

(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2006-185907

(P2006-185907A)

(43) 公開日 平成18年7月13日(2006.7.13)

(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		X	5 HO 2 7
HO 1 M 8/00 (2006.01)		HO 1 M 8/04		P	
		HO 1 M 8/00		A	

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2005-338488 (P2005-338488)	(71) 出願人	000003997
(22) 出願日	平成17年11月24日 (2005.11.24)		日産自動車株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2004-351166 (P2004-351166)		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(32) 優先日	平成16年12月3日 (2004.12.3)	(74) 代理人	100083806
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100100712
			弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
		(74) 代理人	100087365
			弁理士 栗原 彰
		(74) 代理人	100100929
			弁理士 川又 澄雄
		(74) 代理人	100095500
			弁理士 伊藤 正和
		(74) 代理人	100101247
			弁理士 高橋 俊一

最終頁に続く

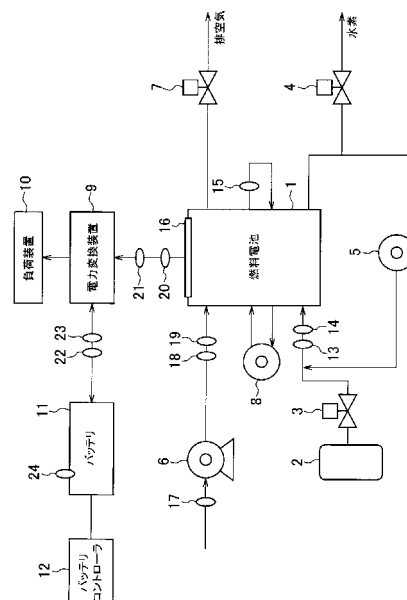
(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】 低温環境下でもシステムを円滑に起動することを課題とする。

【解決手段】 空気供給装置6と空気調圧弁7とで構成される昇温手段で昇温される空気の目標温度ならびに目標昇温時間を設定し、燃料電池システムの起動時に、昇温手段で消費される電力、補機で消費される電力、バッテリー11から供給可能な電力、ならびに燃料電池1の発電によって得られる発電電力の電力収支に基づいて、昇温手段の空気圧力ならびに空気流量の運転条件を設定し、燃料電池1に供給される空気の昇温を制御して構成される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料ガスと酸化剤ガスを化学反応させて発電を行う燃料電池と、
前記燃料電池が発電する際に必要となる補機に、蓄電した電力を供給する二次電池とを備えた燃料電池システムにおいて、
前記燃料電池に供給される酸化剤ガスを昇温する昇温手段と、
前記昇温手段で昇温される酸化剤ガスの目標温度ならびに目標昇温時間を設定し、前記燃料電池システムの起動時に、前記昇温手段で消費される電力、前記補機で消費される電力、前記二次電池から供給可能な電力、ならびに前記燃料電池の発電によって得られる発電電力の電力収支に基づいて前記昇温手段の運転条件を設定し、前記燃料電池に供給される酸化剤ガスの昇温を制御する制御手段と
を有することを特徴とする燃料電池システム。 10

【請求項 2】

前記制御手段は、前記燃料電池システムの起動後、前記電力収支が予め設定された第 1 の所定値以下になった場合には、現在設定されている目標昇温時間を延長し、現在の電力収支に応じて、延長設定された目標昇温時間内に酸化剤ガスが目標温度に到達できる前記昇温手段の運転条件を再設定することを特徴とする請求項 1 記載の燃料電池システム。

【請求項 3】

前記第 1 の所定値は、1 kW 以下である 20
ことを特徴とする請求項 2 記載の燃料電池システム。

【請求項 4】

前記制御手段は、前記燃料電池システムの起動後、前記電力収支が予め設定された第 2 の所定値以上で、かつ前記二次電池の蓄電状態が予め設定された第 3 の所定値以上である場合には、現在設定されている目標昇温時間を短縮し、現在の電力収支に応じて、短縮設定された目標昇温時間内に酸化剤ガスが目標温度に到達できる前記昇温手段の運転条件を再設定することを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

【請求項 5】

前記第 2 の所定値は、5 kW 以上である 30
ことを特徴とする請求項 4 記載の燃料電池システム。

【請求項 6】

前記第 3 の所定値は、前記バッテリーの蓄電状態が 50 % 以上の値であることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の燃料電池システム。

【請求項 7】

前記制御手段は、前記燃料電池システムの起動後、前記電力収支が予め設定された第 4 の所定値以上で、かつ前記二次電池の蓄電状態が予め設定された第 5 の所定値以下である場合には、前記昇温手段の運転条件を継続し、前記燃料電池の発電で得られた電力を前記二次電池に蓄電することを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。 40

【請求項 8】

前記制御手段は、前記燃料電池システムの起動前に、前記二次電池から供給可能と推定される推定電力と燃料電池の最低目標発電電力との和から、目標時間内に酸化剤ガスが目標温度に到達するように前記昇温手段が運転した際に前記昇温手段で消費されると推定される推定電力と前記補機で消費されると推定される電力との和を減じた電力収支が前記第 1 の所定値以上となるように最低目標発電電力を設定し、設定した最低目標発電電力が前記燃料電池の発電量の発電上限値よりも大きな場合には、前記燃料電池システムを起動しないことを特徴とする請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

【請求項 9】

前記制御手段は、前記燃料電池システムの起動後、前記燃料電池を循環する冷却水の温度が予め設定された第7の所定値以上である場合には、前記昇温手段の運転を停止して、酸化剤ガスの昇温を終了する

ことを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の燃料電池システム。

【請求項10】

前記燃料電池の出口における前記冷却水が15℃以上である場合には、前記昇温手段の運転を停止して、酸化剤ガスの昇温を停止する

ことを特徴とする請求項9に記載の燃料電池システム。

【請求項11】

前記制御手段は、前記燃料電池システムの起動後、前記二次電池の蓄電状態が予め設定された第8の所定値以下となり、かつ前記燃料電池の発電値が前記最低目標発電電力以下になった場合には、前記燃料電池システムの起動を停止する

ことを特徴とする請求項1～10のいずれか1項に記載の燃料電池システム。

【請求項12】

前記第8の所定値は、前記バッテリーの蓄電状態が35%以下の値である

ことを特徴とする請求項11に記載の燃料電池システム。

【請求項13】

前記制御手段は、前記燃料電池システムの起動後、前記燃料電池の発電値が予め設定された第10の所定値以上を予め設定した閾値以上継続状態になった場合には、前記昇温手段の運転を停止して、酸化剤ガスの昇温を終了する

ことを特徴とする請求項1～12のいずれか1項に記載の燃料電池システム。

【請求項14】

前記制御手段は、前記燃料電池システムの起動後、前記電力収支がプラスの場合には、前記燃料電池から負荷電流を取り出す負荷装置に設定される目標発電値が、周期的に前記燃料電池の最低目標発電電力値以上あるいは以下となるように前記負荷装置の目標発電値を設定する

ことを特徴とする請求項1～13のいずれか1項に記載の燃料電池システム。

【請求項15】

前記昇温手段は、酸化剤ガスを圧縮するコンプレッサと、前記燃料電池を流通する酸化剤ガスの圧力を調整する圧力調整弁とで構成され、酸化剤ガスの圧力と流量に基づいて酸化剤ガスを昇温制御し、

