

(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2010-211987

(P2010-211987A)

(43) 公開日 平成22年9月24日 (2010.9.24)

(51) Int. Cl.			F I			テーマコード (参考)		
HO 1M	8/04	(2006.01)	HO 1M	8/04	T	5H026		
HO 1M	8/00	(2006.01)	HO 1M	8/00	Z	5H027		
HO 1M	8/10	(2006.01)	HO 1M	8/04	P			
			HO 1M	8/04	J			
			HO 1M	8/10				

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2009-54652 (P2009-54652)
 (22) 出願日 平成21年3月9日 (2009.3.9)

(71) 出願人 00000239
 株式会社荏原製作所
 東京都大田区羽田旭町11番1号
 (74) 代理人 100097320
 弁理士 官川 貞二
 (74) 代理人 100131820
 弁理士 金井 俊幸
 (74) 代理人 100096611
 弁理士 官川 清
 (74) 代理人 100100398
 弁理士 柴田 茂夫
 (74) 代理人 100134278
 弁理士 吉村 裕子
 (74) 代理人 100106437
 弁理士 加藤 治彦

最終頁に続く

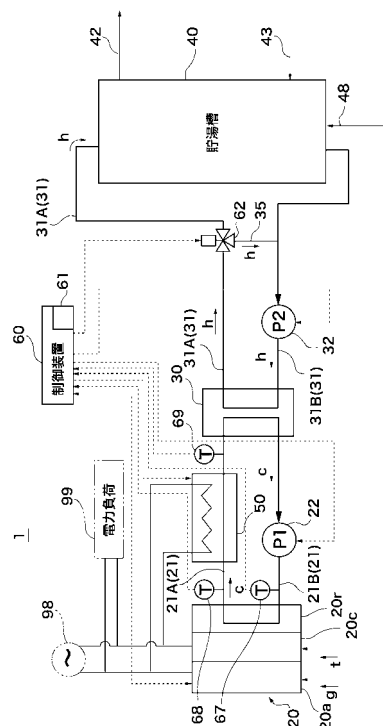
(54) 【発明の名称】 燃料電池コージェネレーションシステム

(57) 【要約】

【課題】燃料電池の運転を安定させつつ過昇温による停止を回避する。

【解決手段】燃料電池システム1は、系統電力98に連系された燃料電池20と、冷却水cと熱交換媒体hとで熱交換を行わせる熱交換器30と、冷却水ライン21Aに設けられたヒータ50と、吐出流量が可変に構成された冷却水ポンプ22と、出口温度検出器68と、入口温度検出器67と、加熱後温度検出器69と、冷却水ポンプ22の吐出流量を調節して燃料電池20を好適な温度に維持する定常運転制御を行う制御装置60とを備える。さらに制御装置60は、加熱後温度検出器69が所定の温度を検出したとき又はヒータ50に電力が供給されたことを検出したときに定常運転制御を一時中断して、冷却水ポンプ22の吐出流量を所定の流量に増加させる制御を、所定の時間行った後又は加熱後温度検出器69で検出された温度が所定の温度未満となるまで行った後に再び定常運転制御を行う。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

系統電力に連系された燃料電池と；

前記燃料電池で発生した熱を奪った冷却水と、熱交換媒体とで熱交換を行わせて前記冷却水の温度を低下させる熱交換器と；

前記燃料電池と前記熱交換器との間で前記冷却水を循環させる冷却水ラインと；

前記燃料電池から導出された冷却水が前記熱交換器に至るまでの前記冷却水ラインに設けられたヒータであって、前記燃料電池が発生した電力が前記系統電力に逆潮流することを防ぐために前記燃料電池が発生した電力のうちの余剰電力を消費して前記冷却水を加熱するヒータと；

前記冷却水ライン内の冷却水を流動させる冷却水ポンプであって、吐出流量が可変に構成された冷却水ポンプと；

前記燃料電池から熱を奪った冷却水の温度を検出する出口温度検出器と；

前記燃料電池から熱を奪う前の冷却水の温度を検出する入口温度検出器と；

前記ヒータで加熱された冷却水の温度を検出する加熱後温度検出器と；

前記冷却水ポンプの吐出流量を調節することにより、前記出口温度検出器で検出された温度及び前記入口温度検出器で検出された温度の少なくとも一方が所定の値になるような定常運転制御を行う制御装置とを備え；

前記制御装置はさらに、前記加熱後温度検出器が所定の温度を検出したときに、前記定常運転制御を一時中断して、前記冷却水ポンプの吐出流量を所定の流量に増加させる制御を所定の時間行った後又は前記加熱後温度検出器で検出された温度が前記所定の温度未満となるまで行った後に再び前記定常運転制御を行うように構成された；

燃料電池コージェネレーションシステム。

【請求項 2】

系統電力に連系された燃料電池と；

前記燃料電池で発生した熱を奪った冷却水と、熱交換媒体とで熱交換を行わせて前記冷却水の温度を低下させる熱交換器と；

前記燃料電池と前記熱交換器との間で前記冷却水を循環させる冷却水ラインと；

前記燃料電池から導出された冷却水が前記熱交換器に至るまでの前記冷却水ラインに設けられたヒータであって、前記燃料電池が発生した電力が前記系統電力に逆潮流することを防ぐために前記燃料電池が発生した電力のうちの余剰電力を消費して前記冷却水を加熱するヒータと；

前記冷却水ライン内の冷却水を流動させる冷却水ポンプであって、吐出流量が可変に構成された冷却水ポンプと；

前記燃料電池から熱を奪った冷却水の温度を検出する出口温度検出器と；

前記燃料電池から熱を奪う前の冷却水の温度を検出する入口温度検出器と；

前記冷却水ポンプの吐出流量を調節することにより、前記出口温度検出器で検出された温度及び前記入口温度検出器で検出された温度の少なくとも一方が所定の値になるような定常運転制御を行う制御装置とを備え；

前記制御装置はさらに、前記ヒータに電力が供給されたことを検出したときに、前記定常運転制御を一時中断して前記冷却水ポンプの吐出流量を所定の流量に増加させる制御を所定の時間行った後に再び前記定常運転制御を行うように構成された；

