(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3686057号
(P3686057)
(45)発行日　平成17年8月24日(2005.8.24)　(24)登録日　平成17年6月10日(2005.6.10)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
H01M 8/04	H01M	8/04	A
H01M 8/00	H01M	8/00	Z
H01M 8/10	H01M	8/10	

請求項の数 59　外国語出願　(全 22 頁)

(21)出願番号	特願2002-277833(P2002-277833)
(22)出願日	平成14年9月24日(2002.9.24)
(65)公開番号	特開2003-163018(P2003-163018A)
(43)公開日	平成15年6月6日(2003.6.6)
審査請求日	平成14年9月24日(2002.9.24)
(31)優先権主張番号	10146943.8
(32)優先日	平成13年9月24日(2001.9.24)
(33)優先権主張国	ドイツ(DE)

(73)特許権者　590001407
ゼネラル・モーターズ・コーポレーション
GENERAL MOTORS CORPORATION
アメリカ合衆国ミシガン州４８２６５－３０００，デトロイト，ピー・オー・ボツクス　３００，ルネッサンス・センター　３００，メイル・コード　４８２－シー２３－ビー２１
(74)代理人　100089705
弁理士　社本　一夫
(74)代理人　100076691
弁理士　増井　忠弐
(74)代理人　100075270
弁理士　小林　泰

最終頁に続く

(54)【発明の名称】燃料電池システム及び作動方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

燃料電池システムを作動するための方法において、

作動温度と、作動圧力と、前記燃料電池スタック内の化学量論との組み合わせで各々画定される複数の作動点を画成する燃料電池スタックを提供する工程、

前記燃料電池スタックの実際の作動温度を確立する冷却システムを提供する工程、

前記燃料電池スタックの少なくとも一つの実際の作動温度を計測する工程、及び

酸素含有ガスの圧縮流を、カソード入口に、前記実際の作動温度によって画定された実際の作動点での前記燃料電池システムの作動を確実にするのに必要な最小圧力を提供するように制御される作動圧力で提供する工程を含む、方法。

【請求項２】

請求項１に記載の方法において、前記燃料スタックが、アノードを含み、前記化学量論の値を前記アノードのところで得る、方法。

【請求項３】

請求項１に記載の方法において、前記燃料スタックがカソードを含み、前記化学量論の値を前記カソードのところで得る、方法。

【請求項４】

請求項１に記載の方法において、前記実際の作動点が、更に、前記燃料電池スタック内の化学量論により画定される、方法。

【請求項５】

請求項４に記載の方法において、前記燃料スタックがアノードを含み、前記化学量論の値を前記アノードのところで得る、方法。
【請求項６】
請求項４に記載の方法において、前記燃料スタックがカソードを含み、前記化学量論の値を前記カソードのところで得る、方法。
【請求項７】
請求項１に記載の方法において、前記少なくとも一つの実際の作動温度が、実際の作動温度、実際の作動温度と対応する値、及び実際の作動温度に比例する値のうちの少なくとも一つから決定される、方法。
【請求項８】
請求項１に記載の方法において、前記燃料電池スタックが、電気エネルギを発生する複数の燃料電池、燃料用アノード入口、酸素含有ガス用カソード入口、及びカソード出口を含む、方法。
【請求項９】
請求項８に記載の方法において、前記カソード出口に連結された制流子バルブを制御することによって前記作動圧力に影響を及ぼす、方法。
【請求項１０】
請求項１に記載の方法において、前記制御システムが、前記燃料電池スタックで発生した熱を運び去る冷却流体を含む、方法。
【請求項１１】
請求項１に記載の方法において、前記酸素含有ガスの圧縮流をコンプレッサ及びコンプレッサ構成要素によって提供する、方法。
【請求項１２】
請求項１１に記載の方法において、前記コンプレッサは可変形状の少なくとも一つの構成要素を含み、前記方法が、前記可変形状の構成要素を制御することによって前記コンプレッサの効率を最適化する工程を更に含む、方法。
【請求項１３】
請求項１２に記載の方法において、可変形状の前記少なくとも一つの構成要素の前記制御が、前記コンプレッサが提供する前記酸素含有ガスの作動圧力及び質量流量の値を考慮に入れて行われる、方法。
【請求項１４】
請求項１２に記載の方法において、前記最適化工程が、前記コンプレッサと関連した調節自在のガイドベーンを調節する工程を含む、方法。
【請求項１５】
請求項１２に記載の方法において、前記最適化工程が、前記コンプレッサと関連した調節自在のガイドノズルを調節する工程を含む、方法。
【請求項１６】
請求項１に記載の方法において、前記作動点が、更に、前記燃料電池スタック内のガスの湿度により画定される、方法。
【請求項１７】
請求項１に記載の方法において、前記実際の作動点が、更に、前記燃料電池スタック内のガスの湿度により画定される、方法。
【請求項１８】
請求項１に記載の方法において、前記作動圧力が、前記カソード出口での所望の湿度固有値（F_k）を考慮するように更に制御される、方法。
【請求項１９】
請求項１８に記載の方法において、前記湿度固有値（F_k）が、前記燃料電池システムが損傷なしに確実に作動するように、所定の範囲内に保持される、方法。
【請求項２０】
請求項１に記載の方法において、前記作動圧力が、前記カソード入口に進入する前記酸

素含有ガスの相対湿度の値を考慮に入れるように更に制御される、方法。
【請求項２１】
請求項１に記載の方法において、前記作動温度が、夫々の作動圧力値の選択で前記アノード入口に進入する気体状燃料の相対湿度の値を考慮に入れるように更に制御される、方法。
【請求項２２】
請求項１に記載の方法において、前記燃料電池スタックに供給された前記燃料の質量流量の値を夫々の出力必要条件と合わせる工程を更に含む、方法。
【請求項２３】
請求項１に記載の方法において、前記燃料電池スタックに供給された前記酸素含有ガスの質量流量を夫々の出力必要条件と合わせる工程を更に含む、方法。
【請求項２４】
請求項１に記載の方法において、前記燃料電池スタックがアノード及びカソードを有し、前記方法は、前記作動圧力の選択で、前記アノードでの化学量論についての値を考慮に入れる工程を含む、方法。
【請求項２５】
請求項１に記載の方法において、前記燃料電池スタックがアノード及びカソードを有し、前記方法は、前記作動圧力の選択で、前記カソードでの化学量論についての値を考慮に入れる工程を含む、方法。
【請求項２６】
請求項１に記載の方法において、前記冷却システムが、前記燃料電池システムの効率的作動に適当な可能な最も低い値まで前記実際の作動温度を低下させるように作動される、方法。
【請求項２７】
請求項１に記載の方法において、前記冷却システムが、夫々の作動圧力値を、前記実際の作動温度で作動する上でできるだけ小さい値に保持するように作動される、方法。
【請求項２８】
請求項１に記載の方法において、前記冷却システムが、所定のファン速度を持つファン及び所定のポンプ速度を持つポンプを含み、前記ファン速度、前記ポンプ速度、又はこれらの組み合わせを低下することによって冷却性能が低下される、方法。
【請求項２９】
請求項１に記載の方法において、前記冷却システムが所定のポンプ速度を持つポンプを含み、前記ポンプ速度を低下することによって騒音が減少する、方法。
【請求項３０】
請求項１に記載の方法において、前記冷却システムは、所定のファン速度を持つファン及び所定のポンプ速度を持つポンプを含み、前記ファン速度及び前記ポンプ速度は、前記燃料電池システムによって動力が提供される車輌がアイドリング状態で作動している場合に低下される、方法。
【請求項３１】
請求項１に記載の方法において、前記冷却システムは、所定のファン速度を持つファン及び所定のポンプ速度を持つポンプを含み、前記ファン速度及び前記ポンプ速度は、前記燃料電池システムによって動力が提供される車輌が低い車輌速度で作動している場合に低下される、方法。
【請求項３２】
請求項１に記載の方法において、前記作動圧力が、有効周囲温度、及びこの温度が前記冷却システム及び前記実際の作動温度に及ぼす効果を考慮に入れて制御される、方法。
【請求項３３】
請求項１に記載の方法において、前記作動圧力が、前記燃料電池システムの有効作動パラメータ及び条件に適合した所望の値を持つ調整パラメータとして使用される、方法。
【請求項３４】

