

(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2010-257993

(P2010-257993A)

(43) 公開日 平成22年11月11日(2010.11.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/04 (2006.01)	HO 1 M 8/04 P	5H026
HO 1 M 8/06 (2006.01)	HO 1 M 8/04 J	5H027
HO 1 M 8/10 (2006.01)	HO 1 M 8/06 G	
	HO 1 M 8/04 Z	
	HO 1 M 8/04 T	

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2010-176069 (P2010-176069)	(71) 出願人	000000011 アイシン精機株式会社
(22) 出願日	平成22年8月5日 (2010.8.5)		愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
(62) 分割の表示	特願2004-349615 (P2004-349615) の分割	(71) 出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社
原出願日	平成16年12月2日 (2004.12.2)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
		(74) 代理人	100089082 弁理士 小林 脩
		(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
		Fターム(参考)	5H026 AA06 HH05 HH06 HH08 5H027 AA06 BA01 BA16 BA17 DD06 KK44 KK48 KK52 MM02

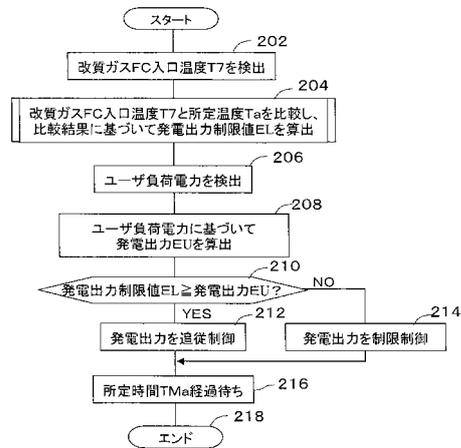
(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】 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し、また、燃料電池システムの冷却手段を小型化しシステム全体を小型化する。

【解決手段】 燃料電池システムは、第2発電出力制限値導出手段(ステップ204)が、燃料ガス燃料電池入口温度検出手段によって検出された燃料ガス燃料電池入口温度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(ステップ206~214)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に基づいて燃料電池の発電出力を制御する。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料電池と、該燃料電池の燃料極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、前記貯湯水が循環する貯湯水循環回路と、を備え、前記貯湯水循環回路上において前記燃料電池および改質器にて発生する排熱を回収して前記貯湯水を加熱する燃料電池システムにおいて、

前記燃料電池の入口に流入する燃料ガスの温度または該燃料ガスの温度に相関するものの温度を検出する燃料ガス燃料電池入口温度検出手段と、

該燃料ガス燃料電池入口温度検出手段によって検出された温度と所定温度とを比較し、その比較結果に基づいて前記燃料電池の発電出力制限値を導出する第 2 発電出力制限値導出手段と、

該第 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に基づいて前記燃料電池の発電出力を制御する第 2 発電制御手段を備えた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、前記第 2 発電出力制限値導出手段は、前記温度が前記所定温度より大きい場合には、前回の発電出力制限値から所定量だけ減算して今回の発電出力制限値を算出し、前記温度が前記所定温度より小さい場合には、前回の発電出力制限値から所定量だけ加算して今回の発電出力制限値を算出す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 2 発電制御手段は、

ユーザ負荷電力を検出するユーザ負荷電力検出手段と、

該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前記燃料電池の発電出力を導出する発電出力導出手段と、

前記第 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が、前記発電出力導出手段によって導出された発電出力以上であるか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段によって前記発電出力制限値が前記発電出力未満であると判定された場合には、前記燃料電池の発電出力を前記発電出力制限値に制限するように制御する制限制御手段と、を備えた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。

【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、を備え、貯湯水循環回路上において燃料電池および改質器にて発生する排熱を回収して貯湯水を加熱するものはよく知られている。

【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 20 は、貯湯タンク 52 の底部に接続された冷水管 54 からの水をラジエータ 42、凝縮器 38、熱交換器 36、温水管 56 を経由して貯湯タンク 52 の頂部に戻す系統が配置されている。熱交換器 36 は、燃料電池スタック 34 の冷却媒体（冷却水など）の循環流路（図中、破線で示す循環流路）に組み込まれて冷却媒体を冷却する。ラジエータ 42 は、貯湯タンク 52 の底部からの水はその温度により応じて冷却する冷却ファン 42a が取り付けられている。これにより、凝縮器 38 や熱交換器 36 に供給する貯湯タン

10

20

30

40

50

ク52の底部からの水はその温度により必要に応じてラジエータ42で冷却されるから、凝縮器38における燃料電池スタック34からの排ガス中の水蒸気の凝縮や燃料電池スタック34の冷却を適正に行なうことができる。

