

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4087842号
(P4087842)

(45) 発行日 平成20年5月21日(2008.5.21)

(24) 登録日 平成20年2月29日(2008.2.29)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 1 M	8/04 (2006.01)	HO 1 M	8/04 J
HO 1 M	8/00 (2006.01)	HO 1 M	8/00 Z
F 2 4 H	1/00 (2006.01)	F 2 4 H	1/00 6 3 1 A
F 2 4 H	1/18 (2006.01)	F 2 4 H	1/18 Q

請求項の数 3 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2004-369353 (P2004-369353)	(73) 特許権者	000000011 アイシン精機株式会社
(22) 出願日	平成16年12月21日(2004.12.21)		愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
(65) 公開番号	特開2006-179225 (P2006-179225A)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(43) 公開日	平成18年7月6日(2006.7.6)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
審査請求日	平成18年10月19日(2006.10.19)	(74) 代理人	100089082 弁理士 小林 脩
早期審査対象出願		(72) 発明者	大河原 裕記 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
前置審査		審査官	原 賢一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料電池と、該燃料電池へ供給する燃料ガスを生成する改質器と、
前記燃料電池で発生する熱により加熱される貯湯水を貯湯する貯湯槽と、
前記貯湯槽を含み前記貯湯水が循環する貯湯水循環回路と、
前記燃料電池との間で熱交換をする燃料電池熱媒体が循環する燃料電池熱媒体循環回路と、

前記貯湯水と前記燃料電池熱媒体との間で熱交換する第1熱交換器と、
を備えた燃料電池システムにおいて、

前記貯湯水循環回路とは独立して設けられ、排熱回収熱媒体が循環する排熱回収熱媒体循環回路と、

前記排熱回収熱媒体循環回路に設けられて、前記改質器にて発生する燃焼ガスもしくは改質ガスの排熱を前記排熱回収熱媒体に回収する排熱回収手段と、

前記貯湯水と前記排熱回収熱媒体との間で熱交換する第2熱交換器と、をさらに備え、
前記貯湯水循環回路は、前記第1熱交換器を設けた流路と前記第2熱交換器を設けた流路とが並列に設けられ、

前記第1熱交換器を設けた流路および前記第2熱交換器を設けた流路の各流量をそれぞれ調整する流量調整手段をさらに備えていることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項2】

請求項1において、前記排熱回収手段は、前記改質器から前記燃料電池に供給される改

10

20

質ガス中の水蒸気を前記排熱回収熱媒体との熱交換によって凝縮させて改質ガスの排熱を前記排熱回収熱媒体に回収する改質ガス用凝縮器を含んでいることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、前記第 1 熱交換器を設けた流路と前記第 2 熱交換器を設けた流路を同時に使用することを特徴と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、燃料電池と、この燃料電池へ供給する燃料ガスを生成する改質器と、貯湯水を貯湯する貯湯槽と、貯湯水が循環する貯湯水循環回路と、を備えた燃料電池システムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

この燃料電池システムとして、燃料電池と、この燃料電池へ供給する燃料ガスを生成する改質器と、貯湯水を貯湯する貯湯槽と、貯湯水が循環する貯湯水循環回路と、燃料電池との間で熱交換をする燃料電池熱媒体が循環する燃料電池熱媒体循環回路と、貯湯水と燃料電池熱媒体との間で熱交換が行われる第 1 熱交換器と、を備え、貯湯水循環回路を循環する貯湯水が燃料電池から排出されるオフガスの排熱、改質器にて発生する排熱の少なくとも何れか一方を回収して昇温するものはよく知られている。

20

【0003】

このような燃料電池システムの一形式として、特許文献 1「燃料電池発電システム」に示されているものが知られている。特許文献 1 の図 1 に示されているように、燃料電池発電システム 10 は熱交換媒体 54（水または湯；貯湯水）が循環する熱交換媒体循環経路 50（貯湯水循環回路）を備えている。熱交換媒体循環経路 50 は、貯湯槽 52 に貯留された熱交換媒体 54 がこの貯湯槽 52 からアノードオフガス熱交換器 42、カソードオフガス熱交換器 44、燃焼排ガス熱交換器 45、冷却水熱交換器 46（第 1 熱交換器）をこの順に経たのち再び貯湯槽 52 に戻るという循環経路である。アノードオフガス熱交換器 42 は、アノードから排出されたアノードオフガスの熱を熱交換媒体 54 により回収するものであり、カソードオフガス熱交換器 44 はカソードから排出されたカソードオフガスの熱を熱交換媒体 54 により回収するものであり、燃焼排ガス熱交換器 45 は燃焼排ガスの熱を熱交換媒体 54 により回収するものであり、冷却水熱交換器 46 は燃料電池 40、初期オフガス熱交換器 58 及び初期オフガス燃焼器 57 を通過する冷却水循環経路 43（燃料電池熱媒体循環回路）を流れる冷却水（燃料電池熱媒体）の熱を熱交換媒体 54 により回収するものである。燃料電池発電システム 10 は、定常運転中において、燃料電池 40 すなわち燃料電池 40 を流れる冷却水の温度を規定の温度範囲に維持するように熱交換媒体 54（貯湯水）の流量を制御している。

30

【0004】

また、他の形式として、特許文献 2「固体高分子形燃料電池発電装置」に示されているものが知られている。特許文献 2 の図 1～図 3 に示されているように、固体高分子形燃料電池発電装置 GS1 は、排気系 31 の熱交換器 32、排気系 45 の熱交換器 46 および燃料電池 6 の空気極 k から排出されたガスの熱交換器 71 の後に、さらに熱交換器 HEX を設置し、貯湯タンク 50 中の水をポンプ P によりこの熱交換器 HEX を経て、熱交換器 71、32、46 に送って熱交換して排熱回収した温水 A（貯湯水）を、直接水タンク 21 へ熱交換可能に循環して送るライン L1（貯湯水循環回路）を設けてある。そして、前記温水 A をライン L1 を経て水タンク 21 へ送らなくてもよい場合に温水 A を貯湯タンク 50 へ送るライン L2 が併設されている。水タンク 21 には、ポンプ 48 によって燃料電池 6 の冷却部 6c を循環する冷却水（燃料電池熱媒体）が水管 73（燃料電池熱媒体循環回路）を経て流入する。これにより、水タンク 21 中の水と温水 A とが熱交換をするようになっている。

40

50

【特許文献1】特開2003-257457号公報(第4-7頁、図1)

【特許文献2】特開2002-216819号公報(第2-6頁、図1-3)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述した特許文献1に記載の燃料電池発電システムにおいては、定常運転中において、燃料電池40を流れる冷却水すなわち燃料電池40の温度を規定の温度範囲に維持するように熱交換媒体54(貯湯水)の流量を制御しており、また熱交換媒体循環経路50には、アノードオフガス熱交換器42、カソードオフガス熱交換器44、燃焼排ガス熱交換器45、および冷却水熱交換器46が直列に配置されている。したがって、熱交換媒体54(貯湯水)は、その流量と同一流量で、アノードオフガス熱交換器42、カソードオフガス熱交換器44、燃焼排ガス熱交換器45を通過している。これら各熱交換器42, 44, 45においては、その流量で、アノードオフガス、カソードオフガス、燃焼排ガスの顕熱、潜熱を十分に回収できる場合もあるが、燃料電池からの回収熱量の、アノードオフガス、カソードオフガス、燃焼排ガスからの回収熱量に対する比率が低い場合、例えば、低負荷での発電の場合や冬場などの放熱の影響が大きい場合など、回収しきれない場合があった。この結果、システム全体として熱回収効率が低下する可能性があるという問題があった。上述した特許文献2に記載の固体高分子形燃料電池発電装置においても、前述したように特許文献1に記載の燃料電池発電システムと同様な問題がある。

【0006】

本発明は、上述した問題を解消するためになされたもので、システムの発電開始から停止までを通して熱回収効率を高く維持して運転を行うことができる燃料電池システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するため、請求項1に係る発明の構成上の特徴は、燃料電池と、該燃料電池へ供給する燃料ガスを生成する改質器と、燃料電池で発生する熱により加熱される貯湯水を貯湯する貯湯槽と、貯湯槽を含み貯湯水が循環する貯湯水循環回路と、燃料電池との間で熱交換をする燃料電池熱媒体が循環する燃料電池熱媒体循環回路と、貯湯水と燃料電池熱媒体との間で熱交換する第1熱交換器と、を備えた燃料電池システムにおいて、貯湯水循環回路とは独立して設けられ、排熱回収熱媒体が循環する排熱回収熱媒体循環回路と、排熱回収熱媒体循環回路に設けられて、改質器にて発生する燃焼ガスもしくは改質ガスの排熱を排熱回収熱媒体に回収する排熱回収手段と、貯湯水と排熱回収熱媒体との間で熱交換する第2熱交換器と、をさらに備え、貯湯水循環回路は、第1熱交換器を設けた流路と第2熱交換器を設けた流路とが並列に設けられ、第1熱交換器を設けた流路および第2熱交換器を設けた流路の各流量をそれぞれ調整する流量調整手段をさらに備えていることである。

【0008】

また請求項2に係る発明の構成上の特徴は、請求項1において、排熱回収手段は、改質器から燃料電池に供給される改質ガス中の水蒸気を排熱回収熱媒体との熱交換によって凝縮させて改質ガスの排熱を排熱回収熱媒体に回収する改質ガス用凝縮器を含んでいることである。

【0009】

また請求項3に係る発明の構成上の特徴は、請求項1または請求項2において、第1熱交換器を設けた流路と第2熱交換器を設けた流路を同時に使用することである。

【発明の効果】

【0014】

上記のように構成した請求項1に係る発明においては、貯湯水循環回路は、第1熱交換器を設けた流路と、第2熱交換器を設けた流路が並列に設けられていることにより、システムの定常運転中においては、第1熱交換器を設けた流路を流通する貯湯水が燃料電池の

