

(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
2017年6月29日(29.06.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/110367 A1

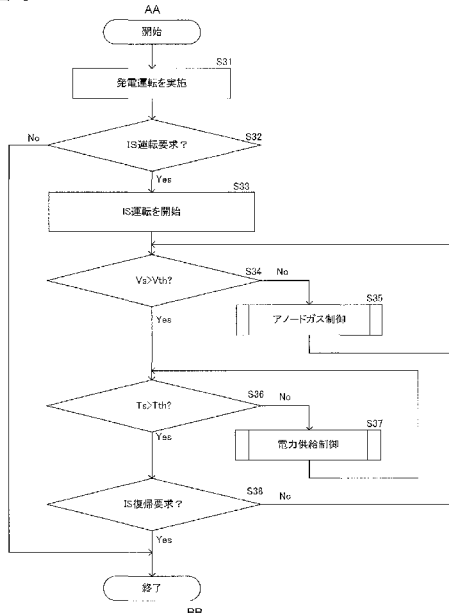
- (51) 国際特許分類:
H01M 8/04 (2016.01) H01M 8/04302 (2016.01)
B60L 11/18 (2006.01) H01M 8/04303 (2016.01)
H01M 8/00 (2016.01) H01M 8/04701 (2016.01)
H01M 8/04225 (2016.01) H01M 8/04858 (2016.01)
H01M 8/04228 (2016.01) H01M 8/12 (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/085078
- (22) 国際出願日: 2016年11月25日(25.11.2016)
- (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 2015-253887 2015年12月25日(25.12.2015) 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: 塩見 岳史(SHIOMI, Takeshi); 〒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: 特許業務法人後藤特許事務所(GOTOH & PARTNERS); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目3番1号尚友会館 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, DJ, 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, KW, 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), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロパ (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),

[続葉有]

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM AND FUEL CELL SYSTEM CONTROL METHOD

(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

[図3A]



S31 Implement power-generating operation
S32 Idle stop operation request?
S33 Begin idle stop operation
S34 Anode gas control
S35 Power supply control
S36 Idle stop return request?
AA Start
BB End

(57) Abstract: A fuel cell system control method for a fuel cell system that comprises a solid-oxide-type fuel cell that has an anode gas and a cathode gas supplied thereto and that generates power in accordance with a load. The fuel cell system controls the supply of gas to the fuel cell and controls power generation. The control method includes: a power-generating operation step for controlling, in accordance with the size of the load, the amount of anode gas and cathode gas that flows to the fuel cell; and, when the load is at or below a prescribed value, an autonomous operation step for making the fuel cell perform autonomous operation. The autonomous operation step includes a gas supply step for supplying a prescribed flow of anode gas and a prescribed flow of cathode gas to the fuel cell.

(57) 要約: 燃料電池システムの制御方法は、アノードガス及びカソードガスが供給されると共に、負荷に応じて発電する固体酸化物型の燃料電池を備え、当該燃料電池へのガスの供給と発電を制御する燃料電池システムの制御方法である。この制御方法は、負荷の大きさに応じて、燃料電池へと流れるアノードガス及びカソードガスの流量を制御する発電運転ステップと、負荷が所定の値以下である場合には、燃料電池に自立運転を行わせる自立運転ステップと、を有する。自立運転ステップは、燃料電池に、所定の流量のアノードガス、及び、所定の流量のカソードガスを供給するガス供給ステップを有する。

WO 2017/110367 A1

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))

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] 本発明は、燃料電池に接続された負荷に応じて自立運転を実施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] US2014/0113162A1には、緊急停止時における燃料電池のアノードの酸化を抑制するために、燃料電池スタックに所定の電圧を供給する燃料電池システムが開示されている。

発明の概要

[0003] 上述のような燃料電池システムにおいて、バッテリーや電動モータなどの負荷に対する電力供給が停止された状態、いわゆるアイドルストップ状態になったときには、燃料電池が発電に適した状態に維持されるように燃料電池の自立運転が実施される。例えば、自立運転においては、燃料の無駄な消費を抑えるためにアノードへの燃料の供給が停止される。

[0004] しかしながら、このような構成では、自立運転中に燃料電池においてカソード側からアノード側へと酸素が透過してくるため、アノード極が酸化してしまうことがある。したがって、燃料電池システムから負荷への電力供給が停止された状態では、アノード極が酸化してしまい、燃料電池の発電性能が低下することが懸念される。