【0004】

また、他の形式として、特許文献2「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2の図1に示されているように、燃料電池発電システム20は、特許文献1に示されている「燃料電池発電システム」にインバータ48aを冷却する冷却器48bが追加されたものである。インバータ48aは、貯湯タンク52の底部からの水により冷却されるから、燃料電池スタック34の動作温度に拘わらず、効率よく冷却することができる。しかも、冷却器48bに供給される水は冷却ファン42a付きのラジエータ42で冷却されるから、貯湯タンク52の底部の水の温度が高いときでもインバータ48aを十分に冷却することができる。これによっても、凝縮器38や熱交換器36に供給する貯湯タンク52の底部からの水はその温度により必要に応じてラジエータ42で冷却されるから、凝縮器38における燃料電池スタック34からの排ガス中の水蒸気の凝縮や燃料電池スタック34の冷却を適正に行なうことができる。

10

【0005】

また、他の形式として、特許文献3「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3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を循環する冷却水が水管73を経て流入する。この固体高分子形燃料電池発電装置GS1においては、水タンク21の水温が所定の温度以上になった場合には、プロセスガスバーナ34に燃焼用空気を送るファン37を作動して熱交換器46を温水Aの冷却器として使用して温水Aの温度を低下させ、温度を低下させた温水AをラインL1に循環して送って冷却するようになっている。これにより、貯湯タンク50が温水で満タン状態になり、しかも外部へ給湯されない場合であっても、装置を停止することなく、燃料電池の冷却水の温度を規定の温度範囲に維持することができる。

20

30

【0006】

また、他の形式として、特許文献4「燃料電池コジェネレーションシステム」に示されているものが知られている。特許文献4の図1～図4に示されているように、燃料電池コジェネレーションシステムは、燃料を改質して水素を得る燃料改質装置11と、燃料改質装置11から水素を供給され発電する燃料電池本体12と、燃料電池本体12及び燃料改質装置11から発生する排熱を回収する排熱回収装置14と、燃料改質装置11、燃料電池本体12及び排熱回収装置14を制御する制御装置15とを備え、さらに温度センサ20を備え、制御装置15は、温度センサ20の出力で連続運転方式と、1日の中で1回以上の起動と停止を行う間歇運転方式とを切り替える。制御装置15は、月日に基づいて運転を切り替えたり、市水の温度に基づき運転を切り替えたり、気温や貯湯槽16の状況により運転を切り替える。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2004-111208号公報(第4-6頁、図1)

【特許文献2】特開2004-111209号公報(第4-6頁、図1)

【特許文献3】特開2002-216819号公報(第2-6頁、図1-3)

【特許文献4】特開2004-006217号公報(第4-7頁、図1-4)

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述した特許文献1および特許文献2に記載の燃料電池発電システムにおいては、燃料電池34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34および改質装置32の排熱を回収して貯湯水が加熱されるが、貯湯タンク52が温度的に満水となった場合、燃料電池34が高温となり発電効率が悪化するのを防ぐため、電気エネルギーを使用して冷却ファン42aを作動させてラジエータ42によって排熱を捨てていた。これにより、燃料電池発電システムは発電出力範囲の全範囲において発電可能となるが、燃料電池34および改質装置32の排熱が捨てられすなわち燃料電池発電システムで生成された熱エネルギーが捨てられるとともに、燃料電池発電システムで生成された電気エネルギーがユーザ負荷電力として使用されるのではなく冷却ファン42aを作動させて排熱を捨てるために無駄に使用されることとなる。このため、発電出力、排熱利用のバランスが崩れて、燃料電池システムの運転が効率的に実施されない場合があった。また、燃料電池システムが発電出力範囲の全範囲において発電可能とするため、ラジエータ42の冷却能力を燃料電池の最大発電出力に対応した大きい冷却能力を有する設計とする必要があり、そのためラジエータ42が大型化するという問題があった。

10

【0009】

また、上述した特許文献3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および特許文献2に記載の燃料電池発電システムと同様な問題がある。

20

【0010】

また、上述した特許文献4に記載の燃料電池コジェネレーションシステムにおいては、制御装置15は、貯湯槽16の状況により連続運転方式と、1日の中で1回以上の起動と停止を行う間歇運転方式とを切り替えるようにしているが、貯湯槽16の状況による燃料電池本体12の発電制御についての具体的な記載はない。

【0011】

本発明は、上述した各問題を解消するためになされたもので、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し、また、燃料電池システムの冷却手段を小型化しシステム全体を小型化することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0012】