発電で発生する排熱を回収する。一方、第2熱交換器を設けた流路を循環する貯湯水が排熱回収熱媒体を介して改質器にて発生する燃焼ガスもしくは改質ガスの排熱を回収する。これにより、燃料電池の発電で発生する排熱と、改質器にて発生する燃焼ガスもしくは改質ガスの排熱とを直列に回収するのではなく、並列に独立して回収することができるので、それぞれ最も効率のよい貯湯水流量で熱を回収することが可能となる。したがって、燃料電池からの回収熱量の、アノードオフガス、カソードオフガス、燃焼排ガスからの回収熱量に対する比率が低い場合、例えば、低負荷での発電の場合や冬場などの放熱の影響が大きい場合などでも、それら各ガスから十分に熱を回収することができるので、システムの発電開始から停止までを通して熱回収効率を高く維持して運転を行うことができる燃料電池システムを提供することができる。

10

さらに、このような作用効果に加えて、次のような作用効果がある。排熱回収熱媒体循環回路は、改質器にて発生する燃焼ガスもしくは改質ガスの排熱を回収した排熱回収熱媒体が循環するものであり、貯湯水循環回路とは独立して設けられるとともに、第2熱交換器を介して貯湯水と排熱回収熱媒体との間で熱交換が行われる。すなわち、貯湯水は、燃焼排ガス、燃料ガス（改質ガス）と直接熱交換をしておらず、第2熱交換器を介して間接的に熱交換をすることになる。したがって、貯湯槽が水道水が直接補給される密閉式である場合、貯湯槽、貯湯水循環回路には高圧の水道水圧がかかるが、排熱回収熱媒体循環回路は貯湯水循環回路から独立しているため、排熱回収熱媒体循環回路上に配設される排熱回収手段である燃焼排ガス、燃料ガス（改質ガス）との熱交換するための熱交換器には直接水道水圧がかからないので、その排熱回収手段を過剰な耐圧構造としなくてもすむので、コスト高、大型化を招くことなく、高圧水源から貯湯水を補給可能である燃料電池システムを提供することができる。

20

さらに、このような作用効果に加えて、第1熱交換器を設けた流路および第2熱交換器を設けた流路の各流量をそれぞれ調整する流量調整手段をさらに備えたので、第1熱交換器を設けた流路および第2熱交換器を設けた流路を流れる貯湯水の流量を確実に調整することができ、最適な熱回収効率および回収湯温を実現することができる。

【0015】

上記のように構成した請求項2に係る発明においては、請求項1に係る発明において、改質器から燃料電池に供給される改質ガス中の水蒸気を排熱回収熱媒体との熱交換によって凝縮させて改質ガスの排熱を排熱回収熱媒体に回収する改質ガス用凝縮器が、排熱回収熱媒体循環回路に設けられているので、該改質ガス用凝縮器を設けた排熱回収熱媒体循環回路を流れる排熱回収熱媒体の流量を第1熱交換器を設けた流路と独立に調整することが可能となり、ひいては、改質ガス用凝縮器を設けた排熱回収熱媒体循環回路を流れる熱媒体の温度も独立に調整することが可能となる。したがって、改質器から燃料電池への改質ガス（アノードガス）の湿度調整ができる。

30

【0016】

上記のように構成した請求項3に係る発明においては、請求項1または請求項2において、貯湯水循環回路に互いに並列に設けられた第1熱交換器を設けた流路と第2熱交換器を設けた流路を同時に使用する。これにより、両流路において貯湯水がそれぞれ適切な流量で流通できるので、燃料電池熱媒体の熱と各排熱を独立して効率よく熱回収できる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

1) 参考の形態

以下、本発明による燃料電池システムの参考の形態について説明する。図1はこの燃料電池システムの概要を示す概要図である。この燃料電池システムは燃料電池10とこの燃料電池10に必要な水素ガスを含む改質ガス（燃料ガス）を生成する改質器20を備えている。

【0022】

燃料電池10は、燃料極11と酸化剤極である空気極12と両極11, 12間に介在された電解質13を備えており、燃料極11に供給された改質ガスおよび空気極12に供給

50

された酸化剤ガスである空気（カソードエア）を用いて発電するものである。なお、燃料電池10の空気極12には、空気を供給する供給管61およびカソードオフガスを排出する排出管62が接続されており、これら供給管61および排出管62の途中には、空気を加湿するための加湿器14が設けられている。この加湿器14は水蒸気交換型であり、排出管62中すなわち空気極12から排出される気体中の水蒸気を除湿してその水蒸気を供給管61中すなわち空気極12へ供給される空気中に供給して加湿するものである。なお、空気の代わりに空気の酸素富化したガスを供給するようにしてもよい。

【0023】

改質器20は、燃料を水蒸気改質し、水素リッチな改質ガスを燃料電池10に供給するものであり、バーナ21、改質部22、一酸化炭素シフト反応部（以下、COシフト部という）23および一酸化炭素選択酸化反応部（以下、CO選択酸化部という）24から構成されている。燃料としては天然ガス、LPG、灯油、ガソリン、メタノールなどがあり、本参考の形態においては天然ガスにて説明する。

10

【0024】

バーナ21は、起動時に外部から燃焼用燃料および燃焼用空気が供給され、または一酸化炭素濃度が高く燃料電池10に供給されない改質ガスおよび燃焼用空気が供給され、または定常運転時に燃料電池10の燃料極11からアノードオフガス（燃料電池に供給され使用されずに排出された改質ガス）が供給され、供給された各ガスを燃焼して燃焼ガスを改質部22に導出するものである。この燃焼ガスは改質部22を（同改質部22の触媒の活性温度域となるように）加熱し、その後燃焼ガス用凝縮器34を通してその燃焼ガスに含まれている水蒸気が凝縮されて外部に排気される。なお、燃焼用燃料および燃焼用空気は、それぞれ燃焼用燃料供給手段および燃焼用空気供給手段である燃焼用燃料ポンプP1および燃焼用空気ポンプP2によってバーナ21に供給されるようになっている。両ポンプP1、P2は制御装置90によって制御されてその流量（送出量）が制御されるようになっている。

20

【0025】

改質部22は、外部から供給された燃料に蒸発器25からの水蒸気（改質水）を混合した混合ガスを改質部22に充填された触媒により改質して水素ガスと一酸化炭素ガスを生成している（いわゆる水蒸気改質反応）。これと同時に、水蒸気改質反応にて生成された一酸化炭素と水蒸気を水素ガスと二酸化炭素とに変成している（いわゆる一酸化炭素シフト反応）。これら生成されたガス（いわゆる改質ガス）はCOシフト部23に導出される。なお、燃料は燃料供給手段である燃料ポンプP3によって改質部22に供給されるようになっている。このポンプP3は制御装置90によって制御されてその流量（送出量）が制御されるようになっている。

30

【0026】

COシフト部23は、この改質ガスに含まれる一酸化炭素と水蒸気をその内部に充填された触媒により反応させて水素ガスと二酸化炭素ガスとに変成している。これにより、改質ガスは一酸化炭素濃度が低減されてCO選択酸化部24に導出される。

【0027】

CO選択酸化部24は、改質ガスに残留している一酸化炭素と外部からさらに供給されたCO酸化用の空気（エア）とをその内部に充填された触媒により反応させて二酸化炭素を生成している。これにより、改質ガスは一酸化炭素濃度がさらに低減されて（10ppm以下）燃料電池10の燃料極11に導出される。なお、CO酸化用の空気（エア）はCO酸化用エア供給手段であるCO酸化用エアポンプP4によってCO選択酸化部24に供給されるようになっている。このポンプP4は制御装置90によって制御されてその流量（送出量）が制御されるようになっている。

40

【0028】

蒸発器25は、一端が貯水器50内に配置され他端が改質部22に接続された改質水供給管68の途中に配設されている。改質水供給管68には改質水ポンプ53が設けられている。このポンプ53は制御装置90によって制御されており、貯水器50内の改質水と

50

して使用する回収水を蒸発器 25 に圧送している。蒸発器 25 は例えばバーナ 21 から排出される燃焼ガス、改質部 22、COシフト部 23 などの熱によって加熱されており、これにより圧送された改質水を水蒸気化する。

【0029】

改質器 20 の CO 選択酸化部 24 と燃料電池 10 の燃料極 11 とを連通する配管 64 の途中には、凝縮器 30 が設けられている。この凝縮器 30 は改質ガス用凝縮器 31、アノードオフガス用凝縮器 32、カソードオフガス用凝縮器 33 および燃焼ガス用凝縮器 34 が一体的に接続された一体構造体である。改質ガス用凝縮器 31 は配管 64 中を流れる燃料電池 10 の燃料極 11 に供給される改質ガス中の水蒸気を凝縮する。アノードオフガス用凝縮器 32 は、燃料電池 10 の燃料極 11 と改質器 20 のバーナ 21 とを連通する配管 65 の途中に設けられており、その配管 65 中を流れる燃料電池 10 の燃料極 11 から排出されるアノードオフガス中の水蒸気を凝縮する。カソードオフガス用凝縮器 33 は、排出管 62 の加湿器 14 の下流に設けられており、その排出管 62 中を流れる燃料電池 10 の空気極 12 から排出されるカソードオフガス中の水蒸気を凝縮する。燃焼ガス用凝縮器 34 はバーナ 21 の下流に設けられており、燃焼排ガスの顕熱とともに水蒸気を凝縮させた潜熱を回収する。

10

【0030】

また、配管 64 には、燃料電池 10 の燃料極 11 の入口付近に第 7 温度センサ 64 a が配設されており、第 7 温度センサ 64 a は、改質ガスの燃料電池 10 の燃料極 11 の入口温度 T7 を検出し、その検出結果を制御装置 90 に出力するものである。

