

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2015年4月16日(16.04.2015)

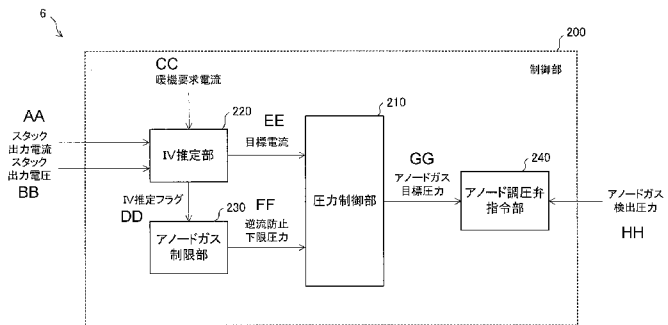


(10) 国際公開番号  
WO 2015/053034 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01M 8/04 (2006.01) H01M 8/10 (2006.01)  
H01M 8/06 (2006.01)
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/073961
  - (22) 国際出願日: 2014年9月10日(10.09.2014)
  - (25) 国際出願の言語: 日本語
  - (26) 国際公開の言語: 日本語
  - (30) 優先権データ:  
特願 2013-211335 2013年10月8日(08.10.2013) JP
  - (71) 出願人: 日産自動車株式会社(NISSAN MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2210023 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 Kanagawa (JP).
  - (72) 発明者: 星 聖(HOSHI, Kiyoshi); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP).
  - (74) 代理人: 後藤 政喜, 外(GOTO, Masaki et al.); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目3番1号 尚友会館 後藤特許事務所 Tokyo (JP).
  - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
  - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM AND METHOD FOR CONTROLLING FUEL CELL SYSTEM

(54) 発明の名称: 燃料電池システム及び燃料電池システムの制御方法



- 200 Control unit
- 210 Pressure control unit
- 220 IV estimation unit
- 230 Anode-gas restriction unit
- 240 Anode-pressure-adjustment-valve command unit
- AA Stack output current
- BB Stack output voltage
- CC Warm-up request current
- DD IV estimation flag
- EE Target current
- FF Backflow-prevention lower limit pressure
- GG Anode-gas target pressure
- HH Anode-gas detected pressure

(57) Abstract: This fuel cell system for supplying an anode gas and a cathode gas to a fuel cell and causing the fuel cell to generate power according to a load includes a container section for storing impurities discharged by the fuel cell. The fuel cell system also includes a pressure control unit for increasing the pressure of the anode gas when the current of the fuel cell is high, in comparison to when the current thereof is low. The fuel cell system amplifies the current of the fuel cell, and further includes an estimation unit for estimating the current/voltage properties of the fuel cell on the basis of the current and voltage values obtained during said amplification, and a restriction unit for restricting a reduction in the pressure of the anode gas when the estimation unit is estimating the current-voltage properties.

(57) 要約: 燃料電池にアノードガス及びカソードガスを供給すると共に、燃料電池を負荷に応じて発電させる燃料電池システムは、燃料電池から排出される不純物を溜める容積部を含む。燃料電池システムは、燃料電池の電流が低いときに比して、燃料電池の電流が高いときにアノードガスの圧力を高くする圧力制御部を含む。燃料電池システムは、燃料電池の電流を振幅させると共に、そのときに取得する電流値及び電圧値に基づいて燃料電池の電流電圧特性を推定する推定部と、推定部による電流電圧特性の推定が行われているときに、アノードガスの

圧力低下を制限する制限部と、を含む。

WO 2015/053034 A1

## 明 細 書

### 発明の名称：燃料電池システム及び燃料電池システムの制御方法 技術分野

[0001] この発明は、燃料電池の電流電圧特性を推定する燃料電池システム及び燃料電池システムの制御方法に関する。

### 背景技術

[0002] 燃料電池システムとして、燃料電池の出力電流を変えながら出力電圧を検出して燃料電池の電流電圧（I V）特性を推定するものがある（JP 2000-357526 A 参照）。

### 発明の概要

[0003] 現在開発中の燃料電池システムでは、燃料電池のアノードガス流路に滞留する窒素ガスや水などの不純物が、アノードガス排出通路に設けられたバッファタンクに排出される。これにより、燃料電池の発電領域に存在する不純物が減少するため、燃料電池の発電効率の低下が抑制される。

[0004] このような燃料電池システムは零下の温度環境で起動されることもある。この場合には、燃料電池の I V 特性が通常運転時よりも悪くなるため、燃料電池の I V 特性が、駆動モータに電力を供給できる I V 特性まで回復したかどうか定期的に確認される。

[0005] I V 特性の推定に関しては、燃料電池から取り出される出力電流を一定の範囲で振幅させる電流制御が実施され、出力電流を振幅させている間に、燃料電池の電流及び電圧が各センサから順次取得される。そして取得した電流値及び電圧値に基づいて燃料電池の I V 特性が推定される。

[0006] 一方、アノードガスの圧力制御に関しては、燃料電池の出力電流が大きくなるほど、アノードガスの圧力が高くなるように制御される。これにより、出力電流が低いときには、カソードガス圧力とアノードガス圧力との差圧によって燃料電池の膜に生じる応力が抑えられる。

[0007] しかしながら、バッファタンクに不純物を排出させる燃料電池システムで

は、 $I-V$ 推定による電流制御に伴いアノードガス圧力を低下させると、バッファタンクから燃料電池へ不純物が逆流して発電領域内の不純物濃度が上昇してしまう。その結果、燃料電池の発電効率が低下し、センサで検出される燃料電池の電圧が、本来の電圧値よりも低くなるため、 $I-V$ 特性を推定する推定精度が悪くなってしまう。

[0008] 本発明は、このような問題点に着目してなされたものであり、燃料電池に滞留する不純物を容積部に排出しつつ、不純物の逆流に伴う $I-V$ 特性の推定精度の低下を抑制する燃料電池システム及び燃料電池システムの制御方法を提供することを目的とする。

[0009] 本発明のある態様によれば、燃料電池にアノードガス及びカソードガスを供給すると共に、燃料電池を負荷に応じて発電させる燃料電池システムは、燃料電池から排出される不純物を溜める容積部を含む。そして燃料電池システムは、燃料電池の電流が低いときに比して、燃料電池の電流が高いときにアノードガスの圧力を高くする圧力制御部と、燃料電池の電流を振幅させると共に、そのときに取得する電流値及び電圧値に基づいて燃料電池の電流電圧特性を推定する推定部と、推定部による電流電圧特性の推定が行われているときに、圧力制御部によるアノードガスの圧力低下を制限する制限部と、を含む。

### 図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、本発明の第1実施形態における燃料電池システムを示す構成図である。

[図2]図2は、燃料電池の $I-V$ 特性を推定する推定手法を示す説明図である。

[図3]図3は、コントローラを構成する制御部を示すブロック図である。

[図4]図4は、 $I-V$ 推定時におけるアノードガスの圧力低下に伴う出力電圧の低下を示す説明図である。

[図5]図5は、 $I-V$ 推定時にアノードガスの圧力低下を制限する制限方法を示すフローチャートである。

[図6]図6は、第2実施形態におけるアノードガス制御部を示すブロック図で

ある。

[図7]図7は、I V推定時にアノードガスの圧力低下を制限する制限手法を示す説明図である。

[図8]図8は、燃料電池のI V特性の推定精度を示す説明図である。

[図9]図9は、第3実施形態におけるアノードガス制御部を示すブロック図である。

[図10]図10は、I V推定時にアノードガスの圧力低下を制限する制限手法を示す説明図である。

### 発明を実施するための形態

[0011] 以下に、図面等を参照して本発明の実施形態について説明する。

[0012] (第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態における燃料電池システム100の構成を示す図である。

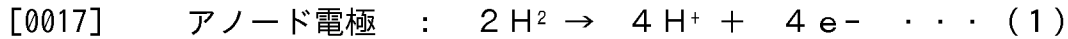
[0013] 燃料電池システム100は、燃料電池スタック1に対して外部からカソードガス及びアノードガスを供給すると共に負荷に応じて燃料電池スタック1を発電させる電源システムである。本実施形態では、燃料電池システム100は、燃料電池スタック1で発電した発電電力を、駆動モータ53などの負荷に供給する。

[0014] 燃料電池システム100は、燃料電池スタック1と、カソードガス給排装置2と、アノードガス給排装置3と、スタック冷却装置4と、電力系5と、コントローラ6と、を備える。

[0015] 燃料電池スタック1は、数百枚の燃料電池（いわゆる電池セル）を積層した積層電池である。燃料電池スタック1は、アノードガス及びカソードガスの供給を受けて発電する。燃料電池スタック1には、電力を取り出すための端子として、アノード電極側出力端子11と、カソード電極側出力端子12とが設けられている。

[0016] 燃料電池は、アノード電極（燃料極）と、カソード電極（酸化剤極）と、アノード電極及びカソード電力で挟まれる電解質膜と、により構成される。

燃料電池では、アノード電極に水素を含有するアノードガス（燃料ガス）と、カソード電極に酸素を含有するカソードガス（酸化剤ガス）とが電解質膜で電気化学反応を起こす。アノード電極及びカソード電極の両電極では、以下の電気化学反応が進行する。



[0018] 燃料電池では、上記（１）及び（２）の電気化学反応によって、起電力が生じるとともに水が生成される。燃料電池スタック１に積層された燃料電池のそれぞれは互いに直列に接続されているため、各燃料電池に生じるセル電圧の総和が燃料電池スタック１の出力電圧（例えば数百ボルト）となる。

[0019] 燃料電池スタック１には、カソードガス給排装置２によってカソードガスが供給され、アノードガス給排装置３によってアノードガスが供給される。

[0020] カソードガス給排装置２は、燃料電池スタック１にカソードガスを供給するとともに、燃料電池スタック１から排出されるカソードオフガスを外気に排出する装置である。カソードガス給排装置２は、カソードガス供給通路２１と、フィルタ２２と、カソードコンプレッサ２３と、カソード圧力センサ２４と、カソードガス排出通路２５と、カソード調圧弁２６とを備える。

[0021] カソードガス供給通路２１は、燃料電池スタック１に供給されるカソードガスが流れる通路である。カソードガス供給通路２１の一端がフィルタ２２に接続され、他端が燃料電池スタック１のカソードガス入口孔に接続される。

[0022] フィルタ２２は、カソードガス供給通路２１に取り込むカソードガス中の異物を取り除く。

[0023] カソードコンプレッサ２３は、カソードガス供給通路２１に設けられる。カソードコンプレッサ２３は、フィルタ２２を介してカソードガスとしての空気（外気）をカソードガス供給通路２１に取り込み、その空気を燃料電池スタック１に供給する。

[0024] カソード圧力センサ２４は、カソードコンプレッサ２３よりも下流のカソ

ードガス供給通路 21 に設けられる。カソード圧力センサ 24 は、燃料電池スタック 1 に供給されるカソードガスの圧力を検出する。カソード圧力センサ 24 で検出された検出圧力は、コントローラ 6 に出力される。

[0025] カソードガス排出通路 25 は、燃料電池スタック 1 から排出されるカソードオフガスが流れる通路である。カソードガス排出通路 25 の一端が、燃料電池スタック 1 のカソードガス出口孔に接続され、他端が開口端となっている。

[0026] カソード調圧弁 26 は、カソードガス排出通路 25 に設けられる。カソード調圧弁 26 は、コントローラ 6 によって開閉制御されて、カソードコンプレッサ 23 から燃料電池スタック 1 に供給されるカソードガスの圧力を所望の圧力に調節する。

[0027] なお、図 1 では図示しないが、燃料電池スタック 1 の加湿のためにカソードガス供給通路 21 に加湿装置を設けてもよい。

[0028] アノードガス給排装置 3 は、デッドエンド型のシステムであり、燃料電池スタック 1 にアノードガスを供給するとともに、燃料電池スタック 1 から排出されるアノードオフガスを、カソードガス排出通路 25 に排出する装置である。アノードガス給排装置 3 は、高圧タンク 31 と、アノードガス供給通路 32 と、アノード調圧弁 33 と、アノード圧力センサ 34 と、アノードガス排出通路 35 と、バッファタンク 36 と、パーズ弁 37 と、を備える。

[0029] 高圧タンク 31 は、燃料電池スタック 1 に供給するアノードガスを高圧状態に保って貯蔵する。

[0030] アノードガス供給通路 32 は、高圧タンク 31 からアノードガスを燃料電池スタック 1 に供給するための通路である。アノードガス供給通路 32 の一端が、高圧タンク 31 に接続され、他端が燃料電池スタック 1 のアノードガス入口孔に接続される。

[0031] アノード調圧弁 33 は、アノードガス供給通路 32 に設けられる。アノード調圧弁 33 は、コントローラ 6 によって開閉制御されて、高圧タンク 31 からアノードガス供給通路 32 に流れ出したアノードガスの圧力を所望の圧

力に調節する。

- [0032] アノード圧力センサ34は、アノード調圧弁33よりも下流のアノードガス供給通路32に設けられる。アノード圧力センサ34は、燃料電池スタック1に供給されるアノードガスの圧力を検出する。アノード圧力センサ34で検出された検出圧力は、コントローラ6に出力される。
- [0033] アノードガス排出通路35は、燃料電池スタック1から排出されるアノードオフガスが流れる通路である。アノードガス排出通路35の一端が、燃料電池スタック1のアノードガス出口孔に接続され、他端がカソードガス排出通路25に接続される。
- [0034] バッファタンク36は、アノードガス排出通路35に設けられる。バッファタンク36は、燃料電池スタック1から排出されるアノードオフガスを溜める容積部である。バッファタンク36によって、燃料電池スタック1の発電領域よりも下流に不純物ガスを排出することができる。そのため、燃料電池スタック1の発電領域における不純物ガスの濃度上昇を抑制することができる。
- [0035] なお、燃料電池スタック1の発電領域とは、電池セルの電解質膜がアノードガス流路とカソードガス流路とで挟まれた領域のことである。なお、バッファタンク36の代わりに、燃料電池スタック1内の各電池セルのアノードガス流路が合流する部分に容積部を設けてアノードオフガスを蓄積するようにしてもよい。
- [0036] パージ弁37は、アノードガス排出通路35に設けられる。パージ弁37は、コントローラ6によって開閉制御され、アノードガス排出通路35からカソードガス排出通路25に排出させるアノードオフガスの流量を制御する。
- [0037] スタック冷却装置4は、燃料電池スタック1を冷却し、燃料電池スタック1を発電に適した温度に保つ装置である。スタック冷却装置4は、冷却水循環通路41と、ラジエータ42と、バイパス通路43と、三方弁44と、循環ポンプ45と、PTCヒータ46と、第1水温センサ47と、第2水温セ