[0005] 本発明は、このような問題点に着目してなされた。本発明の目的は、燃料電池の負荷への電力供給を停止した場合におけるアノード極の酸化劣化に起因する燃料電池の発電性能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にある。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明のある態様の燃料電池システムの制御方法によれば、アノードガス

及びカソードガスが供給されると共に、負荷に応じて発電する固体酸化物型の燃料電池を備え、当該燃料電池へのガスの供給と発電を制御する燃料電池システムの制御方法であって、負荷の大きさに応じて、燃料電池へと流れるアノードガス及びカソードガスの流量を制御する発電運転ステップと、負荷が所定の値以下である場合には、燃料電池に自立運転を行わせる自立運転ステップと、を有する。自立運転ステップは、燃料電池に、所定の流量のアノードガス、及び、所定の流量のカソードガスを供給するガス供給ステップを有する。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図1は、第1実施形態の燃料電池システムの主要構成を示す構成図である。

[図2A]図2Aは、燃料電池システムによる電力供給の態様を示す概略図である。

[図2B]図2Bは、燃料電池システムによる電力供給の態様を示す概略図である。

[図2C]図2Cは、燃料電池システムによる電力供給の態様を示す概略図である。

[図2D]図2Dは、燃料電池システムによる電力供給の態様を示す概略図である。

[図3A]図3Aは、燃料電池システムの運転制御を示すフローチャートである。

[図3B]図3Bは、アノードガス制御を示すフローチャートである。

[図3C]図3Cは、電力供給制御を示すフローチャートである。

[図4]図4は、燃料電池システムの時系列の変化を示す図である。

[図5A]図5Aは、第2実施形態の燃料電池システムの運転制御を示すフローチャートである。

[図5B]図5Bは、加熱装置制御を示すフローチャートである。

[図6]図6は、燃料電池システムの時系列の変化を示す図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。

[0009] (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10の主要構成を示す構成図である。

[0010] 本実施形態の燃料電池システム10は、固体酸化物型燃料電池システムであり、本実施形態では、車両に搭載される負荷装置90に対して電力を供給する。

[0011] 燃料電池システム10は、負荷に応じて発電する燃料電池スタック1と、燃料電池スタック1にアノードガス（燃料ガス）を供給する燃料供給系統2と、燃料電池スタック1にカソードガス（酸化剤ガス）を供給する酸化剤供給系統3とを備える。さらに燃料電池システム10は、燃料電池スタック1から排出されたアノードオフガス（燃料オフガス）及びカソードオフガス（酸化剤オフガス）を外部に排出する排気系統4を備える。また燃料電池システム10は、燃料電池スタック1から外部の負荷装置90に電力を供給する電力供給系統5と、燃料電池システム10における全体の動作を制御する制御部6とを備える。

[0012] 燃料電池スタック1は、固体酸化物型燃料電池（SOFC：Solid oxide fuel Cell）である。燃料電池スタック1は、セラミック等の固体酸化物で形成された電解質層をアノード極（燃料極）とカソード極（空気極）とによって挟み込んで構成される複数のセルを積層したものである。なお、燃料電池スタック1のアノード極には、高温時に酸素と反応する材料が使用されており、この酸化反応によってアノード極の特性が悪くなり、燃料電池スタック1の発電性能が低下してしまう。

[0013] 燃料電池スタック1のアノード極には、改質器26によって改質されたアノードガスが供給され、燃料電池スタック1のカソード極には、カソードガスとして酸素を含む空気が供給される。燃料電池スタック1の内部では、アノードガスに含まれる水素やメタンなどとカソードガスに含まれる酸素とが

反応することで発電が行われる。そして、燃料電池スタック 1 からは、反応後に生成されるアノードオフガスとカソードオフガスとが排出される。

[0014] 燃料電池スタック 1 に形成されたアノード側のマニホールドには、アノードガスの通路を構成するアノードガス供給通路 2 2 及びアノードガス排出通路 2 9 が接続される。カソード側のマニホールドには、カソードガスの通路を構成するカソードガス供給通路 3 3 及びカソードガス排出通路 3 9 が接続される。

[0015] アノードガス供給通路 2 2 は、燃料電池スタック 1 にアノードガスを供給する燃料通路である。アノードガス排出通路 2 9 は、燃料電池スタック 1 から排出されたアノードオフガスを排気燃焼器 4 0 に導入する経路である。また、カソードガス供給通路 3 3 は、燃料電池スタック 1 にカソードガスを供給する酸化剤通路である。カソードガス排出通路 3 9 は、燃料電池スタック 1 から排出されたカソードオフガスを排気燃焼器 4 0 に導入する経路である。

