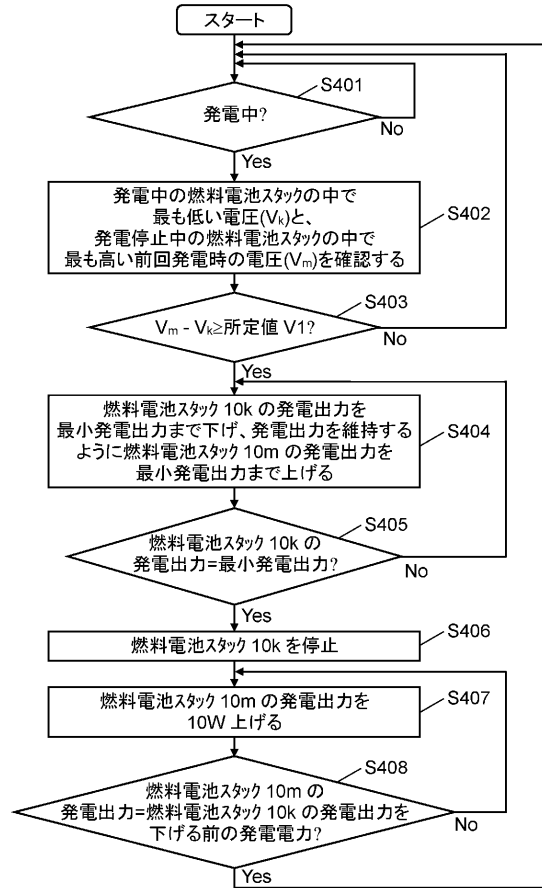
【図4】



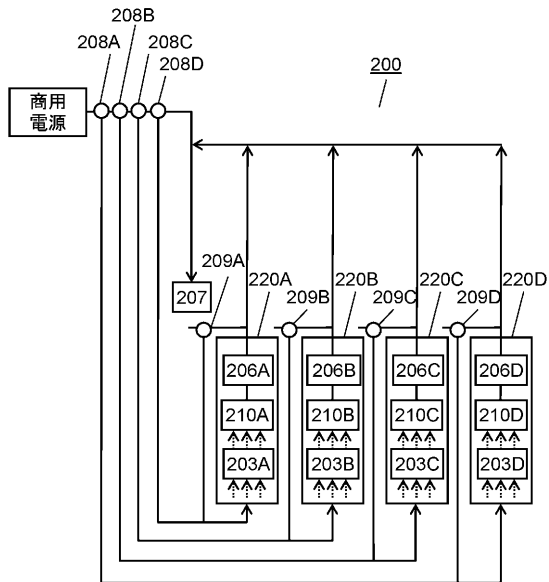
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 尾関 正高
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

審査官 大内 俊彦

(56)参考文献 特開2004-178877(JP,A)
特開2010-287509(JP,A)
特開平5-144443(JP,A)
特開平9-283165(JP,A)
特開2011-96529(JP,A)
特表2005-526363(JP,A)
特開2005-327494(JP,A)
特開2014-50265(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01M 8/00-8/2495