

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6229642号  
(P6229642)

(45) 発行日 平成29年11月15日(2017.11.15)

(24) 登録日 平成29年10月27日(2017.10.27)

(51) Int.Cl.

F 1

HO 1 M	8/04858	(2016.01)
HO 1 M	8/04	(2016.01)
HO 1 M	8/04119	(2016.01)
HO 1 M	8/10	(2016.01)

HO 1 M	8/04
HO 1 M	8/04
HO 1 M	8/04
HO 1 M	8/10

P

J

K

請求項の数 12 (全 30 頁)

(21) 出願番号

特願2014-232251 (P2014-232251)

(22) 出願日

平成26年11月15日 (2014.11.15)

(65) 公開番号

特開2016-96087 (P2016-96087A)

(43) 公開日

平成28年5月26日 (2016.5.26)

審査請求日

平成28年2月12日 (2016.2.12)

(73) 特許権者 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(74) 代理人 110000028

特許業務法人明成国際特許事務所

(72) 発明者 山中 富夫

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 鈴木 博之

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 瀧 光博

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電源システムおよび燃料電池の電圧制御方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

負荷に対して電力を供給する燃料電池を備える電源システムにおける前記燃料電池の電圧制御方法であって、

前記負荷からの要求電力が予め定めた基準値を超える通常負荷状態のときには、前記要求電力の少なくとも一部を前記燃料電池から供給し、

前記要求電力が前記基準値以下となる低負荷状態のときには、前記通常負荷状態のときに前記燃料電池に供給する酸素量よりも少ない酸素量であって、前記燃料電池の電圧を予め設定した目標電圧にするために要する酸素量を、前記燃料電池に供給し、

前記要求電力が前記基準値以下となる第1の低負荷状態において、第1の目標電圧を前記目標電圧として設定して前記燃料電池に酸素を供給し、その後、前記要求電力が前記基準値を超える状態になって、前記第1の目標電圧を超える出力電圧にて前記燃料電池を発電させた後に、前記要求電力が前記基準値以下となる第2の低負荷状態となったときには、前記第1の目標電圧よりも高い第2の目標電圧を前記目標電圧として設定して、前記燃料電池に酸素を供給する

燃料電池の電圧制御方法。

## 【請求項2】

請求項1に記載の燃料電池の電圧制御方法であって、

前記第1の低負荷状態および前記第2の低負荷状態においては、

前記燃料電池と前記負荷との電気的な接続を遮断しつつ、前記燃料電池の開回路電圧

を前記目標電圧にするために要する酸素量を前記燃料電池に供給する非発電モードと、

前記燃料電池が前記負荷に対して電力供給する運転モードであって、前記燃料電池の出力電圧が前記目標電圧になるように制御しつつ、前記燃料電池の目標発電量として予め定めた目標発電量から理論的に導出される必要酸素量を前記燃料電池に供給する微小発電モードと、

のうちのいずれかの運転モードが選択される

燃料電池の電圧制御方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の燃料電池の電圧制御方法であって、

前記第 1 の低負荷状態においては、前記非発電モードを選択して前記燃料電池に対する酸素供給を行ない、前記第 2 の低負荷状態においては、前記微小発電モードを選択して前記燃料電池に対する酸素供給を行なう

燃料電池の電圧制御方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の燃料電池の電圧制御方法であって、

前記負荷は、主負荷と、前記主負荷よりも小さい副負荷とを含み、

前記通常負荷状態は、少なくとも前記主負荷から電力が要求される状態であり、

前記低負荷状態とは、前記主負荷から電力が要求されることなく、前記副負荷から電力が要求される状態である

燃料電池の電圧制御方法。

【請求項 5】

請求項 2 から 4 のうちのいずれか 1 項に記載の燃料電池の電圧制御方法であって、

前記微小発電モードを選択する状態が継続し、前記微小発電モードにおける前記燃料電池の発電により前記燃料電池内で生じた液水が前記燃料電池内に過剰に滞留する液水滞留条件に該当する場合には、前記微小発電モードとしての制御を一時的に中断し、前記微小発電モードにおいて前記燃料電池に供給される酸素量を超える過剰量の酸素を前記燃料電池に供給する

燃料電池の電圧制御方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の燃料電池の電圧制御方法であって、

前記電源システムは、前記負荷の一部として、前記微小発電モードが選択されているときに前記燃料電池が発電した電力の少なくとも一部を蓄電可能な蓄電部を備え、

前記電圧制御方法は、前記微小発電モードを選択する状態が継続し、前記微小発電モードにおける前記燃料電池の発電により前記燃料電池内で生じた液水が前記燃料電池内に過剰に滞留する液水滞留条件に該当する場合には、前記微小発電モードとしての制御を一時的に中断するのに先立って、前記燃料電池の前記目標発電量をより小さくして前記燃料電池を発電させる

燃料電池の電圧制御方法。

【請求項 7】

負荷に対して電力を供給する燃料電池を備える電源システムであって、

前記燃料電池のカソードに酸素を供給する酸素供給部と、

前記酸素供給部を駆動して、前記酸素供給部が前記カソードに供給する酸素量を調節する酸素量調節部と、

を備え、

前記酸素量調節部は、

前記負荷からの要求電力が予め定めた基準値を超える通常負荷状態のときには、前記要求電力の少なくとも一部を前記燃料電池から供給可能にする酸素量を前記カソードに供給するように、前記酸素供給部を駆動し、

前記要求電力が前記基準値以下となる低負荷状態のときには、前記通常負荷状態のときに前記燃料電池に供給する酸素量よりも少ない酸素量であって、前記燃料電池の電圧を

10

20

30

40

50

予め設定した目標電圧にするために要する酸素量を、前記カソードに供給するように、前記酸素供給部を駆動し、

前記要求電力が前記基準値以下となる第1の低負荷状態において、第1の目標電圧を前記目標電圧として設定して前記酸素供給部を駆動し、その後、前記要求電力が前記基準値を超える状態になって、前記第1の目標電圧を超える出力電圧にて前記燃料電池を発電させた後に、前記要求電力が前記基準値以下となる第2の低負荷状態となったときには、前記第1の目標電圧よりも高い第2の目標電圧を前記目標電圧として設定して前記酸素供給部を駆動する

電源システム。

【請求項8】

10

請求項7に記載の電源システムであって、さらに、

前記低負荷状態であるときの前記電源システムの運転モードとして、前記燃料電池が発電を停止する非発電モードと、前記燃料電池が前記負荷に対して電力供給する微小発電モードと、のうちのいずれか一方を選択する運転モード選択部と、

前記運転モード選択部が前記運転モードとして前記非発電モードを選択したときに、前記燃料電池と前記負荷との電気的な接続を遮断する負荷遮断部と、

前記運転モード選択部が前記運転モードとして前記微小発電モードを選択したときに、前記燃料電池の出力電圧を前記目標電圧に設定する出力電圧制御部と、

を備え、

前記酸素量調節部は、

20

前記運転モード選択部が前記運転モードとして前記非発電モードを選択したときには、前記燃料電池の開回路電圧を前記目標電圧にするために要する酸素量を前記燃料電池に供給するように前記酸素供給部を駆動し、

前記運転モード選択部が前記運転モードとして前記微小発電モードを選択したときには、前記燃料電池の目標発電量として予め定めた目標発電量から理論的に導出される必要酸素量を前記燃料電池に供給するように前記酸素供給部を駆動する

電源システム。

【請求項9】

30

請求項8に記載の電源システムであって、

前記運転モード選択部は、前記低負荷状態になって、前記運転モードとして、前記第1の目標電圧を前記目標電圧とする前記非発電モードを選択し、その後、前記要求電力が前記基準値を超える状態になって、前記第1の目標電圧を超える出力電圧にて前記燃料電池の発電が行なわれた後に、さらに前記低負荷状態になったときには、前記運転モードとして、前記第2の目標電圧を目標電圧とする前記微小発電モードを選択する

電源システム。

【請求項10】

40

請求項8または9に記載の電源システムであって、

前記運転モード選択部は、前記第2の目標電圧を目標電圧とする前記微小発電モードを選択しているときに、前記微小発電モードにおける前記燃料電池の発電により前記燃料電池内で生じた液水が前記燃料電池内に過剰に滞留する液水滞留条件に該当する場合には、前記微小発電モードの選択を一時的に解除し、

前記酸素量調節部は、前記運転モード選択部が前記微小発電モードを一時的に解除したときには、前記微小発電モードにおいて前記燃料電池に供給される酸素量を超える過剰量の酸素を前記燃料電池に供給するように前記酸素供給部を駆動する

電源システム。

【請求項11】

50

請求項10に記載の電源システムであって、さらに、

前記運転モード選択部によって前記微小発電モードが選択されているときに前記燃料電池が発電した電力の少なくとも一部を蓄電可能な蓄電部を備え、

前記酸素量調節部は、前記運転モード選択部が前記微小発電モードを選択する状態が継

続するときに、前記液水滞留条件に該当する場合には、前記運転モード選択部が前記微小発電モードの選択を一時的に解除するのに先立って、前記燃料電池の目標発電量を小さくして前記酸素供給部を駆動する

電源システム。

【請求項 1 2】

請求項 7 から 1 1 のうちのいずれか一項に記載の電源システムであって、

前記酸素供給部は、

前記カソードに接続する流路であって、該流路の一部が、前記燃料電池の内部で前記カソードに酸素を供給するカソード側流路を形成する酸素供給路と、

前記酸素供給路における前記カソード側流路よりも上流側の位置に対して酸素を導入する酸素導入部と、

前記酸素供給路から分岐する流路であって、前記酸素導入部から供給される酸素を、前記カソードを経由することなく導くバイパス流路と、

前記酸素供給路から前記バイパス流路が分岐する位置に設けられる弁であって、開弁状態によって、前記酸素供給路と前記バイパス流路とに分配される酸素の分配割合を変更可能な分流弁と、

前記酸素供給路に設けられ、前記カソードに供給される酸素量を変更可能な流量調整弁と、

を備え、

前記酸素量調節部は、前記酸素導入部が導入する酸素量、前記分流弁の開弁状態、および、前記流量調整弁の開度、から選択される少なくとも一つを変更することにより、前記カソードに供給する酸素量を調節する

電源システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、電源システム、および、燃料電池の電圧制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0 0 0 2】

燃料電池を備える電源システムにおいて、負荷からの要求電力（以下、負荷要求ともいう）に応じて電源システムから電力を取り出す際に、電源システムの稼働中であっても一時的に負荷要求が極めて小さくなる場合がある。燃料電池を備えるシステムにおいては、一般に、燃料電池の発電電力が非常に小さい場合にはシステム全体のエネルギー効率が低下するという性質を有している。そのため、従来は、電源システムに対する負荷要求が極めて小さいときに行なう制御の一つとして、燃料電池の発電を停止する制御が行なわれていた。そして、負荷に対しては、燃料電池と共に電源システムに搭載した2次電池により、要求された電力を出力していた。

【0 0 0 3】

燃料電池のアノード側流路内に水素が残留すると共にカソード側流路内に酸素が残留する状態で燃料電池の発電を停止すると、燃料電池は極めて高い開回路電圧（Open circuit voltage: OCV）を示す。燃料電池の開回路電圧が過剰に高くなると、燃料電池が備える電極（カソード）の電極電位が過剰に高くなり、カソード電極において触媒の溶出（劣化）が進行することにより、燃料電池の発電性能および耐久性が低下する。

【0 0 0 4】

また、燃料電池の発電停止後には、アノード側流路内に残留する水素が、燃料電池の電解質膜を介してカソード側流路に透過し、カソード上で酸化される反応が進行する。その結果、燃料電池の発電停止後しばらくすると、カソード側流路に残留する酸素が消費されることにより、開回路電圧が低下（カソード電位が低下）する。このような場合には、カソード触媒が還元されることにより、その後にカソード電位が再上昇したときには、カソード触媒の溶出がより起こり易くなる。そのため、負荷要求が極めて小さくなるときには

10

20

30

40

50

、上記した触媒の劣化を抑えるために、燃料電池の電圧（電極電位）を適切な範囲内に保つことが望まれる。

【0005】

負荷要求が極めて小さくなるときに、燃料電池の電圧を適切な範囲内に保つための方法として、負荷要求が極めて小さくなった後にも燃料電池において微小な発電を継続する方法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。微小な発電を継続する方法としては、例えば、燃料電池の出力電圧が低下して所定の範囲の下限値に達するまでは燃料電池に対する酸素の供給を停止し、出力電圧が上記下限値に低下した後は、出力電圧が上昇して上記所定の範囲の上限値に達するまで燃料電池に対する酸素の供給を行なう、という方法が提案されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2013-161571号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上記のように燃料電池に対する酸素の供給および停止を繰り返す制御を行なうと、燃料電池の出力電圧は、上記所定の範囲の下限値と上限値との間で変動を繰り返す。燃料電池においては、電極電位が高くなるほど、電極触媒が溶出し易くなると考えられる。また、電極電位が一旦低下した後に再上昇する際には、電極電位が低下する程度、および、その後に再上昇する程度が大きいほど、電極触媒が溶出しやすくなると考えられる。そのため、電極触媒の劣化を抑え、燃料電池の耐久性を向上させるためには、単に、電極が過剰に高電位になることおよび過剰に低電位になることを避けるだけでなく、燃料電池の電圧（電極電位）の変動を抑制することが望まれている。また、上記のように負荷要求が極めて小さい状態が継続される途中で、一時的に負荷要求が変動する場合も考えられる。このような場合であっても電圧変動を抑制することが望ましいが、一時的な負荷要求の変動を含めた制御については、従来、充分な検討がされていなかった。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