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、この燃料電池の燃料極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、貯湯水循環回路上において燃料電池および改質器にて発生する排熱を回収して貯湯水を加熱する燃料電池システムにおいて、燃料電池の入口に流入する燃料ガスの温度またはこの燃料ガスの温度に相関するものの温度を検出する燃料ガス燃料電池入口温度検出手段と、この燃料ガス燃料電池入口温度検出手段によって検出された温度と所定温度とを比較し、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する第2発電出力制限値導出手段と、この第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に基づいて燃料電池の発電出力を制御する第2発電制御手段を備えたことである。

40

【0013】

また請求項2に係る発明の構成上の特徴は、請求項1に係る発明において、第2発電出力制限値導出手段は、燃料ガス燃料電池入口温度検出手段によって検出された温度が所定温度より大きい場合には、前回の発電出力制限値から所定量だけ減算して今回の発電出力制限値を算出し、所定温度より小さい場合には、前回の発電出力制限値から所定量だけ加算して今回の発電出力制限値を算出することである。

【0014】

50

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 に係る発明において、第 2 発電制御手段は、ユーザ負荷電力を検出するユーザ負荷電力検出手段と、この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を導出する発電出力導出手段と、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が、発電出力導出手段によって導出された発電出力以上であるか否かを判定する判定手段と、判定手段によって発電出力制限値が発電出力未満であると判定された場合には、燃料電池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制限制御手段と、を備えたことである。

【発明の効果】

【0015】

上記のように構成した請求項 1 に係る発明においては、第 2 発電出力制限値導出手段が、燃料ガス燃料電池入口温度検出手段によって検出された燃料ガス燃料電池入口温度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に基づいて燃料電池の発電出力を制御する。これにより、燃料電池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および改質器の排熱を回収して貯湯水が加熱されるが、貯湯槽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またはこの燃料ガスの温度に相関するものの温度に応じて燃料電池の発電出力が制限されるので、燃料電池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。

【0016】

上記のように構成した請求項 2 に係る発明においては、第 2 発電出力制限値導出手段は、燃料ガス燃料電池入口温度検出手段によって検出された温度が所定温度より大きい場合には、前回の発電出力制限値から所定量だけ減算して今回の発電出力制限値を算出し、所定温度より小さい場合には、前回の発電出力制限値から所定量だけ加算して今回の発電出力制限値を算出する。これにより、燃料ガス燃料電池入口温度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を算出することができる。

【0017】

上記のように構成した請求項 3 に係る発明においては、第 2 発電制御手段において、発電出力導出手段が、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を導出し、判定手段が、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が、発電出力導出手段によって導出された発電出力以上であるか否かを判定し、制限制御手段が、判定手段によって発電出力制限値が発電出力未満であると判定された場合には、燃料電池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と発電出力制限値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。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図 1】本発明による燃料電池システムの第 1 の実施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。

10

20

30

40

50

【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第 2 の実施の形態の概要を示す概要図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

10

1) 第 1 の実施の形態

以下、本発明による燃料電池システムの第 1 の実施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。

【0020】

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（実施の形態では高分子電解質膜）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。

20

【0021】

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、本実施の形態においては天然ガスにて説明する。

30

【0022】

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 を通っ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（送油量）が制御されるようになっている。

40

【0023】

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

50

になっている。このポンプ P 3 は制御装置 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 2 4 】

C O シフト部 2 3 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 C O 選択酸化部 2 4 に導出される。

【 0 0 2 5 】

C O 選択酸化部 2 4 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 C O 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（10 ppm 以下）燃料電池 1 0 の燃料極 1 1 に導出される。なお、C O 酸化用の空気（エア）は C O 酸化用エア供給手段である C O 酸化用エアポンプ P 4 によって C O 選択酸化部 2 4 に供給されるようになっている。このポンプ P 4 は制御装置 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。

10

【 0 0 2 6 】

蒸発器 2 5 は、一端が貯水器 5 0 内に配置され他端が改質部 2 2 に接続された改質水供給管 6 8 の途中に配設されている。改質水供給管 6 8 には改質水ポンプ 5 3 が設けられている。このポンプ 5 3 は制御装置 9 0 によって制御されており、貯水器 5 0 内の改質水として使用する回収水を蒸発器 2 5 に圧送している。蒸発器 2 5 は例えばバーナ 2 1 から排出される燃焼ガス、改質部 2 2、C O シフト部 2 3 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。