[0016] 燃料供給系統 2 は、燃料電池スタック 1 にアノードガスを供給するガス供給装置に相当する。燃料供給系統 2 は、燃料タンク 2 0 と、ポンプ 2 1 と、アノードガス供給通路 2 2 と、制御弁 2 3 と、蒸発器 2 4 と、熱交換器 2 5 と、改質器 2 6 とを含む。

[0017] 燃料タンク 2 0 は、燃料を含む液体を蓄えるものである。燃料タンク 2 0 には、例えば、エタノールと水を混合させた液体からなる改質用の燃料が蓄えられる。

[0018] ポンプ 2 1 は、燃料を吸引して一定の圧力で燃料供給系統 2 に燃料を供給する。ポンプ 2 1 と燃料電池スタック 1 との間は、アノードガス供給通路 2 2 によって接続されている。アノードガス供給通路 2 2 には、制御弁 2 3、蒸発器 2 4、熱交換器 2 5、及び改質器 2 6 が配置されている。

[0019] 制御弁 2 3 は、不図示の噴射ノズルを備えている。ポンプ 2 1 から供給される燃料をこの噴射ノズルに供給すると、噴射ノズルから燃料が蒸発器 2 4 に噴射される。制御部 6 は、制御弁 2 3 を制御することにより、アノードガ

スの流量を制御することができる。

[0020] 蒸発器 24 は、排気燃焼器 40 からの排出ガスの熱を利用して燃料を気化させるものである。

[0021] 熱交換器 25 は、排気燃焼器 40 における発熱を利用して、気化した燃料を改質器 26 において改質可能な温度までさらに加熱するものである。

[0022] 改質器 26 は、触媒反応により、燃料をアノードガスに改質して燃料電池スタック 1 のアノード極に供給するものである。例えば、改質器 26 では、水蒸気を用いて燃料を改質する水蒸気改質が行われる。水蒸気改質が行われるためには、燃料に含まれる 1 モル (mol) の炭素 (C) に対して 2 モルの水蒸気 (S) が少なくとも必要となる。また、改質器 26 では、水蒸気改質に必要となる水蒸気が不足するような状況では、水蒸気の代わりに空気を用いて燃料を燃やしながら改質する部分酸化改質が行われる。

[0023] 改質器 26 と燃料電池スタック 1 との間に位置するアノードガス供給通路 22 には、温度センサ 61 が設けられている。

[0024] 温度センサ 61 は、燃料電池スタック 1 に供給されるアノードガスの温度を検出する。温度センサ 61 の検出値は、以下では「アノード入口温度」という。温度センサ 61 で検出されたアノード入口温度は、制御部 6 に出力される。

[0025] アノードガス供給通路 22 は、ポンプ 21 と蒸発器 24 との間において分岐する分岐路 221、及び、222 を備えている。アノードガス供給通路 22 を流れる燃料は、分岐路 221 を介して排気燃焼器 40 に供給されるとともに、分岐路 222 を介して加熱装置 35 に供給される。なお、分岐路 221 には、排気燃焼器 40 への燃料の流量を制御する制御弁 231 が設けられている。分岐路 222 には、加熱装置 35 への燃料の流量を制御する制御弁 232 が設けられている。制御弁 231、232 の開弁量は、制御部 6 によって制御される。

