

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5736282号  
(P5736282)

(45) 発行日 平成27年6月17日(2015.6.17)

(24) 登録日 平成27年4月24日(2015.4.24)

|              |              |
|--------------|--------------|
| (51) Int.Cl. | F 1          |
| HO 1 M 8/04  | (2006.01)    |
| HO 1 M 8/00  | (2006.01)    |
| B 60 L 11/18 | (2006.01)    |
| HO 1 M 8/10  | (2006.01)    |
|              | HO 1 M 8/04  |
|              | HO 1 M 8/00  |
|              | HO 1 M 8/04  |
|              | B 60 L 11/18 |
|              | HO 1 M 8/10  |

請求項の数 2 (全 29 頁)

|           |                              |
|-----------|------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2011-196604 (P2011-196604) |
| (22) 出願日  | 平成23年9月9日(2011.9.9)          |
| (65) 公開番号 | 特開2013-58416 (P2013-58416A)  |
| (43) 公開日  | 平成25年3月28日(2013.3.28)        |
| 審査請求日     | 平成25年11月28日(2013.11.28)      |

|           |  |
|-----------|--|
| (73) 特許権者 | 000005326<br>本田技研工業株式会社<br>東京都港区南青山二丁目1番1号 |
| (74) 代理人  | 100077665<br>弁理士 千葉 剛宏                     |
| (74) 代理人  | 100116676<br>弁理士 宮寺 利幸                     |
| (74) 代理人  | 100149261<br>弁理士 大内 秀治                     |
| (74) 代理人  | 100136548<br>弁理士 仲宗根 康晴                    |
| (74) 代理人  | 100136641<br>弁理士 坂井 志郎                     |
| (74) 代理人  | 100169225<br>弁理士 山野 明                      |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】燃料電池車両

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

燃料電池の起動時に前記燃料電池の放熱量を段階的に切り替える段階的暖機制御を行う燃料電池車両であって、

前記段階的暖機制御では、

前記燃料電池の温度に応じて判定される前記燃料電池の発電可能電圧が、補機の最低駆動電圧である補機作動最低電圧以上になると、又は前記燃料電池の温度が、前記補機作動最低電圧に対応する第1温度以上になると、前記燃料電池の出力電圧を前記補機作動最低電圧に設定して前記補機の作動を許可し、

その後、前記発電可能電圧が、前記補機作動最低電圧より高く且つ駆動力発生源の最低作動電圧である駆動力発生最低電圧以上になると、又は前記燃料電池の温度が、前記駆動力発生最低電圧に対応する第2温度以上になると、前記燃料電池の出力電圧を前記駆動力発生最低電圧に設定して前記駆動力発生源の作動を許可し、

前記発電可能電圧が、前記補機作動最低電圧から前記駆動力発生最低電圧になるまで、又は前記燃料電池の温度が、前記第1温度から前記第2温度になるまで、前記燃料電池の出力電圧を前記補機作動最低電圧に固定し続ける

ことを特徴とする燃料電池車両。

## 【請求項 2】

請求項1記載の燃料電池車両において、

前記段階的暖機制御中は、前記燃料電池の要求電力に追従するように反応ガス流量を変

10

20

化させる

ことを特徴とする燃料電池車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、燃料電池の暖機を行う燃料電池車両に関する。

【背景技術】

【0002】

燃料電池の暖機を行う燃料電池システムが提案されている（特許文献1）。特許文献1では、負荷動力源（走行モータ等）の駆動と、低効率運転による暖機との両方を実現させることができる燃料電池システムの提供を目的としている（2頁1～3行目）。この目的を達成するため、特許文献1の燃料電池システムは、発電を行う燃料電池と、前記燃料電池の低効率運転を実現させながら前記燃料電池からの出力電力を所定の負荷動力源（走行モータ等）に供給して、前記負荷動力源を駆動制御する制御手段を備える。前記制御手段は、低効率運転時における燃料電池の出力電圧を、負荷動力源の最低駆動電圧以上に設定する（要約、2頁4～9行目）。これにより、燃料電池の出力電圧を所定の負荷動力源の最低駆動電圧以上に設定した状態で、燃料電池の低効率運転を実現させ、負荷動力源の駆動と、低効率運転による暖機の双方を実現することを企図している（2頁15～18行目）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】国際公開第2008/047603号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記のように、特許文献1では、低効率運転時における燃料電池の出力電圧を、負荷動力源の最低駆動電圧以上に設定することで、負荷動力源の駆動と低効率運転による暖機の双方を行うことを図っている。

【0005】

特許文献1の制御では、燃料電池の出力可能電圧が、負荷動力源の最低駆動電圧以上になることを要し、それまでは、燃料電池の出力電圧を、負荷動力源の最低駆動電圧以上に設定することができない。このため、燃料電池の暖機にかかる時間が比較的長くなるという問題があった。

【0006】

この発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、低温時における燃料電池の起動時間を短縮することが可能な燃料電池車両を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明に係る燃料電池車両は、燃料電池の起動時に前記燃料電池の放熱量を段階的に切り替える段階的暖機制御を行うものであって、前記段階的暖機制御では、前記燃料電池の温度に応じて判定される前記燃料電池の発電可能電圧が、補機の最低駆動電圧である補機作動最低電圧以上になると、又は前記燃料電池の温度が、前記補機作動最低電圧に対応する第1温度以上になると、前記燃料電池の出力電圧を前記補機作動最低電圧に設定して前記補機の作動を許可し、その後、前記発電可能電圧が、前記補機作動最低電圧より高く且つ駆動力発生源の最低作動電圧である駆動力発生最低電圧以上になると、又は前記燃料電池の温度が、前記駆動力発生最低電圧に対応する第2温度以上になると、前記燃料電池の出力電圧を前記駆動力発生最低電圧に設定して前記駆動力発生源の作動を許可することを特徴とする。

【0008】

10

20

30

40

50

この発明によれば、低温時における燃料電池の起動時間を短縮することが可能となる。すなわち、この発明によれば、燃料電池の発電可能電圧が補機作動最低電圧以上になると、又は燃料電池の温度が、補機作動最低電圧に対応する第1温度以上になると、燃料電池の出力電圧を補機作動最低電圧に設定して補機の作動を許可する。このため、補機の作動を許可しつつ、出力電圧を補機作動最低電圧にした状態で燃料電池を暖機することができる。また、燃料電池の発電可能電圧が、補機作動最低電圧より高い駆動力発生最低電圧以上になると、又は燃料電池の温度が、駆動力発生最低電圧に対応する第2温度以上になると、燃料電池の出力電圧を駆動力発生最低電圧に設定して駆動力発生源の作動を許可する。このため、駆動力発生源の作動を許可しつつ、出力電圧を駆動力発生最低電圧にした状態で燃料電池を暖機することができる。従って、燃料電池の出力可能電圧が駆動力発生最低電圧以上になると、出力可能電圧が補機作動最低電圧以上になれば、燃料電池の暖機を行うことができる。よって、より早い段階で燃料電池の暖機を開始し、燃料電池の起動時間を短縮することが可能となる。また、一般に、燃料電池の出力電圧が低いほど、燃料電池の放熱量は多くなる。従って、駆動力発生最低電圧よりも低い補機作動最低電圧で暖機をすることにより、燃料電池の放熱量を増加させることができとなり、この点からも燃料電池の起動時間を短縮することが可能となる。

#### 【0009】

前記段階的暖機制御では、前記発電可能電圧が、前記補機作動最低電圧から前記駆動力発生最低電圧になるまで、又は前記燃料電池の温度が、前記第1温度から前記第2温度になるまで、前記燃料電池の出力電圧を前記補機作動最低電圧に固定し続けてもよい。

前記段階的暖機制御中は、前記燃料電池の要求電力に追従するように反応ガス流量を変化させててもよい。これにより、燃料電池の出力電圧を補機作動最低電圧又は駆動力発生最低電圧に維持した状態で、燃料電池の出力を要求電力に追従することが可能となる。このため、補機又は駆動力発生源に十分な電力を供給することが可能となり、補機又は駆動力発生源を良好に作動させることができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0010】

この発明によれば、低温時における燃料電池の起動時間を短縮することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0011】

【図1】この発明の一実施形態に係る燃料電池車両の概略全体構成図である。

【図2】前記燃料電池車両の電力系のプロック図である。

【図3】前記実施形態における燃料電池ユニットの概略構成図である。

【図4】前記実施形態におけるDC/DCコンバータの詳細を示す図である。

【図5】電子制御装置(ECU)における基本的な制御のフローチャートである。

【図6】システム負荷を計算するフローチャートである。

【図7】現在のモータ回転数とモータ予想消費電力との関係を示す図である。

【図8】燃料電池を構成する燃料電池セルの電位とセルの劣化量との関係の一例を示す図である。

【図9】燃料電池セルの電位の変動速度が異なる場合の酸化の進行と還元の進行の様子の例を示すサイクリックボルタンメトリ図である。

【図10】前記実施形態における複数の電力供給モードの説明図である。

【図11】前記ECUが、前記燃料電池車両のエネルギー管理を行なう第1フローチャートである。

【図12】前記ECUが、前記燃料電池車両のエネルギー管理を行なう第2フローチャートである。

【図13】図11及び図12のフローチャートで用いる補機作動可能最低電圧、モータ駆動可能最低電圧及びモータ性能保証最低電圧の説明図である。

【図14】カソードストイキ比とセル電流との関係を示す図である。

【図15】セル電圧と燃料電池の放熱量との関係を示す図である。

10

20

30

40

50

【図16】第1～第6暖機モードのフローチャートである。

【図17】第1～第6暖機モードにおける目標FC電流と目標酸素濃度との関係を示す図である。

【図18】第1～第6暖機モードにおける目標酸素濃度及び目標FC電流と目標エアポンプ回転数及び目標ウォータポンプ回転数との関係を示す図である。

【図19】第1～第6暖機モードにおける目標酸素濃度及び目標FC電流と目標背圧弁開度との関係を示す図である。

【図20】第1～第6暖機モードにおける目標FC電流と空気流量との関係を示す図である。

【図21】第1～第6暖機モードにおける循環弁の開度と循環ガス流量との関係を示す図である。 10

【図22】モータのトルク制御のフローチャートである。

【図23】前記実施形態に係る各種制御を用いた場合のタイムチャートの例である。

【図24】前記実施形態に係る燃料電池車両の第1変形例の概略構成を示すブロック図である。

【図25】前記実施形態に係る燃料電池車両の第2変形例の概略構成を示すブロック図である。

【図26】前記実施形態に係る燃料電池車両の第3変形例の概略構成を示すブロック図である。 20

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0012】

###### 1. 全体的な構成の説明

###### [1-1. 全体構成]

図1は、この発明の一実施形態に係る燃料電池車両10（以下「FC車両10」又は「車両10」という。）の概略全体構成図である。図2は、FC車両10の電力系のブロック図である。図1及び図2に示すように、FC車両10は、燃料電池システム12（以下「FCシステム12」という。）と、走行モータ14（以下「モータ14」という。）と、インバータ16とを有する。

##### 【0013】

FCシステム12は、燃料電池ユニット18（以下「FCユニット18」という。）と、高電圧バッテリ20（以下「バッテリ20」ともいう。）（蓄電装置）と、DC/DCコンバータ22と、電子制御装置24（以下「ECU24」という。）とを有する。 30

##### 【0014】

###### [1-2. 駆動系]

モータ14は、FCユニット18及びバッテリ20から供給される電力に基づいて駆動力を生成し、当該駆動力によりトランスミッション26を通じて車輪28を回転させる。また、モータ14は、回生を行うことで生成した電力（回生電力Pre g）[W]をバッテリ20等に出力する（図2参照）。

##### 【0015】

インバータ16は、3相ブリッジ型の構成とされて、直流/交流変換を行い、直流を3相の交流に変換してモータ14に供給する一方、回生動作に伴う交流/直流変換後の直流をDC/DCコンバータ22を通じてバッテリ20等に供給する。 40

##### 【0016】

なお、モータ14とインバータ16を併せて負荷30という。負荷30には、後述するエアポンプ60、ウォータポンプ80、エアコンディショナ90等の構成要素を含めることもできる。

##### 【0017】

###### [1-3. FC系]

###### (1-3-1. 全体構成)

図3は、FCユニット18の概略構成図である。FCユニット18は、燃料電池スタッ

10

20

30

40

50

ク40(以下「FC STACK 40」又は「FC 40」という。)と、FC STACK 40のアノードに対して水素(燃料ガス)を給排するアノード系と、FC STACK 40のカソードに対して酸素を含む空気(酸化剤ガス)を給排するカソード系と、FC STACK 40を冷却する冷却系と、セル電圧モニタ42とを備える。

【0018】

(1-3-2. FC STACK 40)

FC STACK 40は、例えば、固体高分子電解質膜をアノード電極とカソード電極とで両側から挟み込んで形成された燃料電池セル(以下「FCセル」という。)を積層した構造を有する。

【0019】

(1-3-3. アノード系)