請求項３３に記載の方法において、前記所望の値は、前記有効作動パラメータ及び作動条件を考慮に入れたアルゴリズムによって決定される、方法。

【請求項３５】

請求項３３に記載の方法において、前記所望の値は、記憶された特性パラメータから決定される、方法。

【請求項３６】

燃料電池システムにおいて、

作動温度と、作動圧力と、前記燃料電池スタック内の化学量論との組み合わせで各々画定される複数の作動点を画成する燃料電池スタック、

前記燃料電池スタックの実際の作動温度を確立するようになった冷却システム、

前記冷却システムによって確立された前記実際の作動温度を決定するようになった温度センサ、及び

前記燃料電池スタックのカソード入口に、前記実際の作動温度によって画定された実際の作動点での燃料電池システムの作動を確実にするのに必要な最小の圧力を提供する作動圧力で送出するための酸素含有ガスの圧縮流を発生するように形成された圧力構成要素を含む、燃料電池システム。

【請求項３７】

請求項３６に記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池システムは、前記圧力構成要素のうちの少なくとも一つを前記実際の作動温度のうちの一つに従って制御するように形成されている、燃料電池システム。

【請求項３８】

請求項３７に記載の燃料電池システムにおいて、前記制御システムは、前記実際の作動温度によって画定された前記実際の作動点での前記燃料電池システムの作動を確実にするのに必要な最小圧力に前記作動圧力を設定するように形成されている、燃料電池システム。

【請求項３９】

請求項３７に記載の燃料電池システムにおいて、前記温度センサは前記制御システムに連結されている、燃料電池システム。

【請求項４０】

請求項３６に記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池スタックは、複数の燃料電池、燃料用アノード入口、酸素含有ガス用カソード入口、及びカソード出口を含む、燃料電池システム。

【請求項４１】

請求項４０に記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料は、水素、及び水素分が高い合成ガスのうちの一つを含む、燃料電池システム。

【請求項４２】

請求項３６に記載の燃料電池システムにおいて、前記冷却システムは、前記燃料電池スタックが発生した熱を運び去るため、冷却流体を前記燃料電池スタックを通して差し向ける、燃料電池システム。

【請求項４３】

請求項３６に記載の燃料電池システムにおいて、前記温度センサは、実際の作動温度、この実際の作動温度と対応する値、及び実際の作動温度と比例した値のうちの少なくとも一つから前記実際の作動温度を決定する、燃料電池システム。

【請求項４４】

請求項３６に記載の燃料電池システムにおいて、前記圧力構成要素は、コンプレッサ、電動モータ、及びコンプレッサ構成要素を含む、燃料電池システム。

【請求項４５】

請求項４４に記載の燃料電池システムにおいて、前記酸素含有ガスは空気を含み、前記コンプレッサは空気コンプレッサである、燃料電池システム。

【請求項４６】

請求項４４に記載の燃料電池システムにおいて、前記コンプレッサ構成要素は、制流子バルブを含む、燃料電池システム。

【請求項４７】

請求項４６に記載の燃料電池システムにおいて、前記制流子バルブが前記燃料電池スタックのカソード出口の後で前記燃料電池システムに連結されている、燃料電池システム。

【請求項４８】

請求項４４に記載の燃料電池システムにおいて、前記コンプレッサが可変形状の少なくとも一つのコンプレッサ構成要素を含み、前記制御システムが前記少なくとも一つの構成要素の前記形状を変化するようにされている、燃料電池システム。

【請求項４９】

請求項４４に記載の燃料電池システムにおいて、前記コンプレッサは、前記コンプレッサを各作動点で最大の可能な効率で作動できるように形成されている、燃料電池システム。

【請求項５０】

請求項４９に記載の燃料電池システムにおいて、前記少なくとも一つの可変形状の構成要素が、調節自在のガイドベーンを含む、燃料電池システム。

【請求項５１】

請求項４９に記載の燃料電池システムにおいて、前記少なくとも一つの可変形状の構成要素が、調節自在のガイドノズルを含む、燃料電池システム。

【請求項５２】

請求項３６に記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池スタック内のガスの相対湿度値を計測するための第１及び第２のセンサを更に含む、燃料電池システム。

【請求項５３】

請求項５２に記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池スタックは、アノード入口、及びこのアノード入口での前記相対湿度値を計測するように形成された湿度センサを含む、燃料電池システム。

【請求項５４】

請求項５２に記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池スタックは、カソード入口、及びこのカソード入口での前記相対湿度値を計測するように形成された湿度センサを含む、燃料電池システム。

【請求項５５】

請求項３６に記載の燃料電池システムにおいて、夫々適当な作動圧力についての値を記憶し、前記燃料電池スタックの様々な実際の作動温度及び様々な作動パラメータについての夫々適当な作動圧力を計算するためのアルゴリズムを記憶する、前記制御システムと関連したメモリを更に含む、燃料電池システム。

【請求項５６】

請求項３６に記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池スタックは、アノード及びカソードを含み、前記制御システムは、前記燃料電池スタックの様々な作動点について前記アノードでの及び前記カソードでの化学量論の値を計測するように形成されている、燃料電池システム。

【請求項５７】

請求項５６に記載の燃料電池システムにおいて、前記化学量論の値はメモリーに記憶されている、燃料電池システム。

【請求項５８】

請求項３６に記載の燃料電池システムにおいて、前記制御システムは、出力要求信号用入力を含む、燃料電池システム。

【請求項５９】

請求項３６に記載の燃料電池システムにおいて、前記制御システムは、前記燃料電池スタックに供給された燃料の質量流量を決定するためのバルブが、前記制御システムによって夫々の出力必要条件に従って制御できるように形成されている、燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、燃料電池システムに関し、更に詳細には高効率の燃料電池システム及び燃料電池システムの作動方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
電気エネルギ、例えば自動車用の電気駆動エネルギの発生に役立つ燃料電池システム、例えば互いに連結されて燃料電池スタックを形成するＰＥＭ燃料電池が当該技術分野で周知である。燃料電池スタックは、水素等の燃料用のアノード入口、及び酸素、例えば大気中の酸素の形態の酸素用のカソード入口を含む。酸素は、発生された電気エネルギによって作動される電動モータで駆動されるコンプレッサによって送出される。燃料電池スタック内で発生した熱を運び去るために冷却システムが設けられており、冷却により、燃料電池スタックの夫々の作動温度が決定される。
【０００３】
現在の燃料電池システムは、システムの作動温度及び作動圧力について、固定された予め設定された設計値で作動する。作動圧力は、代表的には、非常に狭い限度内で予め設定される。本発明は、任意の特定の必要を満たす構造又は工程に限定されないが、本発明は、燃料電池が更に効率的に作動できるように、予め設定された設計値でない作動パラメータで燃料電池システムを作動させる方法に対する従来技術における必要を認識しているということに着目されたい。更に、従来技術において、燃料電池システムが更に効率的に作動できるように作動パラメータの値を調節できる燃料電池システムが必要とされている。
【０００４】
【発明が解決しようとする課題】
本発明は、改良燃料電池システム及び作動方法を提供する。
【０００５】
【課題を解決するための手段】
本発明の一実施例では、燃料電池システムの作動方法が提供される。燃料電池スタックは、複数の作動点を画成する。これらの作動点の各々は、作動温度と、作動圧力と、燃料電池スタック内の化学量論との組み合わせで各々画定される。燃料電池スタックの実際の作動温度を確立する冷却システムもまた設けられる。燃料電池スタックの少なくとも一つの実際の作動温度が計測される。酸素含有ガスの圧縮流がカソード入口に作動圧力で提供される。作動圧力は、前記実際の作動温度によって決定された実際の作動点での燃料電池システムを確実に作動するのに必要な最小圧力を提供するように制御される。
【０００６】
本発明の別の実施例によれば、燃料電池スタック、冷却システム、温度センサ、及び圧力構成要素を含む燃料電池システムが提供される。燃料電池スタックは、複数の作動点を画成する。これらの作動点の各々は、作動温度と、作動圧力と、燃料電池スタック内の化学量論との組み合わせで各々画定される。冷却システムが、燃料電池スタックの実際の作動温度を確立するようになっている。温度センサは、冷却システムが確立した実際の作動温度を計測するようになっている。圧力構成要素は、燃料電池スタックのカソード入口に作動圧力で送出するため、酸素含有ガスの圧縮流を発生するように形成されている。作動圧力は、実際の作動温度で決まる実際の作動点での燃料電池システムの作動を確実にするのに必要な最小圧力を表す。
【０００７】
本発明の様々な実施例は、添付図面を参照して本発明の以下の説明を読むことにより更によく理解されるであろう。特許請求の範囲は、その中の詳細な説明によって定義され、本願に記載した特徴及び利点の特定的な議論によって定義されるのではないということに着目されたい。
【０００８】