ンサ４８とを備える。

- [0038] 冷却水循環通路４１は、燃料電池スタック１を冷却するための冷却水が循環する通路である。
- [0039] ラジエータ４２は、冷却水循環通路４１に設けられる。ラジエータ４２は、燃料電池スタック１から排出された冷却水を冷却する。
- [0040] バイパス通路４３は、ラジエータ４２をバイパスさせて、燃料電池スタック１に冷却水を循環させる。バイパス通路４３の一端は、冷却水循環通路４１に接続され、他端が三方弁４４に接続される。
- [0041] 三方弁４４は、ラジエータ４２よりも下流側の冷却水循環通路４１に設けられる。三方弁４４は、冷却水の温度に応じて冷却水の循環経路を切り替える。
- [0042] 循環ポンプ４５は、三方弁４４よりも下流側の冷却水循環通路４１に設けられて、冷却水を循環させる。
- [0043] ＰＴＣヒータ４６は、バイパス通路４３に設けられる。ＰＴＣヒータ４６は、燃料電池スタック１の暖機時に通電されて、冷却水の温度を上昇させる。
- [0044] 第１水温センサ４７は、ラジエータ４２よりも上流側の冷却水循環通路４１に設けられる。第１水温センサ４７は、燃料電池スタック１から排出された冷却水の温度（以下、「スタック出口水温」という。）を検出する。
- [0045] 第２水温センサ４８は、循環ポンプ４５と燃料電池スタック１との間の冷却水循環通路４１に設けられる。第２水温センサ４８は、燃料電池スタック１に供給される冷却水の温度を検出する。
- [0046] 電力系５は、電流センサ５１と、電圧センサ５２と、駆動モータ５３と、インバータ５４と、バッテリー５５と、ＤＣ／ＤＣコンバータ５６と、補機類５７とを備える。
- [0047] 電流センサ５１は、燃料電池スタック１から取り出される電流（以下「出力電流」という。）を検出する。電流センサ５１で検出された出力電流は、コントローラ６に供給される。

- [0048] 電圧センサ52は、アノード電極側出力端子11の電位とカソード電極側出力端子12の電位との電位差（以下、「出力電圧」という。）を検出する。電圧センサ52で検出された出力電圧は、コントローラ6に出力される。
- [0049] 駆動モータ53は、ロータに永久磁石を埋設し、ステータにステータコイルを巻き付けた三相交流同期モータである。駆動モータ53は、燃料電池スタック1及びバッテリー55から電力の供給を受けて回転駆動する電動機としての機能と、車両の減速時にロータが外力によって回転させられることでステータコイルの両端に起電力を発生させる発電機としての機能と、を有する。
- [0050] インバータ54は、例えばIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）などの複数の半導体スイッチにより構成される。インバータ54の半導体スイッチは、コントローラ6によって開閉制御され、これにより直流電力が交流電力に、または、交流電力が直流電力に変換される。
- [0051] インバータ54は、駆動モータ53を電動機として機能させるときは、燃料電池スタック1の発電電力とバッテリー55の出力電力との合成直流電力を三相交流電力に変換して駆動モータ53に供給する。一方で、駆動モータ53を発電機として機能させるときは、駆動モータ53の回生電力（三相交流電力）を直流電力に変換してバッテリー55へ供給する。
- [0052] バッテリー55は、駆動モータ53の回生電力又は燃料電池スタック1の発電電力を充電する。バッテリー55に充電された電力は、必要に応じて補機類57及び駆動モータ53に供給される。
- [0053] DC/DCコンバータ56は、燃料電池スタック1の出力電圧を昇降圧させる双方向性の電圧変換器である。DC/DCコンバータ56の一方の電圧端子が、燃料電池スタック1に接続され、他方の電圧端子がバッテリー55に接続される。
- [0054] DC/DCコンバータ56は、バッテリー55の電力によって燃料電池スタック1側の電圧端子に生じる電圧を昇圧又は降圧する。DC/DCコンバータ56によって燃料電池スタック1の出力電圧が調整され、燃料電池スタック

- ク 1 の出力電流、ひいては発電電力（出力電流×出力電圧）が制御される。
- [0055] 補機類 5 7 は、DC/DCコンバータ 5 6 とバッテリー 5 5 との間に並列に接続される。補機類 5 7 は、カソードコンプレッサ 2 3、循環ポンプ 4 5、PTCヒータ 4 6 などによって構成され、バッテリー 5 5 又は燃料電池スタック 1 から電力が供給されて駆動する。
- [0056] コントローラ 6 は、中央演算装置（CPU）、読み出し専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）及び入出力インタフェース（I/Oインタフェース）を備えたマイクロコンピュータで構成される。
- [0057] コントローラ 6 には、前述した第 1 水温センサ 4 7、第 2 水温センサ 4 8、電流センサ 5 1 及び電圧センサ 5 2 からの信号が入力される。その他にも、燃料電池システム 1 0 0 を制御するために必要となる各種センサからの信号がコントローラ 6 には入力される。
- [0058] 他のセンサとしては、始動キーのオン・オフに基づいて燃料電池システム 1 0 0 の始動要求及び停止要求を検出するキーセンサ 6 1、アクセルペダルの踏み込み量を検出するアクセルストロークセンサ 6 2 がある。
- [0059] コントローラ 6 は、キーセンサ 6 1 から始動要求を受けると、燃料電池システム 1 0 0 が起動されたと判断し、燃料電池スタック 1 を発電に適した発電温度まで暖機する暖機制御（以下、「暖機促進運転」という）を実行する。
- [0060] 暖機促進運転では、コントローラ 6 は、DC/DCコンバータ 5 6 を制御して燃料電池スタック 1 から補機類 5 7 へ電力を供給させることで、補機類 5 7 の駆動に必要な電力を燃料電池スタック 1 で発電させる。燃料電池スタック 1 の発電に伴う自己発熱によって、燃料電池スタック 1 自体が暖機される。
- [0061] さらに暖機促進運転中は、コントローラ 6 は、循環ポンプ 4 5 の回転速度を可変範囲の上限値に設定すると共に、PTCヒータ 4 6 の出力、すなわち発熱量を可変範囲の上限値に設定する。
- [0062] これにより、PTCヒータ 4 6 で暖められた冷却水によっても燃料電池ス

タック 1 が暖機される。これに加えて循環ポンプ 4 5 及び PTC ヒータ 4 6 で消費される電力が増加するため、燃料電池スタック 1 の発電電力が増加すると共に燃料電池スタック 1 の自己発熱量も増加するので、燃料電池スタック 1 の暖機がより促進される。

[0063] このように暖機促進運転が実施されることによって、燃料電池システム 100 を起動してから燃料電池スタック 1 の暖機が完了するまでの暖機時間を短縮することができる。

[0064] また、コントローラ 6 は、燃料電池スタック 1 が起動されると、燃料電池スタック 1 の電流電圧 (I V) 特性を推定する演算処理 (以下「I V 推定」という。) を実行する。ここで、I V 推定について図 2 を参照して簡単に説明する。

[0065] 図 2 は、燃料電池スタック 1 の I V 特性と、燃料電池スタック 1 の温度との関係を示す図である。

[0066] 図 2 に示すように、燃料電池スタック 1 の温度が低くなると、燃料電池スタック 1 の I V 特性は基準 I V 特性よりも低下し、燃料電池スタック 1 の発電電力 (電圧×電流) も低下する。基準 I V 特性は、例えば、通常運転時の I V 特性に基づいて規定される。

[0067] 図 2 の破線で示した I V 特性では、燃料電池スタック 1 の発電電力が最小駆動電力となるときの出力電流が電流 A であり、出力電流 A を取り出すときの出力電圧が電圧 V 1 である。最小駆動電力とは、駆動モータ 5 3 によって車両を駆動させることが可能な電力の下限值である。

[0068] この場合には、燃料電池スタック 1 から最小駆動電力を駆動モータ 5 3 に供給することができるので、コントローラ 6 は、燃料電池スタック 1 から駆動モータ 5 3 への電力供給を可能にするため、車両の走行を許可する。

[0069] 一方、図 2 の一点鎖線で示した I V 特性では、燃料電池スタック 1 から出力電流 A を取り出すときの出力電圧は電圧 V 2 となる。この I V 特性では、駆動モータ 5 3 及びインバータ 5 4 が共に動作できる範囲内の電圧値に燃料電池スタック 1 の出力電圧が設定されると、燃料電池スタック 1 から取り出

される出力電流が小さくなるため、燃料電池スタック 1 の発電電力は最小駆動電力よりも小さくなる。

[0070] このような場合には、燃料電池スタック 1 から最小駆動電力を駆動モータ 5 3 に供給することができないため、コントローラ 6 は、燃料電池スタック 1 から駆動モータ 5 3 への電力供給を禁止する。

[0071] 車両の走行を素早く許可するには、燃料電池スタック 1 の出力電圧を駆動モータ 5 3 及びインバータ 5 4 が動作できる電圧値に設定したときに燃料電池スタック 1 の発電電力が、最小駆動電力以上となることを正確に判定する必要がある。

[0072] 次に燃料電池スタック 1 の I-V 特性を推定する手法について簡単に説明する。

[0073] 出力電流  $I$  と、基準 I-V 特性によって特定される基準電圧から実際の出力電圧（検出値）を減算した差分  $\Delta V$  と、の関係は、濃度過電圧の影響が小さい条件において、式（1）に示すように一次関数で近似することができることが知られている。

[0074] 
$$\Delta V = a I + b \cdots (1)$$

[0075] コントローラ 6 は、燃料電池スタック 1 の出力電流を所定の振幅で変化させる電流制御を実行し、出力電流を変化させている間に電流センサ 5 1 及び電圧センサ 5 2 を用いて出力電流、及び出力電圧（発電電圧）を複数回計測する。コントローラ 6 は、これらの出力電流、及び出力電圧から、式（1）の  $a$  及び  $b$  を算出する。

[0076] 式（1）の  $a$  及び  $b$  が算出されると、燃料電池スタック 1 から駆動モータ 5 3 に最小駆動電力を供給するときの出力電流  $A$  に対する出力電圧がわかり、その出力電圧が電圧  $V_1$  以上であれば、燃料電池スタック 1 が最小駆動電力を駆動モータ 5 3 に供給可能であることがわかる。

[0077] コントローラ 6 は、I-V 推定を開始してから、燃料電池スタック 1 が最小駆動電力を駆動モータ 5 3 に供給可能になるまで、所定の周期（例えば 5 秒間隔）で I-V 推定を繰り返し実施する。

- [0078] 次にコントローラ 6 の機能構成について説明する。
- [0079] 図 3 は、コントローラ 6 を構成する制御部 200 の一例を示す機能ブロック図である。
- [0080] 制御部 200 は、燃料電池システム 100 に設けられた各種センサからの入力信号と、各制御部品等に対する指令値とに基づいて、燃料電池スタック 1 を発電させる。
- [0081] 制御部 200 は、カソードコンプレッサ 23、カソード調圧弁 26、アノード調圧弁 33、及びパージ弁 37 を制御して、発電に適したアノードガス及びカソードガスの流量を燃料電池スタック 1 に供給する。制御部 200 は、走行許可後は、DC/DC コンバータ 56 を制御して、燃料電池スタック 1 で発電した電力をインバータ 54 及び補機類 57 に供給する。
- [0082] また、制御部 200 は暖機促進運転を実施する。具体的には、燃料電池システム 100 が起動されると、制御部 200 は、燃料電池スタック 1 の温度が、所定の暖機閾値（例えば 50℃）よりも低いか否かを判断する。なお、燃料電池スタック 1 の温度としては、例えば、スタック入口水温、又は、スタック入口水温及びスタック出口水温を平均した値が用いられる。
- [0083] 燃料電池スタック 1 の温度が暖機閾値よりも低いと判断された場合には、制御部 200 は、暖機促進運転を開始し、補機類 57 で消費される電力を増やして、燃料電池スタック 1 から暖機に必要な所定の電流（以下「暖機要求電流」という。）を取り出す。例えば、制御部 200 は、補機類 57 のうちカソードコンプレッサ 23、循環ポンプ 45 及び PTC ヒータ 46 の各消費電力を可変範囲の上限値に設定する。
- [0084] 暖機促進運転によって燃料電池スタック 1 の温度が暖機閾値まで上昇した場合には、制御部 200 は、燃料電池スタック 1 の暖機が完了したと判断し、暖機促進運転を終了する。
- [0085] また、燃料電池スタック 1 の温度が暖機閾値よりも高いと判断された場合には、駆動モータ 53 から要求される要求電力に応じてアノードガス、及びカソードガスの圧力を制御する通常運転が実施される。