燃料電池コージェネレーションシステム。

【請求項 3】

前記制御装置が、前記ヒータに供給された電力と前記ヒータで加熱された冷却水の温度との関係を参照し、前記ヒータで加熱された冷却水を、過昇温によって前記燃料電池の運転を停止させる高温度未満に維持する流量を前記所定の流量とする制御を行う；

請求項 1 又は請求項 2 に記載の燃料電池コージェネレーションシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【0001】

本発明は燃料電池コージェネレーションシステムに関し、特に燃料電池の運転を安定させつつ過昇温による停止を回避する燃料電池コージェネレーションシステムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

水素と酸素とを使用して、これらの電気化学的反応により発電する燃料電池は、環境に優しい発電装置として注目されている。燃料電池は発電の際に熱を発生するため、この熱を有効に活用すべく、燃料電池の熱を奪った冷却水と蓄熱水とで熱交換させる熱交換器と、この蓄熱水を貯留することで蓄熱する貯湯槽とを燃料電池に併設し、冷却水や蓄熱水等の媒体を介して蓄えた熱を任意の時間に利用可能な燃料電池システムを構築するのが一般的である。燃料電池は、その特性上発電電力を急激に増減することが難しいため、一般に、商用電源に連系され、燃料電池における発電電力を電力需要よりも所定量だけ少なくしつつ不足分の電力を商用電源から受電して電力需要の変動分は商用電源で吸収することが多い。それでも電力負荷が急激に減少した場合は燃料電池で発生した電力が余剰となるため、余剰電力が商用電源に逆流することを回避するために、余剰電力を消費する電気ヒータを、設置される系統の保有水量を少なくして取り扱いを簡便にする観点から、燃料電池の冷却水系統に設置した燃料電池システムがある（例えば、特許文献1参照。）。 10

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0003】

【特許文献1】特開2008-176943（図1等）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

燃料電池は、運転に適した温度があり、この適正温度に維持するために、燃料電池の入口及び/又は出口における冷却水の温度が所定の温度になるような流量で燃料電池に導入されるのが、燃料電池の運転の安定化の観点から好ましい。しかしながら、保有水量が比較的少ない冷却水の系統は、逆流を防止する電気ヒータが通電すると、上述のような流量で導入される冷却水では燃料電池を適切な温度に冷却することができず、過昇温が原因で燃料電池の運転を停止しなければならないことがあった。 30

【0005】

本発明は上述の課題に鑑み、燃料電池の運転を安定させつつ過昇温による停止を回避する燃料電池コージェネレーション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】

【0006】

上記目的を達成するために、本発明の第1の態様に係る燃料電池コージェネレーションシステムは、例えば図1に示すように、系統電力98に連系された燃料電池20と；燃料電池20で発生した熱を奪った冷却水cと、熱交換媒体hとで熱交換を行わせて冷却水cの温度を低下させる熱交換器30と；燃料電池20と熱交換器30との間で冷却水cを循環させる冷却水ライン21と；燃料電池20から導出された冷却水cが熱交換器30に至るまでの冷却水ライン21Aに設けられたヒータ50であって、燃料電池20が発生した電力が系統電力98に逆流することを防ぐために燃料電池20が発生した電力のうちの余剰電力を消費して冷却水cを加熱するヒータ50と；冷却水ライン21内の冷却水cを流動させる冷却水ポンプ22であって、吐出流量が可変に構成された冷却水ポンプ22と；燃料電池20から熱を奪った冷却水cの温度を検出する出口温度検出器68と；燃料電池20から熱を奪う前の冷却水cの温度を検出する入口温度検出器67と；ヒータ50で加熱された冷却水cの温度を検出する加熱後温度検出器69と；冷却水ポンプ22の吐出流量を調節することにより、出口温度検出器68で検出された温度及び入口温度検出器67で検出された温度の少なくとも一方が所定の値になるような定常運転制御を行う制御装 40 50

置 60 とを備え ; 制御装置 60 はさらに、加熱後温度検出器 69 が所定の温度を検出したときに、前記定常運転制御を一時中断して、冷却水ポンプ 22 の吐出流量を所定の流量に増加させる制御を所定の時間行った後又は加熱後温度検出器 69 で検出された温度が前記所定の温度未満となるまで行った後に再び前記定常運転制御を行うように構成されている。

【0007】

このように構成すると、できる限り定常運転制御を行って燃料電池の運転を安定させつつ、加熱後温度検出器が所定の温度を検出したときに定常運転制御を一時中断して冷却水ポンプの吐出流量を所定の流量に増加させるので、燃料電池の過昇温による停止を回避することができる。

10

【0008】

上記目的を達成するために、本発明の第2の態様に係る燃料電池コージェネレーションシステムは、例えば図1に示すように、系統電力98に連系された燃料電池20と ; 燃料電池20で発生した熱を奪った冷却水cと、熱交換媒体hとで熱交換を行わせて冷却水cの温度を低下させる熱交換器30と ; 燃料電池20と熱交換器30との間で冷却水cを循環させる冷却水ライン21と ; 燃料電池20から導出された冷却水cが熱交換器30に至るまでの冷却水ライン21Aに設けられたヒータ50であって、燃料電池20が発生した電力が系統電力98に逆潮流することを防ぐために燃料電池20が発生した電力のうちの余剰電力を消費して冷却水cを加熱するヒータ50と ; 冷却水ライン21内の冷却水cを流動させる冷却水ポンプ22であって、吐出流量が可変に構成された冷却水ポンプ22と ; 燃料電池20から熱を奪った冷却水cの温度を検出する出口温度検出器68と ; 燃料電池20から熱を奪う前の冷却水cの温度を検出する入口温度検出器67と ; 冷却水ポンプ22の吐出流量を調節することにより、出口温度検出器68で検出された温度及び入口温度検出器67で検出された温度の少なくとも一方が所定の値になるような定常運転制御を行う制御装置60とを備え ; 制御装置60はさらに、ヒータ50に電力が供給されたことを検出したときに、前記定常運転制御を一時中断して冷却水ポンプ22の吐出流量を所定の流量に増加させる制御を所定の時間行った後に再び前記定常運転制御を行うように構成されている。