本発明の実施例の以下の詳細な説明は、同様の構造に同じ参照番号を付した添付図面と関連して読むことにより最もよく理解できる。

【０００９】

【発明の実施の形態】

図１を参照すると、この図には、関連した構成要素を含む燃料電池システムの基本的レイアウトが示してあり、これは、実際には、多くの異なる変形例が可能である。燃料電池システムと一体化した、電気的に直列に及び／又は並列に連結された複数の個々の燃料電池を含む燃料電池スタック１１の概略図を示す。スタック１１の全ての個々の燃料電池のアノード側は、それ自体周知の方法で互いに接続されており、スタックのアノード側には参照番号１３が付してある。同様に、スタックの全ての燃料電池のカソード側は、それ自体周知の方法で互いに接続されており、図１において、燃料電池スタックのカソード側には参照番号１５が付してある。

【００１０】

図１の閉回路１７は、スタック１１に組み込んだ液体冷却システムを示し、これもまたそれ自体周知である。この冷却回路はアノード側１３及びカソード側１５とは完全に別であり、ポンプ１９及びラジエータ２１を備えた閉鎖冷却回路を提供する。ラジエータ２１は、好ましくは、液体クーラントを冷却するために空気を矢印２３が示す方向に流すように、自動車の設備に配置される。ラジエータ２１を通る流れは、電動モータ２５によって駆動できるファン２７によって補助される。電動モータ２５の速度は、制御システム２９からのライン２８を介して制御でき、即ち制御システム２９によって冷却力に影響を及ぼすことができる。

【００１１】

温度センサ３１がライン３３を介して制御システム２９に接続されている。燃料電池スタック１１の作動温度は、クーラント出口に設けられた温度センサ３１によって計測できるばかりでなく、別の態様では、燃料電池スタック１１のカソード出口及び／又はアノード出口に設けられた温度センサ３１’、３１’’によって計測できる。使用された温度センサは、対応するラインを介して制御システム２９に接続される。

【００１２】

燃料電池スタック１１のアノード側１３では、水素H_2が、供給源３５から、切り換えを行うことができる制流子バルブ３７を介して、及びライン３９を介してアノード回路１３に供給される。この制流子バルブ３７は、また、バルブ３７をライン４１を介して電気的に制御することによって供給される水素の量を調整するため、制御システム２９に接続されている。かくして、水素は入口４３のところで燃料電池スタック１１に進入し、消費されなかった水素及び水を含むアノード排気ガスは燃料電池スタックを４５のところで出る。水は収集容器４７に集められる。集められた水は、随意であるが、バルブ４８を介してH_2流用の加湿器４９に供給でき、及び／又は連続的に又は断続的に排出される。この例では、出てきた水素の一部がポンプ５１によって入口４３に再び戻される。しかしながら、この種の再循環は必要ではない。アノード側の排気ガスの残りの量は、ライン５３を介して燃焼装置５５に供給され、ファン５７からの空気と一緒になり、燃焼されて水を形成する。この水は、ライン５９を介してスタックを離れる。燃焼装置５５は連続的に作動している必要はなく、スイッチを切ることができる制流子及び／又は出口バルブ６１によってアノード回路１３から絶縁できる。

【００１３】

燃料電池スタック１１のカソード側１５では、ライン６３を介して吸い込まれた空気が、モータ６５によって駆動されるコンプレッサ６７によって圧縮され、ライン６９を介して燃料電池スタック１１のカソード入口７１に供給される。主に水、窒素、及び酸素残留分を含むカソード排気ガスが燃料電池スタック１１のカソード出口７３から出る。カソード排気ガスに液体の形態で含まれる水は、例えば、容器７５に集められ、気体形態の水を含む残りの排気ガスは、制流子バルブ７７及びライン７９を介して環境に供給される。容器７５に集められた水は、バルブ８０を介して排出してもよいし、空気流用加湿器８１に供

給してもよい。

【００１４】

モータ６５はライン８３を介して制御システム２９に接続されている。制御システム２９は、モータ６５をライン８３を介して制御することによって、空気コンプレッサ６７の回転速度及びかくしてコンプレッサが送出する空気の質量流量に影響を及ぼすことができる。

【００１５】

バルブ７７は制流子バルブとして形成されているのがよく、ライン８５を介して制御システム２９に連結されている。バルブ７７は、その開度に応じて、作動圧力を、空気の質量流量とは別個に設定できる。更に、空気コンプレッサ６７には、制御システム２９からライン８７を介して電気的に制御でき且つ調節できる調節自在のガイドベーンやガイドノズル等の可変形状の構成要素が設けられていてもよい。これらの可変形状の構成要素は、位置決めモータの補助により制御できる。

【００１６】

バルブ６１や８０等の全てのバルブは、対応するライン（単に短い線で示す）を介して制御システム２９に接続されていてもよく、このことは、クーラントポンプ１９、バーナー５５、再循環ポンプ５１等の制御可能な他の構成要素にも適用される。

【００１７】

湿度センサ８９、９１がカソード側及びアノード側の夫々に設けられており、これらは、燃料電池スタック１１のカソード入口及びアノード入口での相対湿度を計測できるようにするため、夫々のライン９３及び９５を介して制御システム２９に接続されている。

【００１８】

図２を参照すると、この図には本発明による燃料電池システムの作動方法が示してある。矢印１５０は、燃料電池システムを含む自動車の運転者により必要とされる動力を示す。例として、運転者は、ガスペダルを車輌で習慣的に行われているように押すことができ、ガスペダルの移動程度又は運転者がガスペダルに及ぼす圧力を使用して動力要求信号を発生でき、これを車輌制御システム１５２に供給する。コンピュータによって実現できる制御システム２９及び（又は）車輌制御装置１５２は、車輌の推進に用いる電動モータの制御に役立つ。制御システム２９は、運転者が要求する動力を得ることができるように、燃料電池スタック１１を矢印１５４によって示すように制御するのにも役立つ。

【００１９】

動力を利用できるようにするためには、先ず、必要な電力を発生するため、燃料電池スタック１１のアノード側１３に供給された水素質量流量を図１のバルブ３７によって制御する。この電力は、空気コンプレッサ６７、ラジエータ２１と関連したファン２７、及びポンプ１９用の駆動力、並びに例えば点灯システム（ここでは参照番号１５５が付してある）等の車輌の他の副次的装置についての動力条件で決まるため、制御システム２９は、ここに矢印１５６で概略に示す対応する信号を受入れ、制御システム２９によるシステム負荷の計算ではこれを考慮に入れる。

【００２０】

燃料電池スタックが放出した、矢印１５８で示す熱は、ラジエータ２１に導入され、特定の周囲温度T_{amb}の周囲空気との熱交換が行われる。冷却性能は、矢印１６２で示す車輌速度で決まる。更に、ラジエータ２１を通る空気の流れはファン２７で決まり、この関係を矢印１６４で示す。ファン制御装置１６６をファン２７とラジエータ２１との間に概略に示す。このファン制御装置は、制御システム２９に組み込むことができる。ファン制御装置１６６は、原理的には、車輌速度が低い場合や車輌が停止している場合、即ち冷却の必要が低い場合に騒音が不必要に発生されないようにするため、ファン２７のスイッチを切ったりファン２７を減速するのに役立つ。

【００２１】

車輌速度及びファン２７の空気流の影響が及ぼされる、周囲空気がラジエータ２１に及ぼす作用により、熱が環境に伝達される。これを矢印１６８で示す。この場合、ラジエータ

２１内で冷却された液体が燃料電池スタック１１の作動温度を決定する。囲い１７０で概略に示すこの作動温度は、好ましくは、燃料電池スタック１１のクーラント出口で図１の温度センサ３１によって、又は温度センサ３１’又は３１’’によって確認される。作動温度は、燃料電池スタック１１の作動点に影響を及ぼす。これを矢印１７２で示す。作動温度は、他の点に関し、矢印１７４に従って制御システム２９に伝えられる。矢印１７４は、図１のライン３３を介する通信を表す。

【００２２】

囲い１７６は、湿度固有値F_kについての制御に関する。これは、ここでは、制御システム２９とは別個に示してある。しかしながら、囲い１７６の制御は、制御システム２９の単なる構成要素であってもよく、いずれの場合でも、双方向矢印１７８で示すように制御システム２９に連結されている。相対湿度についてのこの制御１７６の仕事は、夫々で所望の作動圧力を、センサ８９及び９１（図１参照）が計測した周囲空気の相対湿度及び制御システム２９によって予め設定された作動パラメータの夫々の設定を考慮に入れて図１０に示す曲線から決定することである。制御システムは、全スタック出口での相対湿度、即ちアノード及びカソードでの化学量論、及び更に現存の加湿器４９、８１の作用及び戻された湿度（例えば再循環ポンプ５１を通過する）を決定する。