- [0086] そして制御部200は、補機類57及び駆動モータ53から要求される要求電力に基づいて、燃料電池スタック1から取り出す電流の目標値（以下「目標電流」という。）を算出する。なお、アクセルストロークセンサ62で検出された踏み込み量が大きくなるほど、目標電流は大きくなる。
- [0087] 制御部200は、目標電流を算出すると、その目標電流に基づいて燃料電池スタック1に供給されるアノードガス圧力の目標値（目標圧力）を算出する。具体的には制御部200は、目標電流が大きくなるほど、アノードガスの目標圧力を高く設定する。これと共に制御部200は、目標電流に基づいて燃料電池スタック1に供給されるカソードガス圧力及び流量の目標値を算出する。
- [0088] また、制御部200は、目標電流を算出すると、燃料電池スタック1のI-V特性を参照し、目標電流に対応する電圧値を目標電圧として算出する。そして制御部200は、DC/DCコンバータ56における燃料電池スタック1側の電圧端子を目標電圧に調整する。これにより、燃料電池スタック1から、目標電流と同等の電流が出力される。
- [0089] 制御部200は、圧力制御部210と、I-V推定部220と、アノードガス制限部230と、を備える。
- [0090] 圧力制御部210は、燃料電池スタック1の目標電流が低いときに比して、燃料電池スタック1の目標電流が高いときに、カソードコンプレッサ23及びカソード調圧弁26を制御してカソードガスの供給圧力を高くする。
- [0091] 同様に圧力制御部210は、燃料電池スタック1の目標電流が低いときに比して、燃料電池スタック1の目標電流が高いときに、アノード調圧弁33のデューティ比を大きくして燃料電池スタック1に供給されるアノードガスの圧力を高くする。
- [0092] 例えば、圧力制御部210には、発電電流とアノードガス圧力とを互いに対応付けた圧力マップが記憶され、圧力制御部210は、目標電流を取得すると、その目標電流に対応付けられたアノードガス圧力を目標圧力として算出する。そして燃料電池スタック1に供給されるアノードガスの供給圧力は

、アノード調圧弁33によって目標圧力に調整される。

[0093] このように、燃料電池スタック1の出力電流に応じてアノードガスの供給圧力を高くすることにより、出力電流が低いときにはアノードガスの供給圧力が低下するので、燃料電池スタック1内のアノードガス圧力とカソードガス圧力との極間差圧を抑制できる。そのため、燃料電池スタック1内の電解質膜に生じる応力を抑制することができる。

[0094] I V推定部220は、燃料電池スタック1のI V特性を推定するために、燃料電池スタック1の出力電流を振幅させる電流制御を実行する。電流制御では、I V推定部220は、目標電流を暖機要求電流からI V推定用の上限値まで上昇させた後に目標電流を暖機要求電流まで低下させる。

[0095] また、燃料電池スタック1の出力電流を振幅させているときに、I V推定部220は、電流センサ51及び電圧センサ52から電流値及び電圧値を順次取得する。I V推定部220は、これらの電流値及び電圧値のうち、燃料電池スタック1の出力電流を低下させているときに取得した電流値及び電圧値を用いて、式(1)により燃料電池スタック1のI V特性を推定する近似直線を演算する。

[0096] このようにしてI V推定部220は、燃料電池スタック1のI V特性を逐次推定し、そのI V特性が、燃料電池スタック1から最小駆動電力を駆動モータ53に供給できるI V特性に回復するまで、I V推定を繰り返し実施する。

[0097] このような燃料電池システム100では、I V推定部220が燃料電池スタック1の目標電流を一旦上昇させ、その後に目標電流を低下させるときには、圧力制御部210によってアノードガスの目標圧力が下げられる。その結果、燃料電池スタック1に供給されるアノードガス圧力が低下するため、バッファタンク36に蓄積された不純物が燃料電池スタック1へ逆流し、燃料電池スタック1の発電領域における不純物濃度が上昇して燃料電池スタック1の発電効率が低下する。

[0098] 図4は、一般的なI V推定に伴う燃料電池スタック1の出力電圧の低下を

示す図である。図4では、コントローラ6は、燃料電池スタック1内に形成されたアノードガス流路の下流側に滞留する生成水及び窒素ガスをバッファタンク36に押し出すために、アノード調圧弁33の開度を制御して、アノードガスの圧力を脈動させる脈動運転を実施している。

[0099] 図4(A)は、燃料電池スタック1に供給されるアノードガス圧力の変動を示す図である。図4(A)には、1V推定中のアノードガスの脈動圧力が実線により示され、アノードガスの脈動上限圧力及び脈動下限圧力がそれぞれ破線により示されている。

[0100] 図4(B)は、燃料電池スタック1から取り出される出力電流を示す図である。図4(C)は、燃料電池スタック1の出力電圧を示す図である。図4(A)から図4(C)までの各図面の横軸は、互いに共通の時間軸である。

[0101] 時刻 $t_{41}$ の直前では、暖機促進運転が実施されており、DC/DCコンバータ56の電圧制御によって燃料電池スタック1から補機類57のみに電流が供給されている。また、アノードガスの脈動運転によって燃料電池スタック1に滞留する不純物が押し出されてバッファタンク36へ蓄積される。

[0102] 時刻 $t_{41}$ から時刻 $t_{43}$ までの1V推定期間では、1V推定部220によって電流制御が実行される。

[0103] 具体的には、時刻 $t_{41}$ では、図4(B)に示すように、燃料電池スタック1の出力電流が、1V推定部220の電流制御によって暖機要求電流から上昇する。上昇した分の出力電流は、燃料電池スタック1からDC/DCコンバータ56を介してバッテリー55へ供給される。なお、暖機要求電流とは、暖機促進運転時に燃料電池スタック1から取り出される電流値のことである。

[0104] 燃料電池スタック1の出力電流の上昇に伴い、図4(A)に示すように、圧力制御部210によって脈動下限圧力から脈動上限圧力までの脈動幅を一定に維持しながら、脈動下限圧力、及び脈動上限圧力は共に上昇する。

[0105] 燃料電池スタック1の出力電流を上昇させるためには、図4(C)に示すように、燃料電池スタック1の出力電圧は、燃料電池スタック1の1V特性

に従ってDC/DCコンバータ56を電圧制御することにより低下させる。

[0106] 時刻t42では、燃料電池スタック1の出力電流は、I<sub>V</sub>推定部220によって設定された上限値に到達する。このため、図4(B)に示すように出力電流は、I<sub>V</sub>推定部220の電流制御によって暖機要求電流まで下げられる。なお、出力電流の上限値は、バッテリー55に供給可能な電流量などによって予め設定されている。

[0107] 燃料電池スタック1の出力電流を低下させている間は、I<sub>V</sub>推定部220は、電流センサ51及び電圧センサ52から、所定のサンプリング周期で検出される燃料電池スタック1の出力電流及び出力電圧を順次取得する。

[0108] 燃料電池スタック1の出力電流の低下に伴い、図4(A)に示すように、脈動下限圧力、及び脈動上限圧力は、圧力制御部210によって共に下げられる。

[0109] このため、時刻t42から時刻t43までの電流低下期間では、アノードガスの脈動圧力を低下させている間に脈動下限圧力が低下する。このとき燃料電池スタック1で消費されるアノードガスの消費量が、アノードガスの供給流量よりも多くなるようにアノード調圧弁33の開度が制御される。その結果、アノードガスの脈動圧力が所定の脈動幅よりも大きく低下する。

[0110] アノードガスの脈動圧力の低下幅が拡大すると、燃料電池スタック1内のアノードガス圧力がバッファタンク36内の圧力よりも一時的に低くなるため、バッファタンク36に蓄積された不純物が、燃料電池スタック1へ逆流する。その結果、燃料電池スタック1内の不純物濃度が上昇し、燃料電池スタック1の発電効率も一時的に低下する。

[0111] そのため、図4(C)に示すように、燃料電池スタック1の出力電圧が、破線で示された本来の電圧値よりも低くなる。この状況において、電圧センサ52で検出される出力電圧と電流センサ51で検出される出力電流とに基づいて燃料電池スタック1のI<sub>V</sub>特性が推定されるため、燃料電池スタック1のI<sub>V</sub>特性の推定精度が悪くなる。

[0112] なお、時刻t45から時刻t46までの電流低下期間では、図4(A)に

示すように、アノードガスの脈動圧力の低下幅が、所定の脈動幅よりも大きくならないので、バッファタンク36から不純物は逆流しない。このため、図4(C)に示すように、燃料電池スタック1の出力電圧は、不純物の逆流に伴う電圧低下を起こすことなく本来の電圧値となる。ただし、時刻t47では、図4(A)に示すように、脈動圧力の低下幅が、所定の脈動幅よりも大きくなるため、図4(C)に示すように、燃料電池スタック1の出力電圧が一時的に低下している。

[0113] このように一般的な燃料電池システム100では、I V推定期間中に目標電流を低下させる制御に伴いアノードガス圧力を低下させるため、バッファタンク36から燃料電池スタック1へ不純物が逆流してしまう。その結果、各電池セルの発電領域内の不純物濃度が上昇するため、燃料電池スタック1の発電効率が全体的に下がり、燃料電池スタック1の出力電圧が、本来の電圧値よりも低下する。このため、燃料電池スタック1のI V特性を推定する精度が悪くなってしまう。

[0114] この対策として本実施形態では、図3に示した制御部200に、アノードガス制限部230が備えられている。

[0115] アノードガス制限部230は、I V推定フラグの設定値に基づいて、アノードガスの目標圧力を、バッファタンク36から燃料電池スタック1への不純物の逆流防止のための所定の下限値（以下「逆流防止下限値」という。）に設定する制限部である。逆流防止下限値は、例えば、実験データ等によって予め設定される。あるいは、アノードガス圧力の低下速度や低下幅などに基づいて設定してもよい。

[0116] I V推定フラグは、I V推定を実施している期間を特定するために用いられるフラグであり、I V推定部220によって設定される。I V推定部220は、例えば図4に示したI V推定期間の開始時にI V推定フラグを「1」に設定し、I V推定期間の終了時にI V推定フラグを「0」に設定する。あるいは、I V推定部220は、燃料電池スタック1の出力電流を低下させている電流低下期間のみ、I V推定フラグを「1」に設定するようにしてもよ

い。

- [0117] アノードガス制限部230は、I V推定フラグが「1」を示す場合には、アノードガスの目標圧力を、上述の逆流防止下限値に設定する。アノードガス制限部230は、I V推定期間中の目標電流の上限値が大きいほど、逆流防止下限値を大きくする。
- [0118] 一方、アノードガス制限部230は、I V推定フラグが「0」を示す場合には、圧力制御部210からアノードガスの目標圧力を取得し、その目標圧力を、逆流防止下限値で制限することなく、アノード調圧弁指令部240に出力する。
- [0119] アノード調圧弁指令部240は、アノード圧力センサ34で検出されるアノードガスの検出圧力を順次取得し、アノードガスの目標圧力から検出圧力を減算した圧力差分がゼロになるようにアノード調圧弁33をフィードバック制御する。
- [0120] 具体的には、アノード調圧弁指令部240は、圧力差分がゼロよりも大きい場合、アノードガスの供給圧力が上昇するようにアノード調圧弁33の開度を大きくする。一方、アノード調圧弁指令部240は、圧力差分がゼロよりも小さい場合には、アノードガスの供給圧力が低下するようにアノード調圧弁33の開度を小さくする。
- [0121] 図5は、I V推定に伴うアノードガス圧力の低下を制限する制限方法を示すフローチャートである。
- [0122] まず、コントローラ6の制御部200は、キーセンサ61から始動要求を受けると、燃料電池システム100を起動する。
- [0123] 燃料電池システム100が起動された場合には、ステップS901において制御部200は、第2水温センサ48からスタック入口水温 $T_s$ を取得する。
- [0124] ステップS902において制御部200は、スタック入口水温 $T_s$ が、暖機閾値(50℃)よりも低いかなかを判断する。スタック入口水温 $T_s$ が50℃以上であると判断された場合には、ステップS909に進む。

- [0125] 一方、スタック入口水温  $T_s$  が  $50^{\circ}\text{C}$  よりも低いと判断された場合にはステップ S 903 において制御部 200 は暖機促進運転を実施する。暖機促進運転において制御部 200 は、例えば、補機類 57 のうちカソードコンプレッサ 23 及び PTC ヒータ 46 のそれぞれに供給される電力を可変範囲の上限値まで上昇させる。
- [0126] また、ステップ S 904 において制御部 200 の I V 推定部 220 は、所定周期（例えば 5 秒間隔）で燃料電池スタック 1 の出力電流を所定の範囲で振幅される電流制御を実行する。このときに I V 推定部 220 は、I V 推定フラグを「0」から「1」に変更する。
- [0127] そしてステップ S 905 において制御部 200 のアノードガス制限部 230 は、I V 推定部 220 によって電流制御が実行されているか、すなわち I V 推定期間中か否かを判断する。具体的にはアノードガス制限部 230 は、I V 推定フラグが「1」に設定されているか否かを判断する。
- [0128] ステップ S 906 においてアノードガス制限部 230 は、I V 推定期間であると判断した場合には、図 3 で述べた逆流防止下限圧力を圧力制御部 210 に設定する。圧力制御部 210 は、逆流防止下限圧力をアノードガスの目標圧力に設定し、燃料電池スタック 1 に供給されるアノードガスの検出圧力が目標圧力となるようにアノード調圧弁 33 の開度を調整する。
- [0129] これにより、I V 推定期間中に燃料電池スタック 1 の発電に必要なアノードガスの流量を確保しつつ、アノードガスの圧力低下を制限することができる。
- [0130] I V 推定期間において、燃料電池スタック 1 の出力電流を上昇させた後、その出力電流を低下させている電流低下期間に I V 推定部 220 は、電流センサ 51 及び電圧センサ 52 から電流値及び電圧値を順次取得する。I V 推定期間が終了すると、アノードガス制限部 230 は、圧力制御部 210 への逆流防止下限圧力の設定を解除する。
- [0131] ステップ S 907 において I V 推定部 220 は、電流低下期間に取得した電流値及び電圧値を用いて式 (1) の近似直線を求め、その近似直線を参照

し、図2で述べたように、燃料電池スタック1が駆動モータ53に最小駆動電力を可能であるかを判断する。すなわち、I V推定部220は、燃料電池スタック1のI V特性を推定し、その推定されたI V特性を用いて車両が走行可能か否かを判断する。

[0132] そして車両が走行可能でないと判断された場合には、ステップS905に戻り、車両が走行可能であると判断されるまでI V推定が所定周期で実行される。ステップS905でI V推定期間でないと判断された場合には、ステップS909に進む。