アノード系は、水素タンク44、レギュレータ46、エゼクタ48及びバージ弁50を有する。水素タンク44は、燃料ガスとしての水素を収容するものであり、配管44a、レギュレータ46、配管46a、エゼクタ48及び配管48aを介して、アノード流路52の入口に接続されている。これにより、水素タンク44の水素は、配管44a等を介してアノード流路52に供給可能である。なお、配管44aには、遮断弁(図示せず)が設けられており、FC STACK 40の発電の際、当該遮断弁は、ECU24により開とされる。

【0020】

レギュレータ46は、導入される水素の圧力を所定値に調整して排出する。すなわち、レギュレータ46は、配管46bを介して入力されるカソード側の空気の圧力(パイロット圧)に応じて、下流側の圧力(アノード側の水素の圧力)を制御する。従って、アノード側の水素の圧力は、カソード側の空気の圧力に連動し、後記するように、酸素濃度を変化させるべくエアポンプ60の回転数等を変化させると、アノード側の水素の圧力も変化する。

【0021】

エゼクタ48は、水素タンク44からの水素をノズルで噴射することで負圧を発生させ、この負圧によって配管48bのアノードオフガスを吸引する。

【0022】

アノード流路52の出口は、配管48bを介して、エゼクタ48の吸気口に接続されている。そして、アノード流路52から排出されたアノードオフガスは、配管48bを通って、エゼクタ48に再度導入されることでアノードオフガス(水素)が循環する。

【0023】

なお、アノードオフガスは、アノードにおける電極反応で消費されなかった水素及び水蒸気を含んでいる。また、配管48bには、アノードオフガスに含まれる水分{凝縮水(液体)、水蒸気(気体)}を分離・回収する気液分離器(図示せず)が設けられている。

【0024】

配管48bの一部は、配管50a、バージ弁50及び配管50bを介して、後記する配管64bに設けられた希釈ボックス54に接続されている。バージ弁50は、FC STACK 40の発電が安定していないと判定された場合、ECU24からの指令に基づき所定時間、開となる。希釈ボックス54は、バージ弁50からのアノードオフガス中の水素を、カソードオフガスで希釈する。

【0025】

(1-3-4. カソード系)

カソード系は、エアポンプ60、加湿器62、背圧弁64、循環弁66、流量センサ68、70及び温度センサ72を有する。

【0026】

エアポンプ60は、外気(空気)を圧縮してカソード側に送り込むものであり、その吸気口は、配管60aを介して車外(外部)と連通している。エアポンプ60の吐出口は、配管60b、加湿器62及び配管62aを介して、カソード流路74の入口に接続されて

10

20

30

40

50

いる。エアポンプ 60 が ECU 24 の指令に従って作動すると、エアポンプ 60 は、配管 60a を介して車外の空気を吸気して圧縮し、この圧縮された空気が配管 60b 等を通ってカソード流路 74 に圧送される。

【0027】

加湿器 62 は、水分透過性を有する複数の中空糸膜 62e を備えている。そして、加湿器 62 は、中空糸膜 62e を介して、カソード流路 74 に向かう空気とカソード流路 74 から排出された多湿のカソードオフガスとの間で水分交換させ、カソード流路 74 に向かう空気を加湿する。

【0028】

カソード流路 74 の出口側には、配管 62b、加湿器 62、配管 64a、背圧弁 64 及び配管 64b が配置されている。カソード流路 74 から排出されたカソードオフガス（酸化剤オフガス）は、配管 62b 等を通って、車外に排出される。

【0029】

背圧弁 64 は、例えば、バタフライ弁で構成され、その開度が ECU 24 によって制御されることで、カソード流路 74 における空気の圧力を制御する。より具体的には、背圧弁 64 の開度が小さくなると、カソード流路 74 における空気の圧力が上昇し、体積流量当たりにおける酸素濃度（体積濃度）が高くなる。逆に、背圧弁 64 の開度が大きくなると、カソード流路 74 における空気の圧力が下降し、体積流量当たりにおける酸素濃度（体積濃度）が低くなる。

【0030】

配管 64b は、配管 66a、循環弁 66 及び配管 66b を介して、エアポンプ 60 の上流側の配管 60a に接続されている。これにより、排気ガス（カソードオフガス）の一部が、循環ガスとして、配管 66a、循環弁 66 及び配管 66b を通って、配管 60a に供給され、車外からの新規空気に合流し、エアポンプ 60 に吸気される。

【0031】

循環弁 66 は、例えば、バタフライ弁で構成され、その開度が ECU 24 によって制御されることで循環ガスの流量を制御する。

【0032】

流量センサ 68 は、配管 60b に取り付けられ、カソード流路 74 に向かう空気の流量 [g / s] を検出して ECU 24 に出力する。流量センサ 70 は、配管 66b に取り付けられ、配管 60a に向かう循環ガスの流量  $Q_c$  [g / s] を検出して ECU 24 に出力する。

【0033】

温度センサ 72 は、配管 64a に取り付けられ、カソードオフガスの温度を検出して ECU 24 に出力する。ここで、循環ガスの温度は、カソードオフガスの温度と略等しいため、温度センサ 72 の検出するカソードオフガスの温度に基づいて、循環ガスの温度を検知することができる。

【0034】

(1 - 3 - 5 . 冷却系)

冷却系は、ウォータポンプ 80、ラジエータ 82、ラジエータファン 84 及び温度センサ 86 等を有する。ウォータポンプ 80 は、FC40 内に冷却水（冷媒）を循環させることで FC40 を冷却する。FC40 を冷却して温度が上昇した冷却水は、ラジエータファン 84 による送風を受けるラジエータ 82 で放熱される。温度センサ 86 は、冷却水の温度（以下「水温  $T_w$ 」という。）を検出し、ECU 24 に出力する。

【0035】

(1 - 3 - 6 . セル電圧モニタ 42)

セル電圧モニタ 42 は、FC スタック 40 を構成する複数の単セル毎のセル電圧  $V_{ce}$  11 を検出する機器であり、モニタ本体と、モニタ本体と各単セルとを接続するワイヤハーネスとを備える。モニタ本体は、所定周期で全ての単セルをスキヤニングし、各単セルのセル電圧  $V_{ce}$  11 を検出し、平均セル電圧及び最低セル電圧を算出する。そして、平

10

20

30

40

50

均セル電圧及び最低セル電圧を E C U 2 4 に出力する。

【 0 0 3 6 】

( 1 - 3 - 7 . 電力系 )

図 2 に示すように、 F C 4 0 からの電力 ( 以下「 F C 電力 P f c 」という。 ) は、インバータ 1 6 及びモータ 1 4 ( 力行時 ) と D C / D C コンバータ 2 2 及び高電圧バッテリ 2 0 ( 充電時 ) とに加え、前記エアポンプ 6 0 、前記ウォータポンプ 8 0 、前記エアコンディショナ 9 0 、ダウンバータ 9 2 ( 降圧型 D C - D C コンバータ ) 、低電圧バッテリ 9 4 、アクセサリ 9 6 、 E C U 2 4 及びラジエータファン 8 4 に供給される。なお、図 1 に示すように、 F C ユニット 1 8 ( F C 4 0 ) とインバータ 1 6 及び D C / D C コンバータ 2 2 との間には、逆流防止ダイオード 9 8 が配置されている。また、 F C 4 0 の発電電圧 ( 以下「 F C 電圧 V f c 」という。 ) は、電圧センサ 1 0 0 ( 図 4 ) により検出され、 F C 4 0 の発電電流 ( 以下「 F C 電流 I f c 」という。 ) は、電流センサ 1 0 2 により検出され、いずれも E C U 2 4 に出力される。 10

【 0 0 3 7 】

[ 1 - 4 . 高電圧バッテリ 2 0 ]

バッテリ 2 0 は、複数のバッテリセルを含む蓄電装置 ( エネルギストレージ ) であり、例えば、リチウムイオン 2 次電池、ニッケル水素 2 次電池又はキャパシタ等を利用することができる。本実施形態ではリチウムイオン 2 次電池を利用している。バッテリ 2 0 の出力電圧 ( 以下「バッテリ電圧 V b a t 」という。 ) [ V ] は、電圧センサ 1 0 4 ( 図 2 ) により検出され、バッテリ 2 0 の出力電流 ( 以下「バッテリ電流 I b a t 」という。 ) [ A ] は、電流センサ 1 0 6 により検出され、それぞれ E C U 2 4 に出力される。 E C U 2 4 は、バッテリ電圧 V b a t とバッテリ電流 I b a t とに基づいて、バッテリ 2 0 の残容量 ( 以下「 S O C 」という。 ) [ % ] を算出する。 20

【 0 0 3 8 】

[ 1 - 5 . D C / D C コンバータ 2 2 ]

D C / D C コンバータ 2 2 は、 F C ユニット 1 8 からの F C 電力 P f c と、バッテリ 2 0 から供給された電力 ( 以下「バッテリ電力 P b a t 」という。 ) [ W ] と、モータ 1 4 からの回生電力 P r e g との供給先を制御する。

【 0 0 3 9 】

図 4 には、本実施形態における D C / D C コンバータ 2 2 の詳細が示されている。図 4 に示すように、 D C / D C コンバータ 2 2 は、一方がバッテリ 2 0 のある 1 次側 1 S に接続され、他方が負荷 3 0 と F C 4 0 との接続点である 2 次側 2 S に接続されている。 30

【 0 0 4 0 】

D C / D C コンバータ 2 2 は、 1 次側 1 S の電圧 ( 1 次電圧 V 1 ) [ V ] を 2 次側 2 S の電圧 ( 2 次電圧 V 2 ) [ V ] ( V 1 - V 2 ) に昇圧するとともに、 2 次電圧 V 2 を 1 次電圧 V 1 に降圧する昇降圧型且つチョッパ型の電圧変換装置である。

【 0 0 4 1 】

図 4 に示すように、 D C / D C コンバータ 2 2 は、 1 次側 1 S と 2 次側 2 S との間に配される相アーム U A と、リアクトル 1 1 0 とから構成される。

【 0 0 4 2 】

相アーム U A は、上アーム素子 ( 上アームスイッチング素子 1 1 2 と逆並列ダイオード 1 1 4 ) と下アーム素子 ( 下アームスイッチング素子 1 1 6 と逆並列ダイオード 1 1 8 ) とで構成される。上アームスイッチング素子 1 1 2 と下アームスイッチング素子 1 1 6 には、それぞれ例えば、 M O S F E T 又は I G B T 等が採用される。 40

【 0 0 4 3 】

リアクトル 1 1 0 は、相アーム U A の中点 ( 共通接続点 ) とバッテリ 2 0 の正極との間に挿入され、 D C / D C コンバータ 2 2 により 1 次電圧 V 1 と 2 次電圧 V 2 との間で電圧を変換する際に、エネルギーを蓄積及び放出する作用を有する。

【 0 0 4 4 】

上アームスイッチング素子 1 1 2 は、 E C U 2 4 から出力されるゲート駆動信号 ( 駆動

電圧) U H のハイレベルによりオンにされ、下アームスイッチング素子 116 は、ゲートの駆動信号(駆動電圧) U L のハイレベルによりオンにされる。

#### 【0045】

なお、ECU24 は、1 次側の平滑コンデンサ 122 に並列に設けられた電圧センサ 120 により 1 次電圧 V1 を検出し、電流センサ 124 により 1 次側の電流(1 次電流 I1) [A] を検出する。また、ECU24 は、2 次側の平滑コンデンサ 128 に並列に設けられた電圧センサ 126 により 2 次電圧 V2 を検出し、電流センサ 130 により 2 次側の電流(2 次電流 I2) [A] を検出する。

#### 【0046】

##### [1-6. ECU24]

10

ECU24 は、通信線 140(図 1 等)を介して、モータ 14、インバータ 16、FC ユニット 18、バッテリ 20 及び DC/DC コンバータ 22 を制御する。当該制御に際しては、メモリ(ROM)に格納されたプログラムを実行し、また、セル電圧モニタ 42、流量センサ 68、70、温度センサ 72、86、電圧センサ 100、104、120、126、電流センサ 102、106、124、130 等の各種センサの検出値を用いる。

#### 【0047】

ここでの各種センサには、上記センサに加え、開度センサ 150 及びモータ回転数センサ 152(図 1)が含まれる。開度センサ 150 は、アクセルペダル 154 の開度 p [度] を検出する。回転数センサ 152 は、モータ 14 の回転数(以下「モータ回転数 Nm」又は「回転数 Nm」という。) [rpm] を検出する。ECU24 は、回転数 Nm を用いて FC 車両 10 の車速 V [km/h] を検出する。さらに、ECU24 には、メインスイッチ 156(以下「メイン SW 156」という。) が接続される。メイン SW 156 は、FC ユニット 18 及びバッテリ 20 からモータ 14 への電力供給の可否を切り替えるものであり、ユーザにより操作可能である。

20

#### 【0048】

ECU24 は、マイクロコンピュータを含み、必要に応じて、タイマ、A/D 変換器、D/A 変換器等の入出力インターフェースを有する。なお、ECU24 は、1 つの ECU のみからなるのではなく、モータ 14、FC ユニット 18、バッテリ 20 及び DC/DC コンバータ 22 毎の複数の ECU から構成することもできる。