20

【0031】

上述した凝縮器 31 ~ 34 は配管 66 を介して純水器 40 に連通しており、各凝縮器 31 ~ 34 にて凝縮された凝縮水は、純水器 40 に導出され回収されるようになっている。純水器 40 は、凝縮器 30 から供給された凝縮水すなわち回収水を内蔵のイオン交換樹脂によって純水にするものであり、純水化した回収水を貯水器 50 に導出するものである。なお、貯水器 50 は純水器 40 から導出された回収水を改質水として一時的に溜めておくものである。また、純水器 40 には水道水供給源（例えば水道管）から供給される補給水（水道水）を導入する配管が接続されており、純水器 40 内の貯水量が下限水位を下回ると水道水が供給されるようになっている。

【0032】

30

燃料電池システムは、燃料電池 10 で発生する熱により加熱される貯湯水を貯湯する貯湯槽 71 と、貯湯槽 71 を含み貯湯水が循環する貯湯水循環回路 80 と、燃料電池 10 との間で熱交換をする燃料電池熱媒体である FC 冷却水が循環する燃料電池熱媒体循環回路である FC 冷却水循環回路 73 と、貯湯水と FC 冷却水との間で熱交換が行われる第 1 熱交換器 74 とが備えられている。また、本明細書中および添付の図面中の「FC」は「燃料電池」の省略形として記載している。

【0033】

貯湯槽 71 は、1 つの柱状容器を備えており、その内部に温水が層状に、すなわち上部の温度が最も高温であり下部にいくにしたがって低温となり下部の温度が最も低温であるように貯留されるようになっている。貯湯槽 71 の柱状容器の下部には水道水などの水（低温の水）が補給され、貯湯槽 71 に貯留された高温の温水が貯湯槽 71 の柱状容器の上部から導出されるようになっている。また、貯湯槽 71 は密閉式であり、水道水の圧力がそのまま内部、ひいては貯湯水循環回路 80 にかかる形式のものである。

40

【0034】

貯湯水循環回路 80 は、排熱回収手段（凝縮器 30）を設けた流路 72 と、第 1 熱交換器 74 を設けた流路であるバイパス路 75 が並列に設けられている。流路 72 の一端および他端は貯湯槽 71 の下部および上部に接続されている。流路 72 上には、一端から他端に順番に、第 4 温度センサ 72 a、貯湯水循環手段である貯湯水循環第 1 ポンプ P5、ラジエータ 76、アノードオフガス用凝縮器 32、燃焼ガス用凝縮器 34、カソードオフガス用凝縮器 33、改質ガス用凝縮器 31、第 3 温度センサ 72 b、および第 1 バルブ 7

50

7 が配設されている。

【 0 0 3 5 】

第 4 および第 3 温度センサ 7 2 a , 7 2 b は、それぞれ貯湯水の貯湯槽 7 1 の出口温度 T 4、改質ガス用凝縮器 3 1 の出口温度 T 3 を検出し、それら検出結果を制御装置 9 0 に出力するものである。貯湯水循環第 1 ポンプ P 5 は、貯湯槽 7 1 の下部の貯湯水を吸い込んで流路 7 2 を通水させて貯湯槽 7 1 の上部に吐出するものであり、制御装置 9 0 によって制御されてその流量（送出量）が制御されるようになっている。

【 0 0 3 6 】

ラジエータ 7 6 は、流体（貯湯水）を冷却する冷却手段であり、制御装置 9 0 の指令によってオン・オフ制御されており、オン状態のときには流体を冷却し、オフ状態のときには冷却しない。このラジエータ 7 6 の冷却能力は、後述する第 2 マップに示す貯湯水の最高温度 T_{max} における燃料電池 1 0 の発電出力に対する当該燃料電池システムの必要冷却能力の相関関係を示すグラフまたは演算式にて、貯湯槽 7 1 の湯満水時の燃料電池 1 0 の最低発電出力 E_1 に相当する当該燃料電池システムの必要冷却能力 H_1 である。なお、貯湯水の最高温度 T_{max} は、燃料電池 1 0 の最大発熱温度（例えば 6 0 ~ 7 0 ）によって規定されるので、貯湯水温度はそれ以上となることはない。

【 0 0 3 7 】

アノードオフガス用凝縮器 3 2、燃焼ガス用凝縮器 3 4、カソードオフガス用凝縮器 3 3 および改質ガス用凝縮器 3 1 は、貯湯水が、アノードオフガス、燃焼ガス、カソードオフガスおよび改質ガスの各顕熱とともに水蒸気を凝縮させた各潜熱をそれぞれ回収して昇温するようになっている。すなわち、アノードオフガス用凝縮器 3 2 およびカソードオフガス用凝縮器 3 3 は、燃料電池 1 0 から排出されるオフガスの排熱を貯湯水に回収するものであり、すなわちオフガス排熱回収器である。また、燃焼ガス用凝縮器 3 4 および改質ガス用凝縮器 3 1 は、改質器 2 0 にて発生する排熱を貯湯水に回収するものであり、すなわち改質器排熱回収器である。また、本参考の形態においては、排熱回収手段は、前述したオフガス排熱回収器および改質器排熱回収器から構成されている。なお、排熱回収手段は、オフガス排熱回収器または改質器排熱回収器のいずれか一方から構成するようにしてもよい。

【 0 0 3 8 】

なお、各凝縮器 3 1 ~ 3 4 の配置は上述した順番に限らないし、また、各凝縮器 3 1 ~ 3 4 は一本の配管に直列に配置する場合に限らず、流路 7 2 を複数に分岐して各分岐路に並列に配置するようによってもよい。また、流路 7 2 上には少なくとも改質ガス用凝縮器 3 1 が配置されるのが好ましい。さらに、オフガス排熱回収器と改質器排熱回収器の少なくとも何れか一方を流路 7 2 に設けるのが好ましい。これにより、流路 7 2 を循環する貯湯水が燃料電池 1 0 から排出されるオフガスの排熱、改質器 2 0 にて発生する排熱の少なくとも何れか一方を回収して昇温することができる。

【 0 0 3 9 】

第 1 バルブ 7 7 は、バイパス路 7 5 と貯湯槽 7 1 の入口の間の流路 7 2 に設けられ同流路 7 2 を開閉する開閉弁であり、制御装置 9 0 の指令によって開閉制御されるものである。この第 1 バルブ 7 7 は、起動運転時で燃料電池 1 0 が所定温度となるまでは閉状態とされ、それ以降は基本的には開状態とされる。

【 0 0 4 0 】

また、バイパス路 7 5 には、貯湯槽 7 1 の出口側に近い分岐点から貯湯槽 7 1 の入口側に近い合流点に向けて順番に、貯湯水循環手段である貯湯水循環第 2 ポンプ P 6 および第 1 熱交換器 7 4 が配設されている。貯湯水循環第 2 ポンプ P 6 は、貯湯槽 7 1 の下部の貯湯水を吸い込んでバイパス路 7 5 を通水させて貯湯槽 7 1 の上部に吐出するものであり、制御装置 9 0 によって制御されてその流量（送出量）が制御されるようになっている。

【 0 0 4 1 】

上述した貯湯水循環第 1 ポンプ P 5 および貯湯水循環第 2 ポンプ P 6 の流量制御によって、流路 7 2 およびバイパス路 7 5 の各流量をそれぞれ調整することができる。すなわち

10

20

30

40

50

、貯湯水循環第1ポンプP5および貯湯水循環第2ポンプP6は流量調整手段である。

【0042】

FC冷却水循環回路73上には、FC冷却水循環手段であるFC冷却水循環ポンプP7が配設されており、このFC冷却水循環ポンプP7は、制御装置90によって制御されてその流量(送流量)が制御されるようになっている。また、FC冷却水循環回路73上には、第1および第2温度センサ73a, 73bが配設されており、第1および第2温度センサ73a, 73bは、それぞれFC冷却水の燃料電池10の入口温度および出口温度を検出し、それら検出結果を制御装置90に出力するものである。さらに、FC冷却水循環回路73上には第1熱交換器74が配設されている。

【0043】

さらに、燃料電池システムは、インバータ(電力変換器)45を備えている。インバータ45は、燃料電池10の発電出力を交流電力に変換して送電線46を介してユーザ先である電力使用場所47に供給するものである。電力使用場所47には、電灯、アイロン、テレビ、洗濯機、電気コタツ、電気カーペット、エアコン、冷蔵庫などの電気器具である負荷装置(図示省略)が設置されており、インバータ45から供給される交流電力が必要に応じて負荷装置に供給されている。なお、インバータ45と電力使用場所47とを接続する送電線46には電力会社の系統電源48も接続されており(系統連系)、燃料電池10の発電出力より負荷装置の総消費電力が上回った場合、その不足電力を系統電源16から受電して補うようになっている。電力計47aは、ユーザ負荷電力(ユーザ消費電力)を検出するユーザ負荷電力検出手段であり、電力使用場所47で使用される全ての負荷装置の合計消費電力を検出して、制御装置90に送信するようになっている。

【0044】

また、インバータ45は、発電出力を降圧または昇圧して、その直流電力を燃料電池システムの構成部材である各ポンプP1~P5, 53、各バルブ(図示省略)、バーナ21の着火装置などの電気部品いわゆる補機に供給するようになっている。