前記制御手段は、前記コンプレッサの回転数と前記圧力調整弁の開度を調整して酸化剤ガスの圧力と流量を制御し、酸化剤ガスを目標温度に昇温させる

ことを特徴とする請求項1～14のいずれか1項に記載の燃料電池システム。

【請求項16】

燃料ガスと酸化剤ガスを化学反応させて発電を行う燃料電池と、

前記燃料電池が発電する際に必要となる補機に、蓄電した電力を供給する二次電池とを備えた燃料電池システムにおいて、

前記燃料電池システムの起動する際に、前記燃料電池に供給される酸化剤ガスを昇温する昇温手段と、

前記昇温手段で昇温される酸化剤ガスの目標温度ならびに目標昇温時間を設定し、前記燃料電池システムの起動時に、前記昇温手段で消費される電力量（電力×時間）、前記補機で消費される電力量、前記二次電池から供給可能な電力量、ならびに前記燃料電池の発電によって得られる発電電力量の電力収支に基づいて、前記昇温手段の運転条件を設定し、前記燃料電池システムの起動時に前記燃料電池に供給される酸化剤ガスの昇温を制御する制御手段と

を有することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項17】

燃料ガスと酸化剤ガスを化学反応させて発電を行う燃料電池と、

前記燃料電池が発電する際に必要となる補機に、蓄電した電力を供給する二次電池と

10

20

30

40

50

を備えた燃料電池システムにおいて、

前記燃料電池システムを起動する際に、前記燃料電池に供給される酸化剤ガスを昇温する昇温手段と、

前記昇温手段で昇温される酸化剤ガスの目標温度ならびに目標昇温時間を設定し、前記燃料電池システムの起動時に、前記昇温手段で消費される電力、前記補機で消費される電力、前記二次電池から供給可能な電力、ならびに前記燃料電池の発電によって得られる発電電力の電力収支に基づいて前記昇温手段の運転条件を設定し、前記燃料電池に供給される酸化剤ガスの昇温を制御する制御手段とを有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】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、低温環境下でのシステムの起動性を改善した燃料電池システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、この種の技術としては、例えば以下に示す文献に記載されたものが知られている（特許文献1参照）。この文献に記載された技術では、低温起動時に燃料電池に供給する水素ガスの供給圧力を定常運転時よりも低下させることで低温起動時の発電効率を低下させ、燃料電池の自己発熱量を増大させて、燃料電池の暖機時間を短縮するようにしている。

20

【特許文献1】特開2002-313388

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

上記従来の燃料電池システムにおいては、低温起動時には効率の悪い発電により自己発熱量を増大させて燃料電池自体を昇温させていたが、低温環境下では、燃料電池に供給される水素ガスや空気ガスの反応ガスも低温になっている。特に氷点下の低温環境下での起動時に、燃料電池の発電が十分でない起動当初に例えば氷点下の空気ガスが燃料電池のカソード極に導入されると、発電によりカソード極側で生成された水分が凍結し、発電ができなくなるおそれがあった。

30

【0004】

このような不具合を回避するために、氷点下でのシステムの起動時には、空気ガスを昇温した後燃料電池に供給する手法が採用されていた。空気ガスを昇温するためには、そのための電力が必要となるが、発電開始当初の発電が十分でない状態では、燃料電池からの電力の供給が十分に期待できないため、システムに備えられたバッテリー（二次電池）からの給電に多くを頼っていた。しかし、バッテリーの蓄電量が十分でない場合には、空気ガスを昇温するのに十分な電力を供給することが困難となり、空気ガスが十分に昇温できず、発電ができなくなるといった不具合を招くおそれがあった。

【0005】

そこで、本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、低温環境下でもシステムを円滑に起動できる燃料電池システムを提供することにある。

40

【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、本発明の課題を解決する手段は、燃料ガスと酸化剤ガスを化学反応させて発電を行う燃料電池と、前記燃料電池が発電する際に必要となる補機に、蓄電した電力を供給する二次電池とを備えた燃料電池システムにおいて、前記燃料電池システムの起動時に、前記燃料電池に供給される酸化剤ガスを昇温する昇温手段と、前記昇温手段で昇温される酸化剤ガスの目標温度ならびに目標昇温時間を設定し、前記燃料電池システムの起動時に、前記昇温手段で消費される電力、前記補機で消費される電力、前記二次電池から供給可能な電力、ならびに前記燃料電池の発電によって得られる発電電力の

50

電力収支に基づいて前記昇温手段の運転条件を設定し、前記燃料電池に供給される酸化剤ガスの昇温を制御する制御手段とを有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、システムの電力収支に基づいて、燃料電池に供給される空気を昇温制御することで、消費可能な電力に応じて空気の昇温処理を適切に行うことができる。これにより、供給される空気によって燃料電池が冷やされて燃料電池内で生成水が氷結するのを防止することが可能となり、低温環境下でもシステムを円滑に起動することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

10

以下、図面を用いて本発明を実施するための最良の実施例を説明する。

【実施例1】

【0009】

図1は本発明の実施例1に係る燃料電池システムの構成を示す図である。図1に示す実施例1のシステムは、燃料電池1と、燃料ガス系の構成として水素供給タンク2、水素圧力レギュレータ3、パージ調整弁4ならびに水素循環ポンプ5を備え、酸化剤ガス系の構成として空気供給装置6ならびに空気調圧弁7を備え、さらに冷却水ポンプ8を備えている。

【0010】

燃料電池1は、供給される燃料ガスの水素と酸化剤ガスの空気とを化学反応させて発電を行い、発電で発生した熱は冷却水ポンプ8で燃料電池1を循環される冷却水で除去される。燃料電池1に供給される水素は水素供給タンク2に貯蔵され、水素供給タンク2に貯蔵された水素は、水素圧力レギュレータ3で圧力調整されて燃料電池1に供給される。燃料電池1から排出された未使用の水素は、その一部が循環水素系に蓄積した窒素をパージするパージ調整弁4を介して排気される一方、残りの水素は水素循環ポンプ5を介して燃料電池1の水素入口側に戻されて循環される。循環された循環水素は、水素供給タンク2から導出された水素と混合されて混合水素として燃料電池1に供給される。循環水素系を循環する循環水素は、水蒸気を多く含んでおり、水素供給タンク2から導出される乾燥した水素と混合することで、燃料電池1のアノード極に供給する水素を加湿するようにしている。

20

30

【0011】

一方、燃料電池1には、空気供給装置6から酸化剤ガスの空気が供給され、燃料電池1から排出された未使用の空気は、燃料電池1のカソード極に導入される空気の圧力を調整する空気調圧弁7を介して圧力調整されて排気される。空気供給装置6は、空気を圧縮するコンプレッサで構成され、このコンプレッサで圧縮された空気が燃料電池1に供給される。したがって、燃料電池1に供給される空気は、その圧力と流量がコンプレッサの回転数ならびに空気調圧弁7の弁開度に基づいて設定調整される。また、燃料電池1に供給される空気は、空気供給装置6のコンプレッサによって圧縮されるため、圧縮により発熱する。したがって、空気供給装置6と空気調圧弁7によって燃料電池1に供給される空気は昇温されるので、空気供給装置6と空気調圧弁7は、空気を昇温する昇温手段として機能する。空気の発熱量は、空気の圧力と流量により変化するので、空気の昇温は圧力と流量とに基づいて制御される。