#### 【0049】

30

ECU24 は、FC スタック 40 の状態、バッテリ 20 の状態及びモータ 14 の状態の他、各種スイッチ及び各種センサからの入力(負荷要求)に基づき決定した FC 車両 10 全体として FC システム 12 に要求される負荷から、FC スタック 40 が負担すべき負荷と、バッテリ 20 が負担すべき負荷と、回生電源(モータ 14)が負担すべき負荷の配分(分担)を調停しながら決定し、モータ 14、インバータ 16、FC ユニット 18、バッテリ 20 及び DC/DC コンバータ 22 に指令を送出する。

#### 【0050】

##### 2. 本実施形態の制御

次に、ECU24 における制御について説明する。

#### 【0051】

40

##### [2-1. 基本制御]

図 5 には、ECU24 における基本的な制御のフローチャートが示されている。ステップ S1 において、ECU24 は、メイン SW 156 がオンであるかどうかを判定する。メイン SW 156 がオンでない場合(S1: NO)、ステップ S1 を繰り返す。メイン SW 156 がオンである場合(S1: YES)、ステップ S2 に進む。ステップ S2 において、ECU24 は、FC システム 12 に要求される負荷(システム負荷 Psys) [W] を計算する。

#### 【0052】

ステップ S3 において、ECU24 は、FC システム 12 のエネルギー管理を行う。ここにいうエネルギー管理は、主として、FC 40 の発電量(FC 電力 Pfc)

50

) 及びバッテリ 2 0 の出力 (バッテリ電力  $P_{bat}$ ) を算出する処理であり、FC スタック 4 0 の劣化を抑制しつつ、FC システム 1 2 全体の出力を効率化することを企図している。

#### 【0053】

ステップ S 4 において、ECU 2 4 は、FC スタック 4 0 の周辺機器、すなわち、エアポンプ 6 0 、背圧弁 6 4 、循環弁 6 6 及びウォータポンプ 8 0 の制御 (FC 発電制御) を行う。ステップ S 5 において、ECU 2 4 は、モータ 1 4 のトルク制御を行う。

#### 【0054】

ステップ S 6 において、ECU 2 4 は、メイン SW 1 5 6 がオフであるかどうかを判定する。メイン SW 1 5 6 がオフでない場合 (S 6 : N O) 、ステップ S 2 に戻る。メイン SW 1 5 6 がオフである場合 (S 6 : Y E S) 、今回の処理を終了する。 10

#### 【0055】

##### [2-2. システム負荷 $P_{sys}$ の計算]

図 6 には、システム負荷  $P_{sys}$  を計算するフローチャートが示されている。ステップ S 1 1 において、ECU 2 4 は、開度センサ 1 5 0 からアクセルペダル 1 5 4 の開度  $p$  を読み込む。ステップ S 1 2 において、ECU 2 4 は、回転数センサ 1 5 2 からモータ 1 4 の回転数  $N_m$  を読み込む。

#### 【0056】

ステップ S 1 3 において、ECU 2 4 は、開度  $p$  と回転数  $N_m$  に基づいてモータ 1 4 の予想消費電力  $P_m$  [W] を算出する。具体的には、図 7 に示すマップにおいて、開度  $p$  每に回転数  $N_m$  と予想消費電力  $P_m$  の関係を記憶しておく。例えば、開度  $p$  が  $p_1$  であるとき、特性 1 6 0 を用いる。同様に、開度  $p$  が  $p_2$  、  $p_3$  、  $p_4$  、  $p_5$  、  $p_6$  であるとき、それぞれ特性 1 6 2 、 1 6 4 、 1 6 6 、 1 6 8 、 1 7 0 を用いる。そして、開度  $p$  に基づいて回転数  $N_m$  と予想消費電力  $P_m$  との関係を示す特性を特定した上で、回転数  $N_m$  に応じた予想消費電力  $P_m$  を特定する。 20

#### 【0057】

ステップ S 1 4 において、ECU 2 4 は、各補機から現在の動作状況を読み込む。ここでの補機には、例えば、エアポンプ 6 0 、ウォータポンプ 8 0 及びエアコンディショナ 9 0 を含む高電圧系の補機や、低電圧バッテリ 9 4 、アクセサリ 9 6 、ECU 2 4 及びラジエータファン 8 4 を含む低電圧系の補機が含まれる。例えば、エアポンプ 6 0 及びウォータポンプ 8 0 であれば、回転数  $N_{ap}$  、  $N_{wp}$  [rpm] を読み込む。エアコンディショナ 9 0 であれば、その出力設定を読み込む。 30

#### 【0058】

ステップ S 1 5 において、ECU 2 4 は、各補機の現在の動作状況に応じて補機の消費電力  $P_a$  [W] を算出する。ステップ S 1 6 において、ECU 2 4 は、モータ 1 4 の予想消費電力  $P_m$  と補機の消費電力  $P_a$  の和を FC 車両 1 0 全体での予想消費電力 (すなわち、システム負荷  $P_{sys}$ ) として算出する。

#### 【0059】

##### [2-3. エネルギマネジメント]

上記のように、本実施形態におけるエネルギー管理では、FC スタック 4 0 の劣化を抑制しつつ、FC システム 1 2 全体の出力を効率化することを企図している。 40

#### 【0060】

##### (2-3-1. 前提事項)

図 8 は、FC スタック 4 0 を構成する FC セルの電位 (セル電圧  $V_{cell}$ ) [V] とセルの劣化量  $D$  との関係の一例を示している。すなわち、図 8 中の曲線 1 8 0 は、セル電圧  $V_{cell}$  と劣化量  $D$  との関係を示す。

#### 【0061】

図 8 において、電位  $V_1$  (例えば、0.5V) を下回る領域 (以下「白金凝集増加領域 R 1」又は「凝集増加領域 R 1」という。) では、FC セルに含まれる白金 (酸化白金) について還元反応が激しく進行し、白金が過度に凝集する。電位  $V_1$  から電位  $V_2$  (例え 50

ば、0.8V)までは、還元反応が安定的に進行する領域(以下「白金還元領域R2」又は「還元領域R2」という。)である。

【0062】

電位v2から電位v3(例えば、0.9V)までは、白金について酸化還元反応が進行する領域(以下「白金酸化還元進行領域R3」又は「酸化還元領域R3」という。)である。電位v3から電位v4(例えば、0.95V)までは、白金について酸化反応が安定的に進行する領域(以下「白金酸化安定領域R4」又は「酸化領域R4」という。)である。電位v4からOCV(開回路電圧)までは、セルに含まれるカーボンの酸化が進行する領域(以下「カーボン酸化領域R5」という。)である。

【0063】

上記のように、図8では、セル電圧Vce11が白金還元領域R2又は白金酸化安定領域R4にあれば、隣り合う領域と比較してFCセルの劣化の進行度合が小さい。一方、セル電圧Vce11が白金凝集増加領域R1、白金酸化還元進行領域R3、又はカーボン酸化領域R5にあれば、隣り合う領域と比較してFCセルの劣化の進行度合が大きい。

【0064】

なお、図8では、曲線180を一義的に定まるような表記としているが、実際は、単位時間当たりにおけるセル電圧Vce11の変動量(変動速度Acel11)[V/sec]に応じて曲線180は変化する。

【0065】

図9には、変動速度Acel11が異なる場合の酸化の進行と還元の進行の様子の例を示すサイクリックボルタンメトリ図である。図9において、曲線190は、変動速度Acel11が高い場合を示し、曲線192は、変動速度Acel11が低い場合を示す。図9からわかるように、変動速度Acel11に応じて酸化又は還元の進行度合が異なるため、必ずしも各電位v1~v4は一義的に特定されない。また、FCセルの個体差によっても各電位v1~v4は変化し得る。このため、電位v1~v4は、理論値、シミュレーション値又は実測値に誤差分を反映させたものとして設定することが好ましい。

【0066】

また、FCセルの電流-電圧(IV)特性は、一般的な燃料電池セルと同様、セル電圧Vce11が下がるほど、セル電流Icel11[A]が増加する(図10参照)。加えて、FCスタック40の発電電圧(FC電圧Vfc)は、セル電圧Vce11にFCスタック40内の直列接続数Nfcを乗算したものである。直列接続数Nfcは、FCスタック40内で直列に接続されるFCセルの数であり、以下、単に「セル数」ともいう。

【0067】

以上を踏まえ、本実施形態では、DC/DCコンバータ22が、電圧変換動作を行っている際、FCスタック40の目標電圧(目標FC電圧Vfc tgt)[V]を、主として、白金還元領域R2内に設定しつつ、必要に応じて白金酸化安定領域R4内に設定する(具体例は、図10等を用いて説明する。)。このような目標FC電圧Vfc tgtの切替えを行うことにより、FC電圧Vfcが、領域R1、R3、R5(特に、白金酸化還元進行領域R3)内にある時間を極力短縮し、FCスタック40の劣化を防止することができる。

【0068】

なお、上記の処理では、FCスタック40の供給電力(FC電力Pfc)と、システム負荷Psysが等しくならない場合が存在する。この点、FC電力Pfcがシステム負荷Psysを下回っている場合、その不足分は、バッテリ20から供給する。また、FC電力Pfcがシステム負荷Psysを上回っている場合、その余剰分は、バッテリ20に充電する。

【0069】

なお、図8では、電位v1~v4を具体的な数値として特定したが、これは、後述する制御を行うためであり、当該数値は、あくまで制御の便宜を考慮して決定するものである。換言すると、曲線180からもわかるように、劣化量Dは連続的に変化するため、制御

10

20

30

40

50

の仕様に応じて、電位  $v_1 \sim v_4$  は、適宜設定することができる。

【0070】

但し、白金還元領域  $R_2$  は、曲線 180 の極小値（第1極小値  $V_{1m1}$ ）を含む。白金酸化還元進行領域  $R_3$  では、曲線 180 の極大値（極大値  $V_{1m2}$ ）を含む。白金酸化安定領域  $R_4$  は、曲線 180 の別の極小値（第2極小値  $V_{1m3}$ ）を含む。

【0071】

(2-3-2. エネルギマネジメントで用いる電力供給制御及び電力供給モード)

図 10 は、本実施形態における複数の電力供給モードの説明図である。本実施形態では、エネルギーマネジメントで用いる電力供給の制御方法（電力供給モード）として、7つの制御方法（電力供給モード）を用いる。すなわち、本実施形態では、エネルギーマネジメントで用いる電力供給モード（動作モード）として、通常モード及び第1～第6暖機モードを切り替えて用いる。通常モードは、目標 FC 電圧  $V_{fc tgt}$  及び FC 電流  $I_{fc}$  (FC 電力  $P_{fc}$ ) がいずれも可変である電圧可変・電流可変制御（電圧可変・出力可変制御）である。第1～第6暖機モードは、目標 FC 電圧  $V_{fc tgt}$  が一定であり FC 電流  $I_{fc}$  (FC 電力  $P_{fc}$ ) が可変である電圧固定・電流可変制御（電圧固定・出力可変制御）である。

10

【0072】

通常モード（電圧可変・電流可変制御）は、FC40 の暖機完了後に用いられるものであり、目標酸素濃度  $C_{otgt}$  を固定（或いは、酸素を豊潤な状態に維持）した状態で、目標 FC 電圧  $V_{fc tgt}$  を調整することにより FC 電流  $I_{fc}$  を制御する。これにより、基本的に、FC 電力  $P_{fc}$  によりシステム負荷  $P_{sys}$  をまかなうことが可能となる。

20

【0073】

第1～第6暖機モード（電圧固定・電流可変制御）は、FC40 の暖機時に用いられるものであり、目標セル電圧  $V_{cel1tgt}$  (= 目標 FC 電圧  $V_{fc tgt}$  / セル数) を、所定の電位 { 第1・第2暖機モードでは、補機作動可能最低電圧  $V_{amin}$ 、第3・第4暖機モードでは、モータ駆動可能最低電圧  $V_{motmin1}$ 、第5・第6暖機モードでは、モータ性能保証最低電圧  $V_{motmin2}$  } に固定すると共に、目標酸素濃度  $C_{otgt}$  を基本的に可変とすることにより、FC 電流  $I_{fc}$  を可変とする。これにより、FC システム 12 を暖機しつつ、基本的に、FC 電力  $P_{fc}$  によりシステム負荷  $P_{sys}$  をまかなうことが可能となる（詳細は後述する。）。FC 電力  $P_{fc}$  の不足分は、バッテリ 20 からアシストする。

30

【0074】

(2-3-3. エネルギマネジメントの全体フロー)

図 11 及び図 12 は、ECU24 が、FC システム 12 のエネルギーマネジメント（図 5 の S3）を行う第1及び第2フローチャートである。図 13 は、図 11 及び図 12 のフローチャートで用いる補機作動可能最低電圧  $V_{amin}$ 、モータ駆動可能最低電圧  $V_{motmin1}$  及びモータ性能保証最低電圧  $V_{motmin2}$  の説明図である。