【0045】

また、上述した各温度センサ73a, 73b, 72a, 72b, 64a、各ポンプP1~P7, 53、第1バルブ77および電力計47aは制御装置90に接続されている(図2参照)。制御装置90はマイクロコンピュータ(図示省略)を有しており、マイクロコンピュータは、バスを介してそれぞれ接続された入出力インターフェース、CPU、RAMおよびROM(いずれも図示省略)を備えている。CPUは、燃料電池システムの運転を全体的に制御しており、特に、図5または図7および図8のフローチャートに対応したプログラムを実行して、各温度センサ73a, 73b, 72a, 72b, 64aが検出した何れかの温度、電力計47aが検出したユーザ負荷電力に基づいて燃料電池10の発電出力を制御している。RAMは同プログラムの実行に必要な変数を一時的に記憶するものであり、ROMは前記プログラムを記憶するものである。

【0046】

さらに、制御装置90には記憶装置91が接続されており、この記憶装置91は、図3に示す第1マップまたは演算式を記憶するものである。この第1マップまたは演算式は、貯湯槽出口温度検出手段である第4温度センサ72aによって検出された貯湯槽出口温度T4と、この貯湯槽出口温度T4と燃料電池10の発電出力制限値ELとの相関関係を示すものである。この第1マップまたは演算式から明らかなように貯湯槽出口温度T4と燃料電池10の発電出力制限値ELとは逆比例の関係にある。

【0047】

この第1マップまたは演算式は、貯湯水の温度毎の燃料電池10の発電出力に対する当該燃料電池システムの必要冷却能力の相関関係を示す第2マップまたは演算式と、ラジエータ76の冷却能力と、に基づいて、貯湯水の各温度におけるラジエータ76の冷却能力に相当する燃料電池10の発電出力を導出することにより作成することができる。まず、第2マップまたは演算式を次のようにして作成する。図4に示すように、流路72を循環する貯湯水の温度を一定にしてFC発電出力に対する燃料電池システムの必要冷却能力を

10

20

30

40

50

計算あるいは計測して求める。これを所定の温度レンジにて変化させた場合、例えば貯湯槽 71 の最高温度である T_{max} 、 T_{max} から所定温度ずつ低い温度 $T_{max-1} \sim T_{max-4}$ の各温度にて、FC 発電出力に対する燃料電池システムの必要冷却能力のグラフ（関数）を計算あるいは計測してそれぞれ求める。このようにして第 2 マップまたは演算式を作成することができる。一方、ラジエータ 76 の冷却能力は、上述したように、貯湯水の最高温度 T_{max} における燃料電池 10 の発電出力に対する当該燃料電池システムの必要冷却能力の相関関係を示すグラフまたは演算式にて、貯湯槽 71 の湯満水時の燃料電池 10 の最低発電出力 E_1 に相当する当該燃料電池システムの必要冷却能力 H_1 として規定されている。

【0048】

したがって、先に算出した貯湯水の温度毎の燃料電池 10 の発電出力に対する当該燃料電池システムの必要冷却能力の相関関係を示すグラフまたは演算式における、ラジエータ 76 の冷却能力 E_1 に相当する燃料電池 10 の発電出力が FC 発電出力制限値 E_L として導出される。具体的には、例えば貯湯水の温度（すなわち貯湯槽の出口温度 T_4 ）が T_{max} である場合には上述したように FC 発電出力制限値 E_L は E_1 であり、 T_{max-1} である場合には FC 発電出力制限値 E_L は E_2 であり、 T_{max-2} である場合には FC 発電出力制限値 E_L は E_3 であり、 T_{max-3} である場合には FC 発電出力制限値 E_L は E_4 であり、 T_{max-4} である場合には FC 発電出力制限値 E_L は E_{max} である。なお、所定の温度レンジは貯湯槽の最高温度 T_{max} から FC 発電出力制限値 E_L が燃料電池 10 の最大発電出力 E_{max} となる温度（本参考の形態においては T_{max-4} ）までの範囲である。

【0049】

ラジエータ 76 の能力は外気温度（ラジエータ冷却媒体温度）で変わるため各外気温度により図 3、図 4 のマップを持つ / 演算することでさらに効率化を図れる。ラジエータ 76 の能力の決定の際は夏場の外気温度の一番厳しい条件で行う。

【0050】

次に、上述した燃料電池システムにおいて熱回収効率の最適化の制御について説明する。まず、貯湯水循環第 2 ポンプ P6 は、FC 冷却水 FC 入口温度 T_1 （または FC 冷却水 FC 出口温度 T_2 ）が燃料電池の最適運転温度となるように流量制御されている。さらに、FC 冷却水循環ポンプ P7 は、FC 冷却水 FC 入口温度 T_1 と FC 冷却水 FC 出口温度 T_2 との温度差 T が目標温度差 T^* （例えば 3 ~ 5）となるように流量制御されている。目標温度差 T^* は、燃料電池 10 の改質ガス流路または空気流路内の水蒸気を最適加湿条件に維持することができるように設定されている。そして、貯湯水循環第 1 ポンプ P5 は、改質ガスの燃料電池入口温度 T_7 が目標温度 T_7^* （例えば 55 ~ 65）となるように流量制御されている。目標温度 T_7^* はフラッシングが発生しない最適加湿条件となるように設定されるとともに、回収した貯湯水中で菌の繁殖を抑制できるような温度となるように設定されている。また、貯湯水循環第 1 ポンプ P5 は、凝縮冷媒のアンロードオフガス（AOG）凝縮器出口温度 T_3 が目標温度 T_3^* （例えば 55 ~ 65）となるように流量制御されている。目標温度 T_3^* はフラッシングが発生しない最適加湿条件となるように設定されるとともに、回収した貯湯水中で菌の繁殖を抑制できるような温度となるように設定されている。

【0051】

これにより、システムの定常運転中においては、バイパス路 75 を適切な流量で流通する貯湯水が燃料電池の発電で発生する排熱を最も効率よく回収する。一方、バイパス路 75 を適切な流量で流通する貯湯水とは別に、かつその流量に制約されることのない、流路 72 を適切な流量で循環する貯湯水が、燃料電池から排出されるオフガスの排熱、改質器にて発生する排熱を最も効率よく回収する。その後、両貯湯水が合流して貯湯槽 71 に流入する。

【0052】

1 a) 第 1 制御例

以下、上述した燃料電池システムの第1制御例について図5および図6を参照して説明する。制御装置90は、図示しない起動スイッチがオンされて燃料電池システムを起動して起動運転が完了し発電可能な定常運転となると、図5に示すプログラムを所定の短時間毎に実行する。制御装置90は、ステップ102において、第4温度センサ72aによって貯湯水貯湯槽出口温度（貯湯槽出口温度） T_4 を検出する。そして、ステップ104において、ステップ102にて検出された貯湯槽出口温度 T_4 と、この貯湯槽出口温度 T_4 と燃料電池10の発電出力制限値 E_L との相関関係を示す第1マップまたは演算式とに基づいて発電出力制限値 E_L を導出する（第1発電出力制限値導出手段）。

【0053】

制御装置90は、ステップ106～114において、第1発電出力制限値導出手段によって導出された発電出力制限値 E_L に基づいて燃料電池10の発電出力を制御する（第1発電制御手段）。具体的には、ステップ106において、電力計47aによってユーザ負荷電力を検出する（ユーザ負荷電力検出手段）。ステップ108において、ステップ106にて検出されたユーザ負荷電力に応じた燃料電池の発電出力 E_U を、ユーザ負荷電力と発電出力の相関を示すマップまたは演算式に基づいて導出する（発電出力導出手段）。ステップ110において、ステップ104にて導出された発電出力制限値 E_L がステップ108にて導出された発電出力 E_U 以上であるか否かを判定する（判定手段）。ステップ112において、発電出力制限値 E_L が発電出力 E_U 以上であると判定された場合には、燃料電池10の発電出力をユーザ負荷電力に追従するように制御する（追従制御手段）。また、ステップ114において、発電出力制限値 E_L が発電出力 E_U 未満であると判定された場合には、燃料電池10の発電出力を発電出力制限値 E_L に制限するように制御する（制限制御手段）。なお、前述した追従制御および制限制御のいずれの制御においても、燃焼効率等が考慮されて燃料電池10の発電出力となるように燃料供給量、改質水供給量、燃焼用燃料供給量、燃焼用空気供給量およびCO酸化用空気供給量が導出され、これら導出された供給量となるように燃料ポンプP3、改質水ポンプ53、燃焼用燃料ポンプP1、燃焼用空気ポンプP2およびCO酸化用ポンプP4の流量が制御装置90によって制御されている。

【0054】

このような制御によれば、貯湯槽出口温度 T_4 が図6の上段に示すように変化した場合、発電出力制限値 E_L は上述したステップ104の処理によって図6の中段に示すように貯湯槽出口温度 T_4 と逆に変化する。一方、ユーザ負荷に基づく発電出力 E_U が図6の中段に示すように変化した場合、時刻 t_{11} ～ t_{12} および時刻 t_{13} ～ t_{14} においては発電出力制限値 E_L が発電出力 E_U 未満であるので、発電出力が発電出力制限値 E_L に制限され、それ以外の時間帯においては発電出力制限値 E_L が発電出力 E_U 以上であるので、発電出力が制限されることなくユーザ負荷電力に追従する追従制御が行われる（図6の下段）。

【0055】

したがって、本第1制御例によれば、第1発電出力制限値導出手段が、第4温度センサ72aによって検出された貯湯槽出口温度 T_4 と、この貯湯槽出口温度 T_4 と燃料電池10の発電出力制限値 E_L との相関関係を示す第1マップまたは演算式とに基づいて発電出力制限値 E_L を導出し、第1発電制御手段が、第1発電出力制限値導出手段によって導出された発電出力制限値 E_L に基づいて燃料電池10の発電出力を制御する。これにより、燃料電池10の発電中においては、その発電に伴って発生する燃料電池10および改質器20の排熱を回収して貯湯水が加熱されるが、貯湯槽71が温度的に満水となった場合、貯湯槽出口温度 T_4 に応じて燃料電池10の発電出力が制限されるので、燃料電池10からの発熱をできるだけ抑制して、発電出力、排熱利用のバランスを保ち、熱余り状態をできるだけ回避して燃料電池システムの運転を効率よく実施することができる。