30

本発明は、上述の課題を解決するためになされたものであり、以下の形態として実現することが可能である。

【0009】

（1）本発明の一形態によれば、負荷に対して電力を供給する燃料電池を備える電源システムにおける前記燃料電池の電圧制御方法が提供される。この燃料電池の電圧制御方法は、前記負荷からの要求電力が予め定めた基準値を超える通常負荷状態のときには、前記要求電力の少なくとも一部を前記燃料電池から供給し；前記要求電力が前記基準値以下となる低負荷状態のときには、前記通常負荷状態のときに前記燃料電池に供給する酸素量よりも少ない酸素量であって、前記燃料電池の電圧を予め設定した目標電圧にするために要する酸素量を、前記燃料電池に供給する。そして、前記要求電力が前記基準値以下となる第1の低負荷状態において、第1の目標電圧を前記目標電圧として設定して前記燃料電池に酸素を供給し、その後、前記要求電力が前記基準値を超える状態になって、前記第1の目標電圧を超える出力電圧にて前記燃料電池を発電させた後に、前記要求電力が前記基準値以下となる第2の低負荷状態となったときには、前記第1の目標電圧よりも高い第2の目標電圧を前記目標電圧として設定して、前記燃料電池に酸素を供給する。

40

【0010】

この形態の燃料電池の電圧制御方法によれば、第1の低負荷状態のときに第1の目標電圧を目標電圧に設定して燃料電池に酸素を供給し、その後、第1の目標電圧を超える出力電圧にて燃料電池を発電させた後に、第2の低負荷状態になったときには、第1の目標電圧よりも低い第2の目標電圧を目標電圧として設定する。そのため、燃料電池の電極電位

50

の変動を抑制し、電極触媒の溶出を抑え、燃料電池の耐久性を高めることができる。

【0011】

(2) 上記形態の燃料電池の電圧制御方法において、前記第1の低負荷状態および前記第2の低負荷状態においては；前記燃料電池と前記負荷との電気的な接続を遮断しつつ、前記燃料電池の開回路電圧を前記目標電圧にするために要する酸素量を前記燃料電池に供給する非発電モードと；前記燃料電池が前記負荷に対して電力供給する運転モードであって、前記燃料電池の出力電圧が前記目標電圧になるように制御しつつ、前記燃料電池の目標発電量として予め定めた目標発電量から理論的に導出される必要酸素量を前記燃料電池に供給する微小発電モードと；のうちのいずれかの運転モードが選択されることとしてもよい。

10

この形態の燃料電池の電圧制御方法によれば、負荷からの要求電力が予め定めた基準値以下となる低負荷状態のときには、燃料電池の出力電圧を望ましい範囲に保ちつつ、低負荷状態における過剰な発電を抑えることができる。

【0012】

(3) 上記形態の燃料電池の電圧制御方法において、前記第1の低負荷状態においては、前記非発電モードを選択して前記燃料電池に対する酸素供給を行ない、前記第2の低負荷状態においては、前記微小発電モードを選択して前記燃料電池に対する酸素供給を行なうこととしてもよい。

この形態の燃料電池の電圧制御方法によれば、低負荷状態になったときに微小発電モードに先立って非発電モードを選択することで、低負荷状態になったときに燃料電池からの過剰な発電を抑え、電源システムのエネルギー効率を高めることができる、また、上記形態の燃料電池の電圧制御方法では、非発電モードを選択した後に、要求電力が基準値を超える状態になって燃料電池の発電を行ない、その後、再び低負荷状態になったときには、微小発電モードを選択する。そのため、低負荷状態が続く場合であっても、電源システムを備える装置内で要求される負荷要求の少なくとも一部を、燃料電池によって賄うことができる。また、例えば電源システムがさらに蓄電部（燃料電池が発電した電力の少なくとも一部を蓄電可能であって負荷に対して電力供給可能な蓄電部）を備える場合には、再び低負荷状態になった後に蓄電部の残存容量が低下することを抑制できる。その結果、再び低負荷状態になった後の蓄電部の充電頻度を抑えることができる。

20

【0013】

(4) 上記形態の燃料電池の電圧制御方法において、前記負荷は、主負荷と、前記主負荷よりも小さい副負荷とを含み；前記通常負荷状態は、少なくとも前記主負荷から電力が要求される状態であり；前記低負荷状態とは、前記主負荷から電力が要求されることなく、前記副負荷から電力が要求される状態であることとしてもよい。

30

この形態の燃料電池の電圧制御方法によれば、主負荷から電力が要求される状態から低負荷状態になったときには、微小発電モードに先立って非発電モードを選択することができるため、システム全体のエネルギー効率を向上させることができる。

【0014】

(5) 上記形態の燃料電池の電圧制御方法において、前記微小発電モードを選択する状態が継続し、前記微小発電モードにおける前記燃料電池の発電により前記燃料電池内で生じた液水が前記燃料電池内に過剰に滞留する液水滞留条件に該当する場合には、前記微小発電モードとしての制御を一時的に中断し、前記微小発電モードにおいて前記燃料電池に供給される酸素量を超える過剰量の酸素を前記燃料電池に供給することとしてもよい。

40

この形態の燃料電池の電圧制御方法によれば、微小発電モードを選択する状態が継続する場合であっても、燃料電池内から液水を除去して、燃料電池内に滞留する液水量が過剰になることを抑制できる。

【0015】

(6) 上記形態の燃料電池の電圧制御方法において、前記電源システムは、前記負荷の一部として、前記微小発電モードが選択されているときに前記燃料電池が発電した電力の少なくとも一部を蓄電可能な蓄電部を備え；前記電圧制御方法は、前記微小発電モードを選

50

択する状態が継続し、前記微小発電モードにおける前記燃料電池の発電により前記燃料電池内で生じた液水が前記燃料電池内に過剰に滞留する液水滞留条件に該当する場合には、前記微小発電モードとしての制御を一時的に中断するのに先立って、前記燃料電池の前記目標発電量をより小さくして前記燃料電池を発電させることとしてもよい。

この形態の燃料電池の電圧制御方法によれば、燃料電池の目標発電量を一時的に小さくすることにより蓄電器の残存容量を低下させることができる。そのため、その後に、微小発電モードにおいて燃料電池に供給される酸素量を超える過剰量の酸素を燃料電池に供給することにより燃料電池の発電量が一時的に増加しても、増加した発電量を蓄電部に支障無く充電することが可能になる。

## 【0016】

10

(7) 本発明の他の形態によれば、負荷に対して電力を供給する燃料電池を備える電源システムが提供される。電源システムは、前記燃料電池のカソードに酸素を供給する酸素供給部と、前記酸素供給部を駆動して、前記酸素供給部が前記カソードに供給する酸素量を調節する酸素量調節部と、を備える。前記酸素量調節部は、前記負荷からの要求電力が予め定めた基準値を超える通常負荷状態のときには、前記要求電力の少なくとも一部を前記燃料電池から供給可能にする酸素量を前記カソードに供給するように、前記酸素供給部を駆動し；前記要求電力が前記基準値以下となる低負荷状態のときには、前記通常負荷状態のときに前記燃料電池に供給する酸素量よりも少ない酸素量であって、前記燃料電池の電圧を予め設定した目標電圧にするために要する酸素量を、前記カソードに供給するように、前記酸素供給部を駆動し；前記要求電力が前記基準値以下となる第1の低負荷状態において、第1の目標電圧を前記目標電圧として設定して前記酸素供給部を駆動し、その後、前記要求電力が前記基準値を超える状態になって、前記第1の目標電圧を超える出力電圧にて前記燃料電池を発電させた後に、前記要求電力が前記基準値以下となる第2の低負荷状態となったときには、前記第1の目標電圧よりも高い第2の目標電圧を前記目標電圧として設定して前記酸素供給部を駆動する。

20

## 【0017】

この形態の電源システムによれば、第1の低負荷状態のときに第1の目標電圧を目標電圧に設定して酸素供給部を駆動し、その後、第1の目標電圧を超える出力電圧にて燃料電池を発電させた後に、第2の低負荷状態になったときには、第1の目標電圧よりも高い第2の目標電圧を目標電圧として酸素供給部を駆動するため、燃料電池の電極電位の変動を抑制し、電極触媒の溶出を抑え、燃料電池の耐久性を高めることができる。

30

## 【0018】

本発明は、上記以外の種々の形態で実現可能であり、例えば、電源システムを駆動用電源として搭載する移動体、燃料電池を備える電源システムにおける燃料電池の高電位回避制御方法、既述した電圧制御方法または高電位回避制御方法を実現するコンピュータプログラム、そのコンピュータプログラムを記録した一時的でない記録媒体等の形態で実現することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0019】

40

【図1】燃料電池車両の概略構成を表わすブロック図である。

【図2】燃料電池における出力電流と、出力電圧あるいは出力電力との関係を模式的に示す説明図である。

【図3】供給酸素量と燃料電池の開回路電圧との関係を模式的に示す説明図である。

【図4】過剰量の水素を供給しつつ酸素供給量を変更したときの、燃料電池のI-V特性を示す説明図である。

【図5】微小発電モード選択時に取り得る動作点を、通常運転モードのI-V特性に重ねて示す説明図である。

【図6】非発電間欠運転制御処理ルーチンを表わすフローチャートである。

【図7】微小発電間欠運転制御処理ルーチンを表わすフローチャートである。

【図8】間欠運転モード設定処理ルーチンを表わすフローチャートである。

50

【図9】各問題を生じさせないために許容できる水分量を表わす説明図である。

【図10】カソード掃気制御処理ルーチンを表わすフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0020】

A. 電源システムの全体構成：

図1は、本発明の第1の実施形態としての燃料電池車両20の概略構成を表わすプロック図である。燃料電池車両20は、車体22に、電源システム30を搭載する。電源システム30と、燃料電池車両20の駆動用のモータ170との間は、配線178によって接続されており、配線178を介して、電源システム30とモータ170との間で電力がやり取りされる。

10

【0021】

電源システム30は、燃料電池100と、水素タンク110を含む水素ガス供給部120と、コンプレッサ130を含む空気供給部140と、2次電池172と、DC/DCコンバータ104と、DC/DCコンバータ174と、制御部200と、を備える。なお、電源システム30は、燃料電池100の温度を所定範囲に保つために燃料電池を冷却する冷媒を燃料電池内に流通させる図示しない冷媒循環部を、さらに備えている。電源システム30では、燃料電池100および2次電池172の各々が単独で、あるいは、燃料電池100および2次電池172の双方から同時に、モータ170を含む負荷に対して電力を供給可能となっている。

【0022】

20

燃料電池100は、単セルが複数積層されたスタック構成を有している。本実施形態の燃料電池100は、固体高分子形燃料電池である。燃料電池100を構成する各单セルでは、電解質膜を間に介して、アノード側に水素が流れる流路（以後、アノード側流路とも呼ぶ）が形成され、カソード側に酸素が流れる流路（以後、カソード側流路とも呼ぶ）が形成されている。燃料電池100は、DC/DCコンバータ104および配線178を介して、モータ170を含む負荷に接続されている。燃料電池100の電圧は、電圧センサ102によって検出される。また、燃料電池100の出力電流は、配線178に設けられた電流センサによって検出される。電圧センサ102および電流センサの検出信号は、制御部200に出力される。

【0023】

30

DC/DCコンバータ104は、制御部200の制御信号を受けて、燃料電池100の出力状態を変更する機能を有している。具体的には、DC/DCコンバータ104は、燃料電池100が発電する際の出力電圧を設定する機能を有する。また、DC/DCコンバータ104は、燃料電池100が発電した電力を負荷に供給する際に、出力電圧を所望の電圧に昇圧する機能を有する。また、DC/DCコンバータ104は、ダイオードを備えている。DC/DCコンバータ104にダイオードを設けることにより、燃料電池100からの出力電流が所定値以下になったときには、燃料電池100と負荷との間の電気的な接続が遮断される。本実施形態では、DC/DCコンバータ104が備えるダイオードが、課題を解決するための手段における「負荷遮断部」に相当する。