40

【0012】

燃料電池システムは、さらに電力変換装置9、負荷装置10、バッテリー11、バッテリーコントローラ12ならびに各種センサ類を備えている。

【0013】

燃料電池1の発電で得られた電力は、電力変換装置9により負荷装置10又はバッテリー11の仕様に対応した電力に変換されて、負荷装置10及び／又はバッテリー11に与えられる。負荷装置10は、例えばインバータや発電で得られた電力を消費する駆動モータからなり、インバータで構成された場合には、発電で得られた電力を消費する駆動モータ等

50

の負荷がインバータに接続される。負荷装置 10 では発電値を設定して、設定した発電値に応じて燃料電池 1 から負荷電流を取り出すようにしている。

【0014】

電力変換装置 9 で電力変換されてバッテリー 11 に与えられた電力は、バッテリー 11 に蓄電され、蓄電された電力は例えばシステムの起動時に補機となる空気供給装置 6 に供給されて、コンプレッサを駆動する電力の一部を担う。バッテリーコントローラ 12 は、バッテリー 11 に接続され、バッテリー 11 の SOC (State of charge: 充電状態) を測定し、バッテリーコントローラ 12 で測定された SOC はバッテリー 11 から供給可能な電力を見積もる等に使用される。

【0015】

各種センサ類として、燃料電池 1 の水素入口には、燃料電池 1 に導入される水素の圧力を計測する圧力センサ 13 ならびに温度を計測する温度センサ 14 が設けられている。燃料電池 1 の冷却水流路出口には、燃料電池 1 から排出された冷却水の温度を計測する温度センサ 15 が設けられている。燃料電池 1 には、燃料電池 1 を構成する燃料電池セルの電圧を計測する電圧センサ 16 が設けられている。空気供給装置 6 の上流側には、空気供給装置 6 に吸入される空気の温度を計測する温度センサ 17 が設けられている。燃料電池 1 の空気入口には、燃料電池 1 に導入される空気の圧力を計測する圧力センサ 18 ならびに温度を計測する温度センサ 19 が設けられている。

【0016】

燃料電池 1 と電力変換装置 9 との間には、燃料電池 1 から電力変換装置 9 に流れる負荷電流を計測する電流センサ 20 と、燃料電池 1 から電力変換装置 9 に与えられる電圧を計測する電圧センサ 21 が設けられている。燃料電池 1 とバッテリー 11 との間には、電力変換装置 9 からバッテリー 11 に与えられる電圧を計測する電圧センサ 22 ならびに電流を計測する電流センサ 23 が設けられている。バッテリー 11 の近傍には、バッテリー 11 の温度を近似するバッテリー 11 の近傍温度を計測する温度センサ 24 が設けられている。

【0017】

燃料電池システムは、図示しないがコントロールユニットを備えている。このコントロールユニットは、本システムの運転を制御する制御中枢として機能し、プログラムに基づいて各種動作処理を制御するコンピュータに必要な、CPU、記憶装置、入出力装置等の資源を備えた例えばマイクロコンピュータ等により実現される。コントロールユニットは、図 1 に示す各種センサ類を含む本システムにおけるすべてのセンサ類（図示せず）からの信号を読み込み、読み込んだ各種信号ならびに予め内部に保有する制御ロジック（プログラム）に基づいて、空気供給装置 6 ならびに空気調圧弁 7 を含む本システムの各構成要素に指令を送り、以下に説明する起動時の昇温処理ならびに電力の収支計算を含む本システムの運転／停止に必要なすべての動作を統括管理して制御する。

【0018】

次に、図 2 に示すフローチャートを参照して、実施例 1 に係る低温起動時の起動手順を説明する。

【0019】

図 2 において、先ずシステムを低温モードで起動するか否かを判断する（ステップ S200）。実施例 1 では、温度センサ 17 で計測された空気供給装置 6 の吸入空気温度と、温度センサ 15 で計測された燃料電池出口冷却水温度に基づいて、低温モードで起動するか、もしくは通常モードで起動するかを判断する。この判断処理は、図 3 に示すフローチャートにしたがって実行される。

【0020】

図 3 において、吸入空気温度 < 閾値 T_{h1} 、あるいは燃料電池出口冷却水温度 < 閾値 T_{h2} であるか否かを判別し（ステップ S300）、これらの要件が満たされればシステムを低温モードで起動するための処理を実行する一方、満たされない場合には、通常の起動が可能であると判断して、通常起動の処理に移行する（ステップ S201）。ここで、閾値 T_{h1} 、 T_{h2} は、実験や机上検討等により予め設定される変数であり、本実施例 1 で

10

20

30

40

50

は例えば $T_{h1} = 2^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{h2} = 2^{\circ}\text{C}$ とした。

【0021】

図2に戻って、低温モードでシステムを起動する場合には、空気供給装置6のコンプレッサと空気調圧弁7からなる昇温手段で燃料電池入口空気温度を昇温して起動する。昇温手段では、燃料電池1に供給される空気の流量と圧力を調整することで空気を昇温する。そこで、燃料電池入口空気の目標温度を設定する（ステップS202）。目標温度は、実験や机上検討等により予め設定される変数であり、本実施例1では燃料電池1内で氷結のおそれがないと分かっている例えば 2°C とした。

【0022】

次に、温度センサ17で計測された現在の空気の吸入温度から目標温度まで昇温する目標昇温時間（初期値）を設定する（ステップS203）。ここでは、目標昇温時間の初期値を設定するが、後述する電力収支に応じて目標昇温時間に変更される。本実施例1では初期値を例えば10秒程度に設定した。

【0023】

続いて、バッテリー11が供給可能な電力を推定する（ステップS204）。バッテリー11の供給可能な電力を推定するにあたって、先ずバッテリー11の温度をパラメータとして前述したバッテリー11のSOCと供給可能な電力との関係を表す、例えば図4に示すようなマップ関数を予め実験等を行って作成し、それをコントロールユニットの記憶装置に記憶させておく。なお、バッテリー11の温度は、直接計測することは困難であるため、本実施例1ではバッテリー11の近傍に温度センサ24を取り付けて計測するようにした。したがって、温度センサ24で計測されたバッテリー温度とバッテリーコントローラ12で測定されたバッテリー11のSOCとに基づいて、図4に示すマップ関数から供給可能なバッテリー電力を推定する。

【0024】

図2に戻って、次に、目標昇温時間を選択し、選択した目標昇温時間内に空気を目標温度以上に昇温するための昇温手段の運転条件となる空気の目標流量と目標圧力を求める（ステップS205）。目標流量ならびに目標圧力を求めるにあたって、先ず目標昇温時間ならびに空気流量をパラメータとして空気圧力と昇温手段の消費電力との関係を表す、例えば図5に示すようなマップ関数を予め実験等を行って作成し、それをコントロールユニットの記憶装置に記憶させておく。このマップ関数では、目標昇温温度を実現する空気圧力と空気流量の組み合わせは複数存在するが、ここではその組み合わせの中から消費電力が最も少なくなる組み合わせを選択して、目標空気流量と目標空気圧力を求めている。目標空気流量と目標空気圧力が求められると、求めた目標空気流量と目標空気圧力を実現するための、コンプレッサの回転数ならびに空気調圧弁7の弁開度をコントロールユニットで算出する。この算出は、予め実験等により回転数と弁開度に対する空気圧力と空気流量との関係を示すデータを取得し、このデータに基づいて行われる。