20

【 0 0 2 7 】

改質器 2 0 の C O 選択酸化部 2 4 と燃料電池 1 0 の燃料極 1 1 とを連通する配管 6 4 の途中には、凝縮器 3 0 が設けられている。この凝縮器 3 0（図面上は分離しているが）は改質ガス用凝縮器 3 1、アノードオフガス用凝縮器 3 2、カソードオフガス用凝縮器 3 3 および燃焼ガス用凝縮器 3 4 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 3 1 は配管 6 4 中を流れる燃料電池 1 0 の燃料極 1 1 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 3 2 は、燃料電池 1 0 の燃料極 1 1 と改質器 2 0 のバーナ 2 1 とを連通する配管 6 5 の途中に設けられており、その配管 6 5 中を流れる燃料電池 1 0 の燃料極 1 1 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 3 3 は、排出管 6 2 の加湿器 1 4 の下流に設けられており、その排出管 6 2 中を流れる燃料電池 1 0 の空気極 1 2 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 3 4 は、バーナ 2 1 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。

30

【 0 0 2 8 】

また、配管 6 4 には、燃料電池 1 0 の燃料極 1 1 の入口付近に第 7 温度センサ 6 4 a が配設されており、第 7 温度センサ 6 4 a は、改質ガスの燃料電池 1 0 の燃料極 1 1 の入口温度 T 7 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。

【 0 0 2 9 】

上述した凝縮器 3 1 ~ 3 4 は配管 6 6 を介して純水器 4 0 に連通しており、各凝縮器 3 1 ~ 3 4 にて凝縮された凝縮水は、純水器 4 0 に導出され回収されるようになっている。純水器 4 0 は、凝縮器 3 0 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 5 0 に導出するものである。なお、貯水器 5 0 は純水器 4 0 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 4 0 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 4 0 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。

40

【 0 0 3 0 】

燃料電池システムは、貯湯水を貯湯する貯湯槽 7 1 と、貯湯水が循環する貯湯水循環回路 7 2 と、燃料電池 1 0 の排熱（燃料電池 1 0 の発電で発生する排熱）を回収した第 1 熱

50

媒体であるFC冷却水が循環する第1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、改質器20の排熱およびカソードオフガスの排熱を回収した第2熱媒体である凝縮冷媒（凝縮器熱媒体）が循環する第2熱媒体循環回路である凝縮冷媒循環回路75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76とが備えられている。これにより、燃料電池10にて発生した排熱（熱エネルギー）は、FC冷却水に回収され、第1熱交換器74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。また、改質器20にて発生した排熱（熱エネルギー）は、凝縮器30を介して凝縮冷媒に回収され、第2熱交換器76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。なお、凝縮冷媒は、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するのが望ましい。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。

10

【0031】

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72にかかる形式のものである。

【0032】

貯湯水循環回路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。貯湯水循環回路72上には、一端から他端に順番に貯湯水循環手段である貯湯水循環ポンプP5、第4温度センサ72a、第2熱交換器76、第5温度センサ72b、第1熱交換器74および第6温度センサ72cが配設されている。貯湯水循環ポンプP5は、貯湯槽71の下部の貯湯水を吸い込んで貯湯水循環回路72を通水させて貯湯槽71の上部に吐出するものであり、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4～第6温度センサ72a～72cは、それぞれ貯湯水の貯湯槽71の出口温度、貯湯水の第1熱交換器74の入口温度、および貯湯水の第1熱交換器74の出口温度を検出し、それら検出結果を制御装置90に出力するものである。

20

【0033】

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P6が配設されており、このFC冷却水循環ポンプP6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。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。

30

【0034】

凝縮冷媒循環回路75上には、凝縮冷媒循環手段である凝縮冷媒循環ポンプP7が配設されており、この凝縮冷媒循環ポンプP7は、制御装置90によって制御されてその流量（送出量）が制御されるようになっている。また、凝縮冷媒循環回路75上には、上流から順番に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および改質ガス用凝縮器31が配設されている。また、凝縮冷媒循環回路75上には、第3温度センサ75aが配設されており、第3温度センサ75aは、凝縮冷媒の改質ガス用凝縮器31の出口温度を検出し、その検出結果を制御装置90に出力するものである。さらに、凝縮冷媒循環回路75上には第2熱交換器76が配設されている。なお、各凝縮器31～34の配置は上述した順番に限らないし、また、各凝縮器31～34は一本の配管に直列に配置する場合に限らず、凝縮冷媒循環回路75を複数に分岐して各分岐路に並列に配置するようにしてもよい。また、凝縮冷媒循環回路75には、少なくとも改質ガス用凝縮器31が配置されるようになっている。