【0075】

図 11 のステップ S21において、ECU24 は、FC ユニット 18 の暖機が必要であるか否かを判定する。具体的には、温度センサ 86 からの水温  $T_w$  が、暖機の必要性を判断するための閾値（以下「暖機判定閾値  $THTw$ 」又は「閾値  $THTw$ 」という。）以下であるか否かを判定する。閾値  $THTw$  は、例えば、0～10 までのいずれかの値から選択することができる。暖機が必要でない場合（S21: NO）、ステップ S22において、ECU24 は、通常モードを選択して FC40 を発電させる。この際、ECU24 は、目標 FC 電圧  $V_{fc tgt}$  をモータ性能保証最低電圧  $V_{motmin2}$ （図 13）以上に設定する。暖機が必要である場合（S21: YES）、ステップ S23 に進む。

40

【0076】

ステップ S23において、ECU24 は、FC 発電可能電圧  $V_{fc p}$  を判定する。FC 発電可能電圧  $V_{fc p}$  は、FC40 が発電することが可能な電圧を示す。本実施形態において、FC 発電可能電圧  $V_{fc p}$  は、温度センサ 86 からの水温  $T_w$  に応じて判定する。

50

より具体的には、水温  $T_w$  が低いほど、FC発電可能電圧  $V_{fc}$  が低く、水温  $T_w$  が高いほど、FC発電可能電圧  $V_{fc}$  が高い。水温  $T_w$  と FC発電可能電圧  $V_{fc}$  との関係は、ECU24の図示しない記憶部に予め記憶しておく。

【0077】

ステップS24において、ECU24は、FC発電可能電圧  $V_{fc}$  が、モータ性能保証最低電圧  $V_{motmin2}$  以上であるか否かを判定する。モータ性能保証最低電圧  $V_{motmin2}$  は、モータ14の性能を保証することができる最低電圧（性能保証電圧の最低値）であり（図13参照）、モータ14の仕様に応じて決まる。なお、FC電圧  $V_{fc}$  は、セル電圧  $V_{cell}$  ×セル数に近似するため、モータ性能保証最低電圧  $V_{motmin2}$  /セル数により、モータ性能保証最低電圧  $V_{motmin2}$  に対応するセル電圧  $V_{cell}$  を求めることができる。本実施形態では、モータ性能保証最低電圧  $V_{motmin2}$  に対応するセル電圧  $V_{cell}$  が、図8の還元領域R2となるように、モータ性能保証最低電圧  $V_{motmin2}$ （モータ14の仕様）又はセル数を設定する。FC発電可能電圧  $V_{fc}$  が、モータ性能保証最低電圧  $V_{motmin2}$  以上でない場合（S24：NO）、ステップS25に進む。  
10

【0078】

ステップS25において、ECU24は、FC発電可能電圧  $V_{fc}$  が、モータ駆動可能最低電圧  $V_{motmin1}$  以上であるか否かを判定する。モータ駆動可能最低電圧  $V_{motmin1}$  は、モータ14を駆動することができる最低電圧（駆動可能電圧の最低値）であり（図13参照）、モータ14の仕様に応じて決まる。なお、上記のように、FC電圧  $V_{fc}$  は、セル電圧  $V_{cell}$  ×セル数に近似するため、モータ駆動可能最低電圧  $V_{motmin1}$  /セル数により、モータ駆動可能最低電圧  $V_{motmin1}$  に対応するセル電圧  $V_{cell}$  を求めることができる。本実施形態では、モータ駆動可能最低電圧  $V_{motmin1}$  に対応するセル電圧  $V_{cell}$  が、図8の還元領域R2となるように、モータ駆動可能最低電圧  $V_{motmin1}$ （モータ14の仕様）又はセル数を設定する。FC発電可能電圧  $V_{fc}$  が、モータ駆動可能最低電圧  $V_{motmin1}$  以上でない場合（S25：NO）、ステップS26に進む。  
20

【0079】

ステップS26において、ECU24は、FC発電可能電圧  $V_{fc}$  が、補機作動可能最低電圧  $V_{amin}$  以上であるか否かを判定する。補機作動可能最低電圧  $V_{amin}$  は、補機を作動させることができる最低電圧（作動可能電圧の最低値）であり（図13参照）、補機の仕様に応じて決まる。ここでの補機は、本実施形態では、エアポンプ60を指す。しかし、FC40の発電に用いるもの（例えば、エアポンプ60、ウォータポンプ80、循環弁64）及びFC40の発電に用いないもの（例えば、エアコンディショナ90）のいずれも含むことができる。また、後述するように、複数の補機の補機作動可能最低電圧  $V_{amin}$  を用いることも可能である。  
30

【0080】

なお、上記のように、FC電圧  $V_{fc}$  は、セル電圧  $V_{cell}$  ×セル数に近似するため、補機作動可能最低電圧  $V_{amin}$  /セル数により、補機作動可能最低電圧  $V_{amin}$  に対応するセル電圧  $V_{cell}$  を求めることができる。本実施形態では、補機作動可能最低電圧  $V_{amin}$  に対応するセル電圧  $V_{cell}$  が、図8の還元領域R2となるように、補機作動可能最低電圧  $V_{amin}$ （補機の仕様）又はセル数を設定する。  
40

【0081】

FC発電可能電圧  $V_{fc}$  が、補機作動可能最低電圧  $V_{amin}$  以上でない場合（S26：NO）、ステップS27においてECU24は、バッテリ20からの電力（バッテリ電力  $P_{bat}$ ）により、補機（エアポンプ60、ウォータポンプ80等）を作動させ、FC40を暖機する。この際、FC40に酸素及び水素を供給するものの、FC電力  $P_{fc}$  の出力は行わない。図示しないコンタクタ（スイッチ）を、FC40側の配線に設けておき、当該コンタクタを閉じておくことにより、FC電力  $P_{fc}$  の出力を停止してもよい。

【0082】

F C 発電可能電圧  $V_{fc}$  が、補機作動可能最低電圧  $V_{amin}$  以上である場合 (S 2 6 : YES)、ステップ S 2 8 において、ECU 2 4 は、バッテリ 2 0 の SOC に余分があるか否かを判定する。具体的には、SOC が閾値  $TH_{soc1}$  以上であるか否かを判定する。閾値  $TH_{soc1}$  は、バッテリ 2 0 の SOC に余分があるか否かを判定するための閾値である。

#### 【0083】

バッテリ 2 0 の SOC に余分がない場合 (S 2 8 : NO)、ステップ S 2 9 において、ECU 2 4 は、第 1 暖機モードを選択する。第 1 暖機モードは、電圧固定・電流可変制御の一種であり、目標 F C 電圧  $V_{fc tgt}$  を補機作動可能最低電圧  $V_{amin}$  で一定としつつ、目標 F C 電流  $I_{fc tgt}$  及び目標酸素濃度  $C_{otgt}$  を可変とすることにより、F C 電流  $I_{fc}$  を可変とする。この際、ECU 2 4 は、F C 電力  $P_{fc}$  による補機 (エアポンプ 6 0 等) の作動を許可する。バッテリ SOC に余分がないため、目標 F C 電流  $I_{fc tgt}$  及び目標酸素濃度  $C_{otgt}$  は、システム負荷  $P_{sys}$  に相当する値に設定される (詳細は後述する。)。

10

#### 【0084】

バッテリ 2 0 の SOC に余分がある場合 (S 2 8 : YES)、ステップ S 3 0 において、ECU 2 4 は、第 2 暖機モードを選択する。第 2 暖機モードは、電圧固定・電流可変制御の一種であり、目標 F C 電圧  $V_{fc tgt}$  を補機作動可能最低電圧  $V_{amin}$  で一定とし、目標 F C 電流  $I_{fc tgt}$  及び目標酸素濃度  $C_{otgt}$  を可変とすることにより、F C 電流  $I_{fc}$  を可変とする。この際、ECU 2 4 は、F C 電力  $P_{fc}$  による補機 (エアポンプ 6 0 等) の作動を許可する。バッテリ SOC に余分があるため、目標 F C 電流  $I_{fc tgt}$  及び目標酸素濃度  $C_{otgt}$  は、システム負荷  $P_{sys}$  に相当する値よりも低い値に設定される (詳細は後述する。)。

20

#### 【0085】

ステップ S 2 5 に戻り、F C 発電可能電圧  $V_{fc}$  が、モータ駆動可能最低電圧  $V_{motmin1}$  以上である場合 (S 2 5 : YES)、図 12 のステップ S 3 1 において、ECU 2 4 は、バッテリ 2 0 の SOC に余分があるか否かを判定する。具体的には、SOC が閾値  $TH_{soc2}$  以上であるか否かを判定する。閾値  $TH_{soc2}$  は、バッテリ 2 0 の SOC に余分があるか否かを判定するための閾値であり、閾値  $TH_{soc1}$  と同じ値又は異なる値にすることができる。

30

#### 【0086】

バッテリ SOC に余分がない場合 (S 3 1 : NO)、ステップ S 3 2 において、ECU 2 4 は、第 3 暖機モードを選択する。第 3 暖機モードは、電圧固定・電流可変制御の一種であり、目標 F C 電圧  $V_{fc tgt}$  をモータ駆動可能最低電圧  $V_{motmin1}$  で一定とし、目標 F C 電流  $I_{fc tgt}$  及び目標酸素濃度  $C_{otgt}$  を可変とすることにより、F C 電流  $I_{fc}$  を可変とする。この際、ECU 2 4 は、F C 電力  $P_{fc}$  による補機 (エアポンプ 6 0 等) の作動及びモータ 1 4 の駆動を許可する。バッテリ SOC に余分がないため、目標 F C 電流  $I_{fc tgt}$  及び目標酸素濃度  $C_{otgt}$  は、システム負荷  $P_{sys}$  に相当する値に設定される (詳細は後述する。)。

40

#### 【0087】

バッテリ 2 0 の SOC に余分がある場合 (S 3 1 : YES)、ステップ S 3 3 において、ECU 2 4 は、第 4 暖機モードを選択する。第 4 暖機モードは、電圧固定・電流可変制御の一種であり、目標 F C 電圧  $V_{fc tgt}$  をモータ駆動可能最低電圧  $V_{motmin1}$  で一定とし、目標 F C 電流  $I_{fc tgt}$  及び目標酸素濃度  $C_{otgt}$  を可変とすることにより、F C 電流  $I_{fc}$  を可変とする。この際、ECU 2 4 は、F C 電力  $P_{fc}$  による補機 (エアポンプ 6 0 等) の作動及びモータ 1 4 の駆動を許可する。バッテリ SOC に余分があるため、目標 F C 電流  $I_{fc tgt}$  及び目標酸素濃度  $C_{otgt}$  は、システム負荷  $P_{sys}$  に相当する値よりも低い値に設定される (詳細は後述する。)。

#### 【0088】

図 11 のステップ S 2 4 に戻り、F C 発電可能電圧  $V_{fc}$  が、モータ性能保証最低電

50

圧  $V_{m o t m i n 2}$  以上である場合 (S24: YES) 、図 12 のステップ S34において、ECU24 は、バッテリ 20 の SOC に余分があるか否かを判定する。具体的には、SOC が閾値  $T H_{s o c 3}$  以上であるか否かを判定する。閾値  $T H_{s o c 3}$  は、バッテリ 20 の SOC に余分があるか否かを判定するための閾値であり、閾値  $T H_{s o c 1}$  又は閾値  $T H_{s o c 2}$  と同じ値又は異なる値にすることができる。

#### 【0089】

バッテリ SOC に余分がない場合 (S34: NO) 、ステップ S35において、ECU24 は、第 5 暖機モードを選択する。第 5 暖機モードは、電圧固定・電流可変制御の一種であり、目標 FC 電圧  $V_{f c t g t}$  をモータ性能保証最低電圧  $V_{m o t m i n 2}$  で一定とし、目標 FC 電流  $I_{f c t g t}$  及び目標酸素濃度  $C_{o t g t}$  を可変とすることにより、FC 電流  $I_{f c}$  を可変とする。この際、ECU24 は、FC 電力  $P_{f c}$  による補機 (エアポンプ 60 等) の作動及びモータ 14 の駆動を許可する。バッテリ SOC に余分がないため、目標 FC 電流  $I_{f c t g t}$  及び目標酸素濃度  $C_{o t g t}$  は、システム負荷  $P_{s y s}$  に相当する値に設定される (詳細は後述する。)。

#### 【0090】

バッテリ 20 の SOC に余分がある場合 (S34: YES) 、ステップ S36において、ECU24 は、第 6 暖機モードを選択する。第 6 暖機モードは、電圧固定・電流可変制御の一種であり、目標 FC 電圧  $V_{f c t g t}$  をモータ性能保証最低電圧  $V_{m o t m i n 2}$  で一定とし、目標 FC 電流  $I_{f c t g t}$  及び目標酸素濃度  $C_{o t g t}$  を可変とすることにより、FC 電流  $I_{f c}$  を可変とする。この際、ECU24 は、FC 電力  $P_{f c}$  による補機 (エアポンプ 60 等) の作動及びモータ 14 の駆動を許可する。バッテリ SOC に余分があるため、目標 FC 電流  $I_{f c t g t}$  及び目標酸素濃度  $C_{o t g t}$  は、システム負荷  $P_{s y s}$  に相当する値よりも低い値に設定される (詳細は後述する。)。