【0025】

図2に戻って、次に、図5に示すMAP関数を用いて、昇温手段で消費する電力を推定する（ステップS206）。続いて、昇温手段以外の、水素循環ポンプ5や冷却水ポンプ8、各種弁等の補機で消費される電力を推定する（ステップS207）。本実施例1では、予め実験等を行って得た電力データに基づいて推定するようにしている。

【0026】

次に、システムの起動時に得られる電力と昇温で消費される電力との電力収支がゼロ以上となる燃料電池最低目標発電値を計算する（ステップS208）。ここで、

P11：ステップS204で求めたバッテリー11から供給可能な電力

P12：燃料電池最低目標発電値

P13：ステップS206で求めた昇温手段で消費される電力

P14：ステップS207で求めた昇温手段以外の補機で消費される電力

とすると、

（数1）

$P11 + P12 - P13 - P14 > \text{第1の所定閾値}(PTH1)$

となるように燃料電池最低目標発電値を算出する。

【0027】

計算上では、 $(P11 + P12 - P13 - P14)$ の収支が0未満即ち負値である場合を想定している。しかし、実際には、誤差が含まれるので、収支が+1程度の正值でも真値は収支マイナスという場合も考えられる。このような理由から、閾値 $PTH1$ は+1 (kW) 程度の正值を用いてもよい。

【0028】

ここで、本実施例1では、上記関係を満たすようにするために、図6に示すように燃料電池最低目標発電値 $P12$ を決めている。すなわち、ここで、 $P13 + P14 + PTH1 - P11 = G$ とすると、

(数2)

$P12 = G \times \text{係数}$ (係数：1以上の任意の値)

として算出する。 $G > 0$ の場合は電力不足を表す一方、 $G \leq 0$ の場合は電力が足りることを表しているので、電力が足りる場合には本実施例1では目標昇温時間を短くする短縮モードに進むが、この判断は後述する。

【0029】

なお、目標発電電力 $P12$ の設定では、電力収支が0以上になるように決定する。しかし、実際には、誤差が含まれるので、収支が+1程度の正でも真値は収支マイナスという場合が考えられる。従って、上記係数は例えば+1.5程度を用いてもよい。

【0030】

このようにして燃料電池最低目標発電値を算出すると、算出した燃料電池最低目標発電値と燃料電池発電値の上限値とを比較し、比較結果に基づいて低温モードで起動するか否かを再度判断する(ステップS209)。この判断手順は図7(a)に示すフローチャートにしたがって実行される。

【0031】

図7(a)において、先ず燃料電池温度と発電可能な上限値との関係を表す温度感度の実験を予め行い、同図(b)に示すような、実験で得られたデータに基づいて上限値 $PTH3$ を設定する(ステップS700)。その後、燃料電池最低目標発電値と上限値($PTH3$)とを比較し(ステップS701)、燃料電池最低目標発電値が設定した上限値より小さい場合には、システムを起動する一方(ステップS702)、燃料電池最低目標発電値が上限値より大きい場合には、システムが起動不可能と判断してシステムは起動しない(ステップS703, ステップS210)。

【0032】

次に、図2に戻って、システムが起動された場合には、システム起動中の現在の電力収支を計算する(ステップS211)。この計算は、図8(a)のフローチャートに示す手順にしたがって実行される。

【0033】

図8(a)において、先ず電流センサ20の計測値と電圧センサ21の計測値をコントロールユニットに読み込み、読み込んだ値に基づいて燃料電池1の発電値を計算する。また、電圧センサ22の計測値と電流センサ23の計測値をコントロールユニットに読み込み、読み込んだ値に基づいてバッテリー11の供給電力を計算する(ステップS800)。ここで、

$P15$: バッテリー11の供給電力

$P16$: 燃料電池1の発電値

$P13$: ステップS206で求めた昇温手段で消費される電力

$P14$: ステップS207で求めた昇温手段以外の補機で消費される電力

とし、図8(b)に示すように、第2の所定閾値($PTH2$) > 第1の所定閾値($PTH1$) とすると、

(数3)

10

20

30

40

50

$P15 + P16 - P13 - P14 > \text{第2の所定閾値}(PTH2) > \text{第1の所定閾値}(PTH1)$

であるか否かを判断する(ステップS801)。ここで、PTH2の設定は電力収支に余裕がある場合で、もっと補機で電力を消費できるような場合を想定している。従って、PTH2は、例えば(電力収支+5)(kW)以上に設定してもよい。

【0034】

判断の結果、上式を満足する場合には、電力収支は極めて良好で電力に余裕があるものと判断し、昇温手段の運転条件を変更するか否かを表す運転条件変更フラグに1を代入し(FLAG_CHANGE=1)(ステップS802)、目標昇温時間を短縮する短縮モードの処理に進む。ステップS801の判断の結果、上式を満足しない場合には、

(数4)

$P15 + P16 - P13 - P14 < \text{第1の所定閾値}(PTH1)$

であるか否かを判断する(ステップS803)。判断の結果、満足する場合には、電力に余裕がないと判断し、運転条件変更フラグに2を代入し(FLAG_CHANGE=2)(ステップS804)、目標昇温時間を延長して電力を節約する電力節約モードの処理に進む。一方、満足しない場合には、現状維持として運転条件変更フラグに3を代入する(FLAG_CHANGE=3)(ステップS805)。

【0035】

このように、電力収支を計算するステップS211では、燃料電池1での発電が先のステップS208で設定した燃料電池最低目標発電値以上の発電が起動中に実際にできているか否かを検証していることと同じである。

【0036】

次に、図2に戻って、ステップS211で計算された電力収支に基づいて設定された運転条件変更フラグ(FLAG_CHANGE)に応じて昇温手段の運転条件を変更する(ステップS212)。この変更処理は、図9のフローチャートに示す手順にしたがって実行される。

【0037】

図9において、運転条件変更フラグFLAG_CHANGE=1で、バッテリー11のSOCが閾値PTH4より大きい場合には(ステップS900, 901)、目標昇温時間を現在の値よりも短い値に変更して、短縮モードとする(ステップS902)。ここで、閾値PTH4の設定は電力収支に余裕がある場合で、もっと補機で電力を消費できるような場合を想定している。従って、閾値PTH4はバッテリー11のSOCの例えば50%程度以上に設定してもよい。

【0038】

なお、上記条件で目標昇温時間を現在の値よりも短い値に変更する代わりに、燃料電池1から負荷を取り出す負荷装置10へ指令する目標発電値が先のステップS208で求めた燃料電池最低目標発電値を境界として振動するように設定してもよい。すなわち、燃料電池最低目標発電値を境に負荷装置10への指令が目標発電値を上回る、下回るを繰り返すようにしてもよい。

【0039】

目標昇温時間を短く変更する変更方法としては、例えば図5に示すマップ関数を参照して、現在のバッテリー11のSOCと温度に基づいて使用できる電力を算出し、算出した電力で実現できる空気流量と空気圧力との組み合わせの中から昇温時間が最小となる組み合わせを選択し、選択した昇温時間を目標昇温時間とする。