【0024】

40

水素ガス供給部120が備える水素タンク110は、例えば、高圧の水素ガスを貯蔵する水素ボンベ、あるいは、水素吸蔵合金を内部に備え、水素吸蔵合金に水素を吸蔵させることによって水素を貯蔵するタンクとすることができる。水素ガス供給部120は、水素タンク110から燃料電池100に到る水素供給流路121と、未消費の水素ガス（アノードオフガス）を水素供給流路121に循環させる循環流路122と、アノードオフガスを大気放出するための水素放出流路123と、を備える。水素ガス供給部120において、水素タンク110に貯蔵された水素ガスは、水素供給流路121の開閉バルブ124の流路開閉と、減圧バルブ125での減圧を経て、減圧バルブ125の下流の水素供給機器126（例えば、インジェクタ）から、燃料電池100のアノード側流路に供給される。循環流路122を循環する水素の流速は、循環ポンプ127によって調節される。水素供

50

給機器 126 および循環ポンプ 127 の駆動量は、圧力センサ 128 が検出した循環水素の圧力を参照しつつ、負荷要求に応じて制御部 200 によって調節される。

【0025】

なお、循環流路 122 を流れる水素ガスの一部は、循環流路 122 から分岐した水素放出流路 123 の開閉バルブ 129 の開閉調整を経て、所定のタイミングで大気放出される。これにより、循環流路 122 内を循環する水素ガス中の水素以外の不純物（水蒸気や窒素など）を流路外に排出することができ、燃料電池 100 に供給される水素ガス中の不純物濃度の上昇を抑制することができる。上記した開閉バルブ 124 の開閉のタイミングは、制御部 200 によって調節される。

【0026】

空気供給部 140 は、コンプレッサ 130 の他に、第 1 の空気流路 141、第 2 の空気流路 145、第 3 の空気流路 146、分流弁 144、空気放出流路 142、背圧弁 143、および流量センサ 147 を備える。第 1 の空気流路 141 は、コンプレッサ 130 が取り込んだ空気の全量が流れる流路である。第 2 の空気流路 145 および第 3 の空気流路 146 は、第 1 の空気流路 141 から分岐して設けられている。分流弁 144 は、第 1 の空気流路 141 が第 2 の空気流路 145 および第 3 の空気流路 146 に分岐する部位に設けられており、この分流弁 144 の開弁状態を変更することにより、第 1 の空気流路 141 から第 2 の空気流路 145 または第 3 の空気流路 146 へと流れる空気の分配割合を変更可能となっている。第 2 の空気流路 145 の一部は、燃料電池 100 内においてカソード側流路を形成している。第 3 の空気流路 146 は、燃料電池 100 を経由することなく空気を導くバイパス流路である。第 2 の空気流路 145 と第 3 の空気流路 146 とは合流して、空気放出流路 142 となる。背圧弁 143 は、第 2 の空気流路 145 において、カソード側流路よりも下流側であって、第 3 の空気流路 146 との合流箇所より上流側に設けられた絞り弁である。背圧弁 143 の開度を調節することにより、燃料電池 100 におけるカソード側流路の背圧を変更することができる。空気放出流路 142 は、第 3 の空気流路 146 を通過した空気と共に、第 2 の空気流路 145 を通過した空気（カソードオフガス）を大気放出するための流路である。空気放出流路 142 には、既述した水素放出流路 123 が接続されており、水素放出流路 123 を介して放出される水素は、大気放出に先立って、空気放出流路 142 を流れる空気によって希釈される。流量センサ 147 は、第 1 の空気流路 141 に設けられて、第 1 の空気流路 141 を介して取り込まれる空気の総流量を検出する。

【0027】

空気供給部 140 において、コンプレッサ 130 の駆動量、分流弁 144 の開弁状態、および、背圧弁 143 の開度から選択される少なくとも 1 つの条件を変更することにより、燃料電池 100 のカソード側流路に供給される空気の流量（酸素流量）を調節することができる。本実施形態では、背圧弁 143 は、図示しないステッピングモータを備えており、ステッピングモータのステップ数を制御することにより、背圧弁 143 のバルブ開度を、高い精度にて任意の開度に調節可能となっている。コンプレッサ 130 の駆動量、分流弁 144 の開弁状態、および、背圧弁 143 の開度は、制御部 200 によって調節される。なお、空気供給部 140 は、例えば第 1 の空気流路 141 において、燃料電池 100 に供給するための空気を加湿する加湿装置を備えることとしてもよい。

【0028】

なお、本実施形態では、空気供給部 140 が、課題を解決するための手段における「酸素供給部」に相当する。また、本実施形態では、第 1 の空気流路 141 および第 2 の空気流路 145 が、課題を解決するための手段における「酸素供給路」に相当する。また、コンプレッサ 130 が、課題を解決するための手段における「酸素導入部」に相当し、第 3 の空気流路 146 が、課題を解決するための手段における「バイパス流路」に相当する。また、背圧弁 143 が、課題を解決するための手段における「流量調整弁」に相当する。

【0029】

2 次電池 172 は、DC / DC コンバータ 174 を介して上記配線 178 に接続してお

10

20

30

40

50

り、DC/DCコンバータ174とDC/DCコンバータ104とは、上記配線178に対して並列に接続されている。2次電池172としては、例えば、鉛蓄電池や、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池などを採用することができる。2次電池172には、2次電池172の残存容量(SOC)を検出するための図示しない残存容量モニタが併設されており、検出された残存容量は制御部200に出力される。残存容量モニタは、2次電池172における充電・放電の電流値と時間とを積算するSOCメータとして構成することができる。あるいは、残存容量モニタは、SOCメータの代わりに、2次電池172の電圧を検出する電圧センサによって構成することとしてもよい。本実施形態では、2次電池172が、課題を解決するための手段における「蓄電部」に相当する。

## 【0030】

10

DC/DCコンバータ174は、2次電池172の充・放電を制御する充放電制御機能を有しており、制御部200の制御信号を受けて2次電池172の充・放電を制御する。この他、DC/DCコンバータ174は、出力側の目標電圧を制御部200の制御下で設定することにより、2次電池172の蓄電電力の引出とモータ170への電圧印加とを行い、電力引出状態とモータ170に掛かる電圧レベルを可変に調整する。なお、DC/DCコンバータ174は、2次電池172において充放電を行なう必要のないときには、2次電池172と配線178との接続を切断する。

## 【0031】

制御部200は、論理演算を実行するCPUやROM、RAM等を備えたいわゆるマイクロコンピュータで構成される。制御部200は、水素ガス供給部120や空気供給部140が備える既述したセンサの他、アクセル開度センサ180、シフトポジションセンサ、車速センサ、および外気温センサ等、種々のセンサから検出信号を取得して、燃料電池車両20に係る種々の制御を行なう。例えば、制御部200は、アクセル開度センサ180の検出信号等に基づいて負荷要求の大きさを求め、負荷要求に応じた電力が燃料電池100と2次電池172との少なくとも一方から得られるように、電源システム30の各部に駆動信号を出力する。具体的には、燃料電池100から電力を得る場合には、所望の電力が燃料電池100から得られるように、水素ガス供給部120や空気供給部140からのガス供給量を制御する。また、制御部200は、燃料電池の出力電圧が目標電圧になるように、あるいは、所望の電力がモータ170に供給されるように、DC/DCコンバータ104、174を制御する。本実施形態では、制御部200は、課題を解決するための手段における「酸素量調節部」、「運転モード選択部」、および「出力電圧制御部」として機能する。なお、制御部200は、さらにタイマを備えており、種々の信号を入力したり、種々の処理を実行してからの経過時間を計測可能となっている。

20

## 【0032】

30

## B. 電源システムの運転モード：

本実施形態の燃料電池車両20では、電源システム30の稼働中に、通常運転モードと間欠運転モードとを含む複数の運転モードが切り換えられる。通常運転モードとは、電源システム30に対する負荷要求が、予め設定した基準値を超える場合に選択される運転モードであって、モータ170の要求電力を含む負荷要求の少なくとも一部を、燃料電池100が発電する電力により賄う運転モードである。間欠運転モードとは、電源システム30に対する負荷要求が、予め設定した基準値以下のときに選択される運転モードである。本実施形態では、間欠運転モードは、燃料電池100の発電を停止する非発電モードと、燃料電池100が微小な発電を行なう微小発電運転モードとを含む。

40

## 【0033】

ここで、電源システム30から電力供給を受ける負荷としては、燃料電池車両20を駆動するモータ170に加えて、車両補機および燃料電池補機が含まれる。したがって、本実施形態の電源システム30において、負荷要求とは、モータ170の要求電力と、車両補機の要求電力と、燃料電池補機の要求電力とを含む。車両補機には、例えば、空調設備(エアコン)、照明装置、ハザードランプ、および方向指示器等が含まれる。燃料電池補機には、例えば、コンプレッサ130、循環ポンプ127、分流弁144や空気放出流路

50

142 や背圧弁 143 等の各種バルブ、既述した冷媒を循環させるための冷媒ポンプ、および、冷媒を冷却するためのラジエーターファンが含まれる。また、2次電池 172 の残存容量 (SOC) が低下した時には、2次電池 172 も負荷の一部となり得る。本実施形態では、上記した各負荷の要求電力の総量として、負荷要求を求める、この負荷要求が基準値以下か否かに基づいて、通常運転モードと間欠運転モードとの間の切り替えを行なっている。

#### 【0034】

(B-1) 通常運転モード：

図2は、燃料電池100における出力電流と、出力電圧あるいは出力電力との関係を模式的に示す説明図である。以下に、通常運転モードの選択時の制御を説明する。

10

#### 【0035】

本実施形態では、通常運転モードにおける燃料電池100の発電量は、燃料電池100の出力電圧を定めることにより制御される。図2に示す出力電流と出力電力との関係から分かるように、燃料電池100においては、出力すべき電力  $P_{FC}$  が定まれば、そのときの燃料電池100の出力電流の大きさ  $I_{FC}$  が定まる。そして、図2に示す電流-電圧特性 (IV特性) から分かるように、燃料電池100の出力電流  $I_{FC}$  が定まれば、そのときの燃料電池100の出力電圧  $V_{FC}$  が定まる。通常運転モードが選択されているときには、制御部200が、DC/DCコンバータ174に対して、このようにして求めた出力電圧  $V_{FC}$  を目標電圧として指令することによって、燃料電池100の発電量が所望量となるように制御する。なお、通常運転モードが選択されるときには、燃料電池100に供給される酸素量および水素量がいずれも、燃料電池100から所望の電力を得るために理論的に必要となる量を超える量(過剰量)となるように制御される。

20

#### 【0036】

(B-2) 非発電モード：

以下に、間欠運転モードのうちの非発電モードについて説明する。非発電モードを選択して燃料電池100の発電を停止する際には、燃料電池100の出力電流は0となる。燃料電池100が発電状態から停止状態になるとき、すなわち、発電のために十分な水素と酸素が燃料電池100に供給された状態で、燃料電池100と負荷との接続を遮断して出力電流を0にするときには、燃料電池100は、図2に示すように極めて高い開回路電圧 (OCV) を示す。このことは、燃料電池100のカソードの電極電位が非常に高くなることを示す。燃料電池100の電極電位が高くなると、電極が備える白金などの触媒金属が溶出して、燃料電池100の性能が低下することが知られている。そのため、燃料電池100の性能低下を抑えるためには、燃料電池100において電極電位の過剰な上昇を抑えることが望ましい。本実施形態では、非発電モード選択時には、燃料電池100の発電停止中にカソード側流路に供給する酸素量を制御することによって、カソードの電極電位を所望の範囲に抑えている。

30

#### 【0037】

図3は、燃料電池100の発電停止中に、アノード側流路には、通常運転モードの発電を行なうために十分量の水素が供給される状態で、カソード側流路に供給する酸素量を変更したときの、供給酸素量と燃料電池100の開回路電圧 (OCV) との関係を模式的に示す説明図である。カソード側流路に供給される酸素量が極めて少ないとには、供給酸素量が変化してもOCVは極めて低いレベルであまり変化しない状態になる。このような供給酸素量の範囲を、図3では、酸素欠乏域Aとして、Aを付した矢印にて示している。供給酸素量をさらに増加させると、供給酸素量の増加に伴ってOCVが急激に上昇するようになる。このような供給酸素量の範囲を、図3では、当量比1相当域Bとして、Bを付した矢印にて示している。供給酸素量をさらに増加させると、供給酸素量が変化してもOCVは極めて高いレベルであまり変化しない状態になる。このような供給酸素量の範囲を、図3では、酸素過剰域Cとして、Cを付した矢印にて示している。本実施形態では、非発電モード選択時には、OCVが、当量比1相当域B内の所定の電圧を示すように、供給酸素量を制御している。すなわち、本実施形態では、非発電モード選択時に、OCVの目