【００２３】

制御システム２９は、夫々で所望の作動圧力を図１０に示す曲線から決定できる（以下に詳細に説明する）。例えば、７０℃の作動温度が計測された場合、制御装置１７６は、例えば１２０％の所望の湿度固有値F_kを得るため、作動圧力を図１０に従って約１．９ｂａｒと設定する。作動圧力を囲い１７９によって象徴的に示す。作動圧力の設定は、図１においてライン８３及び８５を介して伝達された信号によって決定される。これらの信号は、空気コンプレッサ６７用のモータ６５についての設定及びバルブ７７についての設定の夫々を決定する。必要であれば、コンプレッサ６７を最も効率的に作動できるようにするため、特定の技術的実現に基づいて、空気コンプレッサをライン８７を介して制御することが必要となる場合がある。制御のこれらの可能性を図２に矢印１８０で示す。

【００２４】

本発明は、特定の作動条件下で作動圧力を適切に適合することにより、システムを更にかなり効率的に作動させることができるということを認識している。本発明の方法及び本発明の燃料電池システムは、空気コンプレッサが発生した作動圧力が燃料電池システム全体の有効作動温度と適合した場合にシステム効率を更に向上できるという認識を組み込む。このようにして、制御システム２９は、燃料電池システムの理想的作動点を常に決定でき、この作動点に達するのに必要な全ての設定を行うことができる。

【００２５】

次に、本発明による燃料電池システムのレイアウトに関する様々な配慮を論じる。燃料電池システムは、電力を周知の方法で発生するのに役立つ。燃料電池システムの主要構成要素は、アノード側１３に燃料が（H_2供給源３５から）供給される燃料電池スタック１１である。燃料電池システムは、燃料ガスの供給装置の他に、主構成要素として適当な空気コンプレッサ６７を有する空気供給装置をカソード側１５に含む。空気コンプレッサ６７は、燃料電池スタック１１が必要とする空気質量流量を必要なガス圧で供給する。空気コンプレッサ６７は、概して、モータ６５によって電気的に駆動され、これによって、燃料電池スタック１１によって最終的に送出された電力を消費する。必要なコンプレッサ動力は、本質的には、コンプレッサの作動効率の他に、空気の質量流量によって、及び圧縮の圧力比によって決定される。従って、効率的な空気コンプレッサ６７を持つ燃料電池システムは、燃料電池システムでの電力の内部消費をできるだけ小さく保ち、かくしてシステム全体として高い効率を達成するため、可能な限り最小の空気質量流量で可能な限り最小の圧力レベルで作動しなければならない。

【００２６】

上述のように、本発明によれば、様々な作動圧力について、燃料電池スタックを所望の出力で作動するのに必要な空気質量流量を得ることができる。必要な空気質量流量は、有効

作動温度、及び燃料電池スタックのカソード出口での相対湿度等の測定できる他のパラメータを考慮することによって得られる。高い作動圧力で所望の空気質量流量を得るのに必要な電力は、低い作動圧力で同じ空気質量流量が得られる場合に必要な電力よりもかなり高い。空気コンプレッサの作動に必要な電気エネルギが燃料電池システムの利用可能な出力に大きな影響を及ぼすため、システムの作動圧力を低下することによって全体として高いシステム効率を得ることができる。

【００２７】

様々な作動圧力で所望の空気質量流量を得ることができるようにするため、空気コンプレッサ、又は空気コンプレッサと関連した駆動モータ、及び燃料電池スタックのカソード出口に設けられた調整自在の制流子バルブは、作動圧力を空気質量流量とは別個に変化させることができるように設計されており、且つそのように制御できる。空気コンプレッサの効率を最適化するため、可変の形体、例えば調節自在のガイドベーン又はガイドノズルを空気コンプレッサに提供することもまた有利である。

【００２８】

空気コンプレッサ又は空気コンプレッサと関連した構成要素が作動温度又はこれと対応するか或いは比例する値に従って制御されると言う場合には、このことは、作動温度に関し、作動温度として使用できる基準温度を定義する、と理解されるべきである。例えば、クーラントの温度が燃料電池スタックのクーラント出口で得られ、又はガス出口温度がカソード出口及び／又はアノード出口で基準温度として得られる。本発明は、液体の冷却に限定されず、燃料電池スタックが空気で冷却される場合にも使用できる。この場合、空気冷却によっても燃料電池スタックは特定の作動温度になる。

【００２９】

カソード側及びアノード側のガスの状態に関するＰＥＭ燃料電池の必要条件は、個々の燃料電池の設計及び構造によって異なり、概して複雑である。ＰＥＭ燃料電池を安定して作動するために定義しなければならない主要なパラメータは、ガスの化学量論、ガスの湿度、ガスの圧力、及びスタックの作動温度である。

【００３０】

燃料電池スタックの湿度についての基準値を考慮に入れることが重要である。例として、この基準値は、カソード出口での飽和度であってもよい。

湿度についての基準値として、湿度固有値F_kは、例えば、以下の等式によって決定される。

【００３１】

【数１】

$$F_K = \frac{\left(\dot{N}^{Fl}_{H_2O} + \dot{N}^{Gas}_{H_2O} \right)_{C\text{-}out}}{\sum_i \dot{N}_{iC\text{-}out}} \cdot \frac{P_{C\text{-}out}}{P^*_{Ts}}$$

【００３２】

ここで、

【００３３】

【数２】

$$\dot{N}^{Fl}_{H_2O}$$

【００３４】

は、カソード出口（Ｃ－ｏｕｔ）での液体形態の水の質量流量であり、
【００３５】
【数３】

$$\dot{N}_{H_2O}^{Gas}$$

【００３６】
は、カソード出口（Ｃ－ｏｕｔ）での気体形態の水の質量流量であり、
【００３７】
【数４】

$$\sum_i \dot{N}_{iC\text{-}out} = \dot{N}_{H_2O}^{Fl} + \dot{N}_{H_2O}^{Gas} + \dot{N}_{N_2} + \dot{N}_{O_2},$$

【００３８】
であり、
【００３９】
【数５】

$$\dot{N}_{H_2O}^{Fl} + \dot{N}_{H_2O}^{Gas}$$

【００４０】
は上文中に述べた意味を持ち、
【００４１】
【数６】

$$\dot{N}_{N_2}$$

【００４２】
は、カソード出口（Ｃ－ｏｕｔ）でのN_2の質量流量であり、
【００４３】
【数７】

$$\dot{N}_{O_2}$$

【００４４】

は、カソード出口（Ｃ－ｏｕｔ）でのO_2の質量流量であり、
【００４５】
【数８】

$$P_{C\text{-}out}$$

【００４６】
は、カソード出口（Ｃ－ｏｕｔ）での水の分圧であり、
【００４７】
【数９】

$$P^*_{Ts}$$

【００４８】
は、スタックの夫々の作動温度（カソード出口での有効温度と同じ）での水の飽和分圧である。
アノード側の現在の湿度も組み込んだ基準値を考えることもできる。これは、原理的には、水がアノード側にアノード排気ガスを残す場合にのみ、推奨されるべきである
燃料電池スタックの湿度についての基準値は、燃料電池が損傷なく作動するようにするため、特定の限度内、例えば１２０％＋／－１０％に保持しなければならず、これよりも高い値を提供する必要はない。しかしながら、有効作動圧力、相対湿度についての基準値、及び作動温度の夫々の間に独特の相関がある。
【００４９】
例えば１２０％といった相対湿度の基準値についての特定の値を特定でき、夫々の作動温度の選択中に有効作動温度及び湿度固有値の夫々の間の関係を再現する一連の曲線を考慮できる。これを行うにあたり、アノード及びカソードでの化学量論及びアノード入口での相対湿度及びカソード入口での相対湿度に注意を払わなければならない。
【００５０】
アノードでの化学量論、即ちアノード側に供給された水素の量とここで消費された水素の量との間の比は、多くの場合、夫々の燃料電池スタックの設計又は燃料電池スタックの種類のため、実質的に一定の値、例えば約２．０である。しかしながら、このことは、水素の供給質量流量が一定のままであるということを意味するものではなく、この質量流量は、システム制御装置により、夫々の出力必要条件に従って変化される。燃料電池スタックの特定の設計のため、アノードでの化学量論が一定値でない場合には、化学量論の変化を考慮しなければならない。
【００５１】
カソードでの化学量論、即ちカソードに供給された酸素の量とそこで消費された酸素の量に対する比もまた、例えば２．０であってもよい。しかしながら、これは、供給された酸素の質量流量が一定であるということを意味するものではなく、この質量流量は、システム制御装置により夫々の出力必要条件に従って変化される。燃料電池スタックの特定の設計のため、カソードでの化学量論が一定値でない場合には、化学量論の変化を考慮しなければならない。
【００５２】
湿度固有値の夫々の大きさに影響を及ぼし、所望の湿度固有値F_kを得るために有効作動