[0026] 酸化剤供給系統 3 は、燃料電池スタック 1 にカソードガスを供給するガス供給装置に相当する。

- [0027] 酸化剤供給系統 3 は、フィルタ 30 と、空気吸入通路 31 と、コンプレッサ 32 と、カソードガス供給通路 33 と、カソードガスの流量の制御弁 34 と、加熱装置 35 とを含む。
- [0028] フィルタ 30 は、外気の異物を除去し、その外気を燃料電池システム 10 の内部に導入するものである。
- [0029] 空気吸入通路 31 は、フィルタ 30 によって異物が除去された空気をコンプレッサ 32 へと通す通路である。空気吸入通路 31 の一端はフィルタ 30 に接続されるとともに、他端はコンプレッサ 32 の吸入口に接続される。
- [0030] コンプレッサ 32 は、燃料電池スタック 1 にカソードガスを供給するカソードガス供給装置である。本実施形態では、カソードガス供給装置であるコンプレッサ 32 は、フィルタ 30 を通じて外気（カソードガス）を取り入れ、そのカソードガスを燃料電池スタック 1 等に供給する。なお、カソードガス供給装置は、燃料電池スタック 1 にカソードガスを供給可能な装置であればよい。送風機やポンプなどであってもよい。なお、コンプレッサ 32 は、燃料電池スタック 1 からの電力を蓄電可能な弱電バッテリー 52 から電力の供給を受けて、駆動する。
- [0031] 制御弁 34 は、燃料電池スタック 1 に供給されるカソードガスの流量を制御する制御弁である。制御弁 34 の開弁量は、制御部 6 によって制御される。
- [0032] 加熱装置 35 は、燃料電池スタック 1 に供給されるカソードガスを加熱する装置である。例えば、加熱装置 35 は、カソードガスと燃料電池スタック 1 からの排出ガスとの間で熱を交換する熱交換器や、燃料を燃やしてカソードガスを加熱する燃焼器、触媒反応の熱を利用してカソードガスを加熱する燃焼器などによって構成される。加熱装置 35 は、燃料タンク 20 から分岐路 222 を介して供給された燃料を用いて、カソードガスを加熱する。
- [0033] 燃焼器空気供給通路 331 は、カソードガス供給通路 33 から分岐して排気燃焼器 40 に接続されるバイパス通路であり、燃料電池スタック 1 をバイパスして排気燃焼器 40 に空気を供給可能に構成される。なお、本実施形態

では、燃焼器空気供給通路 331 は、排気燃焼器 40 に接続されているが、カソードガス排出通路 39 に合流するものであってもよい。

[0034] 制御弁 341 は、排気燃焼器 40 に供給されるカソードガスの流量を制御するものである。制御弁 341 の開弁量は、制御部 6 によって制御される。ここで、排気燃焼器 40 は、主に、アノードオフガス中の未燃ガスとカソードオフガスに含まれる酸素とを燃焼する。しかしながら、燃料電池システム 10 の起動運転時や発電運転時には、排気燃焼器 40 に供給されるカソードオフガスに含まれる酸素が不足する場合がある。このような場合には未燃ガスの全てを燃焼させることが困難となるので、制御弁 341 を開いて排気燃焼器 40 に燃焼促進ガスとしてカソードガスを供給する。これにより、未燃ガスを確実に燃焼させることができる。

[0035] 排気系統 4 は、アノードガス排出通路 29 と、カソードガス排出通路 39 と、排気燃焼器 40 と、排気通路 41 とを含む。

[0036] 燃料電池スタック 1 と排気燃焼器 40 との間に位置するアノードガス排出通路 29 には、温度センサ 62 が設けられている。温度センサ 62 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の温度を検出する。温度センサ 62 の検出値は、以下では「アノード出口温度」という。温度センサ 62 で検出されたアノード出口温度は、制御部 6 に出力される。

[0037] 排気燃焼器 40 は、アノードオフガスとカソードオフガスを混合してその混合ガスを触媒燃焼させることにより、二酸化炭素や水を主成分とする排出ガスを生成するとともに、触媒燃焼による熱を熱交換器 25 に伝達するものである。排気燃焼器 40 は、燃焼後に生じる燃焼後ガスを排気通路 41 に排出する。

[0038] 排気通路 41 は、排気燃焼器 40 からの燃焼後ガスを外気に排出する通路である。排気通路 41 は、蒸発器 24 を通過し、不図示のマフラに接続される。これにより、蒸発器 24 は、排気燃焼器 40 からの燃焼後ガスによって加熱されることになる。

[0039] 排気通路 41 における排気燃焼器 40 と蒸発器 24 との間には、温度セン

サ 6 3 が設けられている。温度センサ 6 3 は、排気燃焼器 4 0 から排出される排出ガス（燃焼後ガス）の温度を検出する。温度センサ 6 3 の検出値は、以下では「燃焼器出口温度」という。温度センサ 6 3 で検出された燃焼器出口温度は、制御部 6 に出力される。

[0040] 電力供給系統 5 は、燃料電池スタック 1 と負荷装置 9 0 との間に設けられ、負荷装置 9 0 の電圧に対し、燃料電池スタック 1 が電流を供給できるように燃料電池スタック 1 の電圧を昇圧することで燃料電池スタック 1 から負荷装置 9 0 に電力が供給できるようにする。電力供給系統 5 は、電力供給装置に相当する。また、電力供給系統 5 は、電圧センサ 5 0 と DC-DC コンバータ 5 1、図示しないモータインバータ等を含む。