#### 【0091】

##### (2-3-4. 通常モード)

上記のように、通常モードは、FC40 の暖機完了後に用いられるものであり、目標酸素濃度  $C_{o t g t}$  を固定 (或いは、酸素を豊潤な状態に維持) した状態で、目標 FC 電圧  $V_{f c t g t}$  を調整することにより FC 電流  $I_{f c}$  を制御する。

#### 【0092】

すなわち、図 10 に示すように、通常モードでは、FC40 の電流 - 電圧特性 (IV 特性) が通常のもの (図 10 中、実線で表されるもの) を用いる。通常の燃料電池と同様、FC40 の IV 特性は、セル電圧  $V_{c e l l}$  (FC 電圧  $V_{f c}$ ) が低くなるほど、セル電流  $I_{c e l l}$  (FC 電流  $I_{f c}$ ) が大きくなる。このため、通常モードでは、システム負荷  $P_{s y s}$  に応じて目標 FC 電流  $I_{f c t g t}$  を算出し、さらに目標 FC 電流  $I_{f c t g t}$  に対応する目標 FC 電圧  $V_{f c t g t}$  を算出する。そして、FC 電圧  $V_{f c}$  が目標 FC 電圧  $V_{f c t g t}$  となるように、ECU24 は、DC/DC コンバータ 22 を制御する。すなわち、2 次電圧  $V_2$  が目標 FC 電圧  $V_{f c t g t}$  となるように 1 次電圧  $V_1$  を DC/DC コンバータ 22 により昇圧することで、FC 電圧  $V_{f c}$  を制御して FC 電流  $I_{f c}$  を制御する。

#### 【0093】

なお、酸素が豊潤な状態にあるとは、例えば、図 14 に示すように、カソードストイキ比を上昇させても、セル電流  $I_{c e l l}$  が略一定となり、実質的に飽和した状態となる通常ストイキ比以上の領域における酸素を意味する。水素が豊潤であるという場合も、同様である。なお、カソードストイキ比とは、カソード流路 74 に供給するエアの流量 / FC40 の発電により消費されたエアの流量であり、カソード流路 74 における酸素濃度に近似する。また、カソードストイキ比の調整は、例えば、酸素濃度の制御により行う。

#### 【0094】

以上のような通常モードによれば、基本的にシステム負荷  $P_{s y s}$  の全てを FC 電力  $P_{f c}$  によりまかなうことが可能となる。

#### 【0095】

10

20

30

40

50

## (2-3-5. 第1～第6暖機モードの全体)

上記のように、第1～第6暖機モードは、FC40の暖機時に用いられるものであり、目標FC電圧 $V_{fc tgt}$  (=目標セル電圧 $V_{cell tgt} \times$ セル数)を、所定の電位{第1・第2暖機モードでは、補機作動可能最低電圧 $V_{min}$ 、第3・第4暖機モードでは、モータ駆動可能最低電圧 $V_{mot min 1}$ 、第5・第6暖機モードでは、モータ性能保証最低電圧 $V_{mot min 2}$ }に固定すると共に、目標酸素濃度 $C_{otgt}$ を基本的に可変とすることにより、FC電流 $I_{fc}$ を可変とする。

## 【0096】

すなわち、図10に示すように、第1～第6暖機モードでは、FC電圧 $V_{fc}$ を一定に保った状態で目標酸素濃度 $C_{otgt}$ を変化させることで酸素濃度 $C_o$ を調整する。

10

## 【0097】

より具体的には、第1・第2暖機モードでは、FC電圧 $V_{fc}$  (又は目標FC電圧 $V_{fc tgt}$ )を補機作動可能最低電圧 $V_{min}$ に保った状態で、目標酸素濃度 $C_{otgt}$ を変化させることで酸素濃度 $C_o$ を調整する。FC電圧 $V_{fc}$ を補機作動可能最低電圧 $V_{min}$ に保つには、DC/DCコンバータ22により2次電圧V2を制御する。この際、ECU24は、補機 (エアポンプ60等)の作動を許可する。すなわち、FC40の発電に用いる補機に対するFC40からの電力供給を許可すると共に、当該補機に対して動作指令を出す。上記のように、第2暖機モードでは、バッテリ電力Pbatも用いる。このため、目標FC電流 $I_{fc tgt}$ が等しい場合、第2暖機モードの方が第1暖機モードよりも目標酸素濃度 $C_{otgt}$ が低くなる。

20

## 【0098】

第3・第4暖機モードでは、FC電圧 $V_{fc}$  (又は目標FC電圧 $V_{fc tgt}$ )をモータ駆動可能最低電圧 $V_{mot min 1}$ に保った状態で、目標酸素濃度 $C_{otgt}$ を変化させることで酸素濃度 $C_o$ を調整する。FC電圧 $V_{fc}$ をモータ駆動可能最低電圧 $V_{mot min 1}$ に保つには、DC/DCコンバータ22により2次電圧V2を制御する。この際、ECU24は、補機 (エアポンプ60等)の作動に加え、モータ14の駆動を許可する。すなわち、FC40の発電に用いる補機及びモータ14に対するFC40からの電力供給を許可すると共に、当該補機及びモータ14に対して動作指令を出す。上記のように、第4暖機モードでは、バッテリ電力Pbatも用いる。このため、目標FC電流 $I_{fc tgt}$ が等しい場合、第4暖機モードの方が第3暖機モードよりも目標酸素濃度 $C_{otgt}$ が低くなる。

30

## 【0099】

第5・第6暖機モードでは、FC電圧 $V_{fc}$  (又は目標FC電圧 $V_{fc tgt}$ )をモータ性能保証最低電圧 $V_{mot min 2}$ に保った状態で、目標酸素濃度 $C_{otgt}$ を変化させることで酸素濃度 $C_o$ を調整する。FC電圧 $V_{fc}$ をモータ性能保証最低電圧 $V_{mot min 2}$ に保つには、DC/DCコンバータ22により2次電圧V2を制御する。この際、ECU24は、補機 (エアポンプ60等)の作動に加え、モータ14の駆動を許可する。すなわち、FC40の発電に用いる補機及びモータ14に対するFC40からの電力供給を許可すると共に、当該補機及びモータ14に対して動作指令を出す。上記のように、第6暖機モードでは、バッテリ電力Pbatも用いる。このため、目標FC電流 $I_{fc tgt}$ が等しい場合、第6暖機モードの方が第5暖機モードよりも目標酸素濃度 $C_{otgt}$ が低くなる。

40

## 【0100】

図14に示すように、カソードストイキ比 (酸素濃度 $C_o$ ) が低下するとセル電流 $I_{cell}$  (FC電流 $I_{fc}$ ) も低下する。このため、セル電圧 $V_{cell}$ を一定に保った状態で目標酸素濃度 $C_{otgt}$ を増減させることで、セル電流 $I_{cell}$  (FC電流 $I_{fc}$ ) 及びFC電力 $P_{fc}$ を制御することが可能となる。なお、FC電力 $P_{fc}$ の不足分は、バッテリ20からアシストする。

## 【0101】

図15は、セル電圧 $V_{cell}$ とFC40 (単位セル) の放熱量 $H_{fc}$  [kW]との関

50

係を示す図である。図15に示すように、FC40の放熱量Hfcは、セル電圧Vcel1に依存し、セル電流Icel1には依存しない。従って、第1～第6暖機モードにおいて、目標FC電圧Vfc tgtを一定にすると、放熱量Hfcも一定に維持することが可能となる。

#### 【0102】

上記のように、第1・第2暖機モードでは、目標FC電圧Vfc tgtを補機作動可能最低電圧Vaminに設定し、第3・第4暖機モードでは、目標FC電圧Vfc tgtをモータ駆動可能最低電圧Vmotmin1に設定し、第5・第6暖機モードでは、目標FC電圧Vfc tgtをモータ性能保証最低電圧Vmotmin2に設定する。また、補機作動可能最低電圧Vaminはモータ駆動可能最低電圧Vmotmin1よりも低く、モータ駆動可能最低電圧Vmotmin1はモータ性能保証最低電圧Vmotmin2よりも低い。このため、目標FC電圧Vfc tgtが補機作動可能最低電圧Vaminであるときの放熱量Hfcは、目標FC電圧Vfc tgtがモータ駆動可能最低電圧Vmotmin1であるときよりも高く、目標FC電圧Vfc tgtがモータ駆動可能最低電圧Vmotmin1であるときの放熱量Hfcは、目標FC電圧Vfc tgtがモータ性能保証最低電圧Vmotmin2であるときよりも高い。

#### 【0103】

従って、目標FC電圧Vfc tgt及びFC電圧Vfcを補機作動可能最低電圧Vaminに設定することにより、放熱量Hfcを大きくし、迅速に暖機をすることが可能となる。

#### 【0104】

図16には、第1～第6暖機モード（電圧固定・電流可変制御）に共通のフローチャートが示されている。ステップS41において、ECU24は、DC/DCコンバータ22の昇圧率を調整することにより、目標FC電圧Vfc tgtを所定の電位に固定する。すなわち、第1・第2暖機モードでは、目標FC電圧Vfc tgtを補機作動可能最低電圧Vaminに固定し、第3・第4暖機モードでは、目標FC電圧Vfc tgtをモータ駆動可能最低電圧Vmotmin1に固定し、第5・第6暖機モードでは、目標FC電圧Vfc tgtをモータ性能保証最低電圧Vmotmin2に固定する。

#### 【0105】

ステップS42において、ECU24は、目標FC電流Ifc tgtを算出する。すなわち、第1・第3・第5暖機モードでは、システム負荷Psyに相当する目標FC電流Ifc tgtを算出し、第2・第4・第6暖機モードでは、システム負荷Psyよりも低い負荷に相当する目標FC電流Ifc tgtを算出する。

#### 【0106】

ステップS43において、ECU24は、目標FC電流Ifc tgtに対応する目標酸素濃度Cotgtを算出する（図10及び図17参照）。なお、図17は、目標FC電流Ifc tgtと目標酸素濃度Cotgtとの関係の一例を示す。図17のような関係は、目標FC電圧Vfc tgtに応じて変化する。

#### 【0107】

ステップS44において、ECU24は、目標酸素濃度Cotgt（又は目標FC電流Ifc tgt）に応じて各部への指令値を算出及び送信する。ここで算出される指令値には、エアポンプ60の回転数（以下「エアポンプ回転数Nap」又は「回転数Nap」という。）、ウォータポンプ80の回転数（以下「ウォータポンプ回転数Nwp」又は「回転数Nwp」という。）、背圧弁64の開度（以下「背圧弁開度bap」又は「開度bap」という。）及び循環弁66の開度（以下「循環弁開度cap」又は「開度cap」という。）が含まれる。

#### 【0108】

すなわち、図18及び図19に示すように、目標酸素濃度Cotgtに応じて目標エアポンプ回転数Naptgt、目標ウォータポンプ回転数Nwptgt及び目標背圧弁開度baptgtが設定される。また、循環弁66の目標開度captgtは、初期値（例えは

10

20

30

40

50

、循環ガスがゼロとなる開度)に設定される。

【0109】

ステップS45において、ECU24は、FC40による発電が安定しているか否かを判定する。当該判定として、ECU24は、セル電圧モニタ42から入力される最低セル電圧が、平均セル電圧から所定電圧を減算した電圧よりも低い場合{最低セル電圧 < (平均セル電圧 - 所定電圧)}、FC40の発電が不安定であると判定する。なお、前記所定電圧は、例えば、実験値、シミュレーション値等を用いることができる。

【0110】

発電が安定している場合(S45: YES)、今回の処理を終える。発電が安定していない場合(S45: NO)、ステップS46において、ECU24は、流量センサ70を介して循環ガスの流量Qc[g/s]を監視しながら、循環弁66の開度cを大きくし、流量Qcを一段階増加する(図20参照)。なお、図20では、循環弁66を全開とした場合、流量Qcが4段階目の増加となり、最大流量となる場合を例示している。

10

【0111】

但し、循環弁66の開度cが増加すると、エアポンプ60に吸気される吸気ガスにおいて、循環ガスの割合が増加する。すなわち、吸気ガスについて、新規空気(車外から吸気される空気)と、循環ガスとの割合において、循環ガスの割合が増加するよう変化する。従って、全単セルへの酸素の分配能力が向上する。ここで、循環ガス(カソードオフガス)の酸素濃度Coは、新規空気の酸素濃度C0に対して低い。このため、循環弁66の開度cの制御前後において、エアポンプ60の回転数Nap及び背圧弁64の開度bpが同一である場合、カソード流路74を通流するガスの酸素濃度Coが低下することになる。

20

【0112】

そこで、ステップS46では、ステップS43で算出した目標酸素濃度Cotgtが維持されるように、循環ガスの流量Qcの増加に連動して、エアポンプ60の回転数Napの増加及び背圧弁64の開度bpの減少の少なくとも一方を実行することが好ましい。