圧力を調整するための一連の曲線の夫々を選択するための決定要因であるカソード入口での相対湿度は、空気コンプレッサによって吸い込まれた周囲空気の湿度に従って変化する。しかしながら、燃料電池スタックのカソード側及び／又はアノード側での相対湿度を適切にするために幾つかの場合において設けられた加湿装置によって影響を及ぼすこともできる。

【００５３】

湿度についての基準値F_k、作動圧力、作動温度、及びカソード入口及びアノード入口での相対湿度の間の関係は明白である。従って、これらにより、制御されるべき燃料電池スタックの作動温度に適した理想的作動圧力が可能であり、これにより、例えばデータ記憶装置に記憶されたマップを用いて燃料電池スタックを最も効率的に作動できる。

【００５４】

ガスの化学量論により、燃料電池が作動されるべき必要なガス質量流量が負荷に応じて予め決定される。スタック内の反応体の濃度分布もまた、ガス化学量論によって設定される。夫々選択された燃料電池膜及び夫々の燃料電池設計を使用する場合、膜の作動寿命を適切にするため及び膜の伝導性を良好にするため、ガスの湿度は特定の限度値内になければならない。

【００５５】

しかしながら、スタック全体に亘る水のバランスは、図３、図４、及び図５に示すように、入口湿度の他に、圧力、温度、及び化学量論の作動パラメータによって決定される。

【００５６】

図３は、作動圧力即ち燃料電池スタック１１の入口での圧力（システム圧力とも言う）の三つの異なる値について、燃料電池スタックの出口での相対湿度がカソードの化学量論（Ｃ－空気数）に従ってどのように変化するのかを示す。ここで、作動温度は一定であり、この例では８０℃であり、アノードでの化学量論は２．０であり、及び燃料電池スタック１１のアノード側入口での仮定相対湿度が５０％であり及び燃料電池スタック１１のカソード側入口での仮定相対湿度が同様に５０％である。

【００５７】

矢印１１０は、更に高い作動圧力への曲線のシフト方向を示す。かくして、カソードでの化学量論が低い場合には、燃料電池スタックの出口での湿度固有値F_kが高く、これらの値が、夫々、有効作動温度で決まるということは理解されよう。図示の三つの曲線は、各作動圧力についての対応する曲線を示し、これらの曲線の細部の形状は、燃料電池スタックの作動温度、アノードでの化学量論、及びアノード側及びカソード側での相対湿度の入口値で決まる。

【００５８】

図４は、燃料電池スタック１１の出口での相対湿度が、燃料電池スタックの様々な作動温度、この図では、三つの異なる作動温度６０℃、７０℃、及び８０℃で、カソードの化学量論に従ってどのように変化するのかを示す。矢印１１２は、スタック温度即ち作動温度の上昇に伴う曲線のシフト方向を示す。ここに示す曲線は全くの例として与えられたものであり、例えば作動圧力は２５０ｋＰａであり、アノードでの化学量論は２．０であり、アノード及びカソードの入口での相対湿度の値は５０％である。この図でも、一連の曲線は全て、夫々の燃料電池スタック又は燃料電池スタックの種類について見いだされ即ち特定されなければならない。しかしながら、作動温度が低いと相対湿度の値が上昇することがわかる。

【００５９】

図５は、対照的に、全スタックの出口での相対湿度を、燃料電池スタックの作動圧力の関数として、燃料電池スタック１１の三つの異なる作動温度６０℃、７０℃、及び８０℃を代表する三つの異なる曲線形態で示す。ここで単なる例として与えられたこれらの曲線は、アノードでの２．０の化学量論、カソードでの２．０の化学量論、及び燃料電池スタックのアノード側入口及びカソード側入口での５０％の相対湿度の値を考慮に入れたものである。この図でも、他の作動値に適用される一連の対応する曲線は全て、夫々の燃料電

池スタック又は燃料電池スタックの夫々の種類について見いだされ即ち特定されなければならない。矢印１１４は、作動温度の上昇に伴う曲線のシフト方向を示す。

【００６０】

スタックの作動温度は、一方では、このスタックの水のバランスに影響を及ぼし、他方では、反応体のガス圧力及びガス濃度に影響を及ぼし、燃料電池スタックの効率に影響を及ぼす分圧を図６に示すように決定する。これを以下に詳細に説明する。更に、作動圧力は、コンプレッサ６７に供給しなければならない内部システムの電気エネルギ消費に大きな影響を及ぼす。図６では、原理従属性を示す。

【００６１】

即ち、図６は、この例において１．５ｂａｒ、２．０ｂａｒ、２．５ｂａｒ、及び３．０ｂａｒである四つの異なる作動圧力での空気質量流量の特定の値をｇ／ｓで得るため、必要なコンプレッサ出力についての曲線を単なる例として示す。矢印１１６は、作動温度の上昇に伴う曲線のシフト方向を示す。特定の空気質量に必要なコンプレッサ出力は、作動圧力の上昇に従って大幅に上昇する。例として、１．５ｂａｒの作動圧力で４０ｇ／ｓの空気質量流量について、約２．５ｋＷのコンプレッサ性能が必要とされるが、これに対し、必要なコンプレッサ出力は、２倍の３．０ｂａｒの作動圧力では約９ｋＷまで上昇することが明らかである。

【００６２】

図７から、燃料電池スタック１１の作動圧力が高ければ高い程、特定の電流密度について高い電池出力電圧を得ることができるということが明らかである。矢印１１８は、作動圧力の上昇に伴って曲線がどのようにシフトするのかを示す。図７を考えることにより、スタックを更に高い作動圧力で作動させることができる。これは、これにより燃料電池の発生出力を更に高くできるためである。

【００６３】

図８は、個々のＰＥＭ燃料電池の出力電圧が電流密度に従ってどのように変化するのかを８０℃及び６０℃の二つの異なる作動温度について示す。特定の電流密度について、更に高い作動温度で更に高い電池電圧を得ることができる。

【００６４】

スタックの温度は、燃料電池の効率に影響を及ぼす（これを図８に示す）他に、スタック全体の冷却に必要な、即ち、スタック内で発生した熱の放散にとって重要な熱サブシステムに重大な影響を及ぼす。スタック温度について及び更にガス圧力について、従来、燃料電池システムの全作動範囲について有効な特定の所望の値が存在した。従って、熱サブシステムは、スタックを所期の温度にしておかなければならないという規制を受け、熱サブシステムの設計によって制限が加えられる。

【００６５】

燃料電池車輌の冷却システムは、燃料電池システムと環境との間の重要なインターフェースである。空気温度、空気圧、及び空気の湿度等の周囲状態に応じて、対応する冷却性能を車輌の冷却システムを介して環境に伝達できる。これに関して最も重要な影響のあるパラメータは周囲温度及び空気流通流量（車輌速度及びファンの性能で決まる）である。冷却されるべき冷媒の温度とともに、周囲温度は、冷却システムの容量を表す特性パラメータＱ／ＩＴＤ（Ｑ＝熱量、ＩＴＤ＝入口温度差）に影響する。このパラメータＱ／ＩＴＤは、最大冷却性能と、周囲温度と冷却システムに進入する冷媒のクーラント温度との間の差との商によって記載される。

【００６６】

【数１０】

$$\frac{Q}{ITD} = \frac{Q_{Cool}}{T_{Coolant\ in} - T_{ambient}}$$

【００６７】

車輌用冷却システムの設計は、概して、車輌の必要条件によって決定される。詳細には、最大登坂性能（車輌速度が低く、駆動力が最大）、最大牽引荷重、及び最大周囲温度が冷却システムの必要な性能、及びかくしてＱ／ＩＴＤ数を決定する。更に、図１においてクーラントが燃料電池スタックを離れる箇所に設けられた温度センサ３１によって計測された、クーラントが冷却システムに進入するときの温度は、燃料電池システムのシステム温度と対応すると仮定できる。この関係から、同じ周囲温度でシステム温度が上昇することによって、又は一定のシステム温度で周囲温度が低下することによって、大量の熱を環境に伝達できるということがわかる。図９は、冷却性能の従属性を周囲温度の関数として示す。

【００６８】

図９に示す三つの曲線は、特定の燃料電池スタックについて、又は燃料電池スタックの種類について、利用可能な冷却性能は、周囲温度に関し、燃料電池スタック１１に流入する液体クーラントの温度によって決まる燃料電池スタックのシステム温度の関数として、どのように変化するのかを示す。