[0041] 電圧センサ 5 0 は、燃料電池スタック 1 の正極端子と負極端子との間に接続され、燃料電池スタック 1 の出力端での電圧を検出する。電圧センサ 5 0 の検出値は、以下では「スタック電圧」という。電圧センサ 5 0 で検出されたスタック電圧は、制御部 6 に出力される。

[0042] DC-DC コンバータ 5 1 は、バッテリー 9 2 と駆動モータ 9 1 との電圧に対し、燃料電池スタック 1 の電圧を昇圧して燃料電池スタック 1 の発電電力をバッテリー 9 2 や駆動モータ 9 1 へ取り出せるようにする電力制御器である。DC-DC コンバータ 5 1 は、燃料電池スタック 1 に接続され、1 次側の燃料電池スタック 1 の出力電圧を昇圧して 2 次側の負荷装置 9 0 に発電電力を供給する。DC-DC コンバータ 5 1 は、例えば、負荷装置 9 0 に電力が供給されるように、燃料電池スタック 1 から出力される数十 V の電圧を、数百 V の電圧レベルまで上昇させる。

[0043] 弱電バッテリー 5 2 は、燃料電池スタック 1 による発電電力を蓄えることができる。弱電バッテリー 5 2 は、コンプレッサ 3 2 に駆動電力を供給する。また、弱電バッテリー 5 2 は、電磁弁である制御弁 2 3、2 3 1、2 3 2、3 4、及び、3 4 1 などにも電力を供給する。なお、制御部 6 によって、燃料電池スタック 1 から弱電バッテリー 5 2 への充電の実行又は中断が制御される。

[0044] 負荷装置 9 0 は、燃料電池システム 1 0 に接続される電気負荷であり、例

えば、車両に搭載される電気部品である。負荷装置 90 は、駆動モータ 91 及びバッテリー 92 を含む。

[0045] 駆動モータ 91 は、不図示のインバータを介してバッテリー 92 と DC-DC コンバータ 51 とにそれぞれ接続される。駆動モータ 91 は、車両を駆動する動力源である。また、駆動モータ 91 は、車両を制動する場合に必要な制動力を用いて回生電力を発生させ、この回生電力をバッテリー 92 に充電させることができる。

[0046] バッテリー 92 は、蓄えられた電力を駆動モータ 91 に供給する電力供給源である。本実施形態では、バッテリー 92 がメインの電力供給源であり、燃料電池スタック 1 は、バッテリー 92 の充電量が低くなったときに、バッテリー 92 を充電するために主に用いられる。また、燃料電池スタック 1 の電力を DC-DC コンバータ 51 を介して駆動モータ 91 に供給しても良い。

[0047] 制御部 6 は、マイクロコンピュータ、マイクロプロセッサ、CPU を含む汎用の電子回路と周辺機器から構成され、特定のプログラムを実行することにより燃料電池システム 10 を制御するための処理を実行する。

[0048] 制御部 6 は、電圧センサ 50 や温度センサ 61 ~ 63 などの各種センサから出力される信号を受信し、これらの信号に応じて、燃料供給系統 2、酸化剤供給系統 3、排気系統 4、及び電力供給系統 5 の各々の作動状態を制御する。

[0049] 制御部 6 には、燃料電池システム 10 の起動指令信号又は停止指令信号を出力する操作部 101 が接続されている。操作部 101 は、EV キーを含み、乗員により EV キーが ON に操作されると起動指令信号を制御部 6 に出力し、EV キーが OFF に操作されると停止指令信号を制御部 6 に出力する。

[0050] 制御部 6 は、操作部 101 から起動指令信号を受信した場合には、燃料電池システム 10 を起動させる起動運転を実施し、起動運転終了後は、負荷装置 90 の作動状態に応じて燃料電池スタック 1 の発電を制御する発電運転を実施する。なお、バッテリー 92 の充電量が充電が必要となる所定値以下（例えば、SOC (State of Charge) が 90 % 以下) となったときに、燃料電池