【0040】

また、運転条件変更フラグFLAG_CHANGE=1で、バッテリー11のSOCが閾値PTH4より小さい場合には、目標昇温時間を変更せず、次の処理に進む。

【0041】

一方、運転条件変更フラグFLAG_CHANGE=2の場合には、目標昇温時間を現在の値よりも長い値に変更して延長モードとし(ステップS903, 904)、運転条件

10

20

30

40

50

変更フラグ F L A G _ C H A N G E = 3 の場合には、目標昇温時間は変更せず、次の処理に進む。

【0042】

目標昇温時間を長く変更する変更方法としては、例えば図5に示すマップ関数を参照して、現在のバッテリー11のSOCと温度に基づいて使用できる電力を算出し、算出した電力で実現できる空気流量と空気圧力との組み合わせの中から昇温時間が最大となる組み合わせを選択し、選択した昇温時間を目標昇温時間とする。

【0043】

目標昇温時間が変更されると、電流センサ20の計測値と電圧センサ21の計測値をコントロールユニットに読み込み、読み込んだ値に基づいて燃料電池1の発電電力を計算し、電圧センサ22の計測値と電流センサ23の計測値をコントロールユニットに読み込み、読み込んだ値に基づいてバッテリー11の供給電力を計算する（ステップS905）。続いて、バッテリー11の供給電力と燃料電池1の発電電力の和から補機で消費される電力を差し引いた電力で、変更された目標昇温時間を実現できる昇温手段の運転条件の空気流量と空気圧力を、先の図5に示すマップ関数を用いて求め（ステップS906、ステップS205）、以降続いてステップS206～S212を実行する。

【0044】

次に、図2に戻って、冷却水ポンプ8を駆動して燃料電池1に冷却水を少量流し、温度センサ15で燃料電池1の出口側の冷却水温度を計測する（ステップS213）。計測後、計測結果に基づいて燃料電池1が暖まった否かを判断する。冷却水が燃料電池1内を滞留したままだと正確な温度を把握することが困難となるので、ここでは冷却水を少量流す。この時の冷却水ポンプ8の回転数と流量は、実験データ等に基づいて設定する。

【0045】

次に、このようにして昇温されて起動されたシステムの昇温を終了して低温状態での起動を完了するか否かを判断する（ステップS214）。この判断は、図10に示すフローチャートにしたがって実行される。

【0046】

図10において、先ず現在のバッテリー11のSOC<閾値PTH8、かつ現在の燃料電池1の発電電力<燃料電池最低目標発電値P12であるか否かを判別し（ステップS1000）、この要件を満たす場合は、システム起動のために最低必要な空気を供給するために必要なコンプレッサの電力がないと判断し、昇温終了識別フラグ（FLAG_HEAT_END）に1を代入し（ステップS1001）、起動を停止する（ステップS1002）。ここで、上記閾値PTH8は実験データ等から消費電力を見積もって設定することが好ましく、起動を継続できるだけのバッテリー11のSOCがない状態を想定しているので、例えばSOCの35%程度を設定するようにしてもよい。

【0047】

一方、ステップS1000の要件を満足しない場合には、ステップS213で計測した燃料電池出口冷却水温度>閾値Th5、または現在の燃料電池入口空気温度>閾値Th6、もしくは現在の燃料電池1の発電電力>閾値PTH9であるか否かを判別する（ステップS1003）。この要件を満たす場合は、昇温終了識別フラグ（FLAG_HEAT_END）に2を代入し（ステップS1004）、現在行われている発電に伴う発熱で発電維持に十分と判断して昇温を停止する。しかし、ステップS1003の判別要件を満たしていない場合には、昇温終了識別フラグ（FLAG_HEAT_END）に3を代入し（ステップS1005）、現状維持として、昇温を継続する。

【0048】

ここで、上記閾値Th5、閾値Th6、閾値PTH9は実験データ等から見積もって設定してもよい。閾値PTH9としては、（最低目標発電電力の最大値+マージン）程度を発電できる状態を継続できれば、暖機発電を行えると想定できる。最低目標発電電力は電力収支がプラスになるように決定される。起動時の最初のバッテリー11を使ってバッテリー11から供給可能な電力が低下すれば、その分燃料電池1への発電要求、即ち最低目標発

10

20

30

40

50

電電力が増えていくようになる。このような理由から最低目標発電電力には最大値が存在する。ここで、最低目標発電電力の最大値は例えば 12 kW 程度を用いてもよく、マージンは 3 kW 程度を用いてもよく、その場合には、閾値 PTH9 は 15 kW 程度に設定される。

【0049】

次に、図 2 に戻って、このシステムが車両に搭載されている場合には、先の昇温終了識別フラグ (FLAG__HEAT__END) に基づいて、走行可否を判別する (ステップ S215)。すなわち、昇温終了識別フラグ (FLAG__HEAT__END) = 1 の場合は、上記したようにシステムの起動を停止し、昇温終了識別フラグ (FLAG__HEAT__END) = 2 の場合には、起動制御の処理を終了して走行許可に移行し、昇温終了識別フラグ (FLAG__HEAT__END) = 3 の場合には、ステップ S211 へ戻ってシステムの起動制御を継続する。

10

【0050】

以上説明したように、この実施例 1 においては、昇温手段で消費する電力とバッテリー 11 が供給可能な電力と燃料電池発電電力の電力収支に基づいて、燃料電池 1 に供給される空気を昇温制御することで、消費可能な電力に応じて空気の昇温処理を適切に行うことができる。これにより、供給される空気によって燃料電池 1 が冷やされて燃料電池 1 内で生成水が氷結するのを防止することができる。

【0051】

電力収支がマイナスの場合は、目標昇温時間を延長して、現在の利用可能な電力で実現可能な昇温手段の運転条件を設定するようにしたので、消費電力を低減することが可能となり、システムの起動時に電力不足を起こさないようにしてシステムを起動することができる。一方、電力収支がプラスの場合には、現在の利用可能な電力で昇温手段が実現可能な目標昇温時間 (現状より短い値) にするようにしたので、最短で電力不足を招くことなくシステムを起動させることができる。

20

【0052】

空気の昇温時の電力収支が所定値以上の場合には、システムの起動中にバッテリー 11 に充電することで、システムの起動終了後のバッテリアシスト量を多くでき、車両の加速時の電力不足を防止することができる。

【0053】

システムの起動前に、システムの起動時に電力不足を起こさないようにする燃料電池最低目標発電値を設定するようにしたので、起動する前に燃料電池 1 の発電値が最低目標発電値以上で発電できるか否かを事前に判別することができ、システムを起動できるか否かを推定することができる。システムを起動できる見込みがない場合には、システムを起動させないようにして無駄にバッテリー電力を使わないようにすることができる。

30

【0054】

燃料電池 1 の冷却水を少量循環させて燃料電池出口の冷却水温度を測定するようにしたので、現在の燃料電池 1 の温度を正確に把握することができる。これにより、燃料電池出口の冷却水温度が高い場合には、燃料電池 1 が自己発熱で発電維持可能と判断することが可能となり、この場合には空気の昇温を停止して、無駄な電力を消費しないようにすることができる。

40

【0055】

システムの起動中に、バッテリー 11 の SOC が所定下限値に達して、燃料電池 1 の発電値が燃料電池最低目標発電値を下回る場合には、発電維持に必要な空気を供給するための電力が不足していると判断することで、電力が不足していると判断した場合には空気の昇温を停止してシステムの起動を停止し、余分な電力を消費しないようにすることができる。これにより、システムの停止要求があった場合でも、空気供給装置 6 を用いて燃料電池 1 から導出された水素を希釈した後システムを停止できるだけの電力を確保することができる。