40

50

標電圧として、当量比 1 相当域 B 内の特定の電圧が予め設定されており、燃料電池 100 の開回路電圧が上記目標電圧となるように、燃料電池 100 に供給する酸素量を調節している。

【 0038 】

既述したように、本実施形態の空気供給部 140 では、燃料電池 100 のカソード側流路に供給される空気量（酸素量）は、コンプレッサ 130 の駆動量と、分流弁 144 の開弁状態と、背圧弁 143 の開度と、によって定まる。本実施形態では、非発電モード選択時には、これらのパラメータのうち、コンプレッサ 130 の駆動量および分流弁 144 の開弁状態を固定しつつ、背圧弁 143 の開度を変更することにより、燃料電池 100 の OCV が目標電圧になるように制御している。そのため、本実施形態では、既述した目標電圧と共に、この目標電圧を得られる酸素を燃料電池に供給するための背圧弁 143 の開度の初期値（背圧弁 143 の駆動量の初期値）を、予め制御部 200 内のメモリに記憶している。目標電圧を実現するための背圧弁 143 の開度は、例えば予め実験的に求めることができる。

【 0039 】

なお、燃料電池 100 の発電を停止した後には、各単セルにおいて、アノード側流路からカソード側流路へと電解質膜を介して水素が透過し、透過した水素の酸化反応がカソードで進行する。その結果、電解質膜を透過した水素の酸化反応により、カソード側流路内の酸素が消費される。したがって、発電停止中の燃料電池 100 において、当量比 1 相当域に属する所望の開回路電圧を得るために、所望の開回路電圧に応じて図 3 から求められる酸素量（起電力発生に必要な酸素量）に加えて、さらに、透過した水素の酸化反応により消費される酸素量（透過水素による消費酸素量）を供給する必要がある。すなわち、非発電モード選択時に所望の開回路電圧を得るために燃料電池 100 に供給すべき酸素量（セル電圧維持酸素量）は、以下の（1）式で表わされる。

$$\text{セル電圧維持酸素量} = \text{起電力発生に必要な酸素量} + \text{透過水素による消費酸素量} \quad \dots (1)$$

【 0040 】

背圧弁 143 の開度を、制御部 200 内のメモリに記憶した開度となるように調節したときに、燃料電池 100 に供給される酸素量が丁度（1）式を満たすならば、燃料電池 100 の開回路電圧は目標電圧となる。しかしながら、電解質膜を透過する水素量は、アノード側流路における水素圧と、燃料電池 100 の内部温度と、燃料電池 100 の内部湿度とに応じて変動する。そのため、例えばこれらの要因により供給酸素量が不足する場合には、燃料電池 100 の開回路電圧は目標電圧よりも低くなり、供給酸素量が過剰になる場合には、燃料電池 100 の開回路電圧は目標電圧よりも高くなる。本実施形態では、燃料電池 100 の開回路電圧の検出値と目標電圧とを比較した結果に基づき、燃料電池 100 への供給酸素量を増減して、燃料電池 100 の開回路電圧を目標電圧に近づける制御をしている。詳しい制御の内容については後述する。

【 0041 】

非発電モードにおいては、上記のように特定の目標電圧が設定されるが、非発電モードが継続して選択されている途中で、目標電圧を変更することも可能である。例えば、負荷から速やかに負荷要求が示される可能性が高い場合には、負荷から速やかに負荷要求が示される可能性がより低い場合よりも、目標電圧の値をより高く設定してもよい。このようにすれば、負荷から速やかに負荷要求が示される可能性が高い場合には、より高い目標電圧を設定することにより、カソード側流路内において比較的多い酸素量を確保して、次回に負荷要求が増加したときの応答性を確保することができる。また、負荷から速やかに負荷要求が示される可能性がより低い場合には、より低い目標電圧を設定することにより、燃料電池 100 を構成する各セルの電圧のばらつきが拡大しても、許容できない程度に電圧が上昇する単セルの発生を抑え、燃料電池 100 全体の耐久性を向上させることができる。

【 0042 】

「負荷から速やかに負荷要求が示される可能性が高い場合」としては、例えば、シフト

10

20

30

40

50

ポジションがDレンジである場合を挙げることができる。また、「負荷から速やかに負荷要求が示される可能性がより低い場合」としては、例えば、シフトポジションがPレンジである場合を挙げることができる。あるいは、シフトポジションがDレンジであっても、シフトポジションがDレンジの状態、かつ、間欠運転モードに対応する低負荷要求という条件が成立してからの経過時間が、予め設定した基準時間を超えたときには、「負荷から速やかに負荷要求が示される可能性がより低い場合」になったと判断してもよい。

#### 【0043】

なお、間欠運転モード（非発電モードおよび後述する微小発電モード）選択時であっても、燃料電池100内のアノード側流路においては、間欠運転モードを選択する基準となる負荷要求を超える電力を直ちに発電可能となる量の水素が存在する状態が維持される。すなわち、間欠運転モード選択時であっても、循環ポンプ127の駆動が継続されると共に、電解質膜を介してカソード側流路に透過した失われた水素を補うために、水素供給機器126からの水素供給が行なわれる。

10

#### 【0044】

ここで、非発電モード選択時に設定される燃料電池100のOCVの目標電圧（平均セル電圧）は、高電位に起因する電極触媒の劣化（溶出）を抑える観点から、0.9V以下とすることが望ましく、0.85V以下とすることがより望ましく、0.8V以下とすることがさらに望ましい。

#### 【0045】

これに対して、カソードのセル電圧が低くなるほど、すなわち、カソード側流路における酸素分圧が低くなるほど、カソードの電極触媒が還元され易くなる（触媒表面の酸化被膜が消失する）と考えられる。カソードの電極触媒が還元されると、次回、カソード側流路内に酸素が供給されてカソードの電位が上昇したときに、カソードの電極触媒の溶出が進行し易くなるという不都合を生じ得る。そのため、非発電モード選択時には、燃料電池100を構成する各セル電圧がいずれも0Vに低下しないことが望ましい。したがって、セル電圧の低下に起因する上記不都合を抑える観点から、非発電モード選択時に設定されるOCVの目標電圧（平均セル電圧）は、0.1V以上とすることが望ましく、0.2V以上とすることがさらに望ましい。

20

#### 【0046】

また、非発電モードが継続する場合には、各単セルの開回路電圧のばらつきが大きくなる可能性があるが、このような場合であっても、全ての単セルの電圧が、電極触媒の溶出を十分に抑制できる電圧であることが望ましい。そのため、非発電モードが長期にわたって選択された場合であっても各単セルのOCVの過剰な上昇を抑える観点から、例えば既述した「負荷から速やかに負荷要求が示される可能性がより低い場合」には、非発電モード選択時に設定されるOCVの目標電圧（平均セル電圧）は、0.4V以下とすることが望ましく、0.3V以下とすることがより望ましい。

30

#### 【0047】

また、非発電モード選択時には、負荷要求が基準値以下となっているが、電源システム30は稼働中である（使用者によるシステム停止の指示は入力されていない）ため、短時間のうちに再び負荷要求が増大する可能性がある。そのため、再び負荷要求が増大したときに、速やかに所望の電力を得るという観点からは、カソード側流路内の酸素量を減少させすぎないことが望ましい。すなわち、次回に負荷要求が増大したときの応答性の観点からは、非発電モード選択時に設定されるOCVの目標電圧（平均セル電圧）は高い方が望ましい。したがって、例えば既述した「負荷から速やかに負荷要求が示される可能性が高い場合」には、負荷要求に対する応答性を確保するために、目標電圧は、例えば0.6V以上とすることが望ましく、0.7V以上とすることがさらに望ましい。

40

#### 【0048】

間欠運転モードとして、上記のような非発電モードを選択する場合には、負荷要求が予め設定した基準値以下となる低負荷状態の時に、燃料電池100を発電させることなく、燃料電池100における高電位状態を回避できる。そのため、要求されていない過剰な発

50

電を、高電位状態を回避するためだけに行なう必要がなく、発電した電力を一旦2次電池に蓄えること等に起因して電源システム30のエネルギー効率が低下することを抑えることができる。

【0049】

(B-3) 微小発電モード：

以下に、間欠運転モードのうちの微小発電モードについて説明する。微小発電モードは、通常運転モードと同様に燃料電池100の発電を伴う運転モードであるが、通常運転モードとは異なり、燃料電池100の目標発電量から理論的に導出される必要酸素量を燃料電池100に供給する運転モードである。

【0050】

10

図4は、燃料電池100に対して過剰量の水素を供給しつつ、燃料電池100に供給する酸素量を変更したときの、燃料電池100のIV特性を模式的に示す説明図である。図4では、燃料電池100のIV特性を表わすグラフとしてA<sub>1</sub>～A<sub>4</sub>の4つのグラフを示しているが、A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>の順で、供給酸素量が少ない。ここで、グラフA<sub>1</sub>は、通常運転モード、すなわち、過剰量の酸素が供給されるときのIV特性を示している。図4から分かるように、出力電圧(V<sub>FC</sub>)が同じであっても、燃料電池100に供給する酸素量が少ないほど、出力電流(I<sub>1</sub>～I<sub>4</sub>)は小さくなり、その結果、出力電力も小さくなる。

【0051】

20

図5は、燃料電池100が微小発電モード選択時に取り得る動作点を、通常運転モードにおけるIV特性に重ねて示す説明図である。通常運転モード選択時には、燃料電池100の出力電圧を特定の値(V<sub>FC</sub>)に設定すると、出力電流はI<sub>1</sub>となる。これに対して、微小発電モード選択時には、燃料電池100の出力電圧を特定の値(V<sub>FC</sub>)に設定しつつ、供給酸素量を変更することにより、出力電流の大きさを上記したI<sub>1</sub>よりも小さい任意の値に設定し、発電量が所望の値になるように制御している。したがって、燃料電池100が微小発電モード選択時に取り得る動作点は、出力電圧がV<sub>FC</sub>であって、出力電流が0からI<sub>1</sub>の範囲の線分上で設定し得る。

【0052】

モータ170が電力を要求しない微小発電モード選択時には、負荷要求の総量は、車両補機および燃料電池補機の要求電力を少なくとも含んでいる。微小発電モード選択時の目標発電量は、上記した負荷要求に基づいて設定される。なお、微小発電モード選択時において、上記した負荷要求の総量を燃料電池100の発電電力により賄う(上記した負荷要求の総量以上を目標発電量とする)必要はなく、負荷要求の一部を、2次電池172から出力させてよい。また、上記負荷要求の総量は、さらに、2次電池172を充電するための電力を含んでいても良い。微小発電モード選択時において、上記した車両補機、燃料電池補機、および2次電池172の要求電力は変動するため、負荷変動に伴い、燃料電池100の目標発電量も変動し得る。ただし、微小発電モード選択時の目標発電量は、車両補機および燃料電池補機の要求電力と、2次電池172の要求電力との総量を超えないことが望ましい。

30

【0053】

40

ここで、燃料電池100の目標発電量を、車両補機および燃料電池補機の要求電力の合計以下とするならば、2次電池172の残存容量(SOC)が過剰になることを抑制できる。また、燃料電池100の目標発電量を、車両補機および燃料電池補機の要求電力の合計を超えるように設定するならば、2次電池172の残存容量(SOC)が低下しすぎることを抑え、2次電池172を充電する頻度を低下させることができる。2次電池172の充電時には、コンプレッサ130の駆動量が増加してノイズが発生する可能性があるが、充電頻度を低減することにより、このような不都合を抑えることができる。そのため、燃料電池100の目標発電量は、燃料電池車両20の運転状態および負荷要求等に応じて、適宜設定すればよい。

【0054】

50

本実施形態の空気供給部 140 では、既述したように、燃料電池 100 のカソード側流路に供給される空気量（酸素量）は、コンプレッサ 130 の駆動量と、分流弁 144 の開弁状態と、背圧弁 143 の開度と、によって定まる。本実施形態では、微小発電モード選択時には、これらのパラメータのうち、分流弁 144 の開弁状態を固定しつつ、コンプレッサ 130 の駆動量および背圧弁 143 の開度を変更することにより、燃料電池 100 の発電量が目標発電量になるように制御している。そのため、本実施形態では、設定し得る目標発電量の範囲全体にわたって、目標発電量を得られる酸素を燃料電池に供給するための背圧弁 143 の開度（背圧弁 143 の駆動量）およびコンプレッサ 130 の駆動量を、予め制御部 200 内のメモリに初期値として記憶している。目標発電量を実現するための背圧弁 143 の開度およびコンプレッサ 130 の駆動量は、例えば予め実験的に求めることができる。なお、微小発電モード選択時には、発電のために酸素を消費するため、非発電モードに比べてコンプレッサ 130 の駆動量は大きくなる。