システム 10 を起動しても良い。

- [0051] 発電運転では、制御部 6 は、負荷装置 90 の作動状態に応じて燃料電池スタック 1 に要求される電力を求める。そして、制御部 6 は、その要求電力に基づいて、燃料電池スタック 1 の発電に必要なカソードガス及びアノードガスの供給流量を算出し、算出した供給流量のアノードガス及びカソードガスを燃料電池スタック 1 に供給する。そして、制御部 6 は、DC-DC コンバータ 51 をスイッチング制御して燃料電池システム 10 から出力される電力を負荷装置 90 に供給する。
- [0052] すなわち、制御部 6 は、燃料電池スタック 1 に対する要求電力に基づいてカソードガス及びアノードガスの流量を制御して、燃料電池スタック 1 の発電量を制御する。例えば、燃料電池スタック 1 に対する要求電力は、アクセルペダルの踏込み量が大きくなるほど大きくなる。このため、アクセルペダルの踏込み量が大きくなるほど、燃料電池スタック 1 に供給されるカソードガス及びアノードガスの供給流量は大きくなる。なお、燃料電池スタック 1 に供給されるカソードガスは、燃料電池スタック 1 の目標温度と実温度との偏差に基づき制御されても良い。目標温度より実温度が高い場合であって、偏差が大きい時は、偏差が小さい時に比して、カソードガスの供給量を増加させる。
- [0053] また、EV キーが ON 状態で燃料電池システム 10 から負荷装置 90 への電力供給が停止されたシステム状態においては、制御部 6 は、燃料電池スタック 1 の発電を抑制するとともに燃料電池を発電に適した状態に維持する自立運転を実施する。以下では、燃料電池システム 10 から負荷装置 90 への電力供給が停止されたシステム状態のことを「アイドルストップ (IS) 状態」と称し、自立運転のことを「IS 運転」と称する。
- [0054] 燃料電池スタック 1 に対する要求電力が所定の値、例えばゼロになった場合には、燃料電池システム 10 の運転状態が発電運転から IS 運転に遷移する。そして、制御部 6 が DC-DC コンバータ 51 を制御して、燃料電池システム 10 から負荷装置 90 への電力供給を停止する。IS 運転中は、燃料電

池システム 10 に設けられた補機に対して、燃料電池スタック 1 の発電電力を供給することがある。なお、燃料電池スタック 1 から補機に電力供給をしなくてもよい。

[0055] 操作部 101 から停止指令信号を受信した場合には、制御部 6 は、燃料電池システム 10 の作動を停止させる停止運転を実施する。

[0056] 図 2 は、EV キーが ON 状態の燃料電池システム 10 における負荷装置 90 への電力供給の類型を説明する図である。

[0057] 図 2 A は、駆動モータ 91 が停止状態であって燃料電池システム 10 からバッテリー 92 に電力を供給している状態を示す概略図である。図 2 A に示した状態は、車両が停止状態であり、かつ、バッテリー 92 の充電量が少ないような場合に起り得る。

[0058] 図 2 B は、駆動モータ 91 が力行状態であって燃料電池システム 10 及びバッテリー 92 の両者から駆動モータ 91 に電力を供給している状態を示す概略図である。図 2 B に示した状態は、車両が加速状態であり、駆動モータ 91 の負荷（出力）が高いような場合に起り得る。

[0059] 図 2 C は、駆動モータ 91 が力行状態又は回生状態であって燃料電池システム 10 から駆動モータ 91 及びバッテリー 92 の両者への電力供給を停止している状態を示す概略図である。図 2 C に示した状態は、車両の走行中に駆動モータ 91 が低負荷又は中負荷で駆動しているような状態であり、かつ、バッテリー 92 が満充電となっている場合に起り得る。また、車両が減速状態であり、かつ、バッテリー 92 の容量に充電する余裕がある場合にも起り得る。

[0060] 図 2 D は、駆動モータ 91 が停止状態であってバッテリー 92 が満充電になっている状態を示す概略図である。図 2 D に示した状態は、車両が停止状態であり、かつ、バッテリー 92 が満充電となっている場合に起り得る。

[0061] このように、図 2 A から図 2 D までに示した状態のうち、図 2 C 及び図 2 D に示した状態、すなわち燃料電池システム 10 から駆動モータ 91 及びバッテリー 92 の両者への電力供給が停止されたシステム状態が燃料電池システ

ム１０のＩＳ状態に該当する。負荷装置９０は、ＩＳ状態になると、燃料電池システム１０に対してＩＳ運転要求を送信する。

[0062] したがって、車両の走行中に駆動モータ９１の回生動作によってバッテリー９２が満充電になった場合や、バッテリー９２が満充電状態で車両が走行又は停止している場合などに、燃料電池システム１０がＩＳ状態になり得る。このような場合には、燃料電池スタック１への要求電力はゼロとなり、ＩＳ運転が実施される。