20

【0009】

このように構成すると、できる限り定常運転制御を行って燃料電池の運転を安定させつつ、ヒータに電力が供給されたことを検出したときに定常運転制御を一時中断して冷却水ポンプの吐出流量を所定の流量に増加させるので、燃料電池の過昇温による停止を回避することができる。

30

【0010】

また、本発明の第3の態様に係る燃料電池コージェネレーションシステムは、例えば図1を参照して示すと、上記本発明の第1の態様又は第2の態様に係る燃料電池コージェネレーションシステム1において、制御装置60が、ヒータ50に供給された電力とヒータ50で加熱された冷却水cの温度との関係を参照し、ヒータ50で加熱された冷却水cを、過昇温によって燃料電池20の運転を停止させる高温度未満に維持する流量を前記所定の流量とする制御を行う。上記ヒータに供給された電力とヒータで加熱された冷却水の温度との関係は、典型的には、制御装置にあらかじめ記憶されているか、又は制御装置において演算される。

40

【0011】

このように構成すると、余剰電力量に応じて冷却水の流量を決定することができ、燃料電池の過昇温による停止を効率よく回避することができる。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、できる限り定常運転制御を行って燃料電池の運転を安定させつつ、燃料電池の過昇温による停止を回避することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【0013】

【図1】本発明の実施の形態に係る燃料電池システムの模式的系統図である。

【図2】電気ヒータの構造図である。(a)は平面図、(b)は側面図である。

【図3】冷却水の流量と、電気ヒータで加熱された冷却水の温度の上昇幅との関係の一例を示すグラフである。(a)は電気ヒータの出力が100%のときのもの、(b)は同50%のときのもののグラフである。

【図4】燃料電池の過昇温による停止を回避する制御のフローチャートである。

【図5】燃料電池の過昇温による停止を回避する別の制御のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

10

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。なお、各図において互いに同一又は相当する部材には同一あるいは類似の符号を付し、重複した説明は省略する。

【0015】

まず図1を参照して、本発明の実施の形態に係る燃料電池システム1を説明する。図1は、燃料電池システム1の模式的系統図である。燃料電池システム1は、電力を発生すると共に熱を発生するコージェネレーションシステムである。燃料電池システム1は、主要な機器として、燃料電池20と、冷却水ポンプ22と、熱交換器30と、排熱回収水ポンプ32と、貯湯槽40と、電気ヒータ50と、制御装置60とを備えている。

【0016】

20

燃料電池20は、水素と酸素との電気化学的反応により発電し発熱するものであり、典型的には固体高分子型燃料電池である。燃料電池20は、改質器(不図示)で生成された改質ガスgを導入する燃料極20aと、酸化剤ガスtを導入する空気極20cと、電気化学的反応により発生した熱を奪う冷却部20rとを含んで構成されている。改質器(不図示)は、原料とプロセス水とを導入し水蒸気改質反応により水素に富む改質ガスgを生成する機器である。原料は、典型的には、メタン、エタン、LPG等の鎖式炭化水素(天然ガスも含む)、あるいはメタノール、石油製品(灯油、ガソリン、ナフサ等)等の炭化水素を主成分とする混合物等の炭化水素系の原料である。改質ガスgは、水素を40%以上、典型的には75%程度含み、一酸化炭素濃度がおよそ10ppm以下程度のガスである。酸化剤ガスtは、酸素を含有するガスであり、典型的には空気である。燃料電池20は、図では簡易的に示されているが、実際には、固体高分子膜を燃料極20aと空気極20cとで挟んで単一のセルが形成され、このセルを冷却部20rを介し複数枚積層して構成されている。

30

【0017】

燃料電池20では、燃料極20aに供給された改質ガスg中の水素が水素イオンと電子とに分解し、水素イオンが固体高分子膜を通過して空気極20cに移動すると共に電子が燃料極20aと空気極20cとを結ぶ導線を通して空気極20cに移動して、空気極20cに供給された酸化剤ガスt中の酸素と反応して水を生成し、この反応の際に発熱する。この反応で発生した熱は、冷却部20rに供給される冷却水cによって除去される。換言すれば、燃料電池20は冷却水cにより冷却される。また、この反応における、電子が導線を通ることにより、直流の電力を取り出すことができる。燃料電池20は、直流電力を交流電力に変換するパワーコンディショナー(不図示)を介して、電気ヒータ50、系統電力としての商用電源98及び電力負荷99とそれぞれ電氣的に接続されている。このように、燃料電池20は、系統電力に連系されている。

40

【0018】

熱交換器30は、燃料電池20を冷却する冷却水cと、燃料電池20で発生した熱を貯湯槽40に蓄える媒体である熱交換媒体としての排熱回収水hとの間で熱交換を行う機器であり、典型的にはプレート型熱交換器が用いられる。熱交換器30は、冷却水cと排熱回収水hとが混合することがないように構成されている。熱交換器30は、燃料電池20から受熱して温度が上昇した冷却水cと、冷却水cよりも温度が低い排熱回収水hとがカウンタフローにより熱交換し、燃料電池20で発生した熱を冷却水cから排熱回収水h

50

に伝達するように構成されている。熱交換器 30 を用いて冷却水 c と排熱回収水 h とを別系統の流れとすることにより、冷却水 c 及び排熱回収水 h の水質を個別に管理することが可能となる。

【0019】

貯湯槽 40 は、燃料電池 20 における電気化学的反応の際に発生した熱を、排熱回収水 h を媒体として蓄える機器である。貯湯槽 40 は、典型的には鉛直方向に長く耐食性に富む容器で形成されている。鉛直方向に長く形成されていることにより、内部に貯留される排熱回収水 h の温度が上部から下部に向かうにしたがって低くなる温度成層の形成が容易になる。なお、排熱回収水 h を媒体として貯湯槽 40 に蓄えられた熱は、給湯や暖房機器（床暖房やファンコイルユニット等）などの熱需要（不図示）にて任意の時間に利用される。貯湯槽 40 には、蓄えられている排熱回収水 h を温水として給湯や暖房機器などの熱需要に供給するための温水往管 42 が上部に、暖房機器等で熱が利用されて温度が低下した温水を導入する温水還管 43 が下部に、給湯等で消費された温水分の水を補充するために水（例えば市水等）を導入する補給水管 48 が下部に、それぞれ接続されている。温水往管 42 には、熱需要に向けて供給される排熱回収水 h を加熱昇温する不図示の加熱器（例えば追い焚き器）が配設されていてもよい。