#### 【0055】

微小発電モード選択時に設定する燃料電池 100 の発電電圧の目標電圧（平均セル電圧）は、高電位に起因する電極触媒の劣化（溶出）を抑える観点から、0.9V 以下とすることが望ましく、0.85V 以下とすることがより望ましく、0.8V 以下とすることがさらに望ましい。

#### 【0056】

C. 間欠運転モード選択時の制御：

（C-1）非発電モード選択時の制御：

図 6 は、非発電モード選択時の動作として制御部 200 の CPU において実行される非発電間欠運転制御処理ルーチンを表わすフローチャートである。本ルーチンは、非発電モードが選択されたときに、非発電モードが解除されるまで繰り返し実行される。非発電モードは、例えば、主負荷（モータ 170）からの負荷要求があったとき等に解除される（後述する図 8 のステップ S330、ステップ S340）。非発電モードを選択する動作については、後に詳しく説明する。なお、本ルーチンが繰り返し実行される際の間隔は、本ルーチンに従って背圧弁 143 の開度が変更されたときに、その結果としてカソード側流路に供給される酸素量が実際に変化するまでに要する時間よりも長い時間（例えば 1 ~ 5 秒）が設定されている。

#### 【0057】

本ルーチンが実行されると、CPU は、実行中の非発電間欠運転制御処理ルーチンが、電源システム 30 の運転モードが今回の間欠運転モードになってから初めて実行される処理であるか否かを判断する（ステップ S100）。今回の間欠運転モードになってから初めて実行される処理であると判断すると、CPU は、背圧弁 143 を、反応場的全閉状態にする（ステップ S170）。そして、電圧センサ 102 から、燃料電池 100 の電圧値 Vme を取得する（ステップ S175）。

#### 【0058】

反応場的全閉状態とは、図 3 における酸素欠乏域 A と当量比 1 相当域 B との境界における酸素量を供給するときの、背圧弁 143 の開弁状態のことである。すなわち、燃料電池 100 の発電停止中に電解質膜を透過する水素の酸化に要する量の酸素を、燃料電池 100 に対して供給するときの、背圧弁 143 の開弁状態のことである。ステップ S170 で背圧弁 143 を反応場的全閉状態にするときには、燃料電池 100 に供給される酸素量は、通常運転モード選択時に比べて大きく減少する。本実施形態では、反応場的全閉状態になるときの背圧弁 143 の開度が予め設定されて、制御部 200 内のメモリに記憶されている。

#### 【0059】

ステップ S100 において、今回の間欠運転モードになってから初めて実行される処理であると判断されるときが、「負荷要求に応じて燃料電池 100 が発電する状態」から「非発電モード」に切り替わるべきであれば、切り替わりの時点では、燃料電池 100 に対して過剰量の酸素が供給されている。そのため、ステップ S170 の後に直ちに燃料電池

10

20

30

40

50

100の発電を停止すると、燃料電池100のOCVが許容できない程度に大きくなる可能性がある。したがって、ステップS170の後には、例えば、燃料電池100の出力電圧が許容できる上限値以下になる状態で、燃料電池100の発電を継続してもよい。燃料電池100の発電を継続させる場合には、燃料電池100のカソード側流路内の酸素量は、発電により消費されて急激に減少する。そのため、燃料電池100の出力電流は次第に小さくなる。このように燃料電池100の出力電流がある程度小さくなると、DC/DCコンバータ104が備えるダイオードの働きで、燃料電池100から負荷への電力供給が遮断され、燃料電池100は発電を停止する。

#### 【0060】

ステップS170の後、燃料電池100が発電を停止する場合には、電解質膜を透過した水素がカソード上で酸化されることにより、燃料電池100のカソード側流路内の酸素量は速やかに減少する。このように燃料電池100内の酸素量が減少することにより、発電停止後の燃料電池100のOCVは、許容できる上限値の近傍にまで低下し、燃料電池100の発電停止状態がさらに継続されると、燃料電池100のOCVは、上記上限値以下にまで低下する。

#### 【0061】

ステップS175においてCPUは、燃料電池100が発電中であれば、燃料電池100の出力電圧を取得し、燃料電池100が発電停止中であれば、燃料電池100のOCVを取得する。なお、本実施形態では、上記電圧値Vmeは、電圧センサ102が検出したスタック全体の電圧値を、スタックが備えるセル数で除した平均セル電圧である。

#### 【0062】

ステップS175で燃料電池100の電圧値Vmeを取得すると、CPUは、取得した電圧値Vmeと、目標電圧Vmark+とを比較する(ステップS180)。目標電圧Vmarkは、既述したように制御部200のメモリに予め記憶されている。またとは、正の値であって、カソード側流路への供給酸素量の増加が間に合わず、燃料電池100のOCVが目標電圧Vmarkよりも低下してしまうことを抑えるために設けた値である。既述したように、電圧値Vmeは、燃料電池100の発電停止後に次第に低下するため、本実施形態では、電圧値Vmeが目標電圧Vmark+以下となるまで、ステップS175における電圧値Vmeの取得とステップS180の判断とを繰り返す。

#### 【0063】

ステップS180において電圧値Vmeが目標電圧Vmark+以下になったと判断すると、CPUは、背圧弁143の開度が、Vmarkを実現するための開度として予め記憶した開度となるように、背圧弁143のステッピングモータに駆動信号を出力して(ステップS190)、本ルーチンを終了する。すなわち、燃料電池100に供給する酸素量を、反応場的全閉状態に対応する酸素量から、上記Vmarkを実現するための開度に対応する酸素量に増加させる。

#### 【0064】

ここで、電圧値Vmeが目標電圧Vmarkに低下してから供給酸素量を増加させると、所望量の酸素がカソードに到達するまでに燃料電池100の電圧がさらに低下して、Vmarkを下回る可能性がある。本実施形態では、Vmeが目標電圧Vmark+に低下したタイミングで供給酸素量を増加させるため、燃料電池100の電圧が目標電圧Vmarkよりも低下してしまうことを抑えることができる。上記の値は、背圧弁143を駆動する際の応答性や、供給量を増加された酸素がカソードに到達するまでの速度(例えば、カソード側流路における流路抵抗や流路長の影響を受ける)を考慮して、適宜設定すればよい。

#### 【0065】

ステップS100において、今回の間欠運転モードになってから初めて実行される処理ではない、すなわち、背圧弁143の開度制御が既に開始されていると判断すると、CPUは、電圧センサ102から、燃料電池100の電圧値Vmeを取得する(ステップS110)。ステップS110で電圧値Vmeを取得する際には、燃料電池100は既に発電を停止しているため、ステップS110では燃料電池100のOCVを取得する。

10

20

30

40

50

## 【0066】

ステップ S 110 で電圧値  $V_{me}$  を取得した後、CPU は、取得した電圧値  $V_{me}$  と目標電圧  $V_{mark}$  とを比較する（ステップ S 130）。比較の結果、電圧値  $V_{me}$  が、目標電圧  $V_{mark}$  に比べて第 1 の値以上高い（以下、高電圧状態とも呼ぶ）場合には、CPU は、非発電状態で、背圧弁 143 の開度を小さくすることによりカソード側流路に供給する酸素の流量を減少させて（ステップ S 140）、本ルーチンを終了する。比較の結果、電圧値  $V_{me}$  が、目標電圧  $V_{mark}$  に比べて第 2 の値以上低い（以下、低電圧状態とも呼ぶ）場合には、CPU は、非発電状態で、背圧弁 143 の開度を大きくすることによりカソード側流路に供給する酸素の流量を増加させて（ステップ S 150）、本ルーチンを終了する。比較の結果、上記した高電圧状態および低電圧状態に該当しない（電圧維持状態に該当する）場合には、CPU は、非発電状態で、現在の背圧弁 143 の開度を維持することによりカソード側流路に供給する酸素量を維持して（ステップ S 160）、本ルーチンを終了する。

## 【0067】

本実施形態では、ステップ S 140 で背圧弁 143 の開度を小さくするとき、および、ステップ S 150 で背圧弁 143 の開度を大きくするときには、背圧弁 143 のステッピングモータの駆動量を、開度が 1 ステップ分変更される量としている。すなわち、背圧弁 143 の開度を変更する際の最小単位により、開度を変更している。これにより、燃料電池 100 の電圧変動を抑えている。ただし、背圧弁 143 における 1 回当たりの開度の変更量は、2 ステップ分以上に設定してもよい。

## 【0068】

また、ステップ S 140 で酸素量を減少させる判断に用いた第 1 の値と、ステップ S 150 で酸素量を増加させる判断に用いた第 2 の値とは、異なる値であってもよく、同じ値であってもよい。第 1 および第 2 の値は、正の値であればよく、背圧弁 143 に入力される駆動信号に対する酸素流量変化の応答性等を考慮して、任意に設定することができる。

## 【0069】

（C-2）微小発電モード選択時の制御：

図 7 は、微小発電モード選択時の動作として制御部 200 の CPU において実行される微小発電間欠運転制御処理ルーチンを表わすフローチャートである。本ルーチンは、微小発電モードが選択されたときに、微小発電モードが解除されるまで繰り返し実行される。微小発電モードは、例えば、主負荷（モータ 170）からの負荷要求があったとき等に解除される（後述する図 8 のステップ S 380、ステップ S 390）。微小発電モードを選択する動作については、後に詳しく説明する。なお、本ルーチンが繰り返し実行される際の間隔は、本ルーチンに従って背圧弁 143 の開度が変更されたときに、その結果としてカソード側流路に供給される酸素量が実際に変化するまでに要する時間よりも長い時間（例えば 20 ~ 30 秒）が設定されている。

## 【0070】

本ルーチンが実行されると、CPU は、実行中の微小発電間欠運転制御処理ルーチンが、微小発電モードが選択された後に初めて実行される処理であるか否かを判断する（ステップ S 200）。微小発電モードが選択されたときの初回の処理であると判断すると、CPU は、背圧弁 143 を、既述した反応場的全閉状態にすると共に、燃料電池 100 の出力電圧を目標電圧  $V_{mark}$  に設定し（ステップ S 280）、本ルーチンを終了する。すなわち、DC/DC コンバータ 174 に対して、予め初期値としてメモリ内に記憶していた目標電圧  $V_{mark}$  を目標電圧として指令する。

## 【0071】

ステップ S 280 において背圧弁 143 を反応場的全閉状態にすると、燃料電池 100 のカソード側流路に対する酸素供給が大きく減少する。カソード側流路に対する酸素供給を大きく減少させた状態で燃料電池 100 の発電を継続すると、発電に伴いカソード側流路内の酸素量が減少する。このとき、燃料電池 100 の出力電圧は目標電圧  $V_{mark}$  に固定されているため、上記酸素量の減少に伴って、燃料電池 100 の出力電流および出力電力が次第に低下する。図 5 に示したように、燃料電池 100 が微小発電モード選択時に取り

10

20

30

40

50

得る動作点は、出力電圧  $V_{FC}$  が目標電圧  $V_{mark}$  であって、出力電流が 0 から  $I_1$  の範囲の線分上で設定し得る。そのため、カソード側流路に対する酸素供給を減少させると、燃料電池 100 の動作点は、上記線分上において、出力電流が  $I_1$  のポイントから、出力電流が小さくなる方向に次第に移動する。なお、このとき燃料電池 100 が発電した電力は、燃料電池補機および車両補機で消費すればよく、さらに多くの電力が発生する場合には、2次電池 172 の充電に用いればよい。

#### 【0072】

ステップ S200において、実行中の微小発電間欠運転制御処理ルーチンが、微小発電モードが選択された後に初めて実行される処理ではないと判断すると、CPUは、燃料電池の目標発電量  $P_{mark}$  を設定する（ステップ S210）。目標発電量  $P_{mark}$  は、既述したように、車両補機、燃料電池補機、および2次電池 172 の要求電力に基づいて設定すればよい。

10

#### 【0073】

ステップ S210 で目標発電量  $P_{mark}$  を設定すると、CPUは、背圧弁 143 が反応場的全閉状態であるか否かを判断する（ステップ S220）。ステップ S220 において背圧弁 143 が反応場的全閉状態である場合とは、微小発電間欠運転制御処理ルーチンが開始されて、ステップ S280 において背圧弁 143 が反応場的全閉状態にされた直後であり、カソード側流路に供給する酸素量の制御を開始していない場合である。

#### 【0074】

ステップ S220 で背圧弁 143 が反応場的全閉状態であると判断した場合には、CPUは、目標発電量  $P_{mark}$  を実現するために要する酸素量がカソード側流路に供給されるように、供給酸素量を調節して（ステップ S290）、本ルーチンを終了する。既述したように、本実施形態では、設定し得る目標電圧  $V_{mark}$  の範囲全体にわたって、目標発電量を得られる酸素を燃料電池に供給するための背圧弁 143 の開度（背圧弁 143 の駆動量）およびコンプレッサ 130 の駆動量を、予め制御部 200 内のメモリにマップとして記憶している。ステップ S290 では、目標発電量  $P_{mark}$  に基づいて、上記マップを参照して、供給酸素量を調節する。