[0063] ＩＳ運転中は、通常、燃料の無駄な消費を抑制するために燃料電池スタック１へのアノードの供給を停止することが望ましい。しかしながら、燃料電池スタック１へのアノードガスの供給を停止すると、時間が経過するにつれて燃料電池スタック１においてカソード極からアノード極へとカソードガス（空気）が透過してくる。このような状況では、透過してきた空気中の酸素によってアノード極が酸化劣化し、燃料電池システム１０の発電性能が低下してしまう。

[0064] この対策として、本実施形態の制御部６は、発電運転からＩＳ運転に切り替えるときに、燃料電池システム１０から負荷装置９０への電力供給を停止するが、燃料電池スタック１へのアノードガスの供給を継続する。

[0065] ＩＳ運転中の燃料電池スタック１内においては、電解質層を透過したカソードガスが直接アノードガスと直接化学反応（電気化学反応とは異なる）を起こしてしまう。そのため、ＩＳ運転が開始された後には、カソードガスの供給流量の低下に伴い、電圧センサ５０により測定されるスタック電圧は、時間の経過とともに低下する。また、燃料電池スタック１は、高温状態で酸素に晒されると触媒のニッケルが酸化反応により劣化してしまう。

[0066] この対策として、本実施形態の制御部６は、電圧の低下を抑制するために燃料電池スタック１へカソードガスの供給を継続する。このため、スタック電圧の低下が抑制される。一方、アノードガスの供給も継続することで、アノード極に透過した酸素を消費しつつ、アノード極のアノードガス濃度を高濃度に維持できるのでアノード極の酸化劣化を抑制することができる。

- [0067] 次に、本実施形態における燃料電池システム 10 の動作を具体的に説明する。
- [0068] 図 3 A は、本実施形態における燃料電池システム 10 の運転制御を示すフローチャートである。
- [0069] ステップ S 3 1 において、制御部 6 は、発電運転を実施する。発電運転が行われると、燃料電池スタック 1 への要求電力に基づいて電力制御器を制御して、燃料電池スタック 1 から取り出す電力量を調整する。
- [0070] 一方で、制御部 6 は、負荷装置 9 0 から燃料電池システム 10 への要求電力に基づき、予め定められたマップや演算式などを用いて、燃料電池スタック 1 の発電に必要となるカソードガス流量及びアノードガス流量の目標値を算出する。
- [0071] そして、制御部 6 は、カソードガス流量の目標値に基づいてコンプレッサ 3 2 を駆動するとともに制御弁 3 4 を開く。コンプレッサ 3 2 によって燃料電池システム 10 外からカソードガスが供給されると、そのカソードガスは加熱装置 3 5 によって昇温された後に、燃料電池スタック 1 のカソード極に供給される。
- [0072] 同時に、制御部 6 は、アノードガス流量の目標値に基づいてポンプ 2 1 を駆動するとともに制御弁 2 3 を開く。ポンプ 2 1 によって燃料タンク 2 0 から供給された改質用の燃料が蒸発器 2 4 によって気化され、気化した燃料が熱交換器 2 5 によって加熱される。加熱された燃料は、改質器 2 6 においてアノードガスに改質され、このアノードガスが燃料電池スタック 1 のアノード極に供給される。
- [0073] そして、燃料電池スタック 1 では、電力制御器の導通状態に応じて供給されたアノードガスとカソードガスとが電気化学反応を起こし、これにより電力が発生する。燃料電池スタック 1 からは、電気化学反応後に生成されるアノードオフガスとカソードオフガスとが、排気燃焼器 4 0 に排出される。
- [0074] ステップ S 3 2 において、制御部 6 は、負荷装置 9 0 から I S 運転要求を受けたか否かを判断する。I S 運転要求は、例えばバッテリー 9 2 が満充電に

なった場合や、バッテリー 92 の充電量が充電が必要となる所定値以下となった場合などの、燃料電池スタック 1 への要求電力がゼロになった場合に発行される。

[0075] I S 運転要求を受けていない場合には (S 32 : No)、制御部 6 は燃料電池システム 10 の運転制御を終了する。そのため、発電運転を行うことになる。I S 運転要求を受けている場合には (S 32 : Yes)、S 33 の処理に進み、I S 運転を行う。