【0113】

例えば、循環ガスの流量Qcを増加した場合、エアポンプ60の回転数Napを増加させ、新規空気の流量を増加することが好ましい。そして、このようにすれば、カソード流路74に向かうガス(新規空気と循環ガスとの混合ガス)全体の流量が増加するので、全単セルへの酸素の分配能力がさらに向上し、FC40の発電性能が回復し易くなる。

30

【0114】

このようにして、目標酸素濃度Cotgtを維持しつつ、循環ガスを新規空気に合流させて、カソード流路74を通流するガスの体積流量[L/s]が増加する。これにより、目標酸素濃度Cotgtが維持されつつ体積流量の増加したガスが、FC40内で複雑に形成されたカソード流路74全体に行き渡り易くなる。したがって、各単セルに前記ガスが同様に供給され易くなり、FC40の発電の不安定が解消され易くなる。また、MEA(膜電極接合体)の表面やカソード流路74を囲む壁面に付着する水滴(凝縮水等)も除去され易くなる。

【0115】

40

ステップS47において、ECU24は、流量センサ70を介して検出される循環ガスの流量Qcが上限値以上であるか否か判定する。判定基準となる上限値は、循環弁66の開度cが全開となる値に設定される。

【0116】

この場合において、循環弁開度cが同一であっても、エアポンプ60の回転数Napが増加すると、流量センサ70で検出される循環ガスの流量Qcが増加するので、前記上限値は、エアポンプ回転数Napに関連付けて、つまり、エアポンプ60の回転数Napが大きくなると、前記上限値が大きくなるように設定されることが好ましい。

【0117】

循環ガスの流量Qcが上限値以上でないと判定した場合(S47: NO)、ステップS

50

45 に戻る。循環ガスの流量  $Q_c$  が上限値以上であると判定した場合 (S47: YES) 、ステップ S48 に進む。

【0118】

ここで、ステップ S46、S47 では、流量センサ 70 が直接検出する循環ガスの流量  $Q_c$  に基づいて処理を実行したが、循環弁開度  $c$  に基づいて処理を実行してもよい。すなわち、ステップ S46 において、循環弁開度  $c$  を開方向に一段階 ( 例えは 30° ) にて増加する構成とし、ステップ S47 において、循環弁 66 が全開である場合 (S47: YES) 、ステップ S48 に進む構成としてもよい。

【0119】

また、この場合において、循環弁 66 の開度  $c$  と、循環ガスの温度と、図 21 のマップとにに基づいて、循環ガスの流量  $Q_c$  [ g / s ] を算出することもできる。図 21 に示すように、循環ガスの温度が高くなるにつれて、その密度が小さくなるので、流量  $Q_c$  [ g / s ] が小さくなる関係となっている。

【0120】

ステップ S48 において、ECU24 は、ステップ S45 と同様に、発電が安定しているか否かを判定する。発電が安定している場合 (S48: YES) 、今回の処理を終える。発電が安定していない場合 (S48: NO) 、ステップ S49 において、ECU24 は、目標酸素濃度  $C_{otgt}$  を 1 段増加させる (通常の濃度に近づける)。具体的には、エアポンプ 60 の回転数  $N_{ap}$  の増加及び背圧弁 64 の開度  $b_p$  の減少の少なくとも一方を 1 段階行う。

10

20

【0121】

ステップ S50 において、ECU24 は、目標酸素濃度  $C_{otgt}$  が通常の IV 特性における目標酸素濃度 (通常酸素濃度  $C_{onm1}$  ) 以下であるか否かを判定する。目標酸素濃度  $C_{otgt}$  が通常酸素濃度  $C_{onm1}$  以下である場合 (S50: YES) 、ステップ S48 に戻る。目標酸素濃度  $C_{otgt}$  が通常酸素濃度  $C_{onm1}$  以下でない場合 (S50: NO) 、ステップ S51 において、ECU24 は、FC ユニット 18 を停止する。すなわち、ECU24 は、FC40 への水素及び空気の供給を停止し、FC40 の発電を停止する。そして、ECU24 は、図示しない警告ランプを点灯させ、運転者に FC40 が異常であることを通知する。なお、ECU24 は、バッテリ 20 からモータ 14 に電力を供給し、FC 車両 10 の走行は継続させる。

30

【0122】

以上のような第 1 ~ 第 6 暖機モードによれば、セル電圧  $V_{cel1}$  を一定にした状態で、酸素濃度  $C_o$  (カソードストイキ比) を調整することにより、FC システム 12 を暖機しつつ、基本的にシステム負荷  $P_{sys}$  の全てを FC 電力  $P_{fc}$  によりまかうことが可能となる。特に、第 1 ~ 第 2 暖機モードでは、モータ駆動可能最低電圧  $V_{motmin1}$  よりも低い補機作動可能最低電圧  $V_{amin1}$  に目標 FC 電圧  $V_{fcgt}$  を設定するため、より速やかに暖機することが可能となる。

【0123】

[ 2 - 4 . FC 発電制御 ]

上記のように、FC 発電制御 (図 5 の S4) として、ECU24 は、FC スタック 40 の周辺機器、すなわち、エアポンプ 60、背圧弁 64、循環弁 66 及びウォータポンプ 80 を制御する。具体的には、ECU24 は、エネルギー管理 (図 5 の S3) で算出したこれらの機器の指令値 ( 例えは、図 16 の S44 ) を用いてこれらの機器を制御する。

40

【0124】

[ 2 - 5 . モータ 14 のトルク制御 ]

図 22 には、モータ 14 のトルク制御のフローチャートが示されている。ステップ S61 において、ECU24 は、回転数センサ 152 からモータ回転数  $N_m$  を読み込む。ステップ S62 において、ECU24 は、開度センサ 150 からアクセルペダル 154 の開度  $p$  を読み込む。

50

## 【0125】

ステップS63において、ECU24は、モータ回転数Nmと開度に基づいてモータ14の仮目標トルクTtgt\_p[N·m]を算出する。具体的には、図示しない記憶手段に回転数Nmと開度と仮目標トルクTtgt\_pを関連付けたマップを記憶しておき、当該マップと、回転数Nm及び開度とに基づいて仮目標トルクTtgt\_pを算出する。

## 【0126】

ステップS64において、ECU24は、FCシステム12からモータ14に供給可能な電力の限界値(限界供給電力Ps\_1im)[W]に等しいモータ14の限界出力(モータ限界出力Pm\_1im)[W]を算出する。具体的には、限界供給電力Ps\_1im及びモータ限界出力Pm\_1imは、FCスタック40からのFC電力Pfcとバッテリ20から供給可能な電力の限界値(限界出力Pbat\_1im)[W]との和から補機の消費電力Paを引いたものである( $Pm_1im = Ps_1im - Pfc + Pbat_1im - Pa$ )。

10

## 【0127】

ステップS65において、ECU24は、モータ14のトルク制限値Tlim[N·m]を算出する。具体的には、モータ限界出力Pm\_1imを車速Vで除したものをトルク制限値Tlimとする( $Tlim = Pm_1im / V$ )。

## 【0128】

一方、ステップS64において、ECU24は、モータ14が回生中であると判定した場合には、限界供給回生電力Ps\_reglimを算出する。限界供給回生電力Ps\_reglimは、バッテリ20に充電可能な電力の限界値(限界充電Pbat\_chglim)とFCスタック40からのFC電力Pfcとの和から補機の消費電力Paを引いたものである( $Ps_reglim = Pbat_chglim + Pfc - Pa$ )。回生中である場合、ステップS65において、ECU24は、モータ14の回生トルク制限値Treglim[N·m]を算出する。具体的には、限界供給回生電力Ps\_reglimを車速Vsで除したものをトルク制限値Tlimとする( $Tlim = Ps_reglim / Vs$ )。

20

## 【0129】

ステップS66において、ECU24は、目標トルクTtgt[N·m]を算出する。具体的には、ECU24は、仮目標トルクTtgt\_pに対してトルク制限値Tlimによる制限を加えたものを目標トルクTtgtとする。例えば、仮目標トルクTtgt\_pがトルク制限値Tlim以下である場合( $Ttgt_p < Tlim$ )、仮目標トルクTtgt\_pをそのまま目標トルクTtgtとする( $Ttgt = Ttgt_p$ )。一方、仮目標トルクTtgt\_pがトルク制限値Tlimを超える場合( $Ttgt_p > Tlim$ )、トルク制限値Tlimを目標トルクTtgtとする( $Ttgt = Tlim$ )。

30

## 【0130】

そして、算出した目標トルクTtgtを用いてモータ14を制御する。

## 【0131】

## 3. 各種制御の例

40

図23には、本実施形態に係る各種制御を用いた場合のタイムチャートの例が示されている。図示していないが、図23では、バッテリ20のSOCには余分がない状況が続くものとする。従って、第2・第4・第6暖機モードは選択されない(図11のS28:YES、図12のS31:YES、S34:YES参照)。

## 【0132】

時点t1では、既にFCユニット18の暖機が行われている最中であり、温度センサ86が検出した水温Twが閾値HTw以下であると共に(S21:YES)、FC発電可能電圧Vfcが補機作動可能最低電圧Vamin以上(S26:YES)且つモータ駆動可能最低電圧Vmotmin未満(S25:NO)となっている。このため、ECU24は、第1暖機モード(S29)を選択し、FC電圧Vfc(及び目標FC電圧Vfc

50

$t_{g,t}$  ) が補機作動可能最低電圧  $V_{a,m_i n}$  となるように DC / DC コンバータ 22 を制御する。

【 0 1 3 3 】

時点  $t_2$  から時点  $t_3$  までは、水温  $T_w$  が閾値  $T_{H,T_w}$  以下であると共に ( S 2 1 : Y E S ) 、 FC 発電可能電圧  $V_{f,c,p}$  がモータ駆動可能最低電圧  $V_{m,o,t,m_i n,1}$  以上 ( S 2 5 : Y E S ) 且つモータ性能保証最低電圧  $V_{m,o,t,m_i n,2}$  未満 ( S 2 4 : N O ) となる。そこで、 E C U 2 4 は、第 3 暖機モード ( S 3 2 ) を選択し、 FC 電圧  $V_{f,c}$  ( 及び目標 FC 電圧  $V_{f,c,t,g,t}$  ) がモータ駆動可能最低電圧  $V_{m,o,t,m_i n,1}$  となるように DC / DC コンバータ 22 を制御する。

【 0 1 3 4 】

時点  $t_3$  から時点  $t_4$  までは、水温  $T_w$  が閾値  $T_{H,T_w}$  以下であると共に ( S 2 1 : Y E S ) 、 FC 発電可能電圧  $V_{f,c,p}$  がモータ性能保証最低電圧  $V_{m,o,t,m_i n,2}$  以上となる ( S 2 4 : Y E S ) 。そこで、 E C U 2 4 は、第 5 暖機モード ( S 3 5 ) を選択し、 FC 電圧  $V_{f,c}$  ( 及び目標 FC 電圧  $V_{f,c,t,g,t}$  ) がモータ性能保証最低電圧  $V_{m,o,t,m_i n,2}$  となるように DC / DC コンバータ 22 を制御する。なお、 FC 発電可能電圧  $V_{f,c,p}$  がモータ性能保証最低電圧  $V_{m,o,t,m_i n,2}$  以上となる場合、 FC 電圧  $V_{f,c}$  ( 及び目標 FC 電圧  $V_{f,c,t,g,t}$  ) を FC 発電可能電圧  $V_{f,c,p}$  に一致させるように目標 FC 電圧  $V_{f,c,t,g,t}$  を設定してもよい。

【 0 1 3 5 】

時点  $t_4$  において、水温  $T_w$  が暖機判定閾値  $T_{H,T_w}$  を上回る ( S 2 1 : N O ) 。従って、 E C U 2 4 は、 FC 4 0 の暖機を終了し、通常モードを選択する ( S 2 2 ) 。

【 0 1 3 6 】

4. 本実施形態の効果

以上説明したように、本実施形態によれば、低温時における FC 4 0 の起動時間を短縮することが可能となる。

【 0 1 3 7 】

すなわち、本実施形態によれば、 FC 発電可能電圧  $V_{f,c,p}$  が補機作動可能最低電圧  $V_{a,m_i n}$  以上になると、 FC 電圧  $V_{f,c}$  ( 又は目標 FC 電圧  $V_{f,c,t,g,t}$  ) を補機作動可能最低電圧  $V_{a,m_i n}$  に設定して補機 ( エアポンプ 6 0 等 ) の作動を許可する。このため、補機の作動を許可しつつ、 FC 電圧  $V_{f,c}$  を補機作動可能最低電圧  $V_{a,m_i n}$  にした状態で FC 4 0 を暖機することができる。また、 FC 発電可能電圧  $V_{f,c,p}$  が補機作動可能最低電圧  $V_{a,m_i n}$  よりも高いモータ駆動可能最低電圧  $V_{m,o,t,m_i n,1}$  以上になると、 FC 電圧  $V_{f,c}$  をモータ駆動可能最低電圧  $V_{m,o,t,m_i n,1}$  に設定してモータ 1 4 の駆動を許可する。このため、モータ 1 4 の作動を許可しつつ、 FC 電圧  $V_{f,c}$  をモータ駆動可能最低電圧  $V_{m,o,t,m_i n,1}$  にした状態で FC 4 0 を暖機することができる。従って、 FC 発電出力可能電圧  $V_{f,c,p}$  がモータ駆動可能最低電圧  $V_{m,o,t,m_i n,1}$  以上になる前であっても、 FC 発電可能電圧  $V_{f,c,p}$  が補機作動可能最低電圧  $V_{a,m_i n}$  以上になれば、 FC 4 0 の暖機を行うことができる。よって、より早い段階で FC 4 0 の暖機を開始し、 FC 4 0 の起動時間を短縮することが可能となる。