【0020】

燃料電池 20 の冷却部 20r と熱交換器 30 とは、内部に冷却水 c を流す冷却水ライン 21 で接続されている。燃料電池 20 と熱交換器 30 とが冷却水ライン 21 で接続されることにより、冷却水 c がこれらの間を循環する循環流路が形成される。冷却水ライン 21 は、燃料電池 20 から熱交換器 30 へと冷却水 c を流す第 1 冷却水ライン 21A と、熱交換器 30 から燃料電池 20 へと冷却水 c を流す第 2 冷却水ライン 21B とを有している。以下、第 1 冷却水ライン 21A と第 2 冷却水ライン 21B とを特に区別する必要がない場合はこれらを総称して単に「冷却水ライン 21」という。第 1 冷却水ライン 21A には電気ヒータ 50 が挿入配置されている。第 2 冷却水ライン 21B には冷却水 c を循環させる冷却水ポンプ 22 が挿入配置されている。なお、冷却水ポンプ 22 は第 1 冷却水ライン 21A に挿入配置されてもよいが、燃料電池 20 保護の観点から冷却部 20r が負圧になることを回避するために第 2 冷却水ライン 21B に挿入配置されることが好ましい。冷却水ポンプ 22 は、インバータによりモータの回転速度を変えることができ、これによって冷却水 c の吐出流量を変えることができるように構成されている。

【0021】

ここで図 2 を参照して、電気ヒータ 50 の構造を説明する。図 2 は、電気ヒータ 50 の構造を示す図であり、(a) は平面図、(b) は側面図である。電気ヒータ 50 は、円筒状のチャンバ 51 内に、発熱体であるケーブルヒータ 55 が収容されて構成されている。チャンバ 51 は、チャンバ 51 からの放熱を小さくする観点から、ケーブルヒータ 55 を収容可能な範囲で極力小さく形成されている。チャンバ 51 には、円筒状の一端面 51a に近い側面 51c に冷却水 c を導入する導入口 52 が設けられ、円筒状の他端面 51b に冷却水 c を導出する導出口 53 が設けられている。導入口 52 及び導出口 53 には、それぞれ第 1 冷却水ライン 21A が接続される。チャンバ 51 内に収容されたケーブルヒータ 55 は、細長いケーブル状のヒータであり、螺旋状に巻かれている。ケーブルヒータ 55 は、螺旋によって形成される回転面が円筒の両端面 51a、51b に略平行になり、回転しながらチャンバ 51 の軸方向に伸びるようにチャンバ 51 内に配設されている。ケーブルヒータ 55 は、一端面 51a を貫通して燃料電池 20（図 1 参照）及び商用電源 98（図 1 参照）につながるケーブルに接続されている。ケーブルヒータ 55 は、典型的には燃料電池 20 から電力の供給を受けて発熱するが、商用電源 98 から電力の供給を受けて発熱することができるように構成されていてもよい。電気ヒータ 50 は、燃料電池 20 で発生した電力よりも電力負荷 99 における消費電力が小さいときに、燃料電池 20 で発生した余剰電力を消費する逆流防止電気ヒータとして機能する。本実施の形態では、ケーブルヒータ 55 の定格出力（出力 100%）が 1000W に構成されている。

【0022】

10

20

30

40

50

再び図 1 に戻って燃料電池システム 1 の構成の説明を続ける。冷却水ポンプ 2 2 と冷却部 2 0 r との間の第 2 冷却水ライン 2 1 B には、冷却部 2 0 r に導入される冷却水 c の温度を検出する入口温度検出器としての入口温度センサ 6 7 が設けられている。冷却部 2 0 r と電気ヒータ 5 0 との間の第 1 冷却水ライン 2 1 A には、冷却部 2 0 r から導出された冷却水 c の温度を検出する出口温度検出器としての出口温度センサ 6 8 が設けられている。電気ヒータ 5 0 と熱交換器 3 0 との間の第 1 冷却水ライン 2 1 A には、電気ヒータ 5 0 から導出された冷却水 c の温度を検出する加熱後温度検出器としての加熱後温度センサ 6 9 が設けられている。入口温度センサ 6 7 は、冷却部 2 0 r に設けられていてもよく、すなわち燃料電池 2 0 から熱を奪う前の冷却水 c の温度を検出することができる位置に設けられていればよい。また、出口温度センサ 6 8 は、燃料電池 2 0 から熱を奪った冷却水 c の温度を検出することができれば冷却部 2 0 r に設けられていてもよい。また、加熱後温度センサ 6 9 は、電気ヒータ 5 0 で加熱された冷却水 c の温度を検出することができれば電気ヒータ 5 0 に設けられていてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

熱交換器 3 0 と貯湯槽 4 0 とは、内部に排熱回収水 h を流す排熱回収水ライン 3 1 で接続されている。熱交換器 3 0 と貯湯槽 4 0 とが排熱回収水ライン 3 1 で接続されることにより、排熱回収水 h がこれらの間を循環する循環流路が形成される。排熱回収水ライン 3 1 は、熱交換器 3 0 から貯湯槽 4 0 へと排熱回収水 h を流す第 1 排熱回収水ライン 3 1 A と、貯湯槽 4 0 から熱交換器 3 0 へと排熱回収水 h を流す第 2 排熱回収水ライン 3 1 B とを有している。以下、第 1 排熱回収水ライン 3 1 A と第 2 排熱回収水ライン 3 1 B とを特に区別する必要がない場合はこれらを総称して単に「排熱回収水ライン 3 1」という。第 2 排熱回収水ライン 3 1 B には排熱回収水 h を循環させる排熱回収水ポンプ 3 2 が挿入配置されている。なお、排熱回収水ポンプ 3 2 は第 1 排熱回収水ライン 3 1 A に挿入配置されてもよい。排熱回収水ポンプ 3 2 は、インバータによりモータの回転速度を変えることができ、これによって排熱回収水 h の吐出流量を変えることができるように構成されている。