【0056】

また、第1発電制御手段において、ステップ108において、ステップ106にて検出されたユーザ負荷電力に応じた燃料電池の発電出力 E_U を導出し、ステップ110におい

10

20

30

40

50

て、ステップ104にて導出された発電出力制限値 E_L がステップ108にて導出された発電出力 E_U 以上であるか否かを判定し、ステップ112において、ステップ110にて発電出力制限値 E_L が発電出力 E_U 以上であると判定された場合には、燃料電池10の発電出力をユーザ負荷電力に追従するように制御し、ステップ114において、ステップ110にて発電出力制限値 E_L が発電出力 E_U 未満であると判定された場合には、燃料電池10の発電出力を発電出力制限値に制限するように制御する。これにより、ユーザ負荷電力検出手段によって検出されたユーザ負荷電力に応じた燃料電池の発電出力 E_U と発電出力制限値 E_L とに基づいて簡単かつ確実に燃料電池システムを安定運転することができる。

【0057】

10

また、第1マップまたは演算式は、貯湯水の温度毎の燃料電池の発電出力に対する当該燃料電池システムの必要冷却能力の相関関係を示す第2マップまたは演算式と、改質器20の排熱を回収した第2熱媒体が循環する第2熱媒体循環回路75に設けられて第2熱媒体を冷却するラジエータ76の冷却能力と、に基づいて、貯湯水の各温度におけるラジエータ76の冷却能力に相当する燃料電池の発電出力を導出することにより作成されている。したがって、発電出力制限値 E_L は貯湯槽出口温度 T_4 およびラジエータ76の冷却能力に基づいて導出されるため、燃料電池の発電出力はラジエータ76の冷却能力も考慮されて決定されるので、発電出力、排熱利用のバランスをよりよく保ち、熱余り状態をできるだけ回避して燃料電池システムの運転を効率よく実施することができる。

【0058】

20

また、ラジエータ76の冷却能力は、貯湯水の最高温度 T_{max} における燃料電池の発電出力に対する当該燃料電池システムの必要冷却能力の相関関係を示す第2マップまたは演算式にて、貯湯槽71の湯満水時の燃料電池の最低発電出力に相当する当該燃料電池システムの必要冷却能力であるため、冷却能力を低く抑えたラジエータ76を使用することができるので、ラジエータ76のコンパクト化、ひいては燃料電池システム全体のコンパクト化を達成することができる。

【0059】

1b) 第2制御例

以下、上述した燃料電池システムの第2制御例について図7～図9を参照して説明する。制御装置90は、図示しない起動スイッチがオンされて燃料電池システムを起動して起動運転が完了し発電可能な定常運転となり、燃料ガスFC入口温度 T_7 が所定温度 T_a を超えると、図7に示すプログラムを所定時間 T_{Ma} 毎に実行する。制御装置90は、ステップ202において、第7温度センサ64aによって燃料電池10の燃料極入口に流入する燃料ガスの温度(燃料ガスFC入口温度) T_7 を検出する。なお、燃料ガスFC入口温度 T_7 の代わりにこの燃料ガスの温度 T_7 に相関するものの温度例えば貯湯水の改質ガス用凝縮器31の出口温度(貯湯水改質ガス用凝縮器出口温度) T_3 を第3温度センサ72bによって検出するようにしてもよい。そして、その検出値を使用して以降の処理を実行するようにしてもよい。

30

【0060】

そして、ステップ204において、ステップ202にて検出された燃料ガスFC入口温度 T_7 と、所定温度 T_a とを比較し、その比較結果に基づいて燃料電池10の発電出力制限値 E_L を導出する(第2発電出力制限値導出手段)。具体的には、制御装置90は、図8に示すサブルーチンを実行する。すなわち制御装置90は、ステップ202にて検出された温度 T_7 が所定温度 T_a より大きい場合には、前回の発電出力制限値 E_L から所定量 E だけ減算して今回の発電出力制限値 $E_L -$ を算出し(ステップ302, 304)、所定温度 T_a と同じである場合には、前回の発電出力制限値 E_L を今回の発電出力制限値 E_L として算出し(ステップ302, 306)、所定温度 T_a より小さい場合には、前回の発電出力制限値 E_L に所定量 E だけ加算して今回の発電出力制限値 $E_L +$ を算出する(ステップ302, 308)。そして、プログラムをステップ310に進めてサブルーチンの処理を終了し、ステップ206以降に進める。なお、ステップ302において、ス

40

50

ステップ 202 にて検出された燃料ガス FC 入口温度 T_7 と所定温度 T_a を比較しているが、燃料ガス FC 入口温度 T_7 と所定の温度範囲（不感帯）を比較するようにしてもよい。

【0061】

所定温度 T_a は、燃料電池 10 の燃料極 11 がフラッシングとならない温度に規定されているので、フラッシングによって燃料電池の発電低下、停止を確実に防止して燃料電池システムを安定運転することができる。

【0062】

制御装置 90 は、ステップ 206 ~ 214 において、第 2 発電出力制限値導出手段によって導出された発電出力制限値 E_L に基づいて燃料電池 10 の発電出力を制御する（第 2 発電制御手段）。具体的には、ステップ 206 において、電力計 47a によってユーザ負荷電力を検出する（ユーザ負荷電力検出手段）。ステップ 208 において、ステップ 206 にて検出されたユーザ負荷電力に応じた燃料電池の発電出力 E_U を、ユーザ負荷電力と発電出力の相関を示すマップまたは演算式に基づいて導出する（発電出力導出手段）。ステップ 210 において、ステップ 204 にて導出された発電出力制限値 E_L がステップ 208 にて導出された発電出力 E_U 以上であるか否かを判定する（判定手段）。ステップ 212 において、発電出力制限値 E_L が発電出力 E_U 以上であると判定された場合には、燃料電池 10 の発電出力をユーザ負荷電力に追従するように制御する（追従制御手段）。また、ステップ 214 において、発電出力制限値 E_L が発電出力 E_U 未満であると判定された場合には、燃料電池 10 の発電出力を発電出力制限値 E_L に制限するように制御する（制限制御手段）。

【0063】

そして、制御装置 90 は、追従制御または制限制御を行いながらステップ 216 にて所定時間 T_{Ma} が経過するのを待ってプログラムをステップ 218 に進めて一旦終了する。これにより、ステップ 212 または 214 にて決定した制御を所定時間 T_{Ma} だけ実行した後、再びステップ 202 以降の処理を実行することになる。

【0064】

このような制御によれば、貯湯槽出口温度 T_4 がユーザ要求による燃料電池 10 の発電に伴う熱エネルギーによって図 9 の上段に示すように上昇した場合、第 2 熱交換器 76 において凝縮冷媒が冷却できなくなり凝縮冷媒温度が上昇する。これに伴って改質ガス FC 入口温度 T_7 も上昇を開始する（時刻 t_{21} ）。なお、時刻 t_{21} までの改質ガス FC 入口温度 T_7 は所定温度 T_a に維持されているものとする。また、時刻 t_{21} までは燃料電池 10 の発電出力は制限されておらず最大発電出力まで発電可能であるとする。

【0065】

時刻 t_{21} にて改質ガス FC 入口温度 T_7 が所定温度 T_a より大となると、図 9 の中段に示すように、再び改質ガス FC 入口温度 T_7 が所定温度 T_a 以下となるまで（時刻 t_{25} ）、発電出力制限値 E_L は徐々に小さくなる（ステップ 202、204、302、304、310、206 ~ 218）。これと同時に、発電出力制限値 E_L とユーザ負荷電力に応じた燃料電池の発電出力 E_U とを比較して追従制御とするか制限制御とするかが決定されその制御が実行される。発電出力制限値 E_L が徐々に小さくなる範囲内で追従制御も実行されるので、いずれにしても燃料電池 10 の発電出力（発電出力最大値）は抑制され、燃料電池 10 からの発熱が抑制され、ラジエータ 76 の負荷が小さくなり冷却能力に余裕ができれば凝縮冷媒を冷却でき、ひいては改質ガス FC 入口温度 T_7 を小さくすることができる。

【0066】

これにより、改質ガス FC 入口温度 T_7 は t_{25} にて所定温度 T_a に到達する。時刻 t_{21} ~ t_{25} において、ユーザ負荷に基づく発電出力 E_U が図 9 の中段に示すように変化した場合、時刻 t_{21} ~ t_{22} および時刻 t_{23} ~ t_{24} においては発電出力制限値 E_L が発電出力 E_U 未満であるので、発電出力が発電出力制限値 E_L に制限され、それ以外の時間帯においては発電出力制限値 E_L が発電出力 E_U 以上であるので、発電出力が制限されることなくユーザ負荷電力に追従する追従制御が行われる（図 9 の下段）。

【 0 0 6 7 】

また、貯湯水が使用されるなどして時刻 t_{29} にて改質ガス F C 入口温度 T_7 が所定温度 T_a より小さくなると、図 9 の中段に示すように、再び改質ガス F C 入口温度 T_7 が所定温度 T_a 以上となるまで（時刻 t_{31} ）、発電出力制限値 E_L は徐々に大きくなる（ステップ 202、204、302、308、310、206～218）。これと同時に、発電出力制限値 E_L とユーザ負荷電力に応じた燃料電池の発電出力 E_U とを比較して追従制御とするか制限制御とするかが決定されその制御が実行される。発電出力制限値 E_L が徐々に大きくなる範囲内で追従制御も実行されるので、いずれにしても燃料電池 10 の発電出力（発電出力最大値）は増加され、燃料電池 10 からの発熱が増大し、凝縮冷媒を昇温し、ひいては改質ガス F C 入口温度 T_7 を昇温することができる。