【 0 1 3 8 】

また、一般に、燃料電池の出力電圧が低いほど、燃料電池の放熱量は多くなる ( 図 1 5 参照 ) 。従って、モータ駆動可能最低電圧  $V_{m,o,t,m_i n,1}$  よりも低い補機作動可能最低電圧  $V_{a,m_i n}$  で暖機をすることにより、 FC 4 0 の放熱量  $H_{f,c}$  を増大させることができとなり、この点からも FC 4 0 の起動時間を短縮することが可能となる。

【 0 1 3 9 】

本実施形態では、第 1 ~ 第 6 暖機モードの選択中は、システム負荷  $P_{s,y,s}$  に追従するように酸素濃度  $C_o$  を変化させる。これにより、 FC 電圧  $V_{f,c}$  を補機作動可能最低電圧  $V_{a,m_i n}$  、モータ駆動可能最低電圧  $V_{m,o,t,m_i n,1}$  又はモータ性能保証最低電圧  $V_{m,o,t,m_i n,2}$  に維持した状態で、 FC 電力  $P_{f,c}$  をシステム負荷  $P_{s,y,s}$  に追従することが可能となる。このため、補機又はモータ 1 4 に十分な電力を供給することが可能となり

10

20

30

40

50

、補機又はモータ14を良好に作動させることができる。

【0140】

5. 变形例

なお、この発明は、上記実施形態に限らず、この明細書の記載内容に基づき、種々の構成を採り得ることはもちろんである。例えば、以下の構成を採用することができる。

【0141】

[5-1. 搭載対象]

上記実施形態では、FCシステム12をFC車両10に搭載したが、これに限らず、FC40の暖機を要する別の対象に搭載してもよい。例えば、FCシステム12を船舶や航空機等の移動体に用いることもできる。或いは、FCシステム12を、ロボット、製造装置、家庭用電力システム又は家電製品に適用してもよい。

【0142】

[5-2. FCシステム12の構成]

上記実施形態では、FC40と高電圧バッテリ20を並列に配置し、バッテリ20の手前にDC/DCコンバータ22を配置する構成としたが、これに限らない。例えば、図24に示すように、FC40とバッテリ20を並列に配置し、昇圧式、降圧式又は昇降圧式のDC/DCコンバータ22をFC40の手前に配置する構成であってもよい。或いは、図25に示すように、FC40とバッテリ20を並列に配置し、FC40の手前に昇圧式、降圧式又は昇降圧式のDC/DCコンバータ22aを、バッテリ20の手前にDC/DCコンバータ22を配置する構成であってもよい。或いは、図26に示すように、FC40とバッテリ20を直列に配置し、バッテリ20とモータ14の間にDC/DCコンバータ22を配置する構成であってもよい。

【0143】

[5-3. ストイキ比]

上記実施形態では、ストトイキ比を調整する手段又は方法として、目標酸素濃度C<sub>o</sub>t<sub>g</sub>tを調整するものを用いたが、これに限らず、目標水素濃度を調整することも可能である。また、目標濃度の代わりに、目標流量又は目標濃度と目標流量の両方を用いることもできる。

【0144】

上記実施形態では、酸素を含む空気を供給するエアポンプ60を備える構成を例示したが、これに代えて又は加えて、水素を供給する水素ポンプを備える構成としてもよい。

【0145】

[5-4. 電力供給モード]

上記実施形態では、電力供給モードとして、通常モード及び第1～第6暖機モードを用いたが、少なくとも第1・第2暖機モードの一方さえ用いれば、本発明を適用可能である。また、通常モード及び第1～第6暖機モードに加え、更なる電力供給モードを設けることもできる。例えば、暖機を終了した後であっても、電圧固定・電流可変モードを実行してもよい。

【0146】

上記実施形態では、電力供給モードの選択に際し、ウォータポンプ80の水温T<sub>w</sub>からFC発電可能電圧V<sub>fcp</sub>を算出し、FC発電可能電圧V<sub>fcp</sub>と、補機作動可能最低電圧V<sub>amin</sub>、モータ駆動可能最低電圧V<sub>motmin1</sub>及びモータ性能保証最低電圧V<sub>motmin2</sub>とを比較した。しかしながら、FC40の温度(暖機状態)に基づいて電力供給モードを選択するものであれば、これに限らない。例えば、補機作動可能最低電圧V<sub>amin</sub>、モータ駆動可能最低電圧V<sub>motmin1</sub>及びモータ性能保証最低電圧V<sub>motmin2</sub>それぞれに対応する水温T<sub>w</sub>を、水温T<sub>w1</sub>、水温T<sub>w2</sub>及び水温T<sub>w3</sub>として設定し、水温T<sub>w</sub>と比較することで電力供給モードを選択することもできる。

【0147】

上記実施形態では、補機作動可能最低電圧V<sub>amin</sub>として、エアポンプ60の作動可能最低電圧を用いたが(図13)、補機作動可能最低電圧V<sub>amin</sub>は他の補機(特に、

10

20

30

40

50

F C 4 0 の発電に用いる補機 ) とすることも可能である。例えば、アノード側に水素ポンプを設ける場合、水素ポンプの作動可能最低電圧を用いてもよい。また、複数の補機の作動可能最低電圧を対象とする場合、個別に作動させる意味のある複数の補機 ( 例えば、エアポンプ 6 0 とエアコンディショナ 9 0 ) であれば、補機作動可能最低電圧  $V_{a m i n}$  を複数設定し、段階的に目標 F C 電圧  $V_{f c t g t}$  とすることもできる。或いは、複数の補機の作動可能最低電圧を対象とする場合、最も高い作動可能最低電圧を補機作動可能最低電圧  $V_{a m i n}$  とすることも可能である。

### 【 0 1 4 8 】

上記実施形態では、第 1 ~ 第 6 暖機モードにおいて酸素濃度  $C_o$  を制御するために、循環弁開度  $c$  、エアポンプ回転数  $N_{a p}$  及び背圧弁開度  $b_p$  を可変としたが、酸素濃度  $C_o$  を制御できるものであれば、これに限らない。例えば、エアポンプ回転数  $N_{a p}$  は一定とし、循環弁開度  $c$  を可変とすることもできる。これにより、エアポンプ 6 0 の出力音が一定となるため、当該出力音が可変となることにより乗員に与える違和感を防止することが可能となる。

10

### 【 符号の説明 】

#### 【 0 1 4 9 】

|                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| 1 0 ... 燃料電池車両           | 1 2 ... 燃料電池システム     |
| 1 4 ... 走行モータ ( 駆動力発生源 ) | 2 4 ... E C U        |
| 4 0 ... 燃料電池スタック         | 6 0 ... エアポンプ ( 補機 ) |
| 8 6 ... 温度センサ            |                      |

20

【 図 1 】

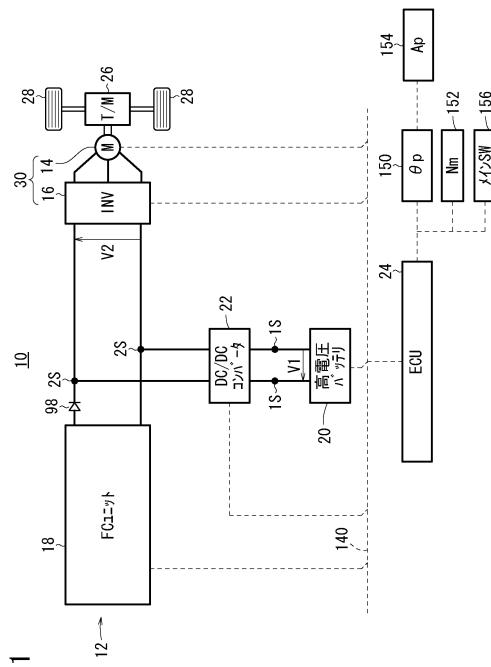


FIG. 1

【 図 2 】

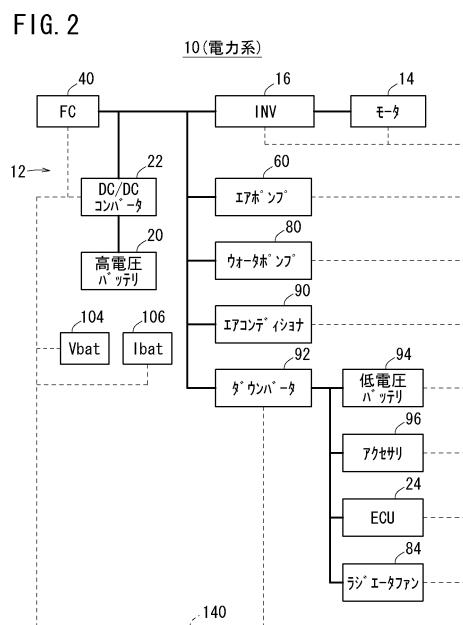
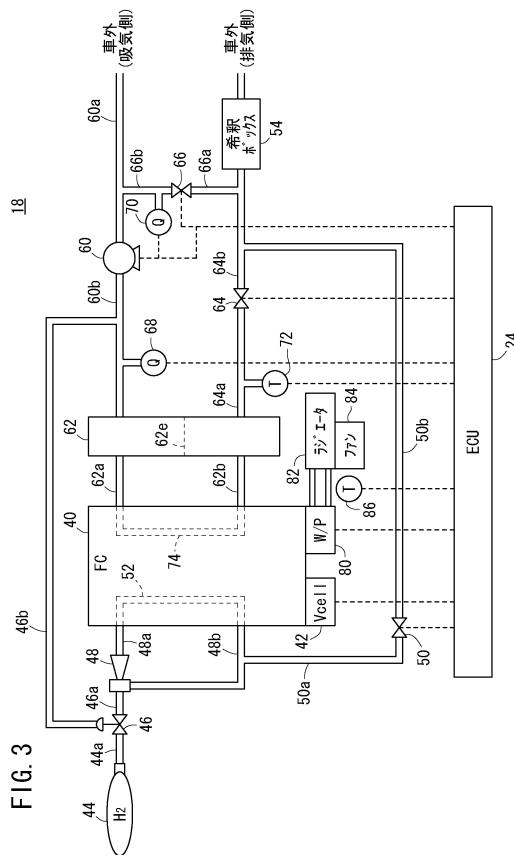


FIG. 2

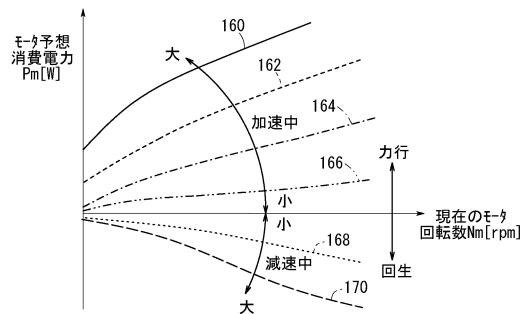
10 (電力系)