[0133] ステップS909においてアノードガス制限部230は、圧力制御部210に対する逆流防止下限圧力の設定を解除する。これにより、圧力制御部210は、燃料電池スタック1の目標電流に基づいて燃料電池スタック1の発電に必要なアノードガスの目標圧力を算出し、アノードガスの検出圧力が目標圧力となるようにアノード調圧弁33の開度を調整する。

[0134] また、ステップS907で車両が走行可能であると判断された場合には、ステップS908において制御部200は、スタック入口水温 $T_s$ が $50^{\circ}\text{C}$ に到達したか否かを判断する。そしてスタック入口水温 $T_s$ が $50^{\circ}\text{C}$ になるまでは、ステップS905からS909までの一連の処理が繰り返される。そしてスタック入口水温 $T_s$ が $50^{\circ}\text{C}$ に到達すると暖機促進運転が終了し、アノードガスの圧力低下を制限する制限方法が終了する。

[0135] 本発明の第1実施形態によれば、バッファタンク36によって燃料電池スタック1に滞留する不純物が排出されるので、燃料電池スタック1の発電領域内の不純物濃度が下がり、燃料電池スタック1での発電効率の低下を抑制することができる。

[0136] また、燃料電池スタック1の出力電流を振幅させるI V推定期間中に、アノードガス制限部230によってアノードガスの圧力低下が制限されるので、バッファタンク36から燃料電池スタック1へ不純物が逆流する量を抑制できる。このため、不純物の逆流に伴う燃料電池スタック1の発電効率の低下を回避でき、I V特性の推定精度の低下を抑制することができる。

[0137] したがって、バッファタンク36によって燃料電池スタック1の発電領域に滞留する不純物濃度の上昇を抑制しつつ、I-V推定時にバッファタンク36から不純物が逆流してI-V特性の推定精度が低下することを抑制することができる。

[0138] (第2実施形態)

図6は、本発明の第2実施形態におけるアノードガス制御部201の構成を示す図である。なお、本実施形態の燃料電池システムは、基本的に、図1及び図3に示した燃料電池システム100の構成と同じである。以下、燃料電池システム100と同じ構成については、同一符号を付して詳細な説明を省略する。

[0139] アノードガス制御部201は、図3に示した制御部200のうち、燃料電池スタック1に供給されるアノードガスの供給圧力を制御する機能を有する。

[0140] アノードガス制御部201は、脈動運転部210Aと逆流防止制限部230Aとを備える。

[0141] 脈動運転部210Aは、脈動幅演算部211と、脈動上限圧力算出部212と、脈動波形演算部213とを備える。逆流防止制限部230Aは、脈動制限幅保持部231と、脈動幅切替部232と、逆流防止下限圧力保持部233と、脈動下限圧力切替部234とを備える。

[0142] 脈動運転部210Aは、発電に伴う生成水や窒素ガスなどの不純物を排出するのに必要となる脈動幅に基づいて、アノードガスの圧力を脈動させる脈動運転を実施する。脈動運転部210Aは、燃料電池スタック1の湿潤状態に応じて脈動幅を調整する。

[0143] 燃料電池スタック1の湿潤状態は、燃料電池スタック1の内部抵抗(HFR: High Frequency Resistance)を測定することにより推定でき、燃料電池スタック1の内部抵抗は、不図示の内部抵抗測定装置によって測定される。例えば、燃料電池スタック1の内部抵抗が大きいほど、燃料電池スタック1の電解質膜が乾燥した状態であると推定され、燃料電池スタック1の内部抵

抗が小さいほど、電解質膜が湿った状態であると推定される。

- [0144] 内部抵抗測定装置は、アノード電極側出力端子 1 1 及びカソード電極側出力端子 1 2 の他に、燃料電池スタック 1 に設けられた中途端子にも接続される。中途端子からは、アノード電極側出力端子 1 1 の電位と、カソード電極側出力端子 1 2 の電位との中間の電位が出力される。
- [0145] 内部抵抗測定装置は、アノード電極側出力端子 1 1 及びカソード電極側出力端子 1 2 のそれぞれに高周波（例えば 1 k H z）の交流電流を供給する。そして内部抵抗測定装置は、アノード電極側出力端子 1 1 と中途端子との端子間に生じるアノード側の交流電圧を検出すると共に、カソード電極側出力端子 1 2 と中途端子との端子間に生じるカソード側の交流電圧を検出する。
- [0146] 内部抵抗測定装置は、アノード側の交流電圧とカソード側の交流電圧とが互いに等しくなるようにアノード電極側出力端子 1 1 及びカソード電極側出力端子 1 2 の交流電流の振幅を調整しつつ、交流電圧及び交流電流に基づいて内部抵抗値を算出する。
- [0147] 逆流防止制限部 2 3 0 A は、1 V 推定期間に燃料電池スタック 1 の出力電流を振幅させることに起因するアノードガス脈動圧力の低下幅の拡大を制限する。
- [0148] 逆流防止下限圧力保持部 2 3 3 は、アノードガスの脈動圧力の低下幅を制限するために定められた逆流防止下限圧力を保持する。逆流防止下限圧力は、逆流防止下限圧力保持部 2 3 3 から脈動下限圧力切替部 2 3 4 へ出力される。
- [0149] 脈動下限圧力切替部 2 3 4 は、1 V 推定フラグの設定値に基づいて、アノードガスの脈動下限圧力を、カソード圧力センサ 2 4 で検出されるカソードガスの検出電圧から、逆流防止下限圧力に切り替える。なお、1 V 推定フラグは、図 3 で述べた通り、1 V 推定部 2 2 0 によって設定される。
- [0150] 脈動下限圧力切替部 2 3 4 は、1 V 推定フラグが「1」を示す場合には、燃料電池システム 1 0 0 が 1 V 推定期間中であると判断し、逆流防止下限圧力保持部 2 3 3 から逆流防止下限圧力を取得して脈動下限圧力として脈動波

形演算部 2 1 3 に出力する。

[0151] 一方、脈動下限圧力切替部 2 3 4 は、I V 推定フラグが「0」を示す場合には、燃料電池システム 1 0 0 が I V 推定期間中でないと判断し、カソード圧力センサ 2 4 から出力された検出圧力を、脈動下限圧力として脈動波形演算部 2 1 3 に出力する。

[0152] 脈動幅演算部 2 1 1 は、燃料電池スタック 1 の目標電流に基づいて、発電に伴う生成水の排出に必要な脈動幅 W 1 を演算する。脈動幅演算部 2 1 1 は、燃料電池スタック 1 の内部抵抗に応じて脈動幅 W 1 を補正する。

[0153] 脈動幅演算部 2 1 1 には、内部抵抗値ごとに、燃料電池スタック 1 の電流とアノードガスの脈動幅とが互いに対応付けられた脈動幅演算マップが予め記憶されている。脈動幅演算部 2 1 1 は、目標電流及び内部抵抗値を取得すると、その内部抵抗値によって特定された脈動幅演算マップを参照し、その目標電流に対応付けられた脈動幅をアノードガス圧力の目標脈動幅として脈動幅切替部 2 3 2 に出力する。

[0154] 脈動幅演算部 2 1 1 は、目標電流が大きくなるほど、発電に伴う生成水の量が多くなるため、脈動幅 W 1 を大きくする。また、電解質膜の湿潤度が低下するほど、燃料電池スタック 1 の内部抵抗は大きくなる。そのため、脈動幅演算部 2 1 1 は、燃料電池スタック 1 の内部抵抗が大きくなるほど、脈動幅 W 1 を小さくする。

[0155] 脈動制限幅保持部 2 3 1 は、脈動幅 W 1 を制限するための制限値（以下、「脈動制限幅 W 2」という。）を保持する。脈動制限幅 W 2 は、脈動幅 W 1 よりも小さな値であり、バッファタンク 3 6 から燃料電池スタック 1 へ不純物が逆流することを防止しつつ、燃料電池スタック 1 に滞留する不純物のうち窒素ガスを排出できる値に設定される。脈動制限幅 W 2 は、脈動制限幅保持部 2 3 1 から脈動幅切替部 2 3 2 へ出力される。

[0156] 脈動幅切替部 2 3 2 は、I V 推定フラグの設定値に基づいて、アノードガス圧力の目標脈動幅を、脈動幅演算部 2 1 1 で演算された脈動幅 W 1 から、脈動制限幅保持部 2 3 1 に保持された脈動制限幅 W 2 に切り替える。

- [0157] 脈動幅切替部 232 は、I V 推定フラグが「1」を示す場合には、燃料電池システム 100 が I V 推定期間中であると判断し、脈動制限幅保持部 231 から脈動制限幅 W2 を取得して目標脈動幅として脈動上限圧力算出部 212 に出力する。
- [0158] 一方、脈動幅切替部 232 は、I V 推定フラグが「0」を示す場合には、燃料電池システム 100 が I V 推定期間中ではないと判断し、脈動幅演算部 211 から出力された脈動幅 W1 を脈動上限圧力算出部 212 に出力する。
- [0159] 脈動上限圧力算出部 212 は、カソード圧力センサ 24 から出力される検出圧力に目標脈動幅を加算し、その加算した値をアノードガスの脈動上限圧力として脈動波形演算部 213 に出力する。
- [0160] このように逆流防止制限部 230A によって、I V 推定部 220 が電流制御を実行している I V 推定期間は、アノードガス圧力の脈動幅 W1 が脈動制限幅 W2 に制限される。
- [0161] 脈動波形演算部 213 は、アノードガスの脈動上限圧力と脈動下限圧力とを交互に選択して、アノードガス圧力が脈動する波形となるようにアノードガスの脈動圧力を演算する。
- [0162] 例えば、脈動波形演算部 213 は、脈動上限圧力を選択しているときは、脈動下限圧力から脈動上限圧力までアノードガス圧力が一定の上昇率で昇圧されるように脈動圧力を算出する。
- [0163] 一方、脈動波形演算部 213 は、脈動下限圧力を選択しているときは、脈動上限圧力から脈動下限圧力までアノードガス圧力が一定の低下率で降圧されるように脈動圧力を算出する。脈動波形演算部 213 は、算出されたアノードガスの脈動圧力を目標圧力として図 3 で示したアノード調圧弁指令部 240 に出力する。
- [0164] 図 7 は、アノードガス制御部 201 によるアノードガス圧力の制限手法を示す図である。
- [0165] 図 7 (A) は、脈動運転中のアノードガス脈動圧力の変動を示す図である。図 7 (A) には、アノードガスの脈動圧力が実線により示され、脈動上限

圧力及び脈動下限圧力がそれぞれ破線により示されている。

[0166] 図7(B)は、燃料電池スタック1から取り出される出力電流を示す図である。図7(C)は、燃料電池スタック1の出力電圧を示す図である。図7(A)から図7(C)までの各図面の横軸は、互いに共通の時間軸である。

[0167] 時刻 $t_{61}$ の直前までは、図4と同様に暖機促進運転が実施されており、DC/DCコンバータ56の電圧制御によって燃料電池スタック1から補機類57のみに電流が供給されている。また、脈動運転によって燃料電池スタック1に滞留する窒素ガスや生成水が押し出されてバッファタンク36へ蓄積される。

[0168] また、時刻 $t_{61}$ から時刻 $t_{63}$ までのI/V推定期間、及び、時刻 $t_{64}$ から時刻 $t_{66}$ までのI/V推定期間は、I/V推定部220によって図4と同様に電流制御が実行される。I/V推定期間中は、I/V推定部220によってI/V推定フラグが「1」に設定され、I/V推定期間外は、I/V推定フラグは「0」に設定される。

[0169] なお、I/V推定フラグが「0」を示す場合には、カソードガスの検出圧力が脈動下限圧力として設定され、その脈動下限圧力に脈動幅 $W_1$ を加算した値が脈動上限圧力として設定される。

[0170] 時刻 $t_{61}$ では、図7(B)に示すように、燃料電池スタック1の出力電流を上昇させる電流制御が、I/V推定部220によって開始されると共に、I/V推定フラグが「0」から「1」に切り替えられる。

[0171] I/V推定フラグが「1」に切り替えられると、脈動下限圧力切替部234によって、アノードガスの脈動下限圧力が、カソードガスの検出圧力から、アノードガス圧力の低下幅を制限するために定められた所定の逆流防止下限圧力に切り替えられる。

[0172] これと共に脈動幅切替部232によって、アノードガス圧力の目標脈動幅が、脈動幅演算部211で算出された脈動幅 $W_1$ から、不純物の逆流を防止するために定められた所定の脈動制限幅 $W_2$ に切り替えられる。そして逆流防止下限圧力に脈動制限幅 $W_2$ を加算した値が、脈動上限圧力として設定さ

れる。

- [0173] I V推定期間に設定される脈動上限圧力は、燃料電池スタック1の出力電流を上限値まで上昇させるのに最低限必要なアノードガス流量を供給可能なアノードガス圧力値に設定される。したがって、I V推定期間中の出力電流の上限値を大きくするほど、脈動上限圧力は大きな値に設定される。
- [0174] また、脈動制限幅W2は、燃料電池スタック1内に形成されるアノードガス流路に滞留する窒素ガスを排出できる所定の脈動幅に設定される。
- [0175] このため、逆流防止下限圧力は、脈動制限幅W2を確保しつつ、バッファタンク36から不純物が逆流しない圧力値に固定される。
- [0176] なお、燃料電池スタック1の出力電流の上昇に伴い、図3に示した圧力制御部210によってカソードガスの目標圧力を上昇させるので、カソード圧力センサ24から出力されるカソードガスの検出圧力は上昇する。このため、図4(A)では、アノードガスの脈動下限圧力が上昇することになる。
- [0177] 時刻t62から時刻t63までの電流低下期間中は、I V推定部220による電流制御にかかわらず、アノードガスの脈動下限圧力、及び脈動上限圧力が固定された状態で、アノードガス圧力が、脈動制限幅W2で脈動する。
- [0178] これにより、図4(A)に示したように出力電流を低下させる電流制御によってカソードガスの検出圧力が低下してアノードガスの脈動下限圧力が低下することを防止できる。このため、図7(A)に示すようにI V推定期間にアノードガスの脈動圧力の低下幅が小さくなるので、バッファタンク36の内圧が燃料電池スタック1の内圧よりも高くなることを抑制できる。したがって、バッファタンク36から燃料電池スタック1へ窒素ガスが逆流することを防止できる。
- [0179] バッファタンク36から燃料電池スタック1へ窒素ガスが逆流しないので、図7(C)に示すように、燃料電池スタック1の出力電圧は、図4(C)の実線に示したように低下することはなくなる。したがって、燃料電池スタック1の本来の出力電圧が電圧センサ52で検出されるので、燃料電池スタック1のI V特性を正確に推定することができる。