20

#### 【0075】

ステップ S220 において背圧弁 143 が反応場的全閉状態ではない、すなわち、供給酸素量の制御が既に開始されていると判断すると、CPUは、燃料電池 100 の現在の発電量  $P_{me}$  を導出する（ステップ S230）。燃料電池 100 の発電量  $P_{me}$  は、電圧センサ 102 が検出した出力電圧  $V_{me}$  と、配線 178 に設けられた電流センサが検出した出力電流  $I_{me}$  から算出すればよい。

30

#### 【0076】

ステップ S230 で発電量  $P_{me}$  を導出すると、CPUは、発電量  $P_{me}$  と目標発電量  $P_{mark}$  とを比較する（ステップ S240）。比較の結果、発電量  $P_{me}$  が、目標発電量  $P_{mark}$  に比べて第1の値以上多い（以下、高出力状態とも呼ぶ）場合には、CPUは、カソード側流路に供給する酸素量を減少させる制御を行ない（ステップ S250）、本ルーチンを終了する。比較の結果、発電量  $P_{me}$  が、目標発電量  $P_{mark}$  に比べて第2の値以上少ない（以下、低出力状態とも呼ぶ）場合には、CPUは、カソード側流路に供給する酸素量を増加させる制御を行ない（ステップ S260）、本ルーチンを終了する。比較の結果、上記した高出力状態および低出力状態に該当しない（出力維持状態に該当する）場合には、CPUは、カソード側流路に供給する酸素量を維持して（ステップ S270）、本ルーチンを終了する。

40

#### 【0077】

なお、本実施形態では、供給酸素量の増減の制御は、既述したように、分流弁 144 の開弁状態を固定しつつ、コンプレッサ 130 の駆動量および背圧弁 143 の開度を変更することにより行なっている。特に、供給酸素量の大まかな変更は、コンプレッサ 130 の駆動量の変更により行ない、供給酸素量の微調整は、背圧弁 143 の開度変更により行なっている。例えば、発電量  $P_{me}$  と目標発電量  $P_{mark}$  との差が小さいときには、背圧弁 14

50

3の開度のみを変更すればよい。このとき、背圧弁143の開度を増減する際の変化量は、常に一定（例えば1ステップ分ずつ変更する）であってもよく、発電量Pmeと目標発電量Pmarkとの差が大きい程、背圧弁143の開度を増減する程度を大きくしてもよい。また、例えば負荷要求が変動して発電量Pmeと目標発電量Pmarkとの差が大きくなる場合には、背圧弁143の開度変更に代えて、あるいは背圧弁143の開度変更に加えて、コンプレッサ130の駆動量をさらに変更してもよい。このように、コンプレッサ130の駆動量と背圧弁143の開度変更とを組み合わせることにより、コンプレッサ130の駆動量の変動を抑制することができる。そのため、コンプレッサ130の回転数が変動することに起因するノイズの発生を抑えることができる。

【0078】

10

なお、ステップS250で酸素量を減少させる判断に用いた第1の値と、ステップS260で酸素量を増加させる判断に用いた第2の値とは、異なる値であってもよく、同じ値であってもよい。第1および第2の値は、正の値であればよく、背圧弁143およびコンプレッサ130に入力される駆動信号に対する酸素流量変化の応答性等を考慮して、任意に設定することができる。

【0079】

D. 間欠運転モードの切り換え制御：

図8は、間欠運転モードの設定に係る動作として制御部200のCPUにおいて実行される間欠運転モード設定処理ルーチンを表わすフローチャートである。本ルーチンは、電源システム30が起動された後、使用者によるシステム停止の指示が入力されるまで、電源システム30の稼働中に繰り返し実行される。電源システム30では、既述したように、間欠運転モードとして非発電モードと微小発電モードとのいずれかが選択される。本実施形態では、間欠運転モード選択時には、通常は非発電モードを設定し、後述するように間欠運転モード選択中に特定の負荷要求がある場合には、微小発電モードを選択して電圧変動を抑えている。

20

【0080】

本ルーチンが実行されると、CPUは、負荷要求を導出する（ステップS300）。負荷要求とは、既述したように、モータ170の要求電力と、車両補機および燃料電池補機の要求電力との総和である。モータ170の要求電力は、アクセル開度センサ180および車速センサの検出信号に基づいて求められる。車両補機および燃料電池補機の要求電力は、各補機に出力される駆動信号に基づいて求められる。

30

【0081】

その後、CPUは、導出した負荷要求が、予め定めた基準値以下であるか否かを判断する（ステップS310）。負荷要求が基準値以下ではないと判断された場合には、間欠運転モードは選択されず、CPUは本ルーチンを終了する。この場合には、負荷要求に基づいて、通常運転モードの制御が行なわれる。

【0082】

ステップS310において、負荷要求が基準値以下と判断された場合には、CPUは、図6の非発電間欠運転制御処理ルーチンを実行する（ステップS320）。なお、ステップS320の非発電間欠運転制御処理ルーチンでは、燃料電池100の目標電圧は、目標電圧Vmark1に設定される。本実施形態では、ステップS320で非発電間欠運転制御処理ルーチンが実行されるときの負荷要求の状態が、課題を解決するための手段における「第1の低負荷状態」に相当し、目標電圧Vmark1が、課題を解決するための手段における「第1の目標電圧」に相当する。

40

【0083】

ステップS320において、CPUは、非発電間欠運転制御処理ルーチンを実行するごとに、ステップS310の判断で用いた基準値を超える負荷要求があるか否かを判断する（ステップS330）。ステップS330において、上記基準値を超える負荷要求があると判断されるまでは、CPUは、ステップS320の非発電間欠運転制御処理ルーチンを繰り返し実行する。

50

## 【0084】

ステップS330において上記基準値を超える負荷要求があると判断すると、CPUは、判断の対象となった負荷要求が、非リセット負荷要求に該当するか否かを判断する(ステップS340)。本実施形態では、上記基準値を超える負荷要求を、間欠運転モードを解除すべき(図8の間欠運転モード設定処理ルーチンを終了すべき)リセット負荷要求と、間欠運転モードを解除しない非リセット負荷要求とに分けている。本実施形態では、2次電池172のSOCが低下した時の負荷要求(2次電池172を充電するための負荷要求)を、非リセット負荷要求としている。ステップS340において、非リセット負荷要求ではない、すなわちリセット負荷要求であると判断した場合(例えば、アクセルオンになったとき)には、CPUは本ルーチンを終了する。

10

## 【0085】

ステップS340において非リセット負荷要求であると判断すると、CPUは、間欠運転モードによる発電を中断して、非リセット負荷要求のための発電制御を行なう(ステップS350)。2次電池172の充電のような非リセット負荷要求のための発電時には、通常運転モードと同様に過剰量の水素および酸素を燃料電池100に供給する状態で、非リセット負荷要求に対応する電力を発電可能となるように燃料電池100の発電制御を行なう。なお、ステップS350の発電制御における燃料電池100の出力電圧は、Voutと表わしている。本実施形態では、Voutは、ステップS320の非発電モードで用いた目標電圧Vmark1よりも大きい値である。

## 【0086】

20

ステップS350の発電制御を開始すると、CPUは、非リセット負荷要求に対する燃料電池100からの出力を終了すべきか否かを判断する(ステップS360)。具体的には、2次電池172のSOCが回復して、充電を終了すべきか否かを判断する。CPUは、非リセット負荷要求に対する出力を終了すべきと判断するまで、ステップS350の出力制御を続行する。

## 【0087】

ステップS360において非リセット負荷要求に対する出力を終了すべきと判断すると、CPUは、間欠運転モードに復帰する制御変更を行なうと共に、以後の間欠運転モードでは、図7の微小発電間欠運転制御処理ルーチンを実行する(ステップS370)。ステップS370の微小発電間欠運転制御処理ルーチンでは、燃料電池100の目標電圧は、ステップS320で用いた目標電圧Vmark1よりも大きい値である目標電圧Vmark2に設定される。本実施形態では、ステップS370で微小発電間欠運転制御処理ルーチンが実行されるときの負荷要求の状態が、課題を解決するための手段における「第2の低負荷状態」に相当し、目標電圧Vmark2が、課題を解決するための手段における「第2の目標電圧」に相当する。なお、ステップS370で設定される第2の目標電圧Vmark2は、ステップS350における出力電圧Voutよりも低いことが望ましい。出力電圧を変更する際には、電圧を上昇させる変更よりも低下させる変更の方が、各単セルの電圧のばらつき拡大を抑制できるためである。また、ステップS370の微小発電モードの制御が開始された後に、低負荷状態がさらに継続して各単セルの電圧ばらつきが拡大する場合であっても、望ましくない程度に高電圧となる単セルの発生を抑制できるためである。

30

## 【0088】

40

ステップS370において、CPUは、微小発電間欠運転制御処理ルーチンを実行するごとに、ステップS310の判断で用いた基準値を超える負荷要求があるか否かを判断する(ステップS380)。ステップS380において、上記基準値を超える負荷要求があると判断されるまでは、CPUは、ステップS370の微小発電間欠運転制御処理ルーチンを繰り返し実行する。

## 【0089】

50

ステップS380において上記基準値を超える負荷要求があると判断すると、CPUは、判断の対象となった負荷要求が、非リセット負荷要求に該当するか否かを判断する(ステップS390)。このステップS390は、既述したステップS340と同様の処理で

ある。ステップS390において、非リセット負荷要求であると判断したときには、CPUは、ステップS350に戻り、ステップS350以降の既述した処理を実行する。ステップS390において、非リセット負荷要求ではない、すなわちリセット負荷要求であると判断した場合（例えば、アクセルオンになったとき）には、CPUは本ルーチンを終了する。なお、ステップS340およびステップS390において、リセット負荷要求があったと判断された後には、モータ170からの負荷要求に従って、通常運転モードによる発電が開始される。

#### 【0090】

以上のように構成された本実施形態の電源システム30によれば、負荷要求が予め設定した基準値以下となる低負荷状態の時に間欠運転モードを選択する場合には、第1の目標電圧Vmark1を目標電圧として設定する。そして、その後負荷要求が上記基準値を超えて、上記間欠運転モードで用いた第1の目標電圧Vmark1を超える出力電圧Voutにて燃料電池100の発電を行なった後に、再び低負荷状態となって間欠運転モードを選択する場合には、上記第1の目標電圧Vmark1よりも高い第2の目標電圧Vmark2を目標電圧としている。このように、間欠運転モード選択時の第1の目標電圧Vmark1よりも高い出力電圧Voutにて発電を行なった後には、その後再び間欠運転モードを選択する際に、第1の目標電圧Vmark1よりも高い第2の目標電圧Vmark2を用いることで、燃料電池100の電圧変動を抑制することができる。そのため、燃料電池100の電極電位の変動を抑制し、電極触媒（特に、カソード電極触媒）の溶出を抑え、燃料電池100の耐久性を高めることができる。10

#### 【0091】

本実施形態では、間欠運転モード設定処理ルーチンにおいて、間欠運転モードを選択すべき低負荷状態であると判断されるときには、まず、非発電モードが選択される（ステップS320）。このように、低負荷状態のときには、微小発電モードに先立って非発電モードを選択することにより、低負荷状態における燃料消費量を抑え、電源システム30全体のエネルギー効率を向上させることができる。微小発電モード選択時には、発電のために水素を消費するのに対し、非発電モード選択時には、水素の消費量は、電解質膜を介してアノード側流路からカソード側流路に透過してカソード上で酸化される水素分だけであり、水素の消費を抑制することができるからである。また、発電を伴う微小発電モード選択時の方が、非発電モード選択時よりも供給酸素量を多くする必要があり、コンプレッサ130の駆動量、すなわちコンプレッサ130の消費電力量も多くなるためである。20

#### 【0092】

また、本実施形態では、第1の目標電圧Vmark1よりも高い出力電圧Voutにて発電を行なった後に、第1の目標電圧Vmark1よりも高い第2の目標電圧Vmark2を用いて間欠運転モードの制御を行なう際には、間欠運転モードとして微小発電モードを選択している。微小発電モード選択時には、燃料電池100が発電するため、2次電池172のSOCの低下を抑制し、2次電池172を充電する頻度を抑えることができる。2次電池172の充電時には、充電のための電力を燃料電池100から得るために、コンプレッサ130の駆動量を増大させる必要がある。間欠運転モードとして微小発電モードを選択して、2次電池172の充電頻度を抑えることにより、充電時にコンプレッサ130の駆動量が増大することに起因するノイズの発生を抑えることができる。30