【0056】

50

燃料電池 1 の発電値が予め設定された所定値以上で、かつその状態を予め設定された所定時間以上継続した状態である場合には、燃料電池 1 が自己発熱で発電維持可能と判断することで、空気の昇温を停止して余計な電力を消費しないようにすることができる。これにより、システム起動終了後のバッテリアシスト量を多くでき、車両の加速時の電力不足を防止することができる。

【0057】

燃料電池 1 へ指令する目標発電値を燃料電池最低目標発電値を境界として振動するように制御することで、バッテリー 11 への充放電が繰り返えされてバッテリー温度を上昇させ、バッテリー 11 から供給可能な電力を増加させることが可能となる。これにより、システム起動終了後のバッテリアシスト量を多くでき、車両の加速時の電力不足を防止することができる。 10

【実施例 2】

【0058】

次に、本発明の実施例 2 について説明する。

【0059】

先に説明した実施例 1 は、燃料電池 1、バッテリー 11 ならびに補機の電力に基づいて空気の昇温を制御するようにしているのに対して、この実施例 2 では、電力量（電力×時間）に基づいて同様の制御を行うようにしたことを特徴とする。実施例 2 の構成ならびに実施の手順は実施例 1 と概ね同じであるので、ここでは実施例 1 と異なる部分のみ説明する。 20

【0060】

先ず、実施例 1 の図 2 のステップ S 204 では、図 4 のマップ関数を用いてバッテリー 11 で供給可能な電力を推定したが、実施例 2 では、図 4 のマップ関数に代えて電力量（Wh）との関係を表す図 11 に示すマップ関数を用いて、目標昇温時間内にバッテリー 11 から供給可能な電力量を推定する（ステップ S S 204）。なお、電力量は Wh の単位で取り扱うことにする。

【0061】

次に、実施例 1 の図 2 のステップ S 206 では、昇温手段が消費する電力を求めたが、実施例 2 では、図 5 と同様の図 12 に示すマップ関数を用いて目標昇温時間内で昇温手段が消費する電力量（Wh）を求める（ステップ S S 206）。この電力量は消費電力と目標昇温時間との積に基づいて求める。 30

【0062】

続いて、実施例 1 の図 2 のステップ S 207 では、補機が消費する電力を求めたが、実施例 2 では、目標昇温時間内で補機が消費する電力量（Wh）を求める（ステップ S S 207）。この電力量は消費電力と目標昇温時間の積に基づいて求める。

【0063】

次に、実施例 1 の図 2 のステップ S 208 では、電力収支をゼロ以上にする燃料電池最低目標発電値を計算したが、実施例 2 では、電力量収支をゼロ以上にする燃料電池最低目標発電電力量を計算する（ステップ S S 208）。ここで、

P 21：ステップ S S 204 で求めた目標昇温時間内にバッテリー 11 から供給可能な電力 40

P 22：目標昇温時間内の燃料電池最低目標発電電力

P 23：ステップ S S 206 で求めた目標昇温時間内で昇温手段が消費する電力

P 24：ステップ S S 207 で求めた目標昇温時間内で昇温手段以外の補機が消費する電力

とすると、

（数 5）

$P 21 + P 22 - P 23 - P 24 > \text{第 3 の 所 定 閾 値 (PTH3)}$

各時刻において上記を満たすように燃料電池最低目標発電電力プロファイルを算出する。

本実施例 2 では、上記関係を満たすようにするために、図 13 に示すように燃料電池最低目標発電電力量 P 22 を決めている。すなわち、

(数 6)

$$\begin{aligned}
 P22 &= (\text{発電量の傾き } A \times \text{現在からの目標昇温時間} + \text{現在の発電量}) \\
 &= \{ \} (P13 + P14 - P11) + \text{第 3 の所定閾値 } (PTH3) \} \times \text{係数} \\
 &\quad (\text{係数: } 1 \text{ 以上の任意の値})
 \end{aligned}$$

を満足させるように発電量の傾き A を調整する。ここで、積分時間は、現在から目標昇温時間までの期間となるが、実際にはコントロールユニットにおいて離散値を用いて計算するので積分は Σi となる。

【0064】

本実施例 2 では、燃料電池最低目標発電電力量は、上記 (数 6) に示すように表すようにしたので、燃料電池最低目標発電値は図 13 に示すように時系列のプロファイルとなる 10

【0065】

次に、実施例 1 の図 2 のステップ S209 では、発電上限値とステップ S208 で求めた燃料電池最低目標発電値を比較しているが、実施例 2 では、発電上限値のプロファイル (発電上限値の電力量) とステップ S208 で求めた燃料電池最低目標発電電力値のプロファイル (燃料電池最低目標発電電力値の電力量) とを比較して、比較結果に基づいて低温モードで起動するか否かを再度判断する (ステップ S209)。この判断手順は図 14 (a) に示すフローチャートにしたがって実行される。

【0066】

図 14 (a) において、予め行われた実験で取得された昇温プロファイルのデータに基づいて、昇温手段の運転条件 (空気流量、空気圧力)、ならびに外気温度と燃料電池入口温度との差から、図 14 (b) に示すように燃料電池入口空気の昇温プロファイルを推定する (ステップ S1400)。続いて、予め行われた実験で取得された発電上限値プロファイルのデータ (燃料電池入口空気温度と取り出し可能電力上限値との関係) に基づいて、推定された昇温プロファイルから、図 14 (b) に示すように発電上限値プロファイル (PTH3) を設定する (ステップ S1401)。 20

【0067】

次に、発電上限値プロファイルと S208 で求めた燃料電池最低目標発電値プロファイルを比較して (ステップ S1402)、燃料電池最低目標発電値プロファイルが発電上限値プロファイルより小さい場合は、システムを起動する一方 (ステップ S1403 30)、燃料電池最低目標発電値プロファイルが発電上限値プロファイルより大きい場合には、システムの起動を停止する (ステップ S1404)。

【0068】

このように、上記実施例 2 では、先の実施例 1 と同様の効果を得られるとともに、電力量という時間のファクターを導入することで、将来を予測して昇温処理を制御することが可能となり、昇温処理のためにバッテリー 11 の電力を使い切ってしまう前にシステムの起動を停止し、バッテリー 11 の蓄電量を確保することができる。また、電力収支を計算する際に、バッテリー 11 の情報は、電力量として与えられることが多いため、電力量を使用することで計算を容易に実行することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