[0180] そして所定周期経過後の時刻  $t_{64}$  から時刻  $t_{66}$  までの  $I-V$  推定期間においても、時刻  $t_{61}$  から時刻  $t_{63}$  までの  $I-V$  推定期間と同様に、脈動下限圧力、及び脈動上限圧力を固定した状態で、アノードガス圧力が脈動制限幅  $W_2$  で脈動する。そのため、燃料電池スタック 1 に不純物を逆流させることなく、燃料電池スタック 1 の  $I-V$  特性を推定することができる。なお、時刻  $t_{63}$  から時刻  $t_{64}$  までの期間、及び時刻  $t_{66}$  以降において、出力電圧は、図 4 に示した時刻  $t_{47}$  と同様に一時的に低下する。

[0181] 図 8 は、不純物の逆流に伴う  $I-V$  特性の推定精度の低下に関する図である。

[0182] 図 8 (A) は、 $I-V$  推定部 220 で推定された燃料電池スタック 1 の  $I-V$  特性を示す図である。図 8 (A) には、本実施形態における燃料電池スタック 1 の  $I-V$  特性が実線で示され、バッファタンク 36 から不純物が逆流したときの  $I-V$  特性が破線で示され、通常運転時の基準  $I-V$  特性が点線で示されている。また縦軸が、燃料電池スタック 1 の出力電圧  $V$  を示し、横軸が、燃料電池スタック 1 の出力電流  $I$  を示す。

[0183] 図 8 (B) は、図 8 (A) で示した  $I-V$  特性を、図 2 で述べた式 (1) を用いて近似したときの燃料電池スタック 1 の特性を示す図である。

[0184] 図 8 (B) には、本実施形態における燃料電池スタック 1 の特性が実線で示され、バッファタンク 36 から不純物が逆流したときの燃料電池スタック 1 の特性が破線で示されている。また縦軸が、基準  $I-V$  特性の電圧値から出力電圧の検出値を減算した電圧差  $\Delta V$  を示し、横軸が、燃料電池スタック 1 の出力電流  $I$  を示す。

[0185] なお、上限電流  $I_c$  は、 $I-V$  推定期間中に出力電流を上昇させたときの最大値であり、出力電流の検出可能範囲の上限値である。上限電流  $I_c$  よりも上の電流範囲が、式 (1) によって推定される  $I-V$  推定範囲である。

[0186] 図 8 (B) に示すように、燃料電池スタック 1 に不純物が逆流したときの近似直線の傾きは、本実施形態の近似直線の傾きよりも大きくなる。すなわち、不純物が逆流したときに求められた式 (1) の係数  $a$  は、本実施形態で

求められた係数  $a$  よりも小さくなる。

[0187] この理由は、図4 (C) で示したように  $I$   $V$  推定期間が終わるころに不純物の逆流によって燃料電池スタック1の発電効率が低下して出力電圧が低下するため、出力電流が小さくなるにつれて、電圧差  $\Delta V$  が大きくなってしまいうからである。ここでは、左から1番目及び2番目の丸印で示された測定点の電圧差  $\Delta V$  が大きくなっている。

[0188] したがって、図8 (A) に示すように、不純物が逆流したときの  $I$   $V$  特性は、 $I$   $V$  推定範囲において実際の燃料電池スタック1の  $I$   $V$  特性よりも良好な特性として推定されてしまう。そのため、このような事情を考慮して走行を許可する閾値を高くしなければならず、走行を正確に許可することが困難になる。これに対して本実施形態の  $I$   $V$  推定部220では、燃料電池スタック1の  $I$   $V$  特性を、不純物が逆流した場合に比べて正確に推定することができる。

[0189] 本発明の第2実施形態によれば、逆流防止制限部230Aは、 $I$   $V$  推定部220によって燃料電池スタック1の出力電流を変化させている間、すなわち  $I$   $V$  推定期間は、アノードガスの脈動下限圧力を所定圧力（逆流防止下限圧力）に固定する。

[0190] これにより、 $I$   $V$  推定期間中に逆流防止制限部230Aによってアノードガス圧力の低下幅の拡大が防げるので、バッファタンク36から燃料電池スタック1へ窒素ガスが逆流するのを抑制できる。したがって、バッファタンク36によって燃料電池スタック1の発電領域に滞留する不純物濃度の上昇を抑制しつつ、不純物の逆流に伴う  $I$   $V$  特性の推定精度の低下を抑制することができる。

[0191] また本実施形態では、脈動運転部210Aは、燃料電池スタック1の発電に伴う生成水の排出に必要な脈動幅  $W1$  に基づいてアノードガスの圧力を脈動させる。そして逆流防止制限部230Aは、 $I$   $V$  推定期間中は、脈動運転部210Aによる脈動幅  $W1$  を、生成水の排出に必要な脈動幅よりも小さな脈動制限幅  $W2$  に制限する。なお、脈動制限幅  $W2$  は、窒素ガスの排出に最

低限必要な脈動幅に設定される。

[0192] これにより、I V推定期間中は、バッファタンク36に蓄積された不純物の逆流を抑制しつつ、燃料電池スタック1から生成水以外の窒素ガスを排出することができる。

[0193] また本実施形態では、I V推定部220は、燃料電池スタック1の出力電流を低下させる電流低下期間に電流センサ51及び電圧センサ52から燃料電池スタック1の出力電流及び出力電圧を取得する。

[0194] 仮に燃料電池スタック1の出力電流を上昇させる期間に出力電流及び出力電圧を取得する場合は、暖機によってI V特性が回復してくるので、出力電流が大きくなるほど、基準I V特性の基準電圧と出力電圧との電圧差 $\Delta V$ が小さくなりやすい。このため、図2で述べた式(1)の傾き $a$ が小さくなり、推定されるI V特性が、実際のI V特性よりも良好であると判断されてしまう。この対策として燃料電池スタック1の出力電流を上昇させる速度を速くするために燃料電池スタック1から急激に電流を取り出すと、燃料電池スタック1の出力電圧が異常に低下してしまう。

[0195] したがって、電流低下期間に燃料電池スタック1の出力電流及び出力電圧を取得することにより、燃料電池スタック1の異常の発生を防止しつつ、I V特性の推定精度を高めることができる。

[0196] また、本実施形態では図7に示したように燃料電池スタック1の出力電流を上昇させてから低下させるまでの間、逆流防止下限圧力を設定する例について説明したが、電流低下期間のみ逆流防止下限圧力を設定するようにしてもよい。この場合であっても、バッファタンク36に蓄積された不純物の逆流に伴うI V特性の推定精度の低下を抑制することができる。さらに脈動幅 $W1$ を制限する時間を短くして脈動幅 $W1$ で脈動させる時間を長くすることにより、燃料電池スタック1の排水性を向上させることができる。

[0197] (第3実施形態)

図9は、本発明の第3実施形態におけるアノードガス制御部202の構成を示す図である。なお、本実施形態の燃料電池システムは、基本的に、図1

及び図3に示した燃料電池システム100の構成と同じである。以下、燃料電池システム100と同じ構成については、同一符号を付して詳細な説明を省略する。

[0198] アノードガス制御部202は、図3に示した制御部200のうち、燃料電池スタック1に供給されるアノードガスの供給圧力を制御する機能を有する。

[0199] アノードガス制御部202は、脈動運転部210Bと逆流防止制限部230Bとを備える。

[0200] 脈動運転部210Bは、基本的に、図6に示した脈動運転部210Aと同じ構成であり、脈動運転部210Aと同じ構成については同一符号を付してここでの説明を省略する。

[0201] 逆流防止制限部230Bは、逆流防止固定圧力保持部235と目標圧力切替部236とを備える。

[0202] 逆流防止固定圧力保持部235は、I V推定期間中にアノードガス脈動圧力を固定するために定められた固定値（以下「逆流防止固定圧力」という。）を保持する。

[0203] 逆流防止固定圧力は、I V推定部220の電流制御に伴うアノードガス圧力低下を制限するために設定された圧力値である。逆流防止固定圧力は、逆流防止固定圧力保持部235から目標圧力切替部236へ出力される。

[0204] 目標圧力切替部236は、図3で示したI V推定部220によって設定されるI V推定フラグの設定値に基づいて、アノードガスの目標圧力を、脈動波形演算部213で演算された脈動圧力から、逆流防止固定圧力保持部235に保持された固定値に切り替える。

[0205] 目標圧力切替部236は、I V推定フラグが「1」を示す場合には、I V推定期間中であると判定し、逆流防止固定圧力保持部235から逆流防止固定圧力を取得して目標圧力として、図3に示したアノード調圧弁指令部240に出力する。

[0206] 一方、目標圧力切替部236は、I V推定フラグが「0」を示す場合には

、I V推定期間中ではないと判定し、脈動波形演算部213から出力された脈動圧力をアノード調圧弁指令部240に出力する。

[0207] このようにI V推定部220が電流制御を実行しているI V推定期間は、逆流防止制限部230Bによってアノードガスの脈動圧力が逆流防止固定圧力に制限される。

[0208] 図10は、アノードガス制御部202によるアノードガス圧力の制限手法を示す図である。なお、図10(A)から図10(C)までの各図面の縦軸は、それぞれ、図7(A)から図7(C)までの各図面の縦軸と同じであり、図10(A)から図10(C)までの各図面の横軸は互いに共通の時間軸である。

[0209] なお、I V推定期間中は、I V推定部220によってI V推定フラグが「1」に設定され、I V推定期間外は、I V推定フラグは「0」に設定される。I V推定フラグが「0」を示す場合には、カソードガス圧力の検出値が脈動下限圧力として設定され、その脈動下限圧力に脈動幅演算部211で算出される脈動幅W1を加算し、その加算した値が脈動上限圧力として設定される。

[0210] 時刻t01では、図10(B)に示すように、燃料電池スタック1の出力電流を上昇させる電流制御がI V推定部220によって開始されると共に、I V推定フラグが「0」から「1」に切り替えられる。

[0211] I V推定フラグが「1」に切り替えられると、目標圧力切替部236によって、アノードガスの目標圧力が、カソードガスの脈動圧力から、アノードガスの圧力低下を制限するために定められた所定の逆流防止固定圧力に切り替えられる。

[0212] なお、逆流防止固定圧力は、I V推定期間に出力電流を上限値まで上昇させた時に最低限必要なアノードガス流量を供給できるアノードガス圧力値に設定される。したがって、I V推定期間中に出力電流の上限値を大きくするほど、逆流防止固定圧力は、大きな値に設定される。

[0213] このようにI V推定期間中は、アノードガス圧力を逆流防止固定圧力に設

定されるので、燃料電池スタック 1 に発電に必要な流量でアノードガスを供給しつつ、バッファタンク 36 から燃料電池スタック 1 へ窒素ガスが逆流することを防止できる。

[0214] そのため、燃料電池スタック 1 の本来の出力電圧が電圧センサ 52 で検出できるようになるので、燃料電池スタック 1 の I-V 特性を正確に推定することができる。また、時刻 t04 から時刻 t06 までの I-V 推定期間においても、時刻 t01 から時刻 t03 までの I-V 推定期間と同様に、燃料電池スタック 1 に不純物を逆流させることなく、燃料電池スタック 1 の I-V 特性を推定することができる。

[0215] 本発明の第 3 実施形態では、逆流防止制限部 230B は、I-V 推定期間アノードガス圧力を、脈動運転部 210B による脈動圧力から所定圧力（逆流防止固定圧力）に切り替える。

[0216] これにより、第 2 実施形態と同様、I-V 推定期間中にアノードガスの圧力低下を制限できるので、バッファタンク 36 から燃料電池スタック 1 へ不純物が逆流するのを防止できる。したがって I-V 特性の推定精度の低下を抑制することができる。

[0217] また、I-V 推定期間外は、第 2 実施形態と同様、アノードガス圧力の脈動運転を実施することにより、I-V 特性の推定精度の確保と、燃料電池スタック 1 の排水性の確保とを両立できる。また、第 2 実施形態に比べて簡易な構成で実現することができる。

[0218] 以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的な構成に限定する趣旨ではない。

[0219] 第 2 及び第 3 実施形態では脈動下限圧力を基準に脈動上限圧力を算出する例について説明したが、本発明は、脈動上限圧力を基準に脈動下限圧力を算出する構成にも適用することが可能である。

[0220] また、アノードガス圧力の脈動運転を実施する例について説明したが、脈動運転を実施しない場合であっても、I-V 推定部 220 による電流制御に伴

いアノードガス圧力を低下させるので、本発明を適用することが可能である。この場合にも本実施形態と同様の効果が得られる。

[0221] また本発明は、カソードガス供給通路 21 に加湿器、例えば水分回収装置 (Water Recovery Device ; WRD) を設けた燃料電池システムにも適用することができる。この場合には、加湿器よりも上流のカソードガス供給通路 21 にカソード圧力センサ 24 を設け、カソード圧力センサ 24 で検出された検出圧力が、アノードガスの脈動下限圧力として設定される。

[0222] また本発明は、暖機促進運転中に I V 推定を実施する例について説明したが、通常運転中に I V 推定を実施してもよく、この場合にも本実施形態と同様の効果が得られる。