10

【 0 0 6 8 】

これにより、改質ガス F C 入口温度 T_7 は t_{31} にて所定温度 T_a に到達する。時刻 $t_{29} \sim t_{31}$ において、ユーザ負荷に基づく発電出力 E_U が図 9 の中段に示すように変化した場合、時刻 $t_{29} \sim t_{30}$ においては発電出力制限値 E_L が発電出力 E_U 未満であるので、発電出力が発電出力制限値 E_L に制限され、それ以外の時間帯においては発電出力制限値 E_L が発電出力 E_U 以上であるので、発電出力が制限されることなくユーザ負荷電力に追従する追従制御が行われる（図 9 の下段）。

【 0 0 6 9 】

したがって、本第 2 制御例によれば、第 2 発電出力制限値導出手段が、第 7 温度センサ 64a によって検出された燃料ガス燃料電池入口温度 T_7 またはこの燃料ガスの温度に相関するものの温度と所定温度 T_a とを比較し、その比較結果に基づいて燃料電池の発電出力制限値を導出し、第 2 発電制御手段が、第 2 発電出力制限値導出手段によって導出された発電出力制限値 E_L に基づいて燃料電池 10 の発電出力を制御する。これにより、燃料電池 10 の発電中においては、その発電に伴って発生する燃料電池 10 および改質器 20 の排熱を回収して貯湯水が加熱されるが、貯湯槽 71 が温度的に満水となった場合、燃料ガス燃料電池入口温度 T_7 またはこの燃料ガスの温度に相関するものの温度 T_3 に応じて燃料電池 10 の発電出力が制限されるので、燃料電池 10 からの発熱をできるだけ抑制して、発電出力、排熱利用のバランスを保ち、熱余り状態をできるだけ回避して燃料電池システムの運転を効率よく実施することができる。

20

【 0 0 7 0 】

また、第 2 発電出力制限値導出手段は、第 7 温度センサ 64a によって検出された燃料ガス燃料電池入口温度 T_7 が所定温度 T_a より大きい場合には、前回の発電出力制限値 E_L から所定量 E だけ減算して今回の発電出力制限値 $E_L - E$ を算出し、所定温度 T_a より小さい場合には、前回の発電出力制限値 E_L から所定量 E だけ加算して今回の発電出力制限値 $E_L + E$ を算出する。これにより、燃料ガス燃料電池入口温度 T_7 またはこの燃料ガスの温度に相関するものの温度に基づいて容易かつ的確に発電出力制限値 E_L を算出することができる。

30

【 0 0 7 1 】

また、第 2 発電制御手段において、ステップ 208 において、ステップ 206 にて検出されたユーザ負荷電力に応じた燃料電池の発電出力を導出し、ステップ 210 において、ステップ 204 にて導出された発電出力制限値 E_L が、ステップ 208 にて導出された発電出力 E_U 以上であるか否かを判定し、ステップ 212 において、ステップ 210 にて発電出力制限値 E_L が発電出力 E_U 以上であると判定された場合には、燃料電池 10 の発電出力をユーザ負荷電力に追従するように制御し、ステップ 214 において、ステップ 210 にて発電出力制限値 E_L が発電出力 E_U 未満であると判定された場合には、燃料電池 10 の発電出力を発電出力制限値 E_L に制限するように制御する。これにより、ユーザ負荷電力検出手段によって検出されたユーザ負荷電力に応じた燃料電池の発電出力 E_U と発電出力制限値 E_L とに基づいて簡単かつ確実に燃料電池システムを安定運転することができる。

40

【 0 0 7 2 】

50

また、燃料ガス燃料電池入口温度検出手段、第2発電出力制限値導出手段、および第2発電制御手段による各処理は、燃料ガスの応答性を考慮して設定された所定時間T M a毎に繰り返し実行されるので、的確な時間に制御処理を実行することができる。また、より緻密に制御処理を実行することができる。

【0073】

上述の説明から明らかなように、この参考の形態においては、貯湯水循環回路80は、排熱回収手段(凝縮器30)を設けた流路72と、第1熱交換器74を設けた流路であるバイパス路75が並列に設けられていることにより、システムの定常運転中においては、燃料電池10の発電で発生する排熱は、FC冷却水に回収され、バイパス路75を流通する貯湯水に第1熱交換器74を介して回収されて、この結果貯湯水を加熱(昇温)する。燃料電池10から排出されるオフガスの排熱および改質器20にて発生する排熱は、凝縮器32, 33および凝縮器31, 34を介して直接貯湯水に回収されて、この結果貯湯水を加熱(昇温)する。これにより、燃料電池10の発電で発生する排熱と、燃料電池10から排出されるオフガスの排熱、改質器20にて発生する排熱の少なくとも何れか一方とを直列に回収するのではなく、並列に独立して回収することができるので、それぞれ最も効率のよい貯湯水流量で熱を回収することが可能となる。したがって、燃料電池からの回収熱量の、アノードオフガス、カソードオフガス、燃焼排ガスからの回収熱量に対する比率が低い場合、例えば、低負荷での発電の場合や冬場などの放熱の影響が大きい場合などでも、それら各ガスから十分に熱を回収することができるので、システムの発電開始から停止までを通して熱回収効率を高く維持して運転を行うことができる燃料電池システムを提供することができる。

【0074】

また、燃料電池10から排出されるオフガスの排熱を貯湯水に回収するオフガス排熱回収器(凝縮器32, 33)、改質器20にて発生する排熱を貯湯水に回収する改質器排熱回収器(凝縮器31, 34)の少なくとも何れか一方を流路72に設けたので、流路72を循環する貯湯水が燃料電池10から排出されるオフガスの排熱、改質器20にて発生する排熱の少なくとも何れか一方を確実に回収することができる。

【0075】

また、バイパス路75および流路72の各流量をそれぞれ調整する流量調整手段(貯湯水循環第1ポンプP5および貯湯水循環第2ポンプP6)をさらに備えたので、バイパス路75および流路72を流れる貯湯水の流量を確実に調整することができ、最適な熱回収効率および回収湯温を実現することができる。

【0076】

2) 実施の形態

次に、本発明による燃料電池システムの実施の形態について説明する。図10は実施の形態にかかる燃料電池システムのうち貯湯水循環回路80、FC冷却水循環回路73および凝縮冷媒循環回路75の周辺の概要を示す概要図である。上述した参考の形態においては、流路72上に各凝縮器31~34を設け、燃料電池10から排出されるオフガスの排熱および改質器20にて発生する排熱は、凝縮器32, 33および凝縮器31, 34を介して直接貯湯水に回収するようにしたが、図10に示すように、間接的に貯湯水に回収するようにしてもよい。なお、参考の形態と同一の構成部材については同一符号を付してその説明を省略する。

【0077】

本実施の形態においては、排熱回収手段は、燃料電池10から排出されるオフガスの排熱、改質器20にて発生する排熱の少なくとも何れかを回収した排熱回収熱媒体である凝縮冷媒(凝縮器熱媒体)が循環する排熱回収熱媒体循環回路である凝縮冷媒循環回路78と、貯湯水と凝縮冷媒との間で熱交換が行われる第2熱交換器79とから構成されている。これにより、燃料電池10から排出されるオフガスの排熱および改質器20にて発生する排熱の少なくとも何れかは、凝縮器30を介して凝縮冷媒に回収され、第2熱交換器79を介して貯湯水に回収されて、この結果貯湯水を加熱(昇温)する。

【 0 0 7 8 】

凝縮冷媒循環回路 7 8 上には、第 2 熱交換器 7 9 が配設されている。また、凝縮冷媒循環回路 7 8 上には、第 2 熱交換器 7 9 の出口から順番に、凝縮冷媒循環ポンプ P 8、ラジエータ 7 6、アノードオフガス用凝縮器 3 2、燃焼ガス用凝縮器 3 4、カソードオフガス用凝縮器 3 3、改質ガス用凝縮器 3 1、および第 5 温度センサ 7 8 a が配設されている。凝縮冷媒循環ポンプ P 8 は、凝縮冷媒循環手段であり、制御装置 9 0 によって制御されてその流量（送油量）が制御されるようになっている。第 5 温度センサ 7 8 a は、凝縮冷媒の改質ガス用凝縮器 3 1 の出口温度 T 5 を検出し、その検出結果を制御装置 9 0 に出力するものである。なお、流路 7 2 からは、アノードオフガス用凝縮器 3 2、燃焼ガス用凝縮器 3 4、カソードオフガス用凝縮器 3 3、改質ガス用凝縮器 3 1、およびラジエータ 7 6 が削除されて、凝縮冷媒循環回路 7 8 に移設されている。

10

【 0 0 7 9 】

次に、上述した燃料電池システムにおいて熱回収効率の最適化の制御について説明する。まず、貯湯水循環第 2 ポンプ P 6 は、F C 冷却水 F C 入口温度 T 1（または F C 冷却水 F C 出口温度 T 2）が燃料電池の最適運転温度となるように流量制御されている。さらに、F C 冷却水循環ポンプ P 7 は、F C 冷却水 F C 入口温度 T 1 と F C 冷却水 F C 出口温度 T 2 との温度差 T が目標温度差 T^* （例えば 3 ~ 5）となるように流量制御されている。目標温度差 T^* は、燃料電池 1 0 の改質ガス流路または空気流路内の水蒸気を最適加湿条件に維持することができるように設定されている。そして、凝縮冷媒循環ポンプ P 8 は、凝縮冷媒のアノードオフガス（A O G）凝縮器出口温度 T 5 が目標温度 T 5 *（例えば 5 5 ~ 6 0）となるように流量制御されている。凝縮冷媒の改質ガス用凝縮器出口温度 T 5 が高いほど第 2 熱交換 7 9 における貯湯水の凝縮回収熱量の回収効率がよいので、目標温度 T 5 * は高く設定するのが望ましい。一方、凝縮冷媒の改質ガス用凝縮器出口温度 T 5 が高くなると、改質ガス用凝縮器 3 1 にて凝縮冷媒と熱交換する改質ガスの温度すなわち改質ガス F C 入口温度 T 7 の温度が高くなり、燃料電池 1 0 の燃料極 1 1 がフラッシングを発生する。したがって、目標温度 T 5 * はフラッシングが発生しない範囲内で、凝縮回収熱量の回収効率ができるだけよい温度に設定されている。