40

【0069】

【図 1】 本発明の実施例 1 に係る燃料電池システムの構成を示す図である。

【図 2】 実施例 1 に係るシステムの起動手順を示すフローチャートである。

【図 3】 低温モードでシステムを起動するか否かの判断手順を示すフローチャートである。

【図 4】 バッテリー 11 で供給可能な電力を推定するマップ関数を示す図である。

【図 5】 目標昇温時間と目標空気流量、目標空気圧力ならびに消費電力との関係を表すマップ関数を示す図である。

【図 6】 燃料電池の最低目標発電値の算出手順を示す図である。

【図 7】 燃料電池の最低目標発電値と燃料電池の発電上限値とに基づいてシステムの起動 50

を判断する手順を示すフローチャートである。

【図 8】電力収支に基づいて昇温手段の運転条件を設定する手順を示すフローチャートである。

【図 9】昇温手段の運転条件を変更する手順を示すフローチャートである。

【図 10】昇温手段による昇温の終了判断する手順を示すフローチャートである。

【図 11】バッテリー 11 で供給可能な電力量を推定するマップ関数を示す図である。

【図 12】目標昇温時間と目標空気流量、目標空気圧力ならびに消費電力量との関係を表すマップ関数を示す図である。

【図 13】燃料電池の最低目標発電量の算出手順を示す図である。

【図 14】燃料電池の最低目標発電量と燃料電池の発電上限プロファイルとに基づいてシステムの起動を判断する手順を示すフローチャートである。 10

【符号の説明】

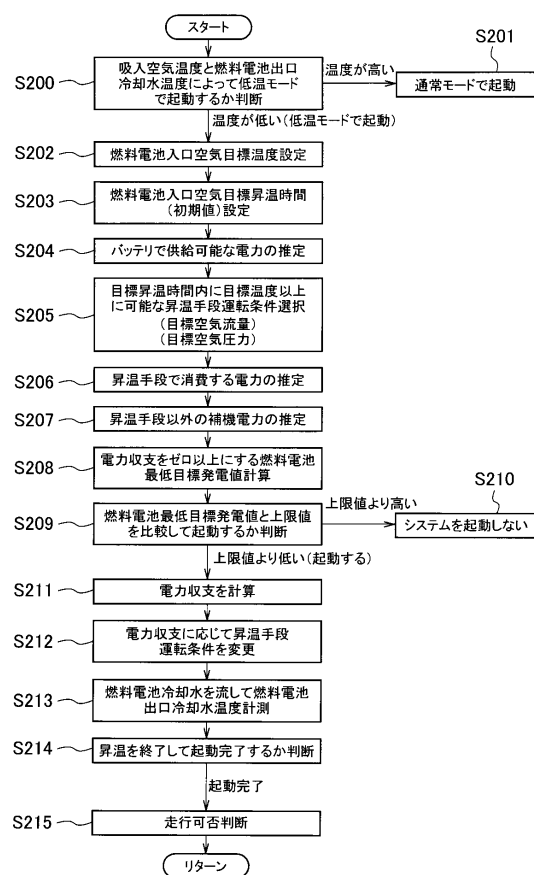
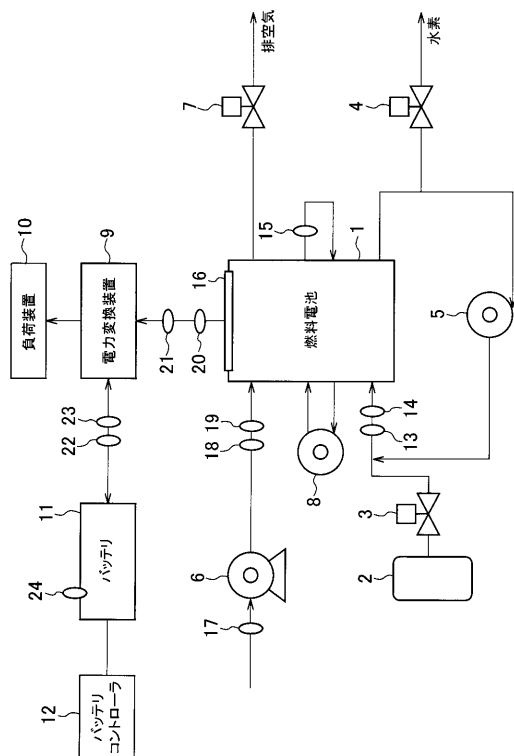
【0070】

- 1 … 燃料電池
- 2 … 水素供給タンク
- 3 … 水素圧力レギュレータ
- 4 … パージ調整弁
- 5 … 水素循環ポンプ
- 6 … 空気供給装置
- 7 … 空気調圧弁
- 8 … 冷却水ポンプ
- 9 … 電力変換装置
- 10 … 負荷装置
- 11 … バッテリー
- 12 … バッテリーコントローラ
- 13 … 圧力センサ
- 14, 15, 17, 19, 24 … 温度センサ
- 16, 21, 22 … 電圧センサ
- 18 … 圧力センサ
- 20, 23 … 電流センサ

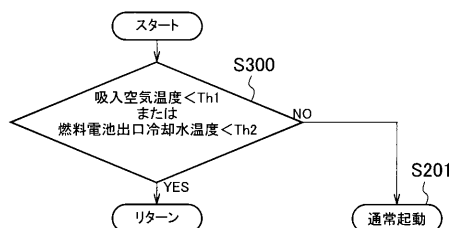
20

30

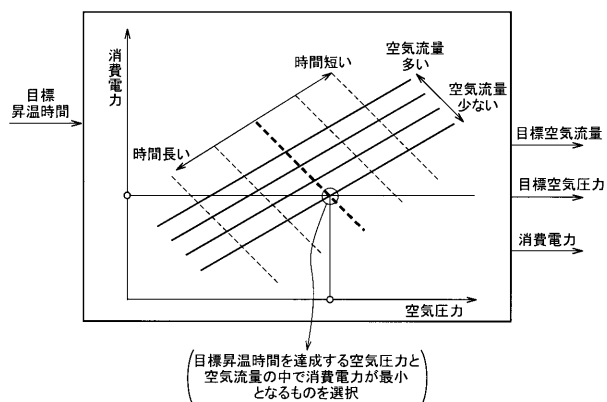
【图 2】



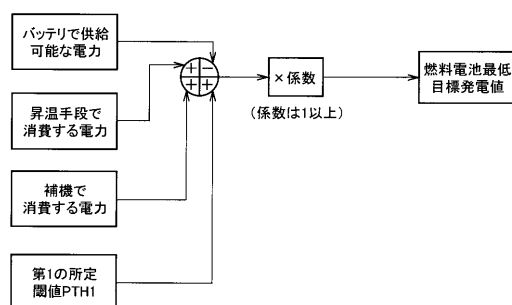
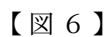
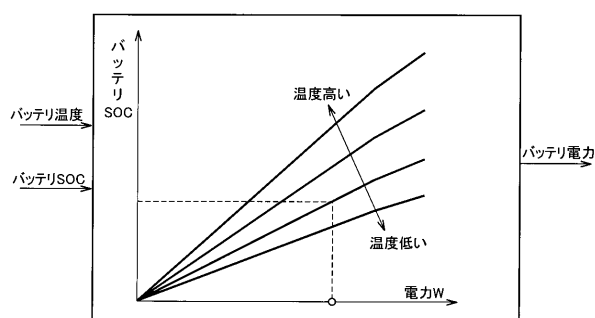
【图 3】