40

50

【 0 0 3 5 】

また、凝縮冷媒循環回路 7 5 には、第 2 熱交換器 7 6 の直下流に凝縮冷媒を冷却する冷却手段であるラジエータ 7 7 が配置されている。ラジエータ 7 7 は、流体（凝縮冷媒）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 7 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。

10

また、凝縮冷媒循環回路 7 5 には、インバータ 4 5 が配置されており、インバータ 4 5 が凝縮冷媒によって冷却されている。

【 0 0 3 6 】

さらに、燃料電池システムは、インバータ（電力変換器）4 5 を備えている。インバータ 4 5 は、燃料電池 1 0 の発電出力を交流電力に変換して送電線 4 6 を介してユーザ先である電力使用場所 4 7 に供給するものである。電力使用場所 4 7 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 4 5 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 4 5 と電力使用場所 4 7 とを接続する送電線 4 6 には電力会社の系統電源 4 8 も接続されており（系統連系）、燃料電池 1 0 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 1 6 から受電して補うようになっている。電力計 4 7 a 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 4 7 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 9 0 に送信するようになっている。

20

【 0 0 3 7 】

また、インバータ 4 5 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 P 1 ~ P 7 , 5 3、各バルブ（図示省略）、バーナ 2 1 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。

【 0 0 3 8 】

また、上述した各温度センサ 7 3 a , 7 3 b , 7 5 a , 7 2 a , 7 2 b , 7 2 c , 6 4 a、各ポンプ P 1 ~ P 7 , 5 3 および電力計 4 7 a は制御装置 9 0 に接続されている（図 2 参照）。制御装置 9 0 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、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 7 3 a , 7 3 b , 7 5 a , 7 2 a , 7 2 b , 7 2 c , 6 4 a が検出した何れかの温度、電力計 4 7 a が検出したユーザ負荷電力に基づいて燃料電池 1 0 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。

30

40

【 0 0 3 9 】

さらに、制御装置 9 0 には記憶装置 9 1 が接続されており、この記憶装置 9 1 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 7 2 a 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 1 0 の発電出力制限値 E_L 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 T_4 と燃料電池 1 0 の発電出力制限値 E_L とは逆比例の関係にある。

【 0 0 4 0 】

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 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第 2 マップまたは演算式と、ラジエ

50

ータ77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77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、貯湯水循環回路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77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。

10

20

30

40

50

【0041】

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77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(本実施の形態においては T_{max-4})までの範囲である。

【0042】

なお、上記図3,4の作成において、当該燃料電池システムの必要冷却能力 H_1 の決定には夏場の外気温度の最も高温の場合を想定して行う。マップに関してはラジエータ77の冷却冷媒のエア温度によりラジエータ放熱量が変わるため、外気温度等でマップを複数持つことでさらに効率化が図れる。

【0043】

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、貯湯水循環ポンプP5は、FC冷却水FC入口温度 T_1 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P6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、凝縮冷媒循環ポンプP7は、凝縮冷媒のアノードオフガス(AOG)凝縮器出口温度 T_3 が目標温度 T_3^* (例えば50~60)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_3 が高いほど第2熱交換76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_3^* 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_3 が高くなると、改質ガス用凝縮器31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FC入口温度 T_7 の温度が高くなり、燃料電池10の燃料極11がフラッシングを発生する。したがって、目標温度 T_3^* 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。

【0044】

1a) 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)T4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第1マップまたは演算式とに基づいて発電出力制限値ELを導出する(第1発電出力制限値導出手段)。

【0045】

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EL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EU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ELがステップ108にて導出された発電出力EU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ELが発電出力EU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ELが発電出力EU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EL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。

【0046】

このような制御によれば、貯湯槽出口温度T4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EL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T4と逆に変化する。一方、ユーザ負荷に基づく発電出力EUが図6の中段に示すように変化した場合、時刻t11~t12および時刻t13~t14においては発電出力制限値ELが発電出力EU未満であるので、発電出力が発電出力制限値EL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ELが発電出力EU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)。

【0047】

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第1マップまたは演算式とに基づいて発電出力制限値EL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EL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T4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。

【0048】

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EUを導出し、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ELがステップ108にて導出された発電出力EU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。

【0049】

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 77 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 77 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 77 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 77 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。

【0050】

また、ラジエータ 77 の冷却能力は、第 2 マップまたは演算式による貯湯水の最高温度 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に基づいて、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 77 を使用することができるので、ラジエータ 77 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。