【 0 0 2 4 】

第 1 排熱回収水ライン 3 1 A と、排熱回収水ポンプ 3 2 よりも上流側の第 2 排熱回収水ライン 3 1 B とは、バイパスライン 3 5 で接続されている。バイパスライン 3 5 は、第 1 排熱回収水ライン 3 1 A を流れる排熱回収水 h を、貯湯槽 4 0 に流入させずに（貯湯槽 4 0 をバイパスして）第 2 排熱回収水ライン 3 1 B へ導く流路である。第 1 排熱回収水ライン 3 1 A とバイパスライン 3 5 との接続部分には、第 1 排熱回収水ライン 3 1 A を流れる排熱回収水 h を貯湯槽 4 0 に流入させるのと、貯湯槽 4 0 をバイパスして第 2 排熱回収水ライン 3 1 B に流入させるのを切り替える切替手段としての三方弁 6 2 が配設されている。三方弁 6 2 は制御装置 6 0 からの信号を受信して電動で流路を切り替えることができるように構成されている。

【 0 0 2 5 】

制御装置 6 0 は、燃料電池システム 1 の運転を制御する。制御装置 6 0 は燃料電池 2 0 と信号ケーブルで接続されており、燃料電池 2 0 が発電を行っているか否かの信号を受信できるように構成されている。また、制御装置 6 0 は電気ヒータ 5 0 と信号ケーブルで接続されており、電気ヒータ 5 0 への通電の有無を制御できるように構成されている。また、制御装置 6 0 は冷却水ポンプ 2 2 及び排熱回収水ポンプ 3 2 とそれぞれ信号ケーブルで接続されており、冷却水ポンプ 2 2 及び排熱回収水ポンプ 3 2 の発停や回転速度をそれぞれ制御することができるように構成されている。また、制御装置 6 0 は三方弁 6 2 と信号ケーブルで接続されており、信号を送信して三方弁 6 2 の流路を切り替えることができるように構成されている。また、制御装置 6 0 は各温度センサ 6 7、6 8、6 9 とそれぞれ信号ケーブルで接続されており、各温度センサ 6 7、6 8、6 9 から温度信号を受信することができるように構成されている。また、制御装置 6 0 は、時間を計測することができるタイマー 6 1 を有している。

【 0 0 2 6 】

制御装置 60 は、さらに、冷却水ライン 21 を流れる冷却水 c の流量と、加熱後温度センサ 69 で検出される冷却水 c の温度の上昇幅（どれくらい温度が上昇するか）との関係が、電気ヒータ 50 の出力ごとに関連づけられてあらかじめ記憶されている。

図 3 に、冷却水 c の流量と、電気ヒータ 50 で加熱された冷却水 c の温度（典型的には加熱後温度センサ 69 で検出される）の上昇幅との関係の一例のグラフを示す。図 3 において、(a) は電気ヒータ 50 の出力が 100% のときのもの、(b) は電気ヒータ 50 の出力が 50% のときのものを示している。図示した以外の電気ヒータ 50 の出力のもの、典型的には 100W ごとに、制御装置 60 には記憶されている。図 3 中の曲線 L100 は冷却水 c の流量が冷却水ポンプ 22 の定格流量（100%）のときのもの、曲線 L80、L60、L40、L20 は、それぞれ冷却水ポンプ 22 の定格流量の 80%、60%、40%、20% のときのものである。制御装置 60 には、図 3 に示す関係が、テーブルとして記憶されている。あるいは図 3 に示す関係が一般式として記憶されており、各温度センサ 68、69 及び電気ヒータ 50 の出力を検出し、この検出した値を一般式に照らし演算して算出してもよい。

10

【0027】

燃料電池システム 1 は、電気ヒータ 50 が、上述のように第 1 冷却水ライン 21 A に挿入配置されており、排熱回収水ライン 31 には挿入配置されていない。したがって、加熱装置のない貯湯槽 40 を含む排熱回収水系統がボイラー又は圧力容器としての扱いを受けない。これにより、燃料電池システム 1 の取り扱いが簡便になる。

【0028】

引き続き図 1 及び図 2 を参照して、燃料電池システム 1 の作用を説明する。電力負荷 99 において電力需要が発生すると、制御装置 60 は燃料電池 20 が発電を行うように燃料電池システム 1 を制御する。このとき燃料電池 20 には、燃料極 20a に改質ガス g が導入され、空気極 20c に酸化剤ガス t が導入されて、燃料電池 20 では改質ガス g 中の水素と酸化剤ガス t 中の酸素との電気化学的反応により発電が行われる。燃料電池 20 は、発電が行われるのに伴い熱が発生する。制御装置 60 は、改質ガス g 及び酸化剤ガス t が燃料電池 20 に導入されたら、冷却水ポンプ 22 及び排熱回収水ポンプ 32 を起動する。

20

【0029】

冷却水ポンプ 22 が起動されることにより冷却水 c が冷却水ライン 21 を循環する。これにより、燃料電池 20 の冷却部 20r に導入された冷却水 c は燃料電池 20 から熱を奪って温度が上昇し、他方、燃料電池 20 は冷やされる。燃料電池 20 の熱を奪って温度が上昇した冷却水 c は、熱交換器 30 で排熱回収水 h と熱交換して燃料電池 20 を冷却可能な程度に温度が低下し、他方、排熱回収水 h の温度は上昇する。温度が低下した冷却水 c は、再び冷却部 20r に導入されて燃料電池 20 で発生した熱を奪う、というように冷却水ライン 21 を循環する。排熱回収水 h は、排熱回収水ポンプ 32 が起動されることにより排熱回収水ライン 31 を循環する。これにより、冷却水 c と排熱回収水 h とは、熱交換器 30 において連続的に熱交換が行われる。このとき制御装置 60 は、出口温度センサ 68 で検出された温度が燃料電池 20 の継続した運転のために許容される所定の値となるように、冷却水ポンプ 22 の回転速度を調節する。ここでの「所定の値」は、燃料電池 20 内の温度が均一になり（温度分布が所定の範囲内にあり）、一酸化炭素に対する耐性低下に起因した効率低下や湿度管理の悪化が抑制される安定した運転ができる値である。また、制御装置 60 は、入口温度センサ 67 で検出された温度が燃料電池 20 の効率を考慮してあらかじめ設定された温度となるように、排熱回収水ポンプ 32 の回転速度を調節する。ここでの効率は、投入エネルギー（改質ガス g 等の反応に必要なガスの流量及び搬送動力）に対する出力（発電電力）である。このような定常運転制御が行われることにより、燃料電池 20 は発電に適した温度（典型的には 60 ~ 80）に維持される。