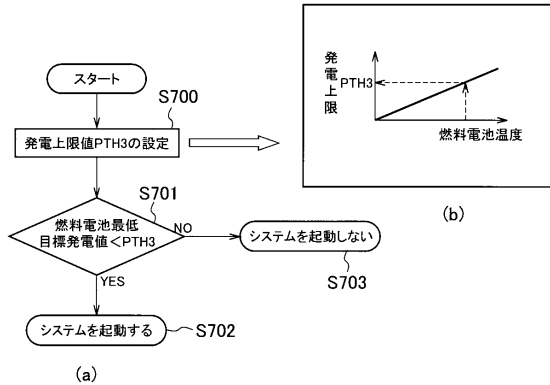
【图 5】



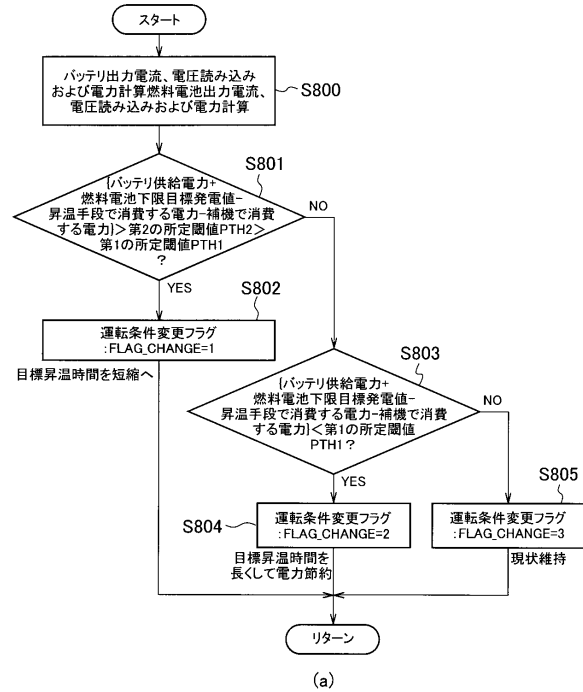
【图 4】



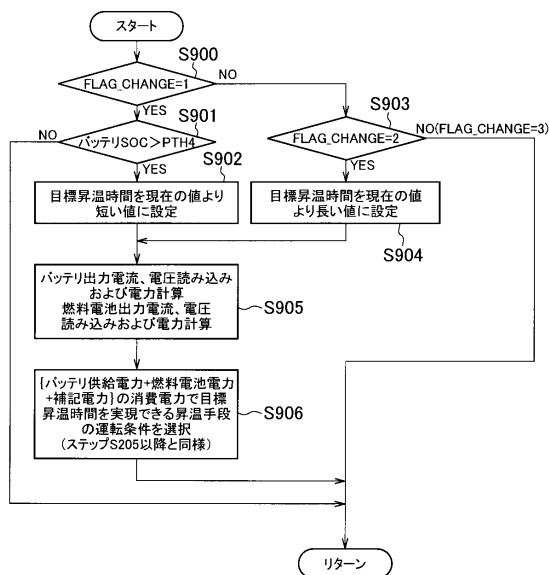
【図 7】



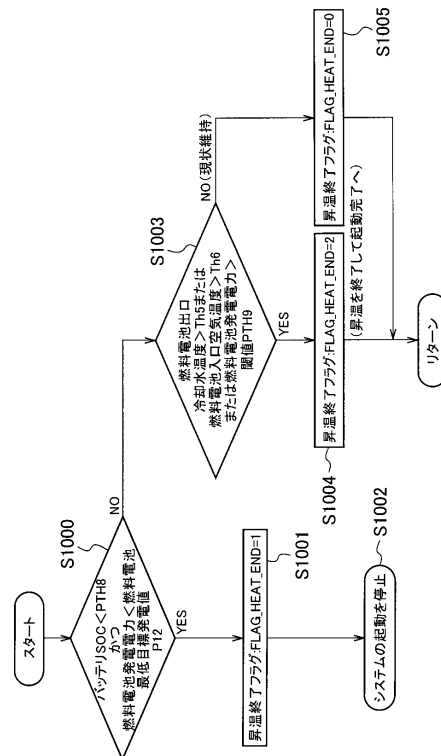
【図 8】



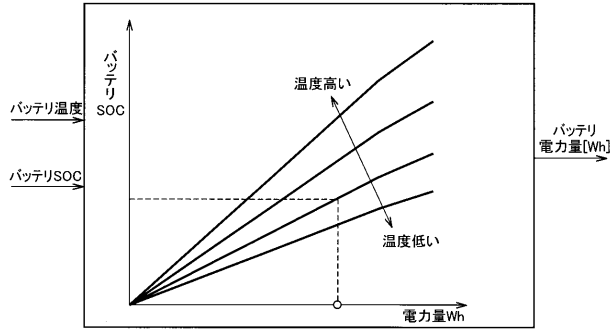
【図 9】



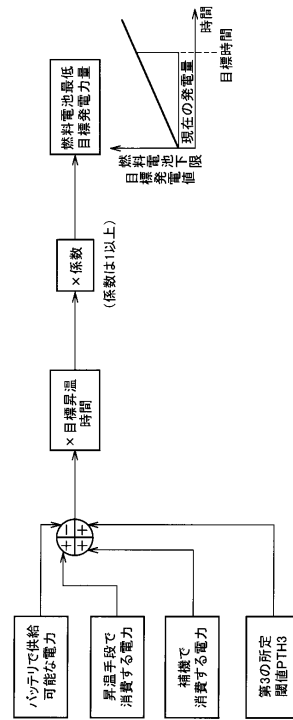
【図 10】



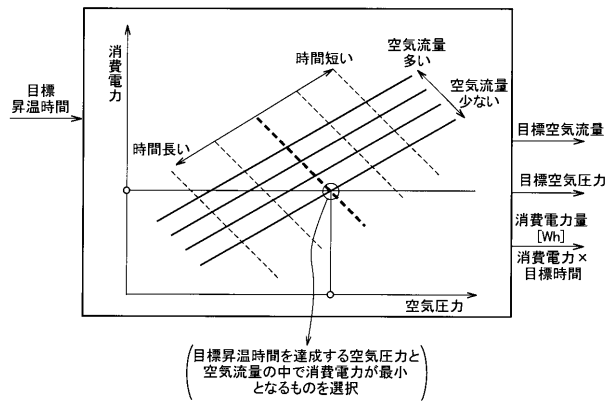
【図 1 1】



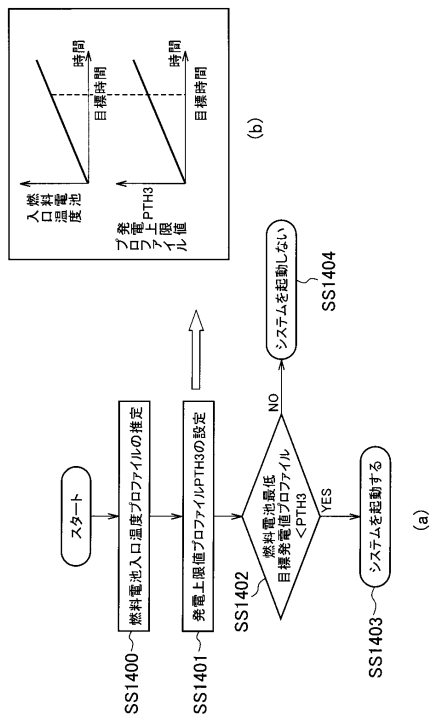
【図 1 3】



【図 1 2】



【図 1 4】



フロントページの続き

(74)代理人 100098327

弁理士 高松 俊雄

(72)発明者 岡本 勝

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

(72)発明者 明石 耕太郎

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

Fターム(参考) 5H027 AA02 BA13 BA19 CC06 DD03 KK48 KK51 KK52 MM01 MM02

MM26