【0051】

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凝縮冷媒の改質ガス用凝縮器 31 の出口温度（凝縮冷媒改質ガス用凝縮器出口温度） T_3 を第 3 温度センサ 75a 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。

【0052】

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。

【 0 0 5 3 】

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。

【 0 0 5 4 】

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）。

10

【 0 0 5 5 】

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。

20

【 0 0 5 6 】

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。

30

【 0 0 5 7 】

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 77 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。

40

【 0 0 5 8 】

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 5 9 】

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 FC 入口温度 T_7 が所定温

50

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 FC 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 FC 入口温度 T_7 を昇温することができる。

【0060】

これにより、改質ガス FC 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）。

10

【0061】

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

【0062】

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

【0063】

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

【0064】

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_{Ma} 毎

50

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。

【 0 0 6 5 】

2) 第2の実施の形態

次に、本発明による燃料電池システムの第2の実施の形態について説明する。図10は第2の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72、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。上述した第1の実施の形態においては、一本の貯湯水循環回路72に第1および第2熱交換器74、76を直列に配置するようにしたが、図10に示すように本第2実施の形態においては、貯湯水循環回路72に分岐管78を設け、第1および第2熱交換器74、76のうちいずれか一方(本実施の形態においては第1熱交換器74)を分岐管78に配置するとともに他方を貯湯水循環回路72に配置するようにしたものである。すなわち、貯湯水循環回路72およびFC冷却水循環回路73が平行に配置されている。なお、第1の実施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。分岐管78にはポンプP8が設けられており、貯湯水循環ポンプP5とポンプP8を協働させて第1および第2熱交換器74、76に供給する流量を制御している。また、この第2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。