30

40

【0030】

また、制御装置 60 は、三方弁 62 に信号を送信して、当初は排熱回収水 h がバイパスライン 35 を流れるように三方弁 62 の通水方向を設定し、排熱回収水 h の温度が熱需要で利用可能な温度（例えば 45 ~ 50 の任意の温度）以上になったら貯湯槽 40 に流入

50

するように三方弁 6 2 の通水方向を切り替える。排熱回収水 h の温度が熱需要で利用可能な温度以上になったか否かは、温度センサ（不図示）により検出してもよく、又は所定時間が経過したことをもって当該温度に達したと推定してもよい。貯湯槽 4 0 に流入する排熱回収水 h は、貯湯槽 4 0 の上部に流入する。他方、貯湯槽 4 0 の下部からは、熱交換器 3 0 に導入される冷却水 c よりも温度が低い排熱回収水 h が導出される。貯湯槽 4 0 の下部から導出された排熱回収水 h は、熱交換器 3 0 に導入され、冷却水 c と熱交換を行って温度が上昇する。貯湯槽 4 0 には温度が高い排熱回収水 h が上部から導入されることにより、温度成層が形成される。なお、形成された温度成層をできるだけ乱さないようにする観点から、貯湯槽 4 0 に導入される排熱回収水 h の動圧はできるだけ小さい方がよい。

【 0 0 3 1 】

貯湯槽 4 0 に蓄えられた温度が高い排熱回収水 h は、温水往管 4 2 を介して給湯や暖房機器（床暖房やファンコイルユニット等）などの熱需要（不図示）に温水として供給される。熱需要に供給される温水の温度が熱需要において利用される温度よりも低下している場合は、加熱器（不図示）で加熱される。熱需要に供給された温水は、例えば、暖房機器等の熱を利用して物質としての水を消費しない場所に供給された場合は、暖房機器等において熱が利用されて温度が低下した後に温水還管 4 3 を介して貯湯槽 4 0 の下部に戻される。給湯等の物質としての水の消費を伴う場所に供給された場合は、給湯等に利用されて消費された分の水が補給水管 4 8 を介して貯湯槽 4 0 の下部に補充される。これらにより、貯湯槽 4 0 の下部から流出する排熱回収水 h は、熱交換器 3 0 に導入される冷却水 c よりも温度が低くなる。

【 0 0 3 2 】

上述のように冷却水 c 及び排熱回収水 h が循環することにより、燃料電池 2 0 が発電に適した温度に維持されて、継続的な発電が可能となる。燃料電池 2 0 で発電された電力は直流電力であるため、パワーコンディショナー（不図示）にて交流電力に変換された後に電力負荷 9 9 に供給される。制御装置 6 0 は、典型的には電力負荷 9 9 における消費電力よりも所定の容量（例えば 1 0 0 W）だけ少ない電力を燃料電池 2 0 で発電するように燃料電池 2 0 に導入される改質ガス g 及び酸化剤ガス t の流量を制御する。電力負荷 9 9 が燃料電池 2 0 から電力の供給を受けてなお不足する電力は、商用電源 9 8 から供給を受けることで補われる。燃料電池 2 0 は、その性質上、電力需要の急峻な変動に追従することが困難であるため、電力負荷 9 9 における消費電力よりも所定の容量だけ少ない電力を発電することにより、燃料電池 2 0 で発電した電力が商用電源系統に逆潮流することを防いでいる。なお、仮に燃料電池 2 0 における発電電力が電力負荷 9 9 の消費電力を上回った場合、制御装置 6 0 は上回った分の電力（余剰電力）を電気ヒータ 5 0 に通電し、熱に変換することで余剰電力を逆潮流させずに消費させる。

【 0 0 3 3 】

燃料電池 2 0 で発生した余剰電力が電気ヒータ 5 0 に通電されると、燃料電池 2 0 から熱を奪って温度が上昇した冷却水 c が電気ヒータ 5 0 で受熱してさらに温度が上昇した後に熱交換器 3 0 に導入されることとなる。このとき、電気ヒータ 5 0 は、余剰電力を受電しても直ちには昇温しない一方で、昇温が開始されると急激に温度が上昇してチャンバ 5 1 内に保有している冷却水 c を昇温させる。このため、電気ヒータ 5 0 に通電されてから所定時間経過後に高温の冷却水 c が電気ヒータ 5 0 から吐出される。他方、電気ヒータ 5 0 で加熱された冷却水 c が定常運転制御に反映されるのは、電気ヒータ 5 0 で加熱された冷却水 c が入口温度センサ 6 7 及び出口温度センサ 6 8 に達した後になる。このため、燃料電池 2 0 を継続運転可能に冷却できる温度を超えた冷却水 c が燃料電池 2 0 の冷却部 2 0 r に導入されてしまい、燃料電池 2 0 を運転可能な適正温度に維持できず、燃料電池 2 0 の停止を余儀なくされてしまうこととなる。このような不都合は、電力負荷 9 9 の消費電力が少なく、燃料電池 2 0 の出力が絞られているために、冷却水 c の循環流量が少なくなっているときに顕著である。燃料電池システム 1 は、このような不都合を回避するために、以下のような制御を行う。