#### 【0093】

なお、ステップS320の非発電間欠運転制御処理ルーチンにおいて設定される目標電圧は、ステップS320の実行中、常に一定である必要はない。例えば、既述したように、「負荷から速やかに負荷要求が示される可能性が高い状態」のときにはより高い目標電圧を設定し、「負荷から速やかに負荷要求が示される可能性がより低い状態」のときにはより低い目標電圧を設定することができる。このように、ステップS320の実行中に非発電モードの目標電圧が変更される場合であっても、ステップS320の動作が解除される直前の目標電圧を、既述した第1の目標電圧Vmark1としたときに、ステップS370において、上記第1の目標電圧Vmark1より高い電圧が第2の目標電圧Vmark2として設定40

されればよい。

【0094】

本実施形態では、ステップS340で判断される非リセット負荷要求を、2次電池172の充電のための負荷要求としており、リセット負荷要求を、アクセルオン時の負荷要求としているが、異なる構成としてもよい。例えば、非リセット負荷要求が、モータ170からの負荷要求を含むこととしてもよい。ただし、電源システム30から電力供給を受ける負荷のうちの主たる負荷（主負荷）であるモータ170からの負荷要求をリセット負荷要求とし、主負荷よりも小さいその他の負荷（副負荷）からの負荷要求を非リセット負荷要求とする方が望ましい。主負荷からの負荷要求がある時には、間欠運転モードを選択する判断をリセットすることにより、間欠運転モードが選択された時に最初に採用される運転モード（本実施形態では非発電モード）を、制御全体で優先的に実行させることができ、より容易になるためである。10

【0095】

本実施形態では、間欠運転モード選択時に選択される運転モード（最初の運転モード）を非発電モードとしており、非リセット負荷要求の後に選択される運転モード（後の運転モード）を微小発電モードとしているが、異なる構成としてもよい。例えば、最初の運転モードを微小発電モードとし、後の運転モードを非発電モードとしてもよい。あるいは、例えば間欠運転モードとして微小発電モードのみを採用して、最初の運転モードと後の運転モードの双方を微小発電モードとしてもよい。あるいは、例えば間欠運転モードとして非発電モードのみを採用して、最初の運転モードと後の運転モードの双方を非発電モードとしてもよい。20

【0096】

双方を非発電モードにする態様としては、以下の態様を例示することができる。すなわち、既述したようにシフトポジションがPレンジであることにより、低い目標電圧を用いて非発電モードの制御が行なわれるときに、非リセット負荷要求の後に再び低負荷状態になったときには、Pレンジが維持されている場合であっても、Dレンジ相当の、より高い目標電圧を用いてその後の非発電モードの制御を行なえばよい。

【0097】

E. 微小発電モード選択時のカソード掃気：

間欠運転モードとして微小発電モードを選択する際には、発電（電気化学反応の進行）に伴ってカソード上で水が生成する。カソード上で水が生じると、カソードおよびその近傍のカソード側流路内において、液水が滞留する可能性がある。カソードおよびその近傍に液水が滞留すると、滞留した液水に起因して、種々の問題が生じ得る。そのため、本実施形態では、カソード側流路に供給する酸素量（空気流量）を一時的に増加させて、滞留した液水を吹き飛ばして除去する処理（以下、カソード掃気とも呼ぶ）を行なっている。以下、カソード掃気について説明する。30

【0098】

通常運転モードで発電する際には、微小発電モード選択時よりも発電量が多いため、発電に伴う生成水量も多い。しかしながら、通常運転モード選択時にはカソードに供給する酸素量（空気流量）が多いため、カソード側流路に供給する空気によって、生成水を水蒸気として持ち去ったり、液水の状態で吹き飛ばすことにより除去することができる。これに対して微小発電モード選択時には、生成水量は通常運転モード選択時より少ないものの、空気流量が遙かに少ないとことにより、カソード近傍から除去し難く、滞留した液水に起因する問題が生じ易い。40

【0099】

カソード近傍に液水が滞留することに起因する問題としては、例えば、氷点下始動性の低下、燃料電池100の出力低下、水かかりの問題（燃料電池車両20から排出された大量の液水が、燃料電池車両20の近傍に立つ使用者等にかかることにより、使用者等に不快感を起こさせる問題）、および、アノード触媒におけるカーボン酸化が挙げられる。

【0100】

50

氷点下始動性の低下の問題とは、燃料電池車両 20 の使用環境が 0 を下回る低温状態のときに、電源システム 30 を一旦停止した後に再び始動する際に、燃料電池 100 の良好な起動が妨げられるという問題である。カソード近傍に滞留する液水が、電源システム 30 の停止中に凍結すると、次回の始動時に、凍結水に阻まれてカソードに対して充分量の酸素が到達できなくなるために、このような問題が生じる。

#### 【0101】

燃料電池 100 の出力低下の問題とは、カソード近傍に液水が滞留することにより、燃料電池 100 の発電中に燃料電池 100 の発電量が次第に低下するという問題である。カソード近傍に液水が滞留すると、カソードへの酸素の供給が次第に妨げられるため、このような問題が起きる。

10

#### 【0102】

水かかりの問題とは、燃料電池のカソード側流路内に滞留する液水を排出する処理を実行する際に、望ましくない程度に多量の水が排出されるという問題である。電源システム 30 では、カソード側流路内に液水が滞留するときには、既述したようにカソード掃気を行なう。このようなカソード掃気のタイミングが遅れて、カソード側流路内に滞留する液水量が過剰になると、カソード掃気時にカソード側流路内から車両外部に排出される液水量が望ましくない程度に多量になり得る。そのため、水かかりの問題を抑えるには、十分な頻度でカソード掃気を行ない、1 度に排出される液水量を抑える必要がある。

#### 【0103】

アノード触媒におけるカーボン酸化の問題とは、アノードに過剰な液水が滞留してアノードが水素不足になることにより、発電中の燃料電池内で、正常な電気化学反応に代えて、アノードの電極触媒を担持するカーボンの酸化反応（分解）が進行する、という問題である。このような問題は、カソードに滞留する液水が過剰になったときに、過剰な液水が電解質膜を介してアノード側に移動して、アノードに水素が到達し難くなることにより起きる。そのため、アノードにおける液水量が過剰になる前に、カソード側の液水を除去することにより、カーボン酸化の問題の発生を抑えることができる。

20

#### 【0104】

図 9 は、カソード近傍に液水が滞留することに起因する上記した各問題を生じさせないために許容できる、カソード側流路内の水分量（以下、許容含水量とも呼ぶ）を概念的に表わす説明図である。各問題を生じさせないための許容含水量は、積算発電量から算出されるカソードでの生成水量をモニタしつつ、微小発電モードにて発電を継続し、上記した各問題が生じるときの生成水量の総量を求めることにより、予め実験的に知ることができる。起こり得る問題ごとに許容含水量が異なる場合には、上記各問題の許容含水量のうちの最小値（図 9 では氷点下始動性の許容含水量）に基づいて、カソード掃気を実施するタイミングを制御すればよい。

30

#### 【0105】

カソード掃気を行なうべきタイミングであるか否か（微小発電モードにおける燃料電池の発電により燃料電池内で生じた液水が燃料電池内に過剰に滞留する液水滞留条件に該当するか否か）の判断は、例えば、微小発電モード選択時に、積算発電量に基づく生成水量の算出を継続的に行ない、生成水量が上記した許容含水量に達したか否かにより判断することができる。あるいは、カソード側流路内の水分量が液水滞留条件に該当する水分量に達するまでに要する経過時間を予め設定して、設定した経過時間ごとにカソード掃気を行なってもよい。この場合には、例えば微小発電モード選択時における目標発電量の最大値等を考慮して、微小発電モード選択時の発電量が変動しても、カソード側流路内の水分量が過剰にならないように、上記経過時間を設定することが望ましい。

40

#### 【0106】

本実施形態の電源システム 30 では、カソード掃気の際には、背圧弁 143 を全開にすると共に、分流弁 144 の開弁状態を変更することにより、コンプレッサ 130 が取り込んだ空気の全量を、カソード側流路に供給する。カソード掃気によって上記した問題の発生を十分に抑制可能になる空気流量（コンプレッサ 130 の駆動量）は、予め実験的に調

50

べることができる。そのため、カソード掃気時のコンプレッサ 130 の駆動量は、上記実験的に調べた結果に基づいて設定すればよい。生じ得る問題ごとに、問題発生抑制のために必要なコンプレッサ 130 の駆動量が異なる場合には、例えば、問題発生抑制に必要なコンプレッサ 130 の駆動量が最も大きい値に合わせて、コンプレッサ 130 の駆動量を設定すればよい。あるいは、上記した許容含水量が最も少ない問題を解消するために必要なコンプレッサ 130 の駆動量を用いて、カソード掃気を行なってもよい。

#### 【0107】

上記のようにカソード側流路に供給する空気流量を増加するときには、燃料電池 100 は、図 5 に示す通常運転モード選択時の I-V 特性上の動作点にて発電する。そのため、カソード掃気時には、通常運転モード選択時の I-V 特性上の動作点であって、出力電圧が許容上限以下になる動作点となるように、燃料電池 100 の目標電圧が適宜選択される。

10

#### 【0108】

なお、カソード掃気時には、上記のように供給酸素量が増大するため、燃料電池 100 における発電量が、微小発電モード選択時よりも多くなる。このように過剰に発電された電力は、2 次電池 172 に充電される。そのため、2 次電池 172 の残存容量 (SOC) が大きく、カソード掃気時に生じる電力を充電することが困難と考えられる場合には、カソード掃気時の燃料電池 100 の出力電圧を、上記許容上限を超えて設定して、カソード掃気における燃料電池 100 の発電量を抑えることとしてもよい。また、カソード掃気に先立って、2 次電池 172 の残存容量を予め低下させることも可能である。このような制御について以下に説明する。

20

#### 【0109】

図 10 は、カソード掃気に係る動作として制御部 200 の CPU において実行されるカソード掃気制御処理ルーチンを表わすフローチャートである。本ルーチンは、電源システム 30 において微小発電モードが選択されているときに、微小発電モードが解除されるまで繰り返し実行される。

#### 【0110】

本ルーチンが実行されると、CPU は、液水滞留条件が成立したか否かを判断する (ステップ S400)。液水滞留条件が成立したか否かの判断は、既述したとおりである。ただし、本実施形態では、後述するように、カソード掃気処理に先立って 2 次電池 172 の残存容量を低下させる処理を行なうため、残存容量を低下させる処理に要する時間を考慮して、上記液水滞留条件の成立を判断すればよい。CPU は、液水滞留条件が成立するまで、ステップ S400 の判断を繰り返し行なう。

30

#### 【0111】

ステップ S400 において液水滞留条件が成立すると判断すると、CPU は、燃料電池 100 の内部温度が、予め設定した基準温度以下であるか否かを判断する (ステップ S410)。燃料電池 100 の内部温度が上記基準温度を超えると判断する場合には、CPU は、カソード掃気を行なうことなく本ルーチンを終了する。燃料電池 100 の内部温度が高いほど、カソード側流路内では液水が気化し易くなり、液水が滞留し難くなる。本実施形態では、燃料電池 100 の内部温度が上記基準温度を超えたときには、上記した各問題が生じる程にはカソード側流路内に液水が滞留しないと判断して、カソード掃気を行なわないこととしている。燃料電池 100 の内部温度は、例えば、燃料電池 100 から排出される冷媒の温度を検出することにより知ることができる。あるいは、燃料電池 100 の内部温度を直接検出する温度センサを設けてもよい。なお、燃料電池 100 の内部温度が基準温度を超えたときには、カソード掃気を行なわないのではなく、カソード掃気の際の供給空気量 (コンプレッサ 130 の駆動量) を減少させることとしてもよい。あるいは、燃料電池 100 の内部温度が基準温度を超えたときには、カソード掃気を行なう時間間隔を長くすることとしてもよい。また、燃料電池 100 の内部温度に基づく制御変更は行なわないこととしてもよい。

40

#### 【0112】

ステップ S410 において、燃料電池 100 の内部温度が基準温度以下であると判断し

50

たときには、CPUは、2次電池172の残存容量(SOC)を低下させる処理を行なう(ステップS420)。具体的には、燃料電池100の目標電圧として、微小発電モードにおいて用いている目標電圧Vmarkを維持しつつ、目標発電量を、微小発電モードにおいて用いている目標発電量Pmark1から、より低い目標発電量Pmark2に変更する。すなわち、出力電圧が目標電圧Vmarkであるときに、発電量が目標発電量Pmark2になる供給酸素量を実現できるように、背圧弁143の開度を調節する。