[0223] なお、上記実施形態は、適宜組み合わせ可能である。

[0224] 本願は、2013年10月8日に日本国特許庁に出願された特願2013-211335に基づく優先権を主張し、この出願の全ての内容は参照により本明細書に組み込まれる。

## 請求の範囲

- [請求項1] 燃料電池にアノードガス及びカソードガスを供給すると共に、前記燃料電池を負荷に応じて発電させる燃料電池システムであって、  
前記燃料電池から排出される不純物を溜める容積部と、  
前記燃料電池の電流が低いときに比して、前記燃料電池の電流が高いときにアノードガスの圧力を高くする圧力制御部と、  
前記燃料電池の電流を振幅させると共に、そのときに取得する電流値及び電圧値に基づいて前記燃料電池の電流電圧特性を推定する推定部と、  
前記推定部による電流電圧特性の推定が行われているときに、前記圧力制御部による前記アノードガスの圧力低下を制限する制限部と、  
を含む燃料電池システム。
- [請求項2] 請求項1に記載の燃料電池システムにおいて、  
前記制限部は、前記推定部が前記燃料電池の電流を変化させている間、アノードガスの圧力を所定圧力に設定する、  
燃料電池システム。
- [請求項3] 請求項1又は請求項2に記載の燃料電池システムにおいて、  
前記所定圧力は、前記推定部によって前記燃料電池の電流を上昇させる時の上限値に基づいて設定される、  
燃料電池システム。
- [請求項4] 請求項1から請求項3までのいずれか1項に記載の燃料電池システムにおいて、  
前記制限部は、前記所定圧力に基づいて、前記不純物のうち生成水の排出に必要な脈動幅よりも小さい所定の脈動制限幅でアノードガスの圧力を脈動させる、  
燃料電池システム。
- [請求項5] 請求項4に記載の燃料電池システムにおいて、  
前記脈動制限幅は、前記生成水の排出に必要な脈動幅よりも小さく

、かつ、窒素ガスの排出に必要な脈動幅である、  
燃料電池システム。

[請求項6] 請求項1から請求項3までのいずれか1項に記載の燃料電池システムにおいて、

前記発電に伴う生成水の排出に必要な脈動幅に基づいてアノードガスの圧力を脈動させる脈動運転部をさらに含み、

前記制限部は、前記推定部が前記燃料電池の電流を変化させている間は、アノードガスの圧力を前記脈動運転部による脈動圧力から前記所定圧力に切り替える、  
燃料電池システム。

[請求項7] 請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載の燃料電池システムにおいて、

前記推定部は、前記燃料電池の電流を低下させるときに前記燃料電池の前記電流値及び電圧値を取得し、

前記制限部は、前記推定部によって前記燃料電池の電流を低下させている間、アノードガスの圧力を前記所定圧力に設定する、  
燃料電池システム。

[請求項8] 燃料電池にアノードガス及びカソードガスを供給すると共に、前記燃料電池を負荷に応じて発電させ、前記燃料電池から排出される不純物を溜める容積部を備える燃料電池システムの制御方法であって、

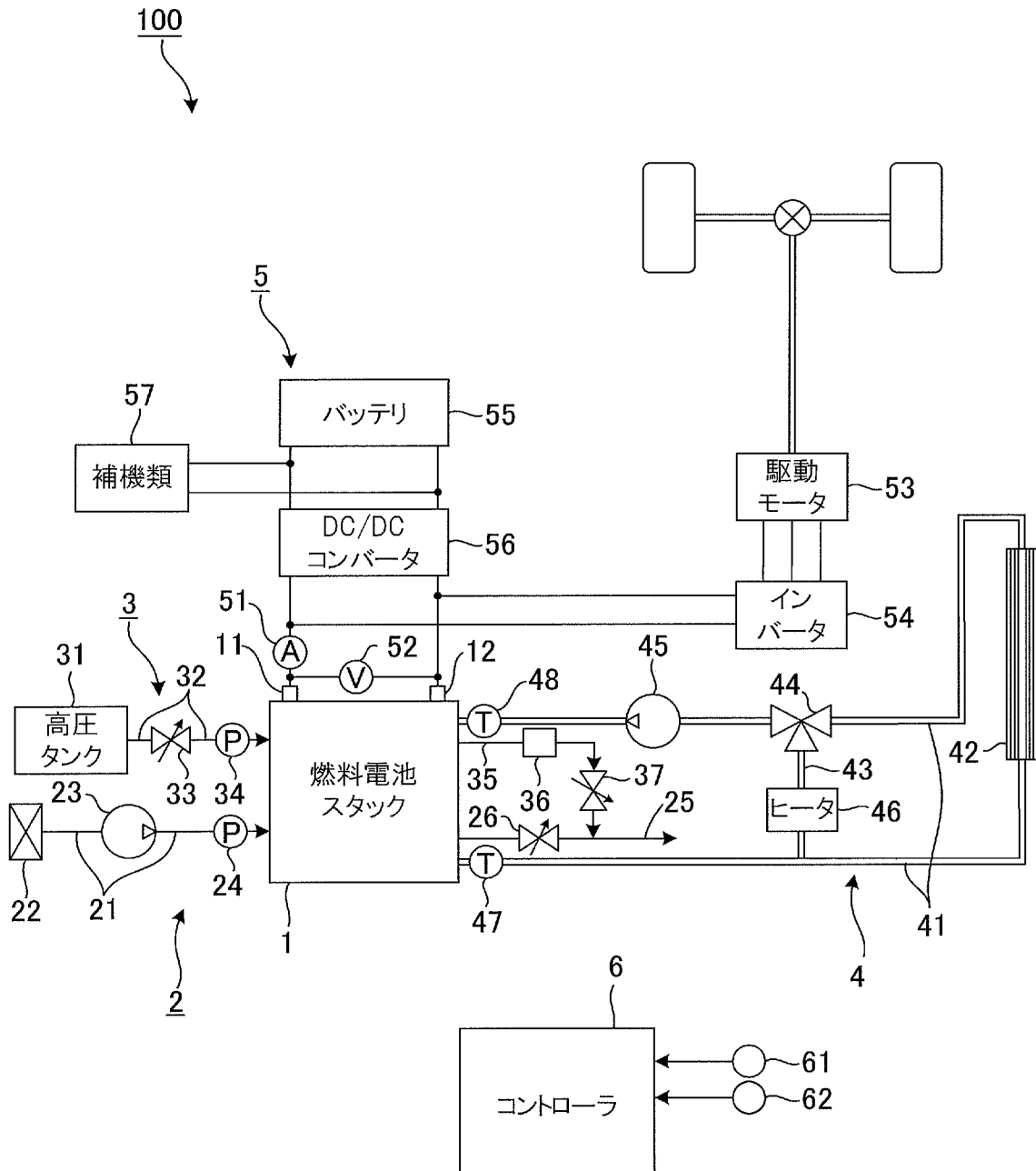
前記燃料電池の電流が低いときに比して、前記燃料電池の電流が高いときにアノードガスの圧力を高くする圧力制御ステップと、

前記燃料電池の電流を振幅させると共に、そのときに取得する電流値及び電圧値に基づいて前記燃料電池の電流電圧特性を推定する推定ステップと、

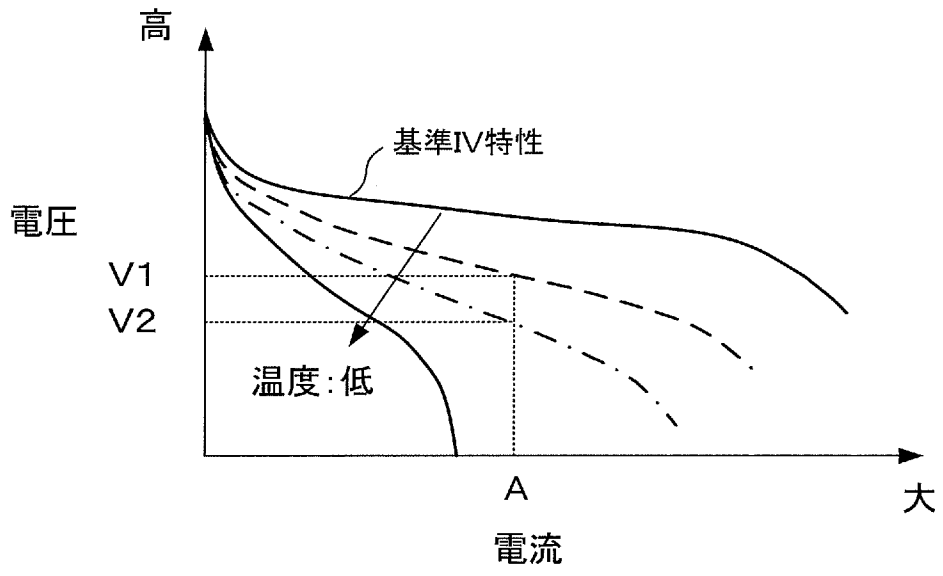
前記推定ステップでの電流電圧特性の推定が行われているときに、前記圧力制御ステップでの前記アノードガスの圧力低下を制限する制限ステップと、

を含む燃料電池システムの制御方法。

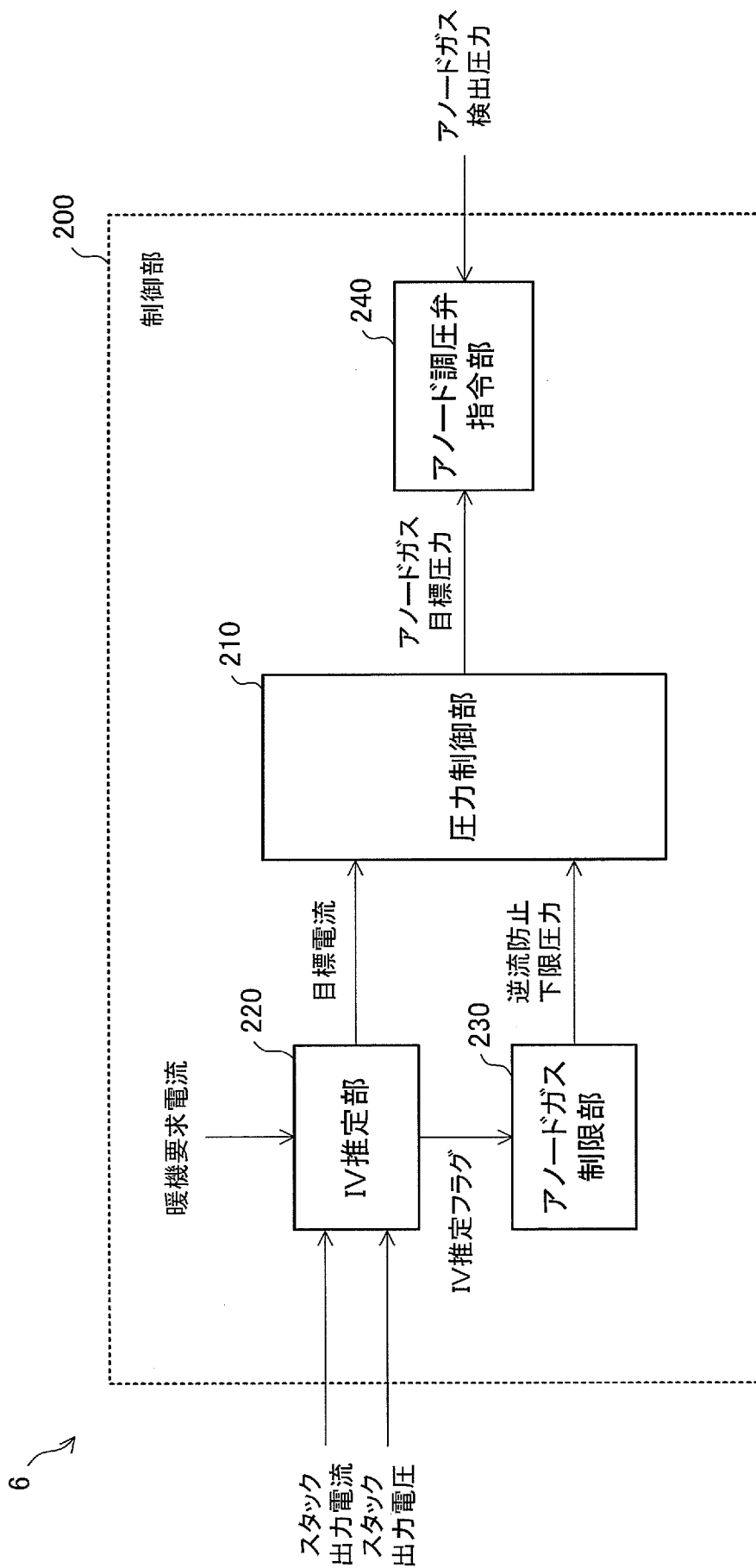
[図1]



[図2]