【 0 0 3 4 】

10

20

30

40

50

図4は、燃料電池20の過昇温による停止を回避する制御のフローチャートである。制御装置60は、燃料電池20に改質ガスg及び酸化剤ガスtを供給して運転を開始させたら(ST1)、上述のように、出口温度センサ68で検出された温度が所定の値となるように冷却水ポンプ22の回転速度を調節すると共に、入口温度センサ67で検出された温度があらかじめ設定された温度となるように排熱回収水ポンプ32の回転速度を調節して定常運転制御(出口温度一定制御)を行う(ST2)。この定常運転制御により、燃料電池20は安定して運転される。

【0035】

制御装置60は、定常運転制御を行っている際、加熱後温度センサ69で検出された温度が所定の温度以上か否かを判断する(ST3)。加熱後温度センサ69で検出された温度が所定の温度以上となる時は、燃料電池20で発生した電力のうち余剰電力が電気ヒータ50で消費されている。ここで「所定の温度」は、燃料電池20を適切に冷却することができずに運転を停止せざるを得ない温度(以下「高温度」という。)に近い温度であって、次に行う冷却水cの循環流量を増加させる対策が反映されることによって燃料電池20の過昇温による停止を回避できる温度である。つまり、所定の温度は、高温度とすると冷却水cの流量を増加させても温度上昇が止まるまでに高温度を超えた温度になって燃料電池20を停止せざるを得なくなってしまう、他方、低すぎると運転状態を安定させる時間が短くなってしまふところ、少なくとも昇温による停止を回避する措置が反映されるまでの温度上昇分だけ上記高温度よりも低い温度とするとよい。

10

【0036】

加熱後温度センサ69で検出された温度が所定の温度以上か否かを判断する工程(ST3)において、所定の温度以上でない場合は定常運転制御(ST2)を続ける。他方、所定の温度以上の場合、制御装置60は、定常運転制御を中断し、冷却水ポンプ22の吐出流量を所定の流量に増加させて冷却水cの循環流量を増加させる(ST4)。ここで「所定の流量」は、冷却水cが高温度になることを防ぐことができる流量であり、あらかじめ制御装置60に記憶されている、電気ヒータ50の出力に応じた冷却水ライン21を流れる冷却水cの流量と加熱後温度センサ69で検出される冷却水cの温度の上昇幅との関係(図3参照)に基づいて、テーブルを参照することによりあるいは当該関係を表す一般式から演算することにより、決定される。冷却水cの循環流量が増加すると、図3に示すように、電気ヒータ50から導出された冷却水cの温度(加熱後温度センサ69で検出された温度)が低くなり、燃料電池20が過昇温により停止する不都合を回避することができる。

20

30

【0037】

冷却水ポンプ22の吐出流量を所定の流量に増加させたら、制御装置60は、吐出流量が増加された状態を解除するための条件(解除条件)が充足したか否かを判断する(ST5)。ここでは、解除条件は、冷却水ポンプ22の吐出流量を所定の流量に増加させる制御を所定の時間行ったことである。ここで「所定の時間」は、電気ヒータ50で所定の温度に加熱された冷却水cの温度がすべての温度センサ67、68、69で検出されるようになるまでの時間であり、制御を簡便にするために冷却水cが冷却水ライン21を一巡するのに要する時間をあらかじめ求めておき、この冷却水cが一巡するまでの時間を所定の時間としてもよい。なお、解除条件を、加熱後温度センサ69で検出された温度が所定の温度未満となったこととしてもよい。解除条件が充足したか否かを判断する工程(ST5)において、充足していない場合は再び解除条件が充足したか否かを判断する工程(ST5)に戻る。他方、解除条件が充足した場合は、定常運転制御を行う工程(ST2)に戻り、以降上述のフローを繰り返す。

40

【0038】

電気ヒータ50で所定の温度に加熱された冷却水cの温度がすべての温度センサ67、68、69で検出されるようになれば、各温度センサ67、68、69に反映された冷却水cの温度に基づいて循環流量(冷却水ポンプ22の吐出流量)が制御されることとなるので、その後は定常運転制御としても冷却水cが上記の高温度になることを回避すること

50

ができる。以上の制御により、燃料電池システム 1 は、安定した定常運転制御をできる限り行いつつ、燃料電池 20 の過昇温による停止を回避することができる。

【0039】

次に図 5 を参照して、燃料電池 20 の過昇温による停止を回避する別の制御を説明する。図 5 に示す制御では、図 4 における「加熱後温度センサ 69 で検出された温度が所定の温度以上か否かを判断する (ST3)」ことに代えて、電気ヒータ 50 が起動したか否かを判断し (ST3A)、電気ヒータ 50 が起動していない場合は定常運転制御 (ST2) を続け、電気ヒータ 50 が起動している場合は定常運転制御を中断し、冷却水ポンプ 22 の吐出流量を所定の流量に増加させて冷却水 c の循環流量を増加させる (ST4) こととしている。そして、冷却水ポンプ 22 の吐出流量を所定の流量に増加させた後は、冷却水ポンプ 22 の吐出流量を所定の流量に増加させる制御を所定の時間行ったか否かを判断し (ST5A)、所定の時間が経過していない場合は再び冷却水ポンプ 22 の吐出流量を所定の流量に増加させる制御を所定の時間行ったか否かを判断する工程 (ST5A) に戻り、所定の時間が経過した場合は定常運転制御を行う工程 (ST2) に戻る。上記以外の制御フロー及び判断基準は、図 4 におけるフローと同様である。図 5 に示す別の制御によれば、電気ヒータ 50 が起動したときに冷却水 c の流量が増加するため、冷却水 c が上記高温に達する確率が低くなると共に、加熱後温度センサ 69 を省略することができて燃料電池システム 1 の構成を簡略化することができる。

10

【0040】

以上の説明では、制御装置 60 が行う定常運転制御が、出口温度センサ 68 で検出された温度が所定の値となるように冷却水ポンプ 22 の回転速度を調節する、いわゆる出口温度一定制御であるとした。これ以外に、制御装置 60 は、この出口温度一定制御に代えて、出口温度センサ 68 で検出された温度と入口温度センサ 67 で検出された温度との差が所定の値となるように冷却水ポンプ 22 の回転速度を調節する、いわゆる温度差一定制御を定常運転制御として行うこととしてもよい。このような温度差が所定の値となる温度差一定制御によって燃料電池 20 が発電に適した温度に維持されるときが、燃料電池 20 が最も効率よく運転される。ここでの効率は、投入エネルギー (改質ガス g 等の反応に必要なガスの流量及び搬送動力) に対する出力 (発電電力) である。「所定の値」は、燃料電池 20 の運転効率がよくなる値を選定するのが好ましい。