【００６９】

図９に示す冷却システムの周囲温度への従属性及びシステム温度への従属性が、燃料電池システムと周囲状態との間の関係を明瞭にする。例えば１００％のシステム負荷で６０ｋＷの熱を放散しなければならない燃料電池システムは、３０℃の周囲温度でのＱ／ＩＴＤ値を１．２ｋＷ／Ｋと仮定すると、システム温度が８０℃となる。これとは対照的に、１０℃の周囲温度では、６０ｋＷのシステム熱を環境に放散するために６０℃のシステム温度で十分である。

【００７０】

燃料電池の変換効率は、反応体分圧が上昇すると向上するけれども、作動圧力は、上文中に説明したように、システムの全体としての効率のため、できるだけ低く保持しなければならない。従って、空気コンプレッサにより利用可能な作動圧力及びかくして空気圧力は、有効システム要求に関して適合しなければならず、従来技術におけるように、一定のままである特定の設計圧力に合わせて調整されない。かくして、作動圧力は、調整パラメータとなり、このパラメータの所望の値は、有効作動パラメータ及び作動状態で決まるようになっている。理想的システム効率を決定するための対応するアルゴリズムを夫々の燃料電池システムについて又は燃料電池システムの夫々の種類について開発しなければならず、対応するマップがデータ記憶装置に記憶される。これに関する重要な作動パラメータは燃料電池スタックの温度であり、これは、作動温度に加え、本質的にはガス入口湿度及びガス出口湿度を決定する。これらの湿度は、燃料電池膜の長期に亘る安定性及び導電性の観点から存在する重要な必要条件である。システムの過渡的動力要求時の作動方法及び作動状態に応じて、及び様々な周囲温度及びシステム構成要素の影響により、燃料電池スタックの作動圧力について様々な要求がある。作動圧力を低下させる（システムの内部電気負荷を低くする）が、それにも拘わらず、夫々が必要とする作動圧力を供給することによって可能な限り最小の電気的圧縮仕事を利用できるようにすることにより理想的システム効率を得る目的で、燃料電池システムの作動圧力は可変でなければならず、及び作動条件に適合しなければならない。

【００７１】

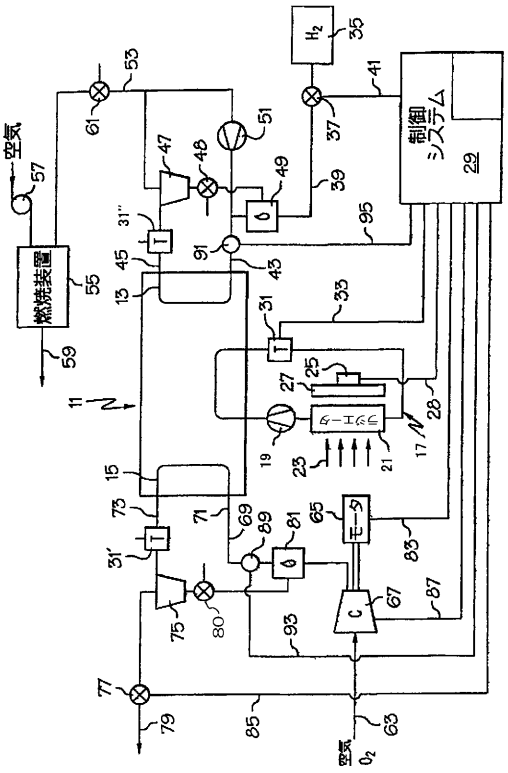
かくして、本明細書中に説明した作動戦略は、燃料電池が損傷なしで作動するようにするために維持しなければならない同定可能な作動パラメータとして燃料電池スタックの湿度固有値F_kを含む。従って、システムは、従来のように所定の予め設定された圧力で作動するのでなく、所望のF_k値又はF_k値範囲を維持するため、夫々に卓越した条件に適合される。F_k値は計測されず、所与の作動条件、即ち、燃料電池スタック１１から所望の出力を得るための空気及びH_2の必要な質量流量、アノード及びカソードの化学量論組成、及びカソード及びアノードの入口での相対湿度値で、夫々の作動圧力を夫々の有効作動温度について設定される。残りの作動パラメータは、スタック作動を最適にするため、及びシステム条件に応じて適合させることができる。

【００７２】
低い周囲温度及び同じＱ／ＩＴＤでは、燃料電池システムの作動温度は、同じ量の熱が環境に放散されるため低下する。これにより作動圧力を下げることができる。部分負荷範囲では、同じ冷却性能について、作動温度を更に低下させることができる。場合によっては、冷却性能を変化させることによって、又はファンの速度を調整する（最終的にはファンのスイッチを切る）ことによって、又は例えば低過ぎるためにそれ自体望ましからぬ作動温度で作動することがないように一部又は全部をラジエータを通らないようにすることによって、作動温度を適当な値に設定することを決定できる。
【００７３】
ここに説明する作動戦略は、燃料電池スタックの作動温度を下げるため、利用可能な冷却性能を提供し、これにより、コンプレッサが供給しなければならない必要な作動圧力が低下する。この関係を以下の図１０に示す。
【００７４】
８０℃の温度での例えば１２０％の燃料電池の必要な湿度固有値F_kでは、２．９ｂａｒの作動圧力が必要とされる。燃料電池の温度を６０℃にまで低下させると、必要な作動圧力が１．３ｂａｒにまで低下する。このことは、空気コンプレッサについての電力要求が明らかに低下したことを示す。周囲温度に加え、周囲空気の空気湿度及び車輌速度は、得ることができる冷却力に影響を及ぼす。これらの二つの作動状態（スタック温度が８０℃で作動圧力が２９０ｋＰａ、及びスタック温度が６０℃で作動圧力が１３０ｋＰａ）の、燃料電池の効率、燃料電池正味出力（スタック正味出力）、コンプレッサ性能、及びシステム性能（システム正味出力）に関する比較を図１１に示す。
【００７５】
図１１は、図１０に示す関係による二つの作動状態についてのシステムの値の比較を明らかに示す。同じ湿度を燃料電池で設定できる。これに対し、高圧／高温の場合（８０℃；２９０ｋＰａ）には、燃料電池効率がかなり高く、及びかくして高い燃料電池出力が得られ、高圧／高温の場合についての正味システム出力は、高いコンプレッサ性能の結果として、低圧／低温の場合（６０℃；１３０ｋＰａ）についてのシステムパラメータで計算された値よりも低いと計算される。図１２には、比較されるべきシステム効率曲線が示してあり、これらの曲線は同じ結果を示す。
【００７６】
同様に、システム全体を最適化するため、燃料電池の効率に及ぼされる、作動パラメータの変化と関連した影響、例えば個々のシステム構成要素を介する圧力損に及ぼされる影響を考慮しなければならない。
【００７７】
燃料電池システムの更に効率的な作動方法が可能であり、変化する環境条件及び負荷必要条件に関する燃料電池システムの適合性が大幅に向上する。過渡的システム挙動の改善、騒音発生の低下（快適性）、燃料電池膜を通したガスの透過の減少、即ち膜を通過するN_2、H_2、及びO_2の量が全体として少なく、これにより効率が更に改善されるといった、低い作動圧力及び低い作動温度と関連した利点が得られる。低い作動圧力及び低い作動温度により、構成要素の丈夫さが向上する。
【００７８】
本発明を特定の好ましい実施例を参照することによって説明したが、ここに説明した本発明の概念の精神及び範囲内で多くの変更を行うことができるということは理解されるべきである。従って、本発明は、開示の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載に含まれる全範囲を含む。
【図面の簡単な説明】
【図１】　本発明による燃料電池システムのブロック回路ダイヤグラムである。
【図２】　燃料電池システムの作動についての本発明の方法の作動態様を更に詳細に説明するためのブロック回路ダイヤグラムである。
【図３】　作動パラメータであるカソードでの圧力及び化学量論に従って変化する燃料電