#### 【0113】

ステップS420における目標発電量Pmark2は、例えば、以下のように、2次電池172の残存容量を低下させるべき程度に応じて設定することができる。すなわち、カソード掃気時の燃料電池100の目標電圧は予め設定されているため、カソード掃気時の発電量も定まっている。その結果、カソード掃気時に発電された余剰の電力を2次電池172に充電するために、充電前の2次電池172のSOCをどの程度まで低下させておけばよいか(目標残存容量)を知ることができる。ここで、燃料電池100の発電量を、車両補機および燃料電池補機からの要求負荷未満とすれば、不足分を2次電池172から出力することにより、2次電池172のSOCを低下させることができる。また、本実施形態では、ステップS420の処理を継続する時間も予め設定されている。そのため、CPUは、2次電池172の現在のSOCと上記目標残存容量とを比較し、補機類からの要求負荷を考慮して、上記予め設定した時間内に、2次電池172のSOCを目標残存容量に低下できるように、ステップS420における目標発電量Pmark2を設定する。

#### 【0114】

ステップS420においてSOC低下処理を行なった後、CPUはカソード掃気処理を実行する(ステップS430)。ステップS430のカソード掃気処理の後、CPUは、微小発電モードに制御変更して(ステップS440)、本ルーチンを終了する。すなわち、目標電圧Vmarkを維持しつつ、目標発電量を、微小発電モードの目標発電量Pmark1に戻し、発電量が目標発電量Pmark1になる供給酸素量を実現できるように、背圧弁143の開度やコンプレッサ130の駆動量を調節する。

#### 【0115】

このようにカソード掃気処理を行なえば、微小発電モードが長時間にわたって継続する場合であっても、既述した各種問題の発生を抑えることができる。そして、カソード掃気に先立って2次電池172のSOC低下処理を行なうことで、カソード掃気時に生じる過剰な電力を2次電池172に充電することができ、カソード掃気を支障無く所望のタイミングで行なうことが可能になる。

#### 【0116】

F. 変形例：

・変形例1：

上記実施形態では、カソードに供給される酸素量を変更するために酸素供給路に設ける流量調整弁を、第2の空気流路145に設けた背圧弁143としたが、異なる構成としてもよい。燃料電池100から排出された酸素が流れる流路(下流側流路)に設けた絞り弁である背圧弁143に代えて、燃料電池100に酸素を供給するための流路(上流側流路)に設けた絞り弁の開度を制御することにより、供給酸素量を調節してもよい。あるいは、下流側流路と上流側流路の双方に設けた絞り弁の開度を制御することにより、供給酸素量を調節してもよい。カソードに供給される酸素量を調節可能な流量調整弁を設けるならば、実施形態と同様の制御が可能になる。

#### 【0117】

また、上記実施形態では、非発電モード選択時には、コンプレッサ130の駆動量および分流弁144の開弁状態を固定しつつ、背圧弁143の開度を変更することにより、燃料電池100のOCVが目標電圧Vmarkになるように供給酸素量を制御しているが、異なる構成としてもよい。例えば、コンプレッサ130の駆動量(酸素導入部が導入する酸素量)、分流弁144の開弁状態、および、背圧弁143の開度(流量調整弁の開度)、から選択される少なくとも一つを変更することにより、供給酸素量を制御してもよい。

10

20

30

40

50

## 【0118】

また、上記実施形態では、酸素供給路にバイパス流路（第3の空気流路146）を設け、分流弁144の開弁状態および流量調整弁の開度を調節することにより、コンプレッサ130の供給酸素量の下限値以下の酸素量をカソードに供給して、間欠運転モードの制御を行なっているが、異なる構成としてもよい。例えば、コンプレッサ130に代えて、あるいはコンプレッサ130に加えて、間欠運転モード選択時における酸素供給量を所望の流量に調節可能なコンプレッサを設けて、このようなコンプレッサの駆動量制御により、供給酸素量を調節してもよい。このような構成としても、供給酸素量を測定することなく、電圧値Vmeや発電量Pmeに基づいて供給酸素量を調節することにより、間欠運転モードの処理を実行することができる。

10

## 【0119】

## ・変形例2：

上記実施形態では、非発電モードのステップS110において、スタック全体のOCVをセル数で除した平均セル電圧を電圧値Vmeとして取得し、この平均セル電圧を用いてステップS130の比較の処理を行なったが、異なる構成としてもよい。例えば、燃料電池100を構成する各単セルの電圧を個別に測定し、電圧値Vmeとして最低セル電圧を用いてもよく、最高セル電圧を用いてもよい。最低セル電圧を用いる場合には、各単セルの電圧が低下し過ぎてカソードの電極触媒が過度に還元されることを抑制する観点から有利である。また、最高セル電圧を用いる場合には、各単セルの電圧が上昇しすぎてカソードの電極触媒が過度に溶出することを抑制する観点から有利である。

20

## 【0120】

本発明は、上述の実施形態や実施例、変形例に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の構成で実現することができる。例えば、発明の概要の欄に記載した各形態中の技術的特徴に対応する実施形態、実施例、変形例中の技術的特徴は、上述の課題の一部又は全部を解決するために、あるいは、上述の効果の一部又は全部を達成するために、適宜、差し替えや、組み合わせを行うことが可能である。また、その技術的特徴が本明細書中に必須なものとして説明されていなければ、適宜、削除することが可能である。

## 【符号の説明】

## 【0121】

30

- 20 … 燃料電池車両
- 22 … 車体
- 30 … 電源システム
- 100 … 燃料電池
- 102 … 電圧センサ
- 103 … 電流センサ
- 104 … DC / DC コンバータ
- 110 … 水素タンク
- 120 … 水素ガス供給部
- 121 … 水素供給流路
- 122 … 循環流路
- 123 … 水素放出流路
- 124 … 開閉バルブ
- 125 … 減圧バルブ
- 126 … 水素供給機器
- 127 … 循環ポンプ
- 128 … 圧力センサ
- 129 … 開閉バルブ
- 130 … コンプレッサ
- 140 … 空気供給部

40

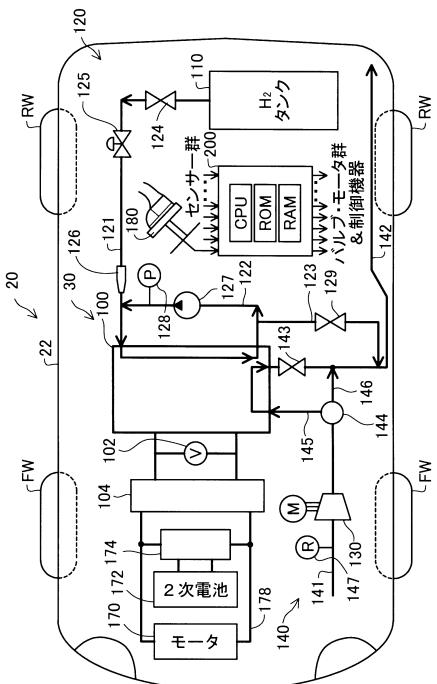
50

- 1 4 1 ... 第 1 の空気流路  
 1 4 2 ... 空気放出流路  
 1 4 3 ... 背圧弁  
 1 4 4 ... 分流弁  
 1 4 5 ... 第 2 の空気流路  
 1 4 6 ... 第 3 の空気流路  
 1 4 7 ... 流量センサ  
 1 7 0 ... モータ  
 1 7 4 ... DC / DC コンバータ  
 1 7 8 ... 配線  
 1 8 0 ... アクセル開度センサ  
 2 0 0 ... 制御部

10

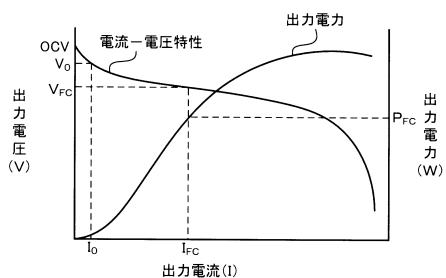
【図1】

図1



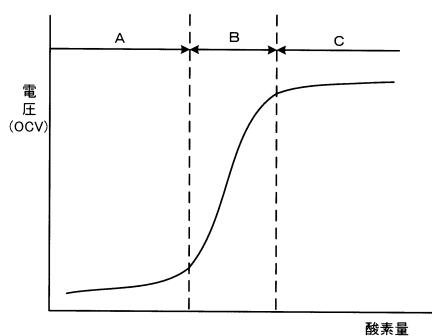
【図2】

図2



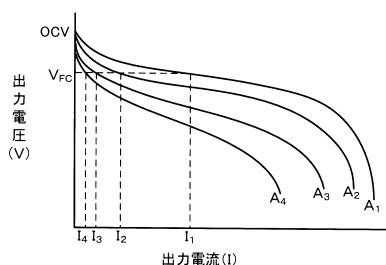
【図3】

図3



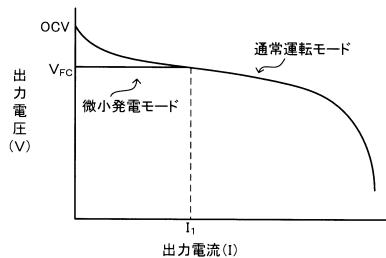
【図4】

図4



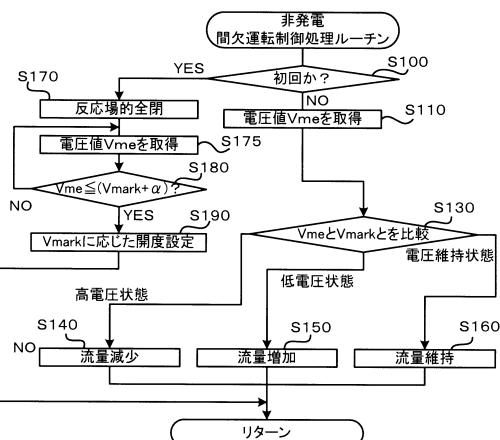
【図5】

図5



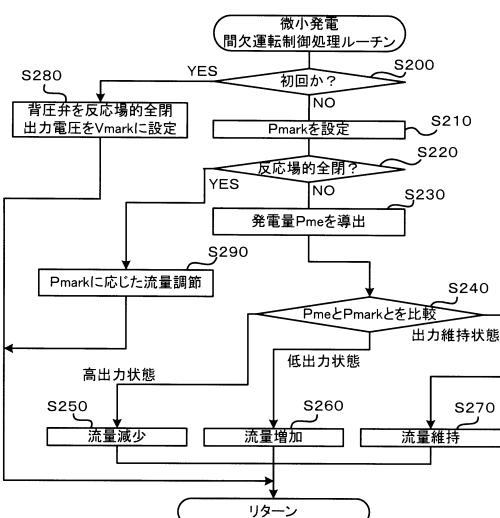
【図6】

図6



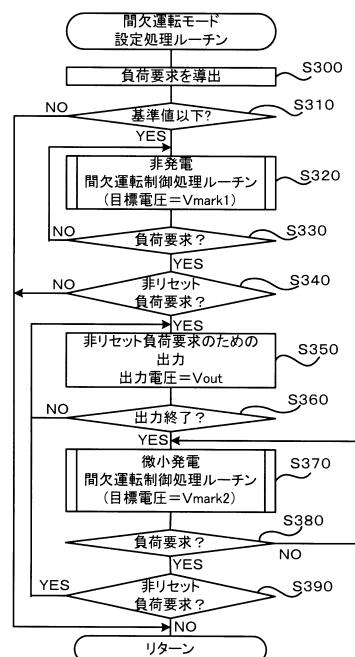
【図7】

図7



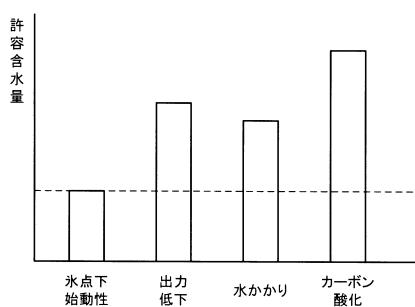
【図8】

図8



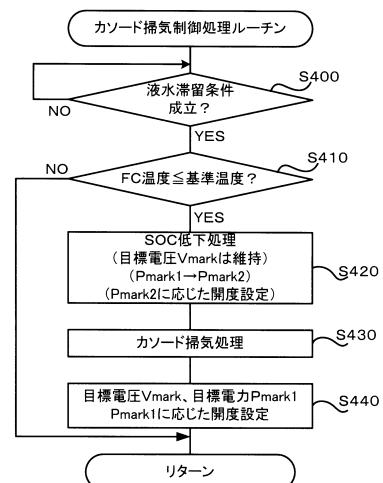
【図9】

図9



【図10】

図10



---

フロントページの続き

(72)発明者 小川 朋宏

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 丸尾 剛

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 大内 俊彦

(56)参考文献 特開2013-21854 (JP, A)

特開2011-60586 (JP, A)

国際公開第2013/150619 (WO, A1)

特開2013-105635 (JP, A)

特開2004-56868 (JP, A)

特開2013-161571 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 8/00 - 8/2495