20

【 0 0 8 0 】

これにより、システムの定常運転中においては、バイパス路 7 5 を適切な流量で流通する貯湯水が燃料電池の発電で発生する排熱を最も効率よく回収する。一方、第 2 熱交換器 7 9 において、バイパス路 7 5 を適切な流量で流通する貯湯水とは別に、かつその流量に制約されることのない、流路 7 2 を適切な流量で循環する貯湯水が、燃料電池 1 0 から排出されるオフガスの排熱、改質器 2 0 にて発生する排熱を最も効率よく回収する。その後、両貯湯水が合流して貯湯槽 7 1 に流入する。

30

【 0 0 8 1 】

なお、この実施の形態においても、上述した第 1 および第 2 制御例の制御が実施されている。第 2 制御例では、燃料ガス F C 入口温度 T 7 の代わりにこの燃料ガスの温度 T 7 に関連するものの温度例えば凝縮冷媒の改質ガス用凝縮器 3 1 の出口温度（凝縮冷媒改質ガス用凝縮器出口温度）T 5 を第 5 温度センサ 7 8 a によって検出するようにすればよい。

40

【 0 0 8 2 】

本実施の形態によれば、参考の形態の作用・効果に加えて、さらに次のように作用・効果を得ることができる。凝縮冷媒循環回路 7 8 は、燃料電池 1 0 から排出されるオフガスの排熱、改質器 2 0 にて発生する排熱の少なくとも何れかを回収した凝縮冷媒が循環するものであり、貯湯水循環回路 8 0 とは独立して設けられるとともに、第 2 熱交換器 7 9 を介して貯湯水と凝縮熱媒との間で熱交換が行われる。すなわち、貯湯水は、アノードオフガス、カソードオフガス、燃焼排ガス、燃料ガス（改質ガス）と直接熱交換をしておらず、第 2 熱交換器 7 9 を介して間接的に熱交換をすることになる。したがって、貯湯槽 7 1 が水道水が直接補給される密閉式である場合、貯湯槽 7 1、貯湯水循環回路 8 0 には高圧の水道水圧がかかるが、凝縮冷媒循環回路 7 8 は貯湯水循環回路 8 0 から独立しているため、凝縮冷媒循環回路 7 8 上に配設されるアノードオフガス、カソードオフガス、燃焼排

50

ガス、燃料ガス（改質ガス）との熱交換するための熱交換器（凝縮器 30）には直接水道水圧がかからないので、その熱交換器を過剰な耐圧構造としなくてもすむので、コスト高、大型化を招くことなく、高圧水源から貯湯水を補給可能である燃料電池システムを提供することができる。

【0083】

また、凝縮冷媒循環回路 78 上には改質器および燃料電池を流通する高温かつ蒸気を含んだ気体から熱量を回収して同気体を凝縮する凝縮器 30 が備えられ、凝縮熱媒は凝縮器 30 を流通する凝縮冷媒であるので、従来の構成を有効利用することにより大型化することなく簡単な構成で確実に凝縮熱媒を昇温することができる。

【0084】

なお、上述した実施の形態においては、ラジエータ 76 は、貯湯水循環回路 80 または FC 冷却水循環回路 73 に配置してもよく、少なくとも凝縮冷媒循環回路 78、貯湯水循環回路 80 および FC 冷却水循環回路 73 の何れか一つに配置するようにすればよい。これによれば、貯湯水の温度が燃料電池で必要な温度に到達した場合、もしくは改質器 20 の排熱を回収した凝縮冷媒で必要な温度に到達した場合、貯湯水が排熱を回収してそれ以上昇温しないようにするため、貯湯水または / および FC 冷却水および凝縮熱媒の温度を冷却手段であるラジエータ 76 によって効率よく冷却することができる。

【0085】

また、上述した参考および実施の形態においては、流量調整手段は 2 つの貯湯水循環手段である貯湯水循環第 1 ポンプ P5 および貯湯水循環第 2 ポンプ P6 によって構成するようにしたが、図 11 に示すように、1 つの貯湯水循環手段と 1 セット（1 つ）の流量比調整手段によって構成するようにしてもよい。具体的には、貯湯水循環第 3 ポンプ P9、第 2 および第 3 バルブ 81、82 から構成すればよい。貯湯水循環第 3 ポンプ P9 は、バイパス路 75 と貯湯槽 71 の出口の間の流路 72 に設けられており、制御装置 90 によって制御されてその流量（送出量）が制御されるようになっている。第 2 バルブ 81 は、バイパス路 75 との分岐点より凝縮器 30（第 2 熱交換器 79）側の流路 72 に設けられ同流路 72 を開閉するとともに開度調整可能な開閉弁であり、制御装置 90 の指令によって開閉制御されるとともに開度調整されるものである。第 3 バルブ 82 は、バイパス路 75 に設けられ同バイパス路 75 を開閉するとともに開度調整可能な開閉弁であり、制御装置 90 の指令によって開閉制御されるとともに開度調整されるものである。これによれば、貯湯水循環第 3 ポンプ P9 によって貯湯水の全体流量を制御し、第 2 および第 3 バルブ 81、82 の各開度によって流路 72 およびバイパス路 75 の流量比を制御することにより、流路 72 およびバイパス路 75 の各流量をそれぞれ調整することができる。なお、第 2 および第 3 バルブ 81、82 に代えて、他の形式の流量比調整手段例えば分岐点に流量比調整器を設けるようにしてもよい。

【0088】

なお、上述した参考および実施の形態において、ポンプのうち気体を送出するポンプはプロワに置き換え可能である。

【図面の簡単な説明】

【0089】

【図 1】本発明による燃料電池システムの参考の形態の概要を示す概要図である。

【図 2】図 1 に示す燃料電池システムを示すブロック図である。

【図 3】貯湯槽出口温度と FC 発電出力制限値との相関関係を示す第 1 マップである。

【図 4】貯湯水の温度毎の燃料電池の発電出力に対する当該燃料電池システムの必要冷却能力の相関関係を示す第 2 マップである。

【図 5】図 2 に示した制御装置にて実行される第 1 制御例の制御プログラムのフローチャートである。

【図 6】本発明による燃料電池システムの第 1 制御例の動作を示すタイムチャートである。

【図 7】図 2 に示した制御装置にて実行される第 2 制御例の制御プログラムのフローチャ

10

20

30

40

50

ートである。

【図8】図2に示した制御装置にて実行される第2制御例の制御プログラムのサブルーチンのフローチャートである。

【図9】本発明による燃料電池システムの第2制御例の動作を示すタイムチャートである。

【図10】本発明による燃料電池システムの実施の形態の概要を示す概要図である。

【図11】本発明による燃料電池システムの流量調整手段の変形例を示す概要図である。

【符号の説明】

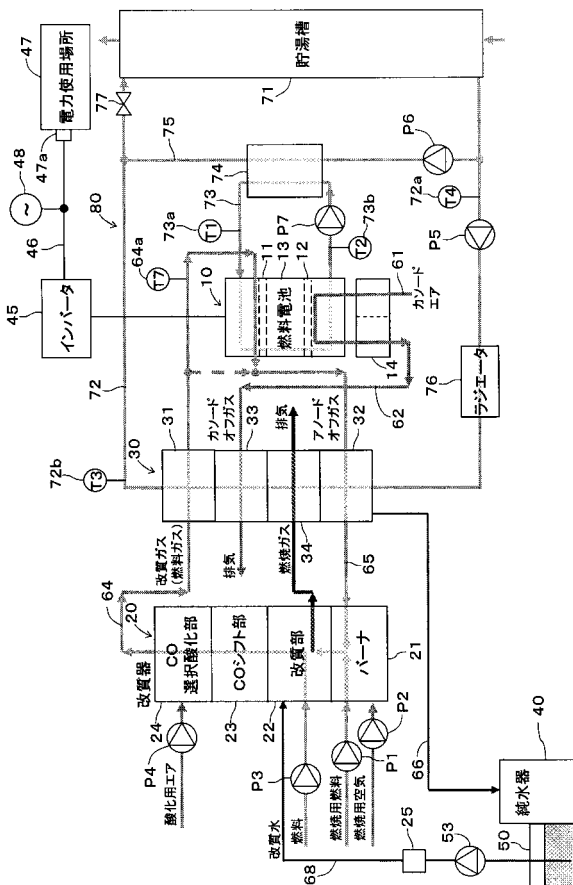
【0090】

10...燃料電池、11...燃料極、12...空気極、20...改質器、21...バーナ、22...改質部、23...一酸化炭素シフト反応部(COシフト部)、24...一酸化炭素選択酸化反応部(CO選択酸化部)、25...蒸発器、30...凝縮器、31...改質ガス用凝縮器、32...アノードオフガス用凝縮器、33...カソードオフガス用凝縮器、34...燃焼ガス用凝縮器、40...純水器、45...インバータ、46...送電線、47...電力使用場所、47a...電力計、48...系統電源、47...電源ライン、50...貯水器、53...改質水ポンプ、61~66...配管、68...改質水供給管、71...貯湯槽、72...流路、73...FC冷却水循環回路、74...第1熱交換器、75...バイパス路、76...ラジエータ、77...第1バルブ、78...凝縮冷媒循環回路、79...第2熱交換器、80...貯湯水循環回路、81,82...第2および第3バルブ、P1~P9,53...ポンプ、73a,73b,72b,72a,78a,64a...第1~第5,第7温度センサ、90...制御装置。