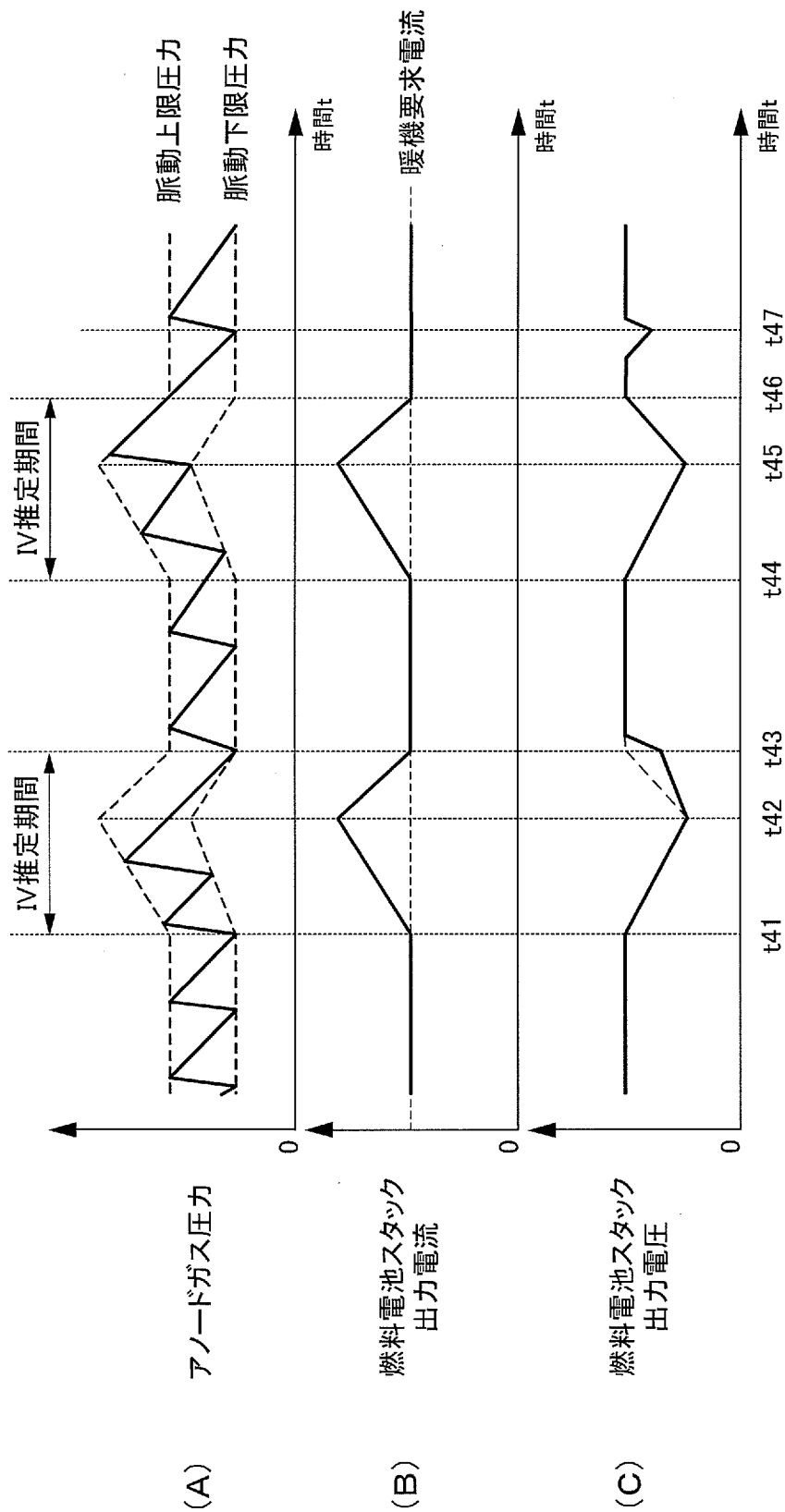


[図3]

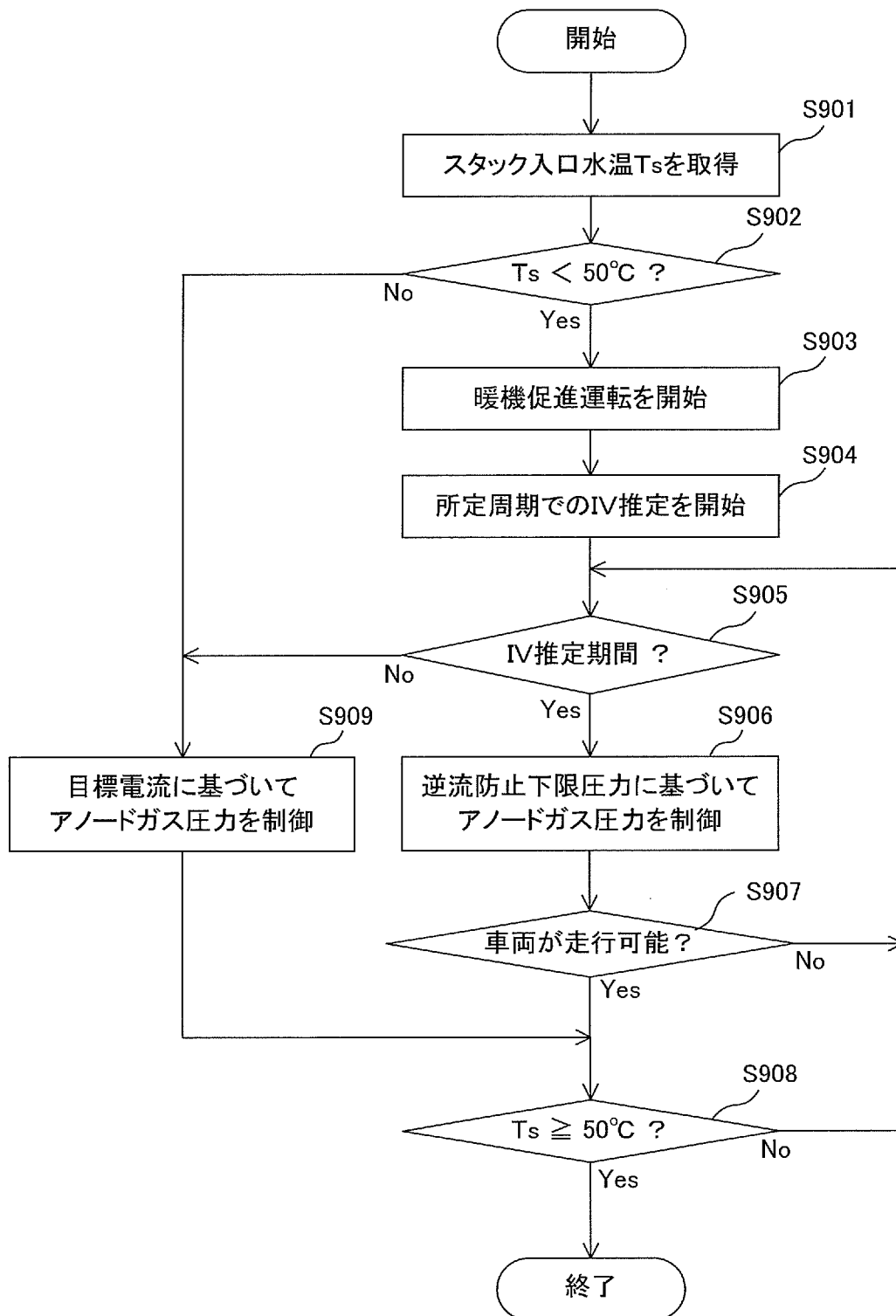


6

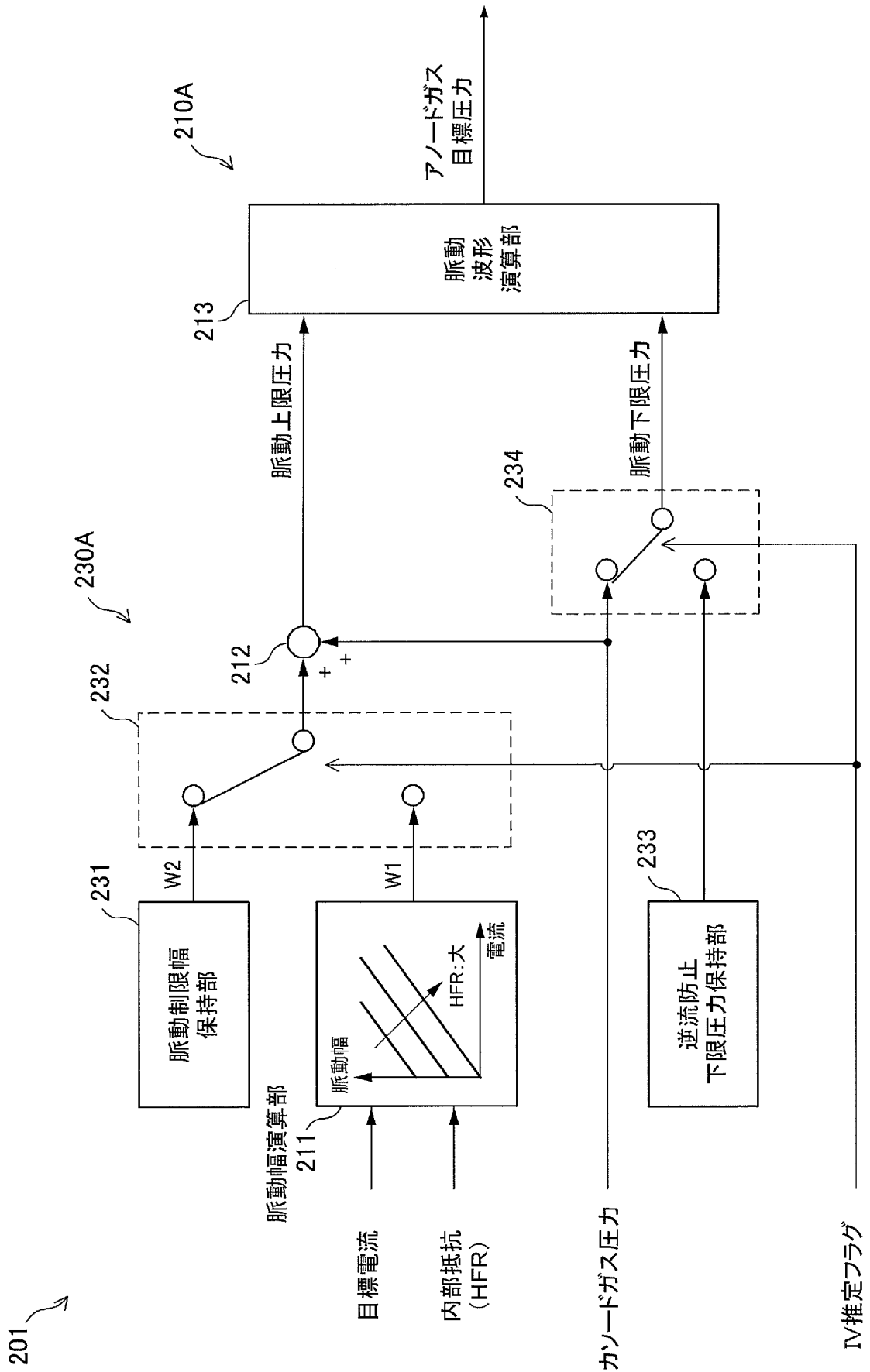
[図4]



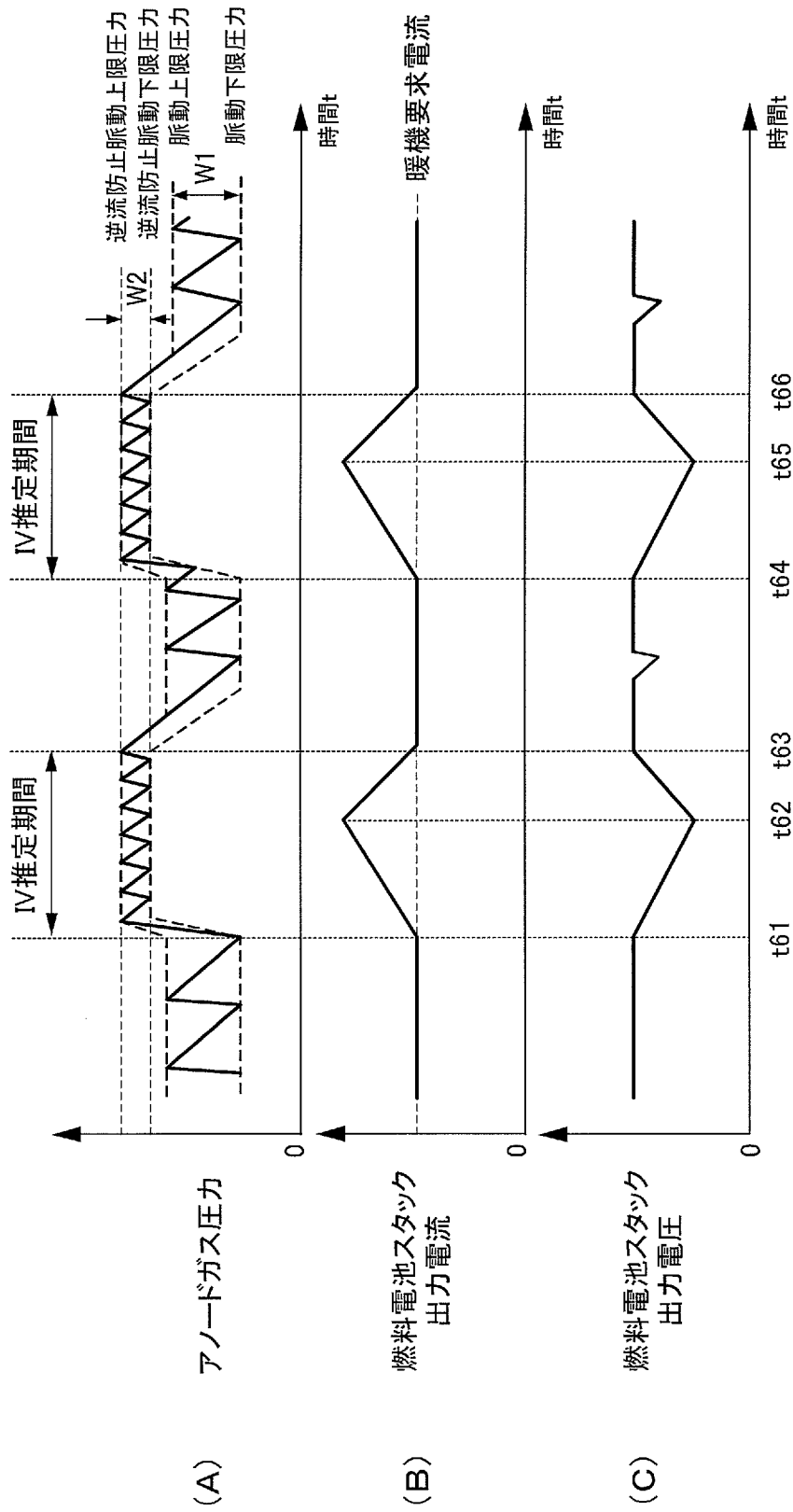
[図5]