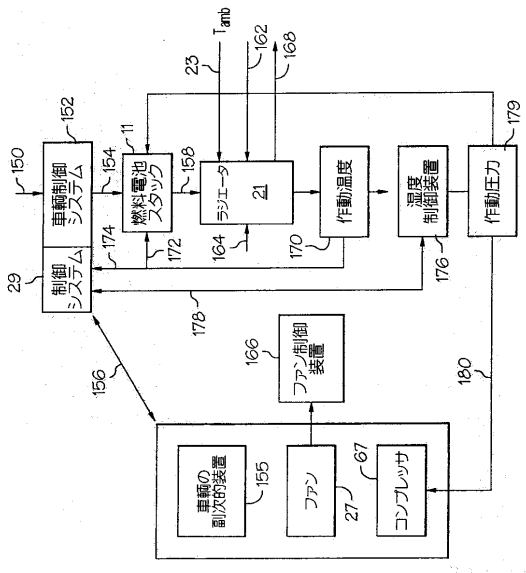
池の湿度バランスを示すグラフである。
【図４】　作動パラメータであるカソードでの温度及び化学量論に従って変化する燃料電池の湿度バランスを示すグラフである。
【図５】　作動パラメータである圧力及び温度に従って変化する燃料電池の湿度バランスを示すグラフである。
【図６】　作動圧力及び空気質量流量に従って変化するコンプレッサのコンプレッサ出力を示すグラフである。
【図７】　作動圧力での様々な相対的電流密度に関する相対的燃料電池電圧を示すグラフである。
【図８】　様々な相対的電流密度に関する相対的燃料電池電圧のグラフである。
【図９】　様々なシステム温度での、周囲温度に従って変化する車輌冷却性能を示すグラフである。
【図１０】　所望のF_k値での夫々の適切な作動圧力を決定するために線を引く、作動パラメータである圧力及び温度に従って変化する燃料電池の湿度バランスのグラフである。
【図１１】　様々な作動パラメータでのシステム値を示すグラフである。
【図１２】　高圧／高温の場合について、及び低圧／低温の場合についての、システム効率P_{net}／P_{H2}のグラフである。
【符号の説明】
１１　燃料電池スタック
１３　アノード側
１５　カソード側
１７　回路
１９　ポンプ
２１　ラジエータ
２５　電動モータ
２７　ファン
２８　ライン
２９　制御システム
３１　温度センサ
３３　ライン
３５　水素供給源
３７　制流子バルブ
３９　ライン
４１　ライン
４３　入口
４７　収集容器
４８　バルブ
４９　加湿器
５１　ポンプ
５３　ライン
５５　燃焼装置
５７　ファン
５９　ライン
６１　出口バルブ
６３　ライン
６５　モータ
６７　コンプレッサ
６９　ライン
７１　カソード入口
７３　カソード出口

７５　容器
７７　制流子バルブ
７９　ライン
８０　バルブ
８１　空気流用加湿器

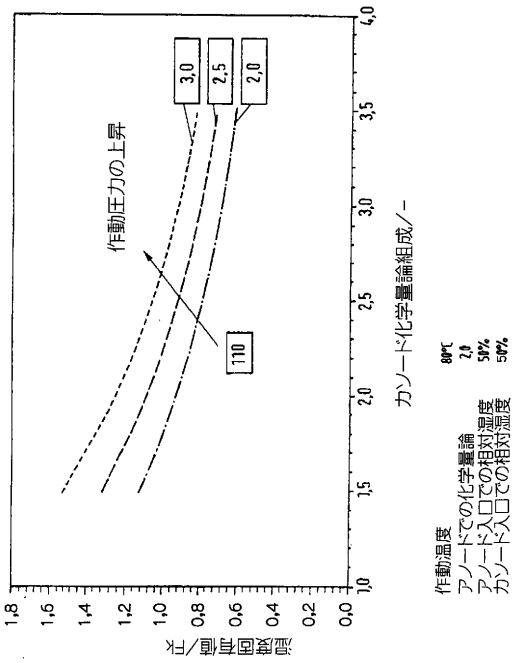
【図１】



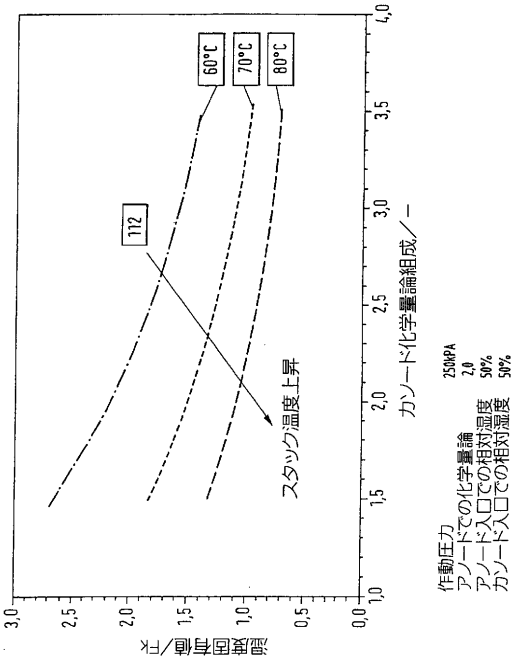
【図２】



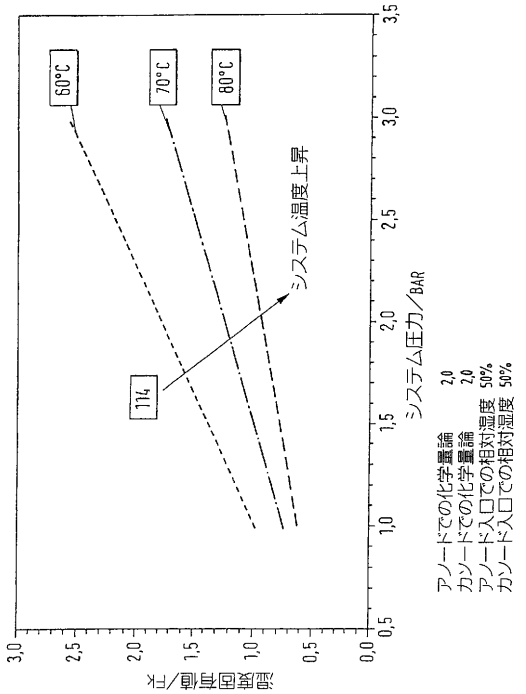
【図３】


作動圧力の上昇
3,0
2,5
2,0
110
濃縮固有値／FK
カソード化学量論組成／－
作動温度 80°C
アノードでの化学量論 2,0
カソード入口での相対湿度 50%
カソード入口での相対湿度 50%

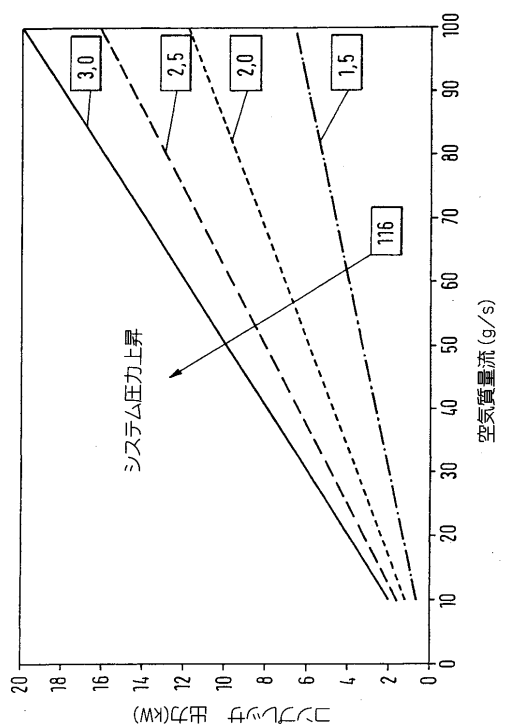
【図４】


60°C
70°C
80°C
112
スタック温度上昇
濃度固有値／FK
カソード化学量論組成／－
作動圧力 250KPA
アノードでの化学量論 2,0
カソード入口での相対湿度 50%
カソード入口での相対湿度 50%

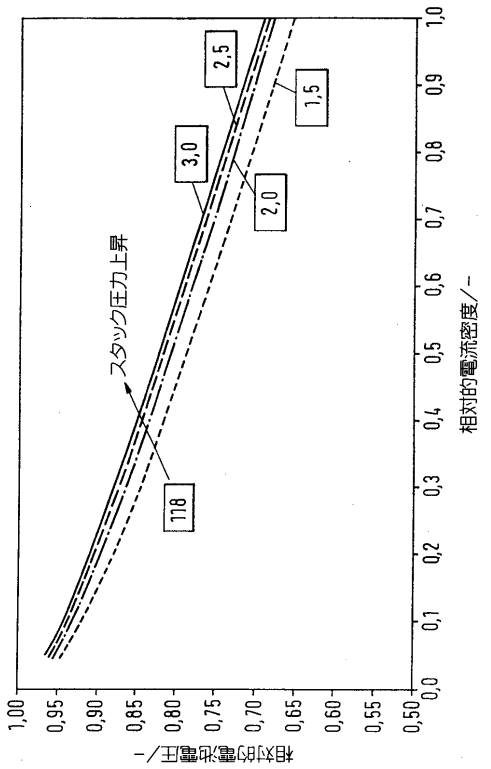
【図５】


60°C
70°C
80°C
114
システム温度上昇
濃度固有値／FK
システム圧力／BAR
アノードでの化学量論 2,0
カソードでの化学量論 2,0
アノード入口での相対湿度 50%
カソード入口での相対湿度 50%