20

【符号の説明】

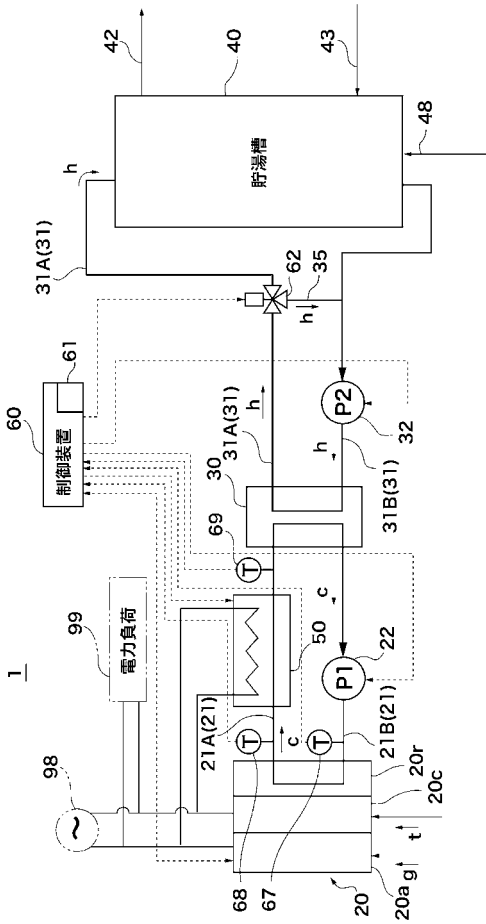
30

【0041】

- 1 燃料電池システム
- 20 燃料電池
- 21 冷却水ライン
- 22 冷却水ポンプ
- 30 熱交換器
- 50 ヒータ
- 60 制御装置
- 67 入口温度検出器
- 68 出口温度検出器
- 69 加熱後温度検出器
- 98 系統電力
- c 冷却水
- h 熱交換媒体

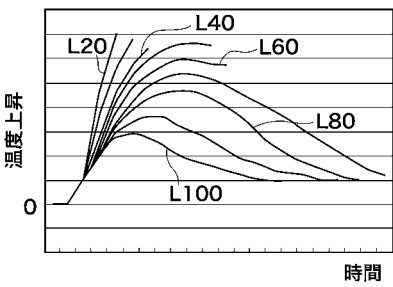
40

【 図 1 】

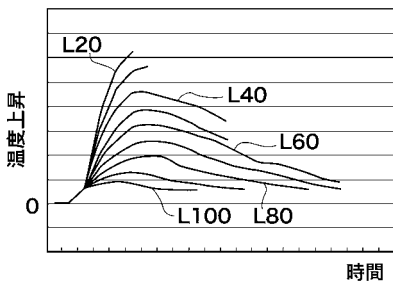


【 図 3 】

(a)

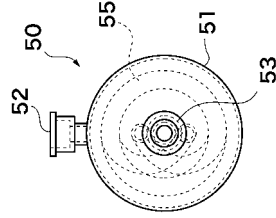


(b)

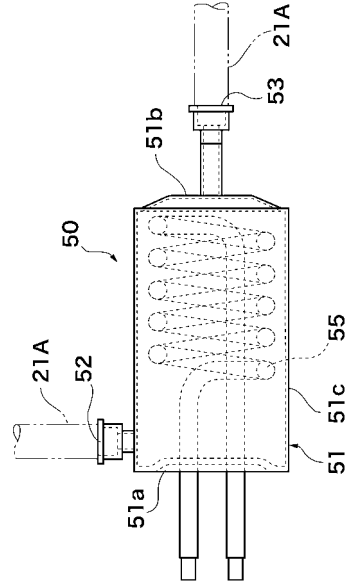


【 図 2 】

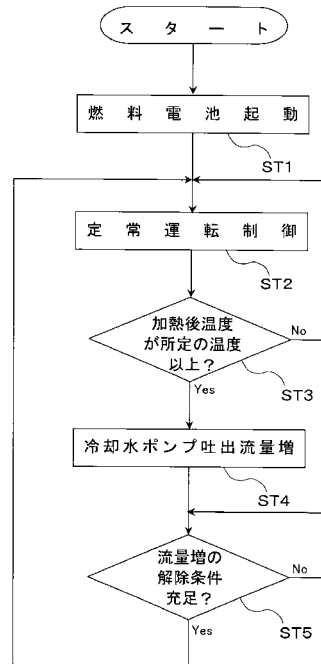
(b)



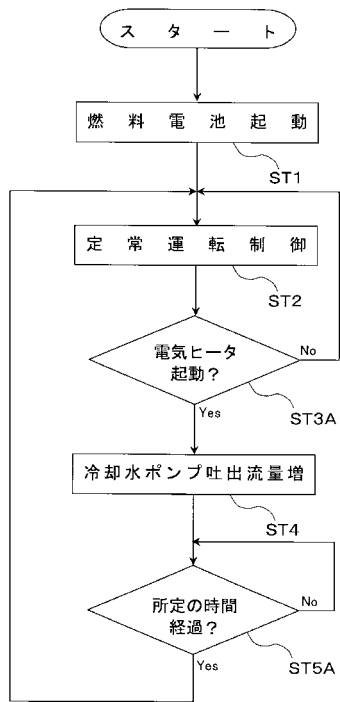
(a)



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(74)代理人 100155192

弁理士 金子 美代子

(72)発明者 渡邊 崇之

神奈川県藤沢市本藤沢4 - 2 - 1 荏原バラード株式会社内

(72)発明者 加藤 芳樹

神奈川県藤沢市本藤沢4 - 2 - 1 荏原バラード株式会社内

Fターム(参考) 5H026 AA06

5H027 AA06 CC06 CC11 DD06 KK28 KK48 MM16