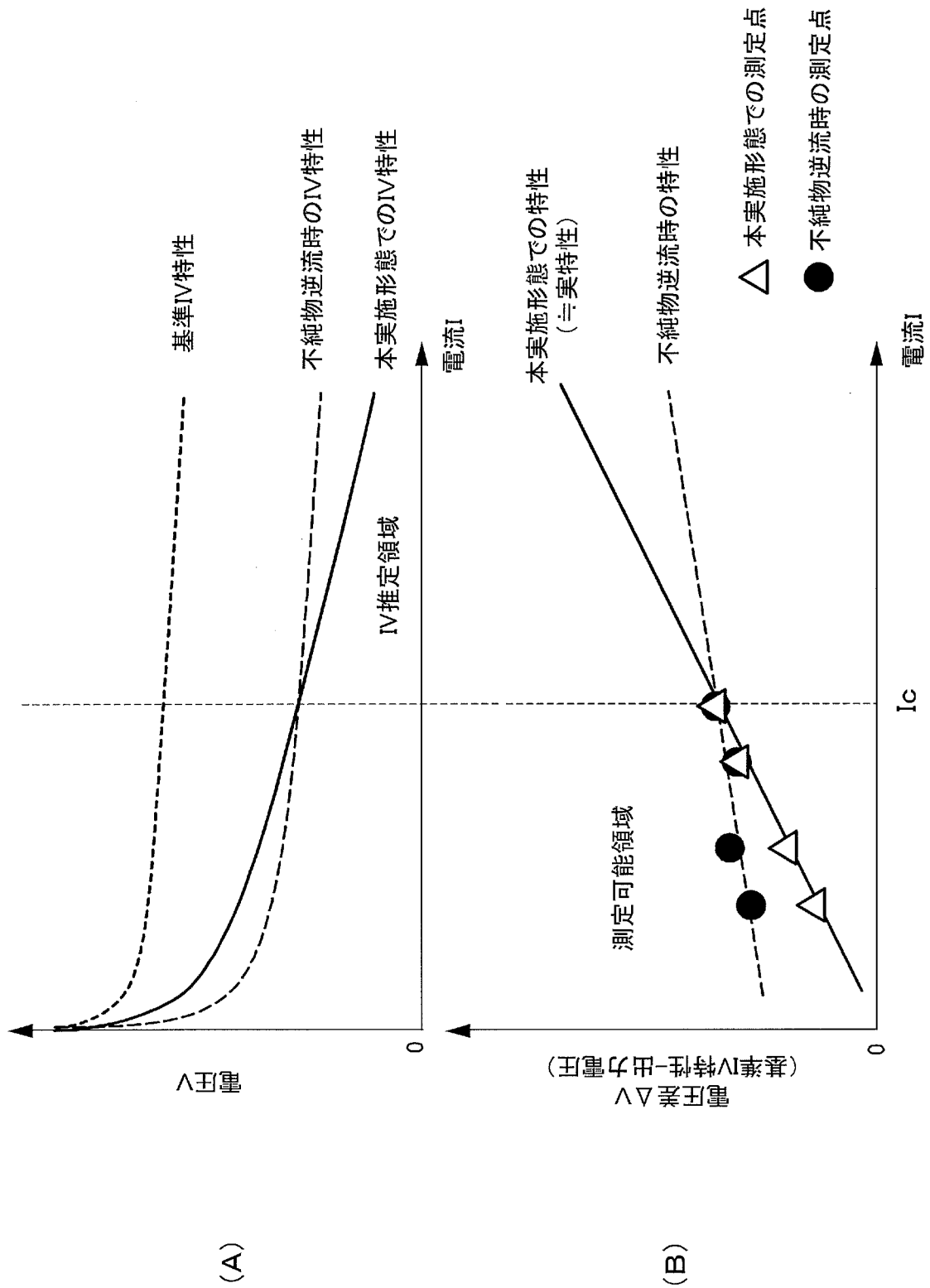
[図6]



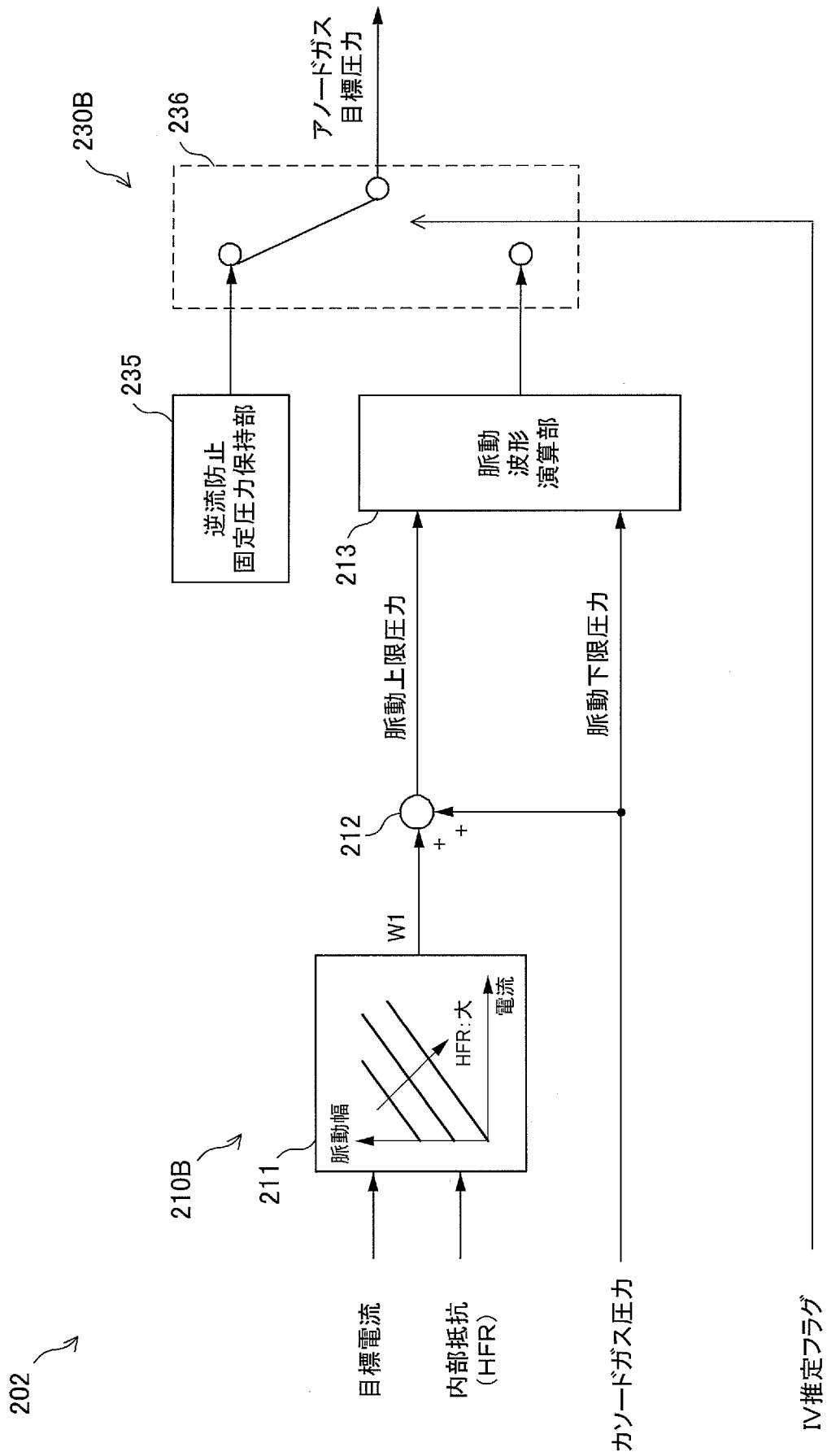
[図7]



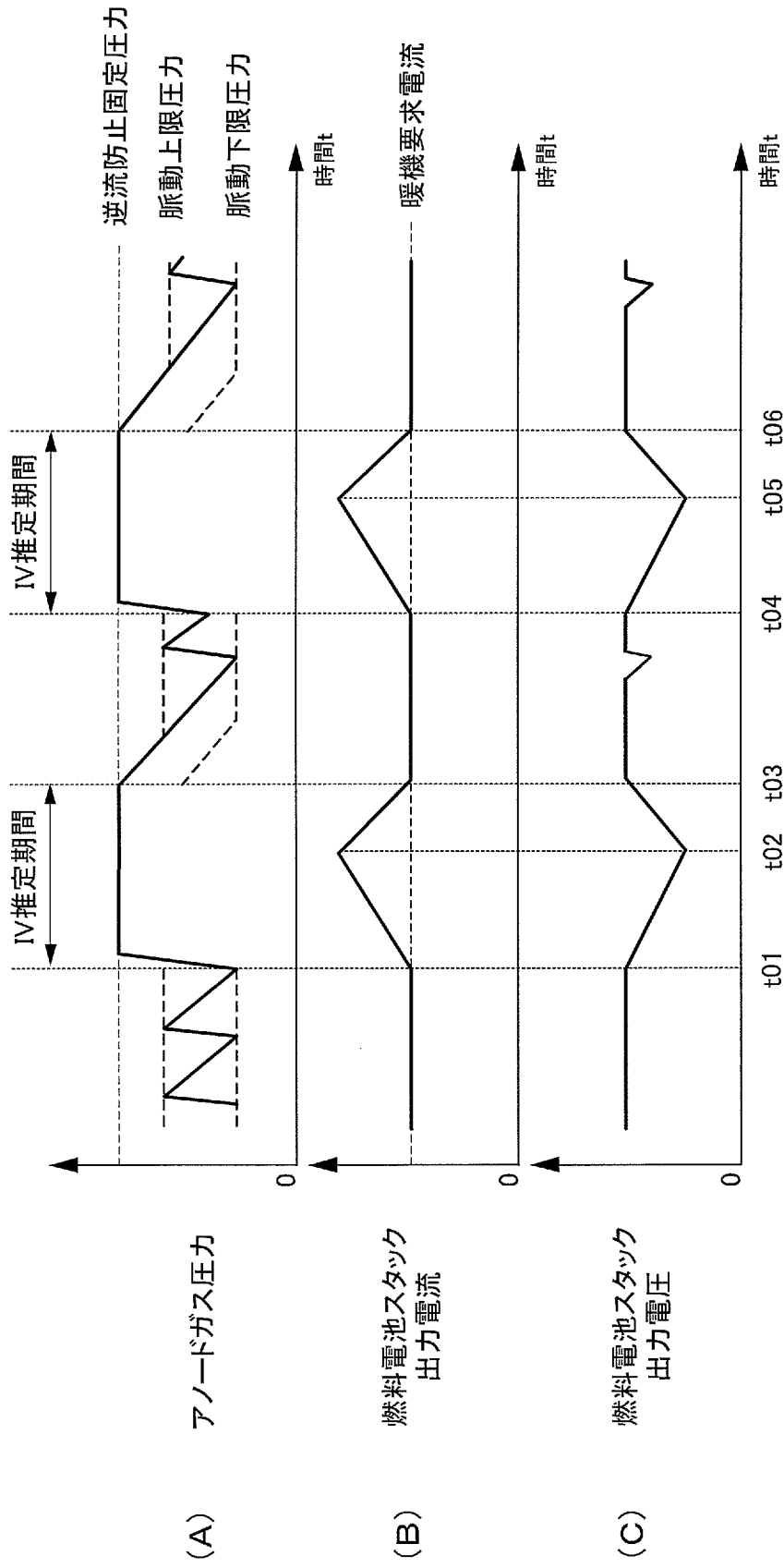
[図8]



[図9]



[図10]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2014/073961

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
*H01M8/04(2006.01)i, H01M8/06(2006.01)i, H01M8/10(2006.01)n*

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 H01M8/00-8/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2013/027634 A1 (Nissan Motor Co., Ltd.), 28 February 2013 (28.02.2013), entire text; all drawings & US 2014/0205923 A & EP 2750230 A1 & CA 2845694 A & CN 103765648 A	1-8
A	WO 2010/058747 A1 (Nissan Motor Co., Ltd.), 27 May 2010 (27.05.2010), entire text; all drawings & JP 2010-123501 A & JP 2010-129354 A & US 2011/0274998 A1 & EP 2357699 A1 & CA 2744304 A & CN 102224627 A & CN 103401007 A & RU 2472256 C & RU 2507644 C	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 02 December, 2014 (02.12.14)	Date of mailing of the international search report 16 December, 2014 (16.12.14)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2014/073961

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-241272 A (Toyota Motor Corp.), 26 August 2004 (26.08.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2009-26525 A (Toyota Motor Corp.), 05 February 2009 (05.02.2009), paragraphs [0007] to [0042] (Family: none)	1-8
P,A	WO 2014/054560 A1 (Nissan Motor Co., Ltd.), 10 April 2014 (10.04.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01M8/04(2006.01)i, H01M8/06(2006.01)i, H01M8/10(2006.01)n		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01M8/00-8/24		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2013/027634 A1（日産自動車株式会社）2013.02.28, 全文, 全図 & US 2014/0205923 A & EP 2750230 A1 & CA 2845694 A & CN 103765648 A	1-8
A	WO 2010/058747 A1（日産自動車株式会社）2010.05.27, 全文, 全図 & JP 2010-123501 A & JP 2010-129354 A & US 2011/0274998 A1 & EP 2357699 A1 & CA 2744304 A & CN 102224627 A & CN 103401007 A & RU 2472256 C & RU 2507644 C	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 02.12.2014	国際調査報告の発送日 16.12.2014	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 関口 哲生 電話番号 03-3581-1101 内線 3316	3H 9336

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2004-241272 A (トヨタ自動車株式会社) 2004. 08. 26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 8
A	JP 2009-26525 A (トヨタ自動車株式会社) 2009. 02. 05, 段落 0007 - 0042 (ファミリーなし)	1 - 8
P, A	WO 2014/054560 A1 (日産自動車株式会社) 2014. 04. 10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 8