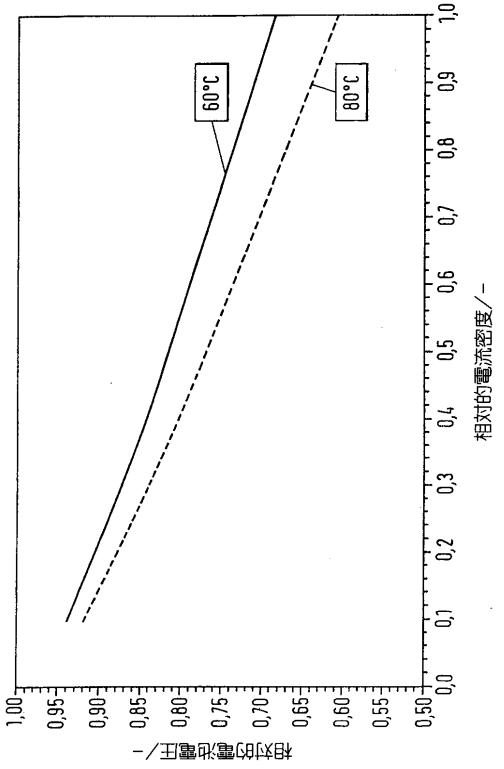
【図６】


3,0
2,5
2,0
1,5
116
システム圧力上昇
コンプレッサ 出力(KW)
空気質量流 (g/s)

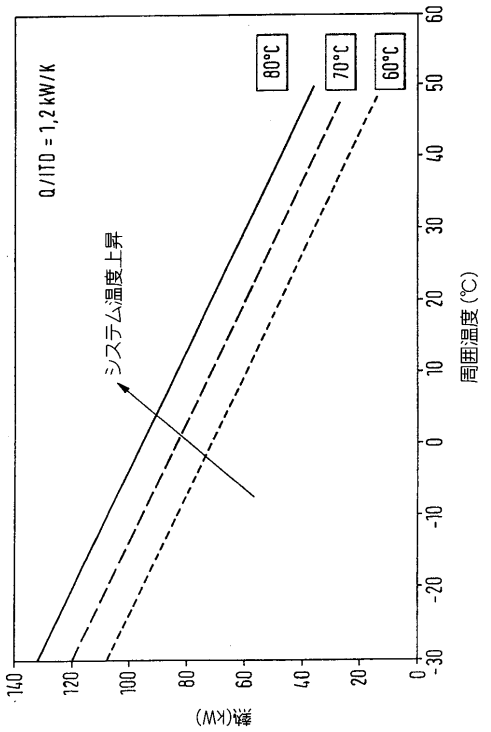
【図７】


相対的電池電圧/－
相対的電流密度/－
スタック圧力上昇
118
1,5
2,0
2,5
3,0

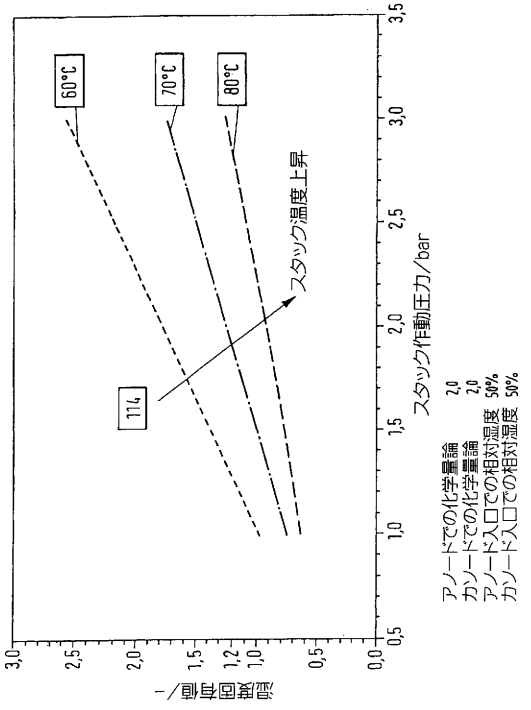
【図８】


相対的電池電圧/－
相対的電流密度/－
60°C
80°C

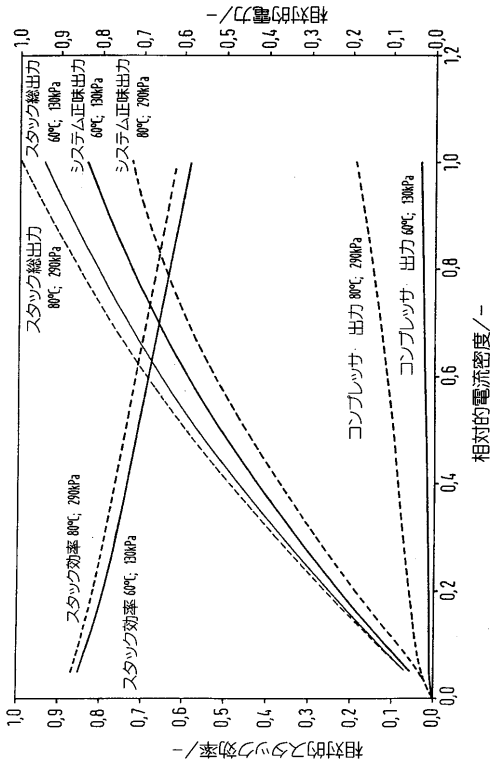
【図９】


熱(kW)
周囲温度(℃)
Q/ITD = 1,2 kW/K
システム温度上昇
60°C
70°C
80°C

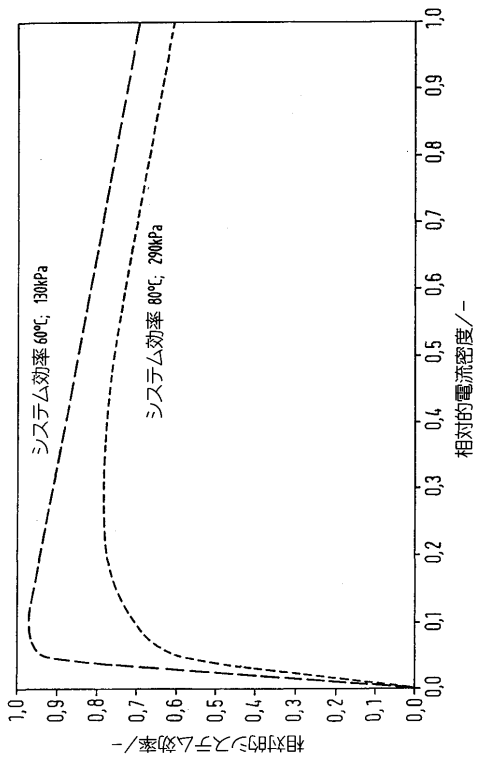
【図１０】


温度固有値/－
スタック作動圧力/bar
スタック温度上昇
114
60°C
70°C
80°C
アノードでの化学量論 2.0
カソードでの化学量論 2.0
アノード入口での相対湿度 50%
カソード入口での相対湿度 50%

【図１１】


相対的スタック効率／－
相対的電力／－
相対的電流密度／－
スタック総出力 80℃; 290kPa
スタック総出力 60℃; 130kPa
システム正味出力 60℃; 130kPa
システム正味出力 80℃; 290kPa
スタック効率 80℃; 290kPa
スタック効率 60℃; 130kPa
コンプレッサ 出力 80℃; 290kPa
コンプレッサ 出力 60℃; 130kPa

【図１２】


相対的システム効率／－
相対的電流密度／－
システム効率 60℃; 130kPa
システム効率 80℃; 290kPa

フロントページの続き

(74)代理人　100080137
弁理士　千葉　昭男
(74)代理人　100096013
弁理士　富田　博行
(74)代理人　100092967
弁理士　星野　修
(72)発明者　フェルカー・フォルマンスキー
ドイツ国６５２０７　ヴィースバーデン，イム・ザイッフェン　２２
(72)発明者　マーティン・ウォアー
アメリカ合衆国ニューヨーク州１４５３４，ピッツフォード，コーリングハム・ロード　３６
(72)発明者　トーマス・ヘアビッグ
ドイツ国６４２８５　ダルムシュタット，ヘルダーシュトラーセ　１７

審査官　守安　太郎

(56)参考文献　特開平１０－３０２８２３（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－０４５５２５（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－３１３３８８（ＪＰ，Ａ）
特開昭６０－１０７２７０（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－０１２０５９（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－０５８４６３（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－０５１７７３（ＪＰ，Ａ）
特開昭６０－０４１７６８（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－３１５５０９（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－２３１２９５（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－１７５８２１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
H01M 8/00,8/04