【図3】

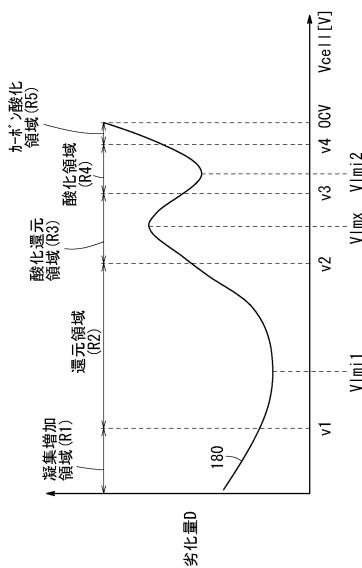


【図7】

FIG. 7

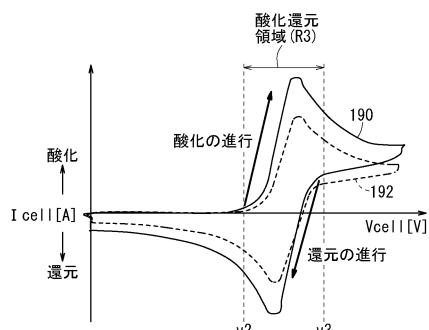


【図8】



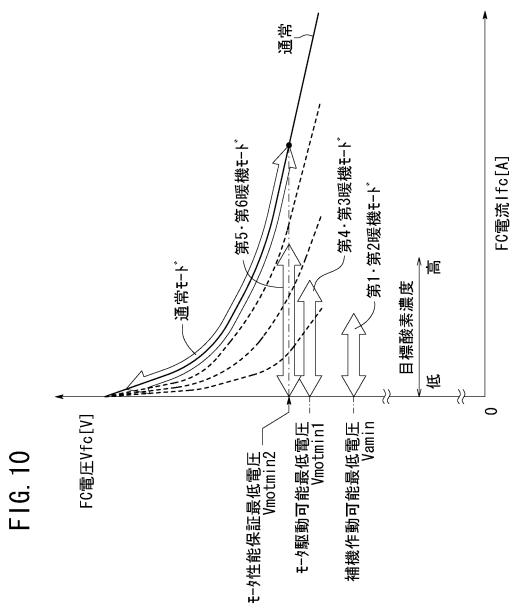
【図9】

FIG. 9

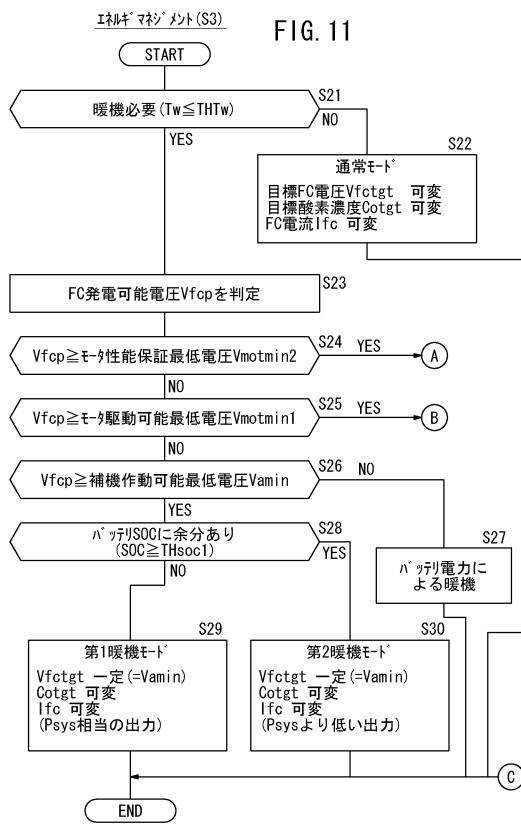


【図10】

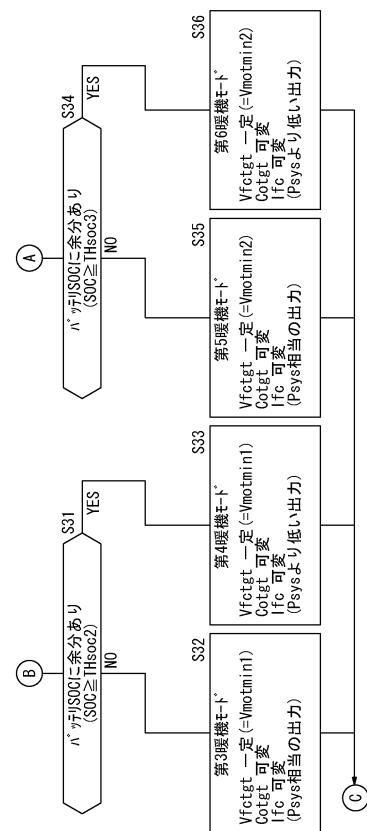
FIG. 8



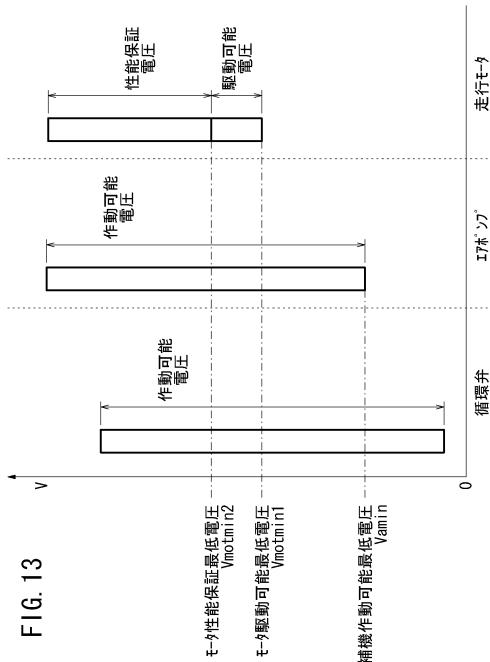
【図11】



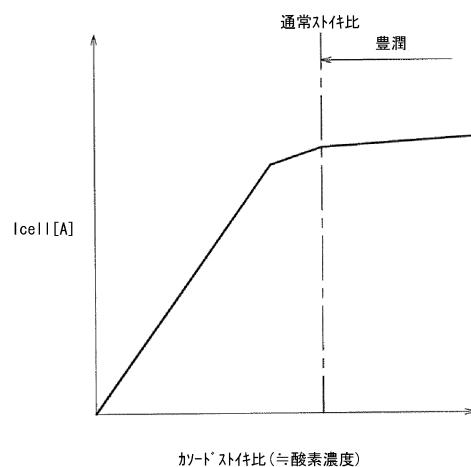
【図12】



【図13】

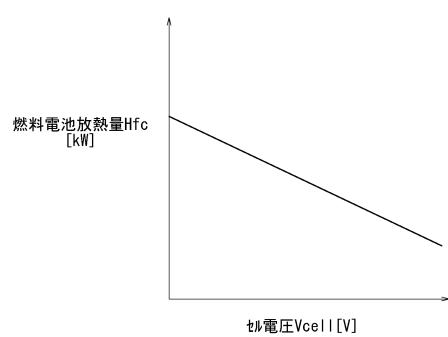


【図14】



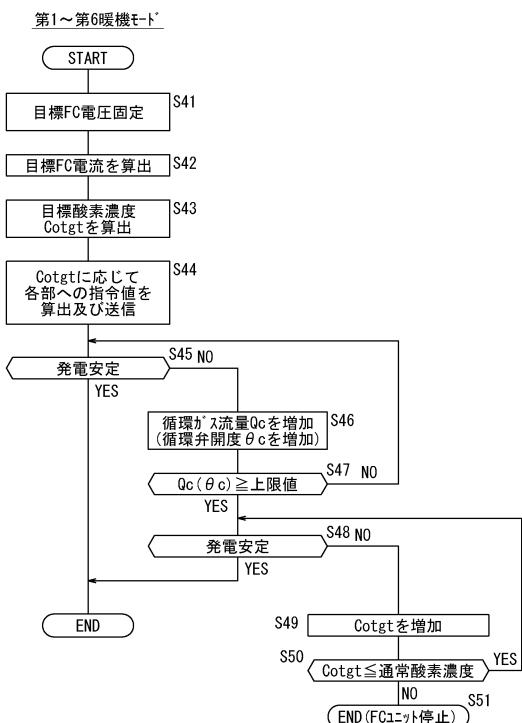
【図15】

FIG. 15



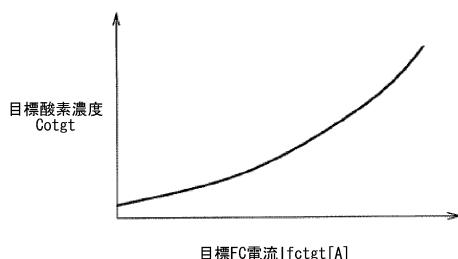
【図16】

FIG. 16



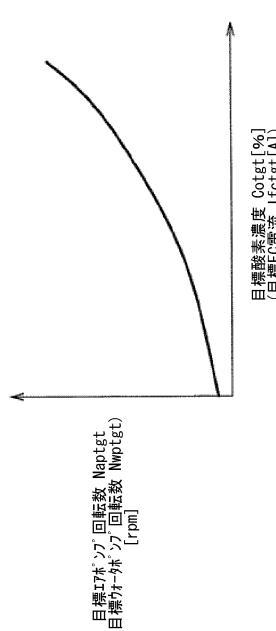
【図17】

FIG. 17



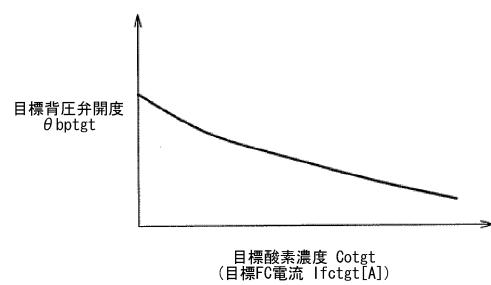
【図18】

FIG. 18



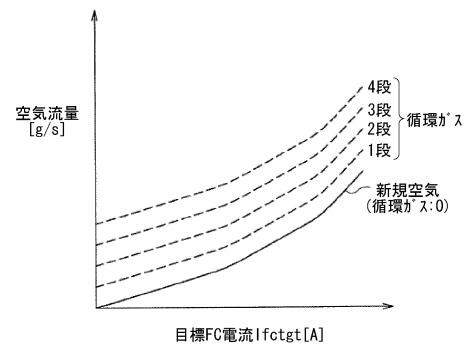
【図 19】

FIG. 19



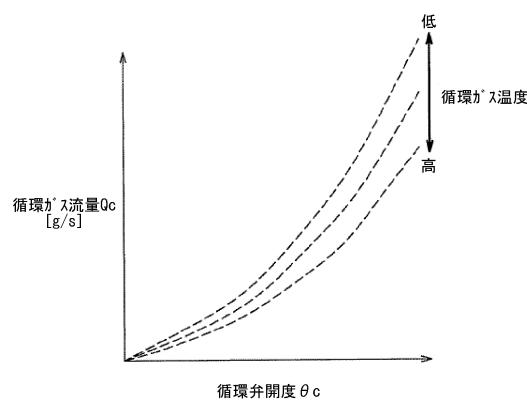
【図 20】

FIG. 20



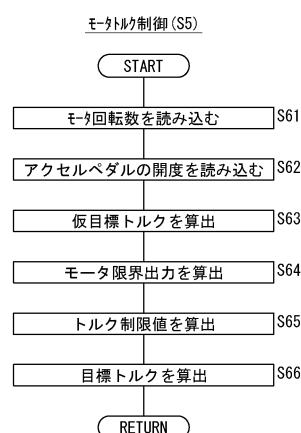
【図 21】

FIG. 21

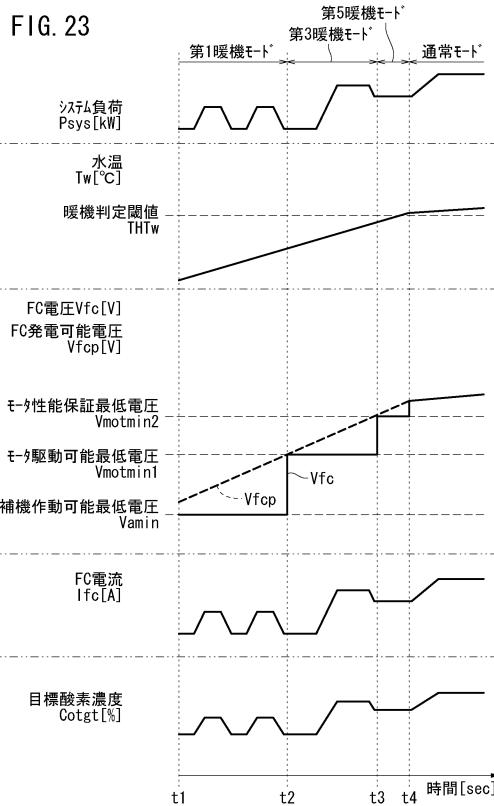


【図 22】

FIG. 22

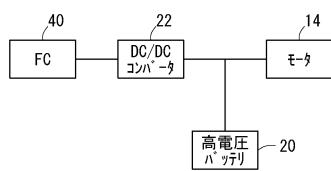


【図23】



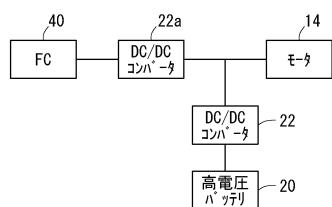
【図24】

FIG. 24



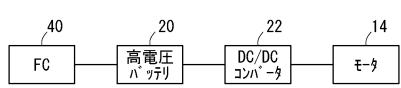
【図25】

FIG. 25



【図26】

FIG. 26



---

フロントページの続き

(72)発明者 数野 修一  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内  
(72)発明者 佐伯 韶  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内  
(72)発明者 白坂 卓也  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内  
(72)発明者 渡邊 和典  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

審査官 前原 義明

(56)参考文献 特開2009-238660 (JP, A)  
特開2004-178998 (JP, A)  
特開2009-032605 (JP, A)  
特開2004-296338 (JP, A)  
特開2007-188825 (JP, A)  
特開2007-188826 (JP, A)  
特開2009-200005 (JP, A)  
特開2009-070574 (JP, A)  
特開平09-231991 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 8/00 - 8/24  
B60L 11/18