10

【 0 0 6 6 】

なお、上述した各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ブロウに置き換え可能である。

20

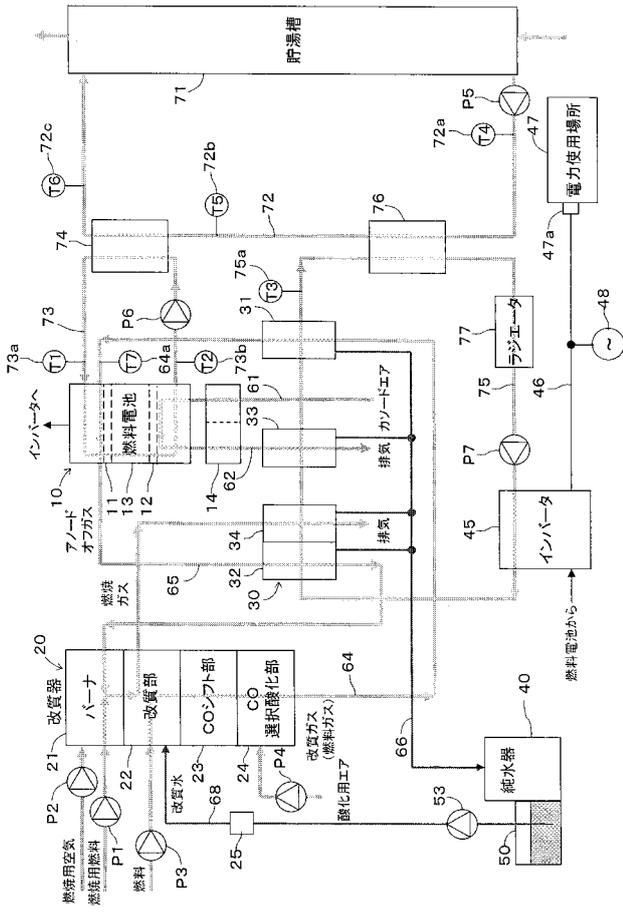
【符号の説明】

【 0 0 6 7 】

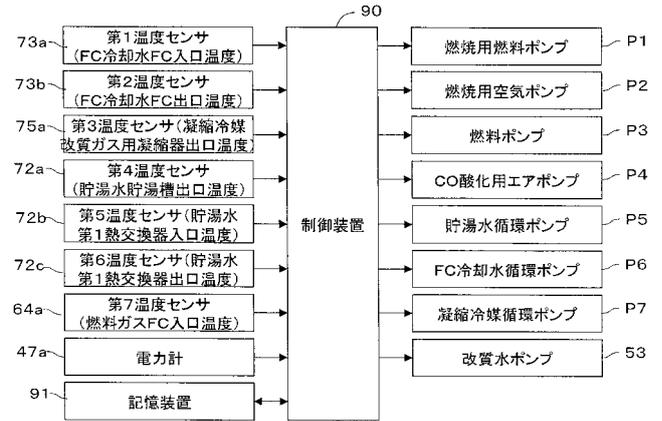
10...燃料電池、11...燃料極、12...空気極、20...改質器、21...バーナ、22...改質部、23...一酸化炭素シフト反応部(COシフト部)、24...一酸化炭素選択酸化反応部(CO選択酸化部)、25...蒸発器、30...凝縮器、31...改質ガス用凝縮器、32...アノードオフガス用凝縮器、33...カソードオフガス用凝縮器、34...燃焼ガス用凝縮器、40...純水器、45...インバータ、46...送電線、47...電力使用場所、47a...電力計、48...系統電源、50...貯水器、53...改質水ポンプ、61~66...配管、68...改質水供給管、71...貯湯槽、72...貯湯水循環回路、73...FC冷却水循環回路、74...第1熱交換器、75...凝縮冷媒循環回路、76...第2熱交換器、77...ラジエータ、78...分岐管、P1~P8、53...ポンプ、73a、73b、75a、72a、72b、72c、64a...第1~第7温度センサ、90...制御装置。