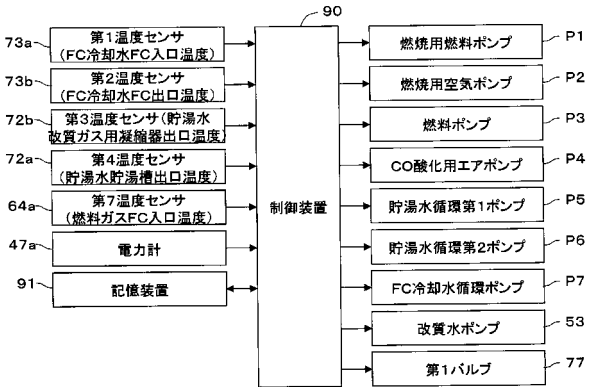
10

20

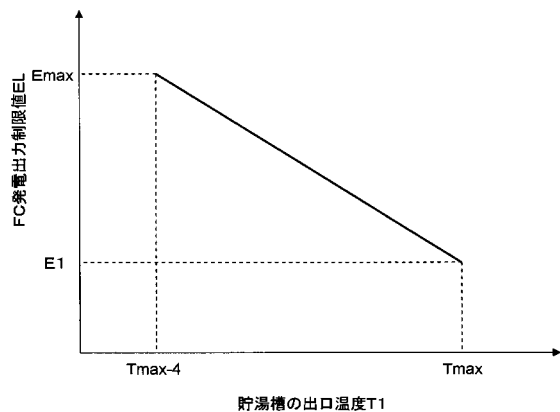
【図1】



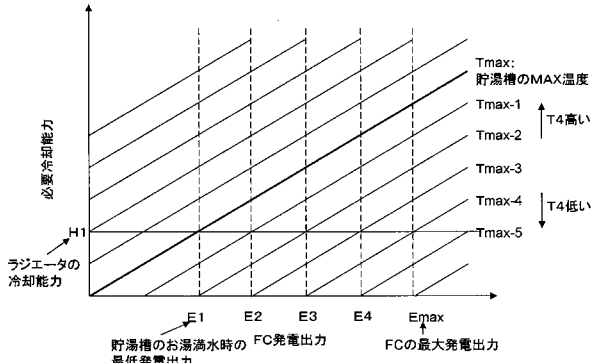
【図2】



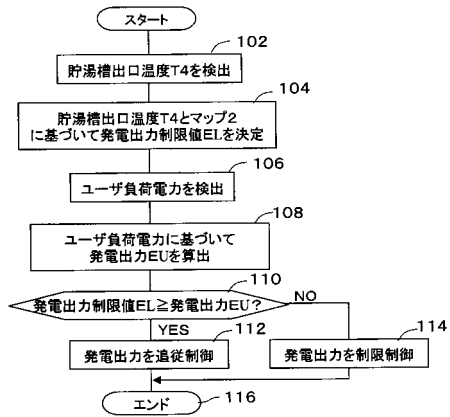
【図3】



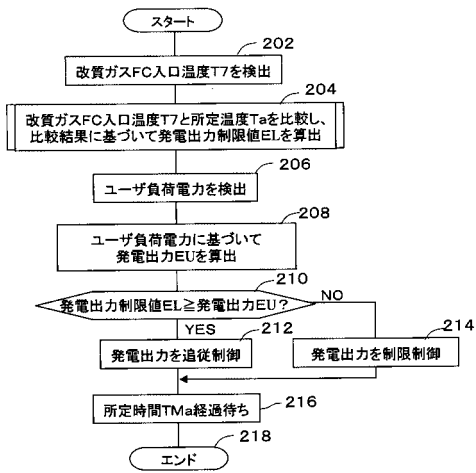
【図4】



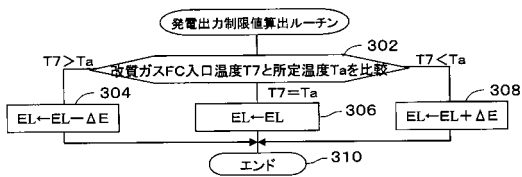
【図5】



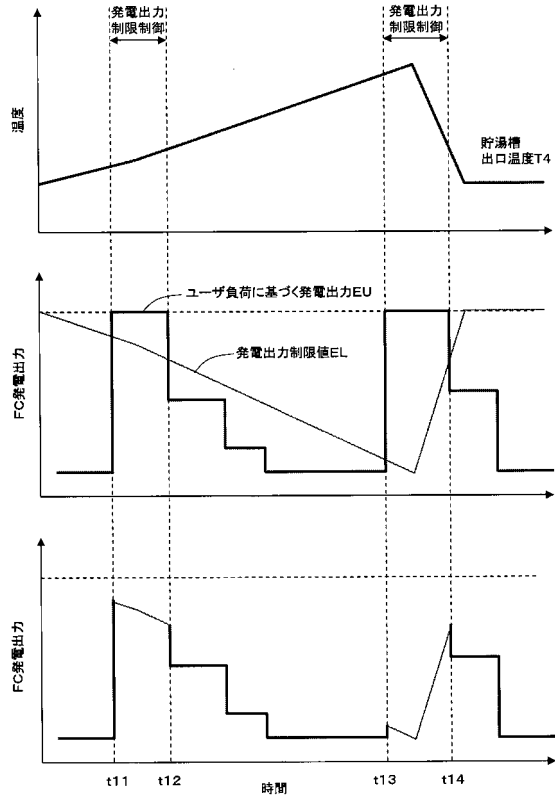
【図7】



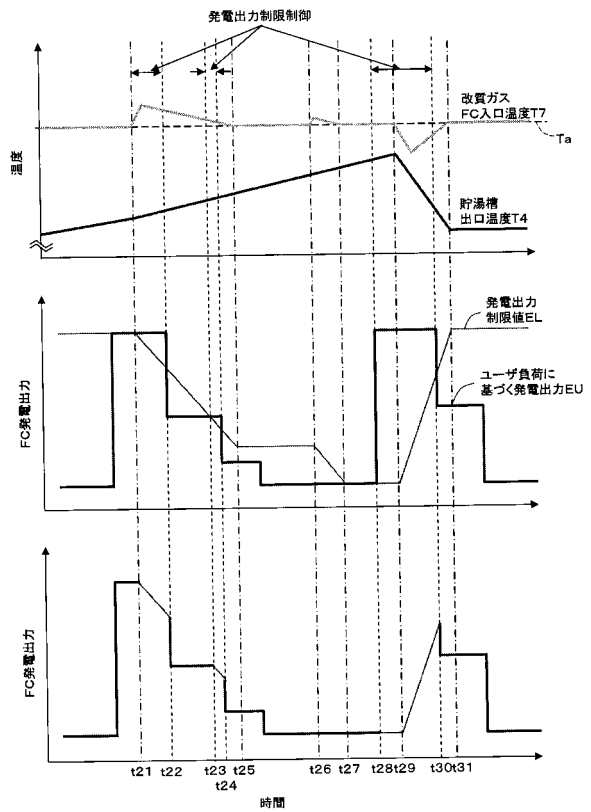
【図8】



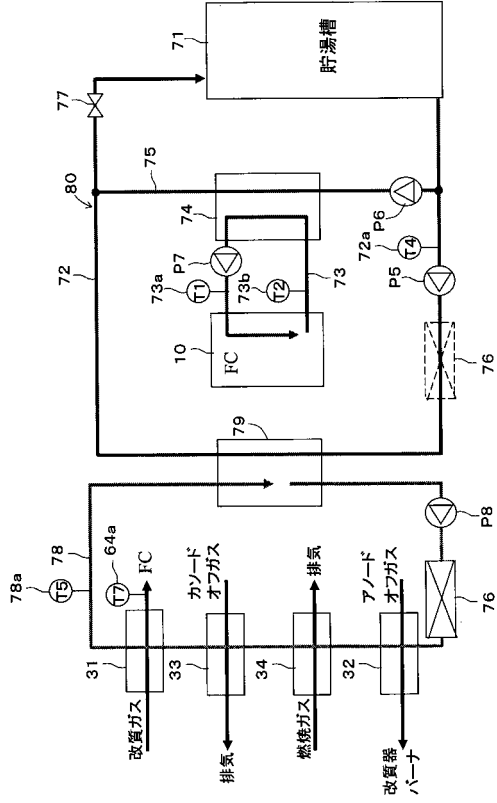
【図6】



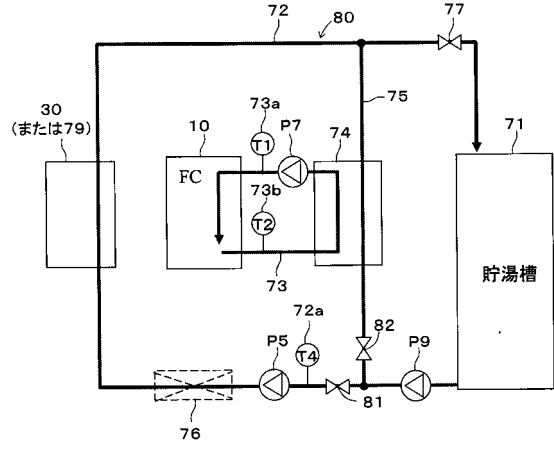
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-216819(JP,A)
特開2004-214028(JP,A)
特開2003-100336(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 8/04 - 8/06, 8/10
F24H 1/00, 1/18