30

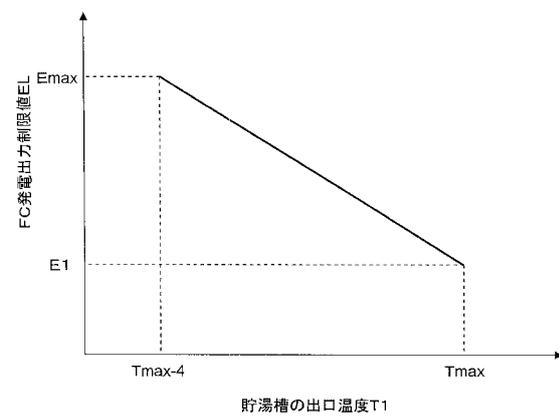
【図1】



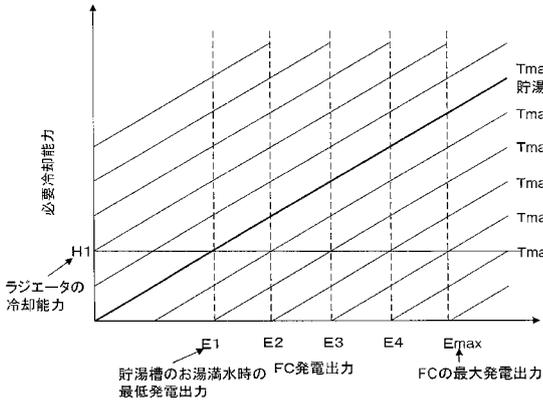
【図2】



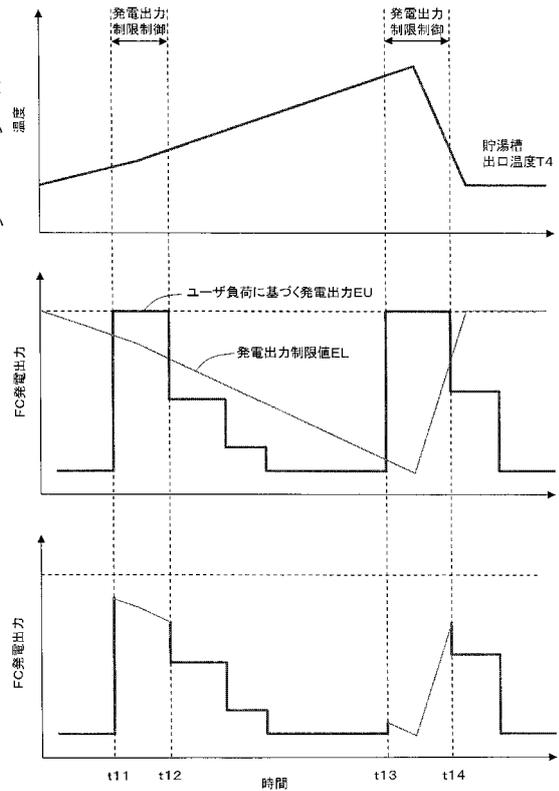
【図3】



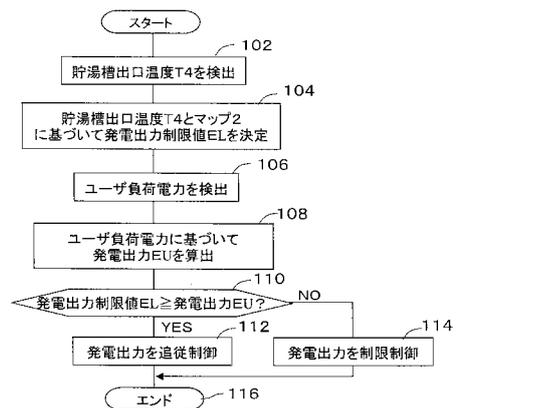
【図4】



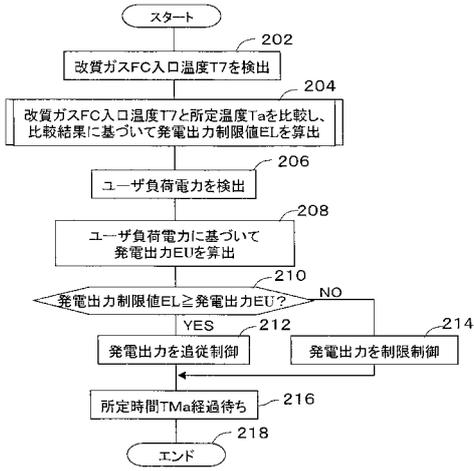
【図6】



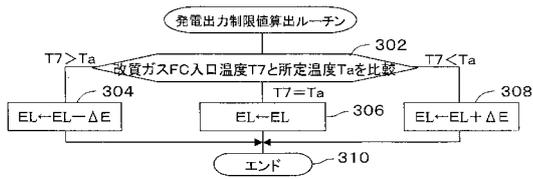
【図5】



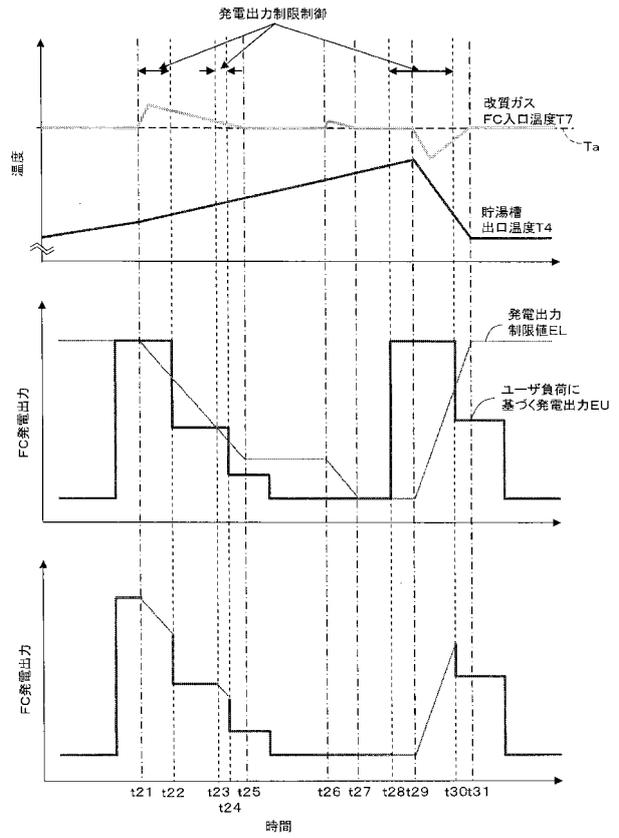
【 図 7 】



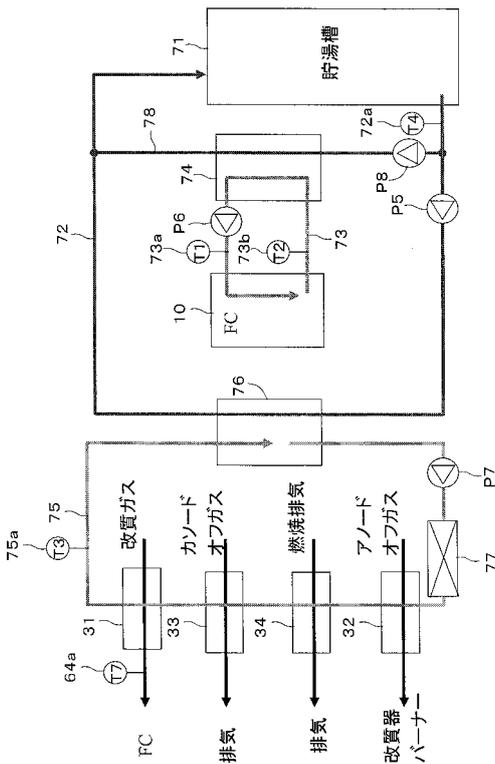
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



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 8/04

H

H 0 1 M 8/10