[0076] ステップ S 33 において、I S 運転が開始される。制御部 6 は、DC-DC コンバータ 51 の動作を制御して燃料電池システム 10 から負荷装置 90 への電力供給を停止する。そして、制御部 6 は、制御弁 34 及び制御弁 23 を、開弁量が小さくなるように制御して、アノードガス及びカソードガスの流量を制御する。このようにして、燃料電池スタック 1 には、所定の流量のアノードガス及びカソードガスが供給されるようになる。

[0077] ここで、燃料電池スタック 1 に供給されるアノードガスの所定の流量は、燃料電池スタック 1 においてカソード極からアノード極へカソードガスが透過してきても、アノード極が酸化劣化しない量に定められる。例えば、想定される I S 運転の継続時間をあらかじめ決定しておき、その継続時間においてアノード極へ酸素が流入してきてもアノードガス濃度が高濃度を維持できる所定の流量が設定される。制御部 6 は、所定の継続時間ごとに、燃料電池スタック 1 へのアノードガス供給流量を一時的に増やすようにしてもよい。

[0078] カソードガスの所定の流量は、燃料電池スタック 1 のカソード極の電位が維持されるように定められる。そのため、燃料電池スタック 1 においては、カソードガス不足に起因して電圧が低下することはない。

[0079] なお、このようなアノードガスの所定の流量、及び、カソードガスの所定の流量は、実験により求めてもよいし、シミュレーションなどの計算結果に基づいて求めてもよい。

[0080] また、ステップ S 33 においては、制御部 6 は、制御弁 34 1 を制御して排気燃焼器 40 へのカソードガスの供給を開始する。このようにすることで

、排気燃焼器40においてアノードオフガスに含まれる未燃ガスを確実に燃焼させることができる。

[0081] ステップS34において、制御部6は、スタック電圧 V_s が、所定の閾値電圧 V_{th} を上回るか否かを判定する。スタック電圧 V_s が閾値電圧 V_{th} 以下である場合には(S34:No)、スタック電圧 V_s を適切な電圧値となるように制御する必要があると判断して、S35の処理に進む。スタック電圧 V_s が閾値電圧 V_{th} を上回る場合には(S34:Yes)、S36の処理に進む。

[0082] ここで、スタック電圧 V_s は、燃料電池スタック1内におけるアノードガスとカソードガスとの直接化学反応の進行度合に応じて変化する。また、カソードガス不足に起因して電圧が低下することはないように、燃料電池スタック1には十分なカソードガスが供給されている。そのため、燃料電池スタック1内にてアノードガスが減少することによってのみ、スタック電圧 V_s は低下する。ここで、スタック電圧 V_s が大きく低下している場合には、アノードガス濃度が低下し酸素分圧が上昇しているので、燃料電池スタック1のアノード極が酸化するおそれが高い。そこで、S34の判定処理においては、燃料電池スタック1内においてアノード極が酸化するおそれが高くなるようなスタック電圧 V_s を、閾値電圧 V_{th} とする。そして、S35においては、アノードガスの供給流量を調整することにより、スタック電圧 V_s が閾値電圧 V_{th} を下回らないように制御することで、IS運転中においてスタック電圧 V_s を維持することができる。

[0083] ステップS35においては、上述したようなアノードガス制御処理が行われる。このアノードガス制御処理の詳細が、図3Bに示されている。

[0084] 図3Bを参照すると、まず、ステップS351において、制御部6は、スタック電圧 V_s が上限電圧 V_{max} 以上であるか否かを判定する。ここで、上限電圧 V_{max} は、例えば、IS運転時に許容されるスタック電圧 V_s の上限値である。

[0085] スタック電圧 V_s が上限電圧 V_{max} 以上である場合には(S351:Y

e s)、スタック電圧 V_s を大きくする必要はないと判断して、S 3 5 3の処理に進む。スタック電圧 V_s が上限電圧 V_{max} を下回る場合には(S 3 5 1 : No)、スタック電圧 V_s を大きくする必要があると判断して、ステップS 3 5 2に進む。

[0086] ステップS 3 5 2において、制御部6は、制御弁23の開弁量を大きくすることで、燃料電池スタック1へと流れるアノードガスの流量を増加させる。S 3 5 2の処理の後には、ステップS 3 5 1の処理に戻る。

[0087] ここで、上述のように、燃料電池スタック1には、カソードガス不足に起因して電圧が低下することにならないような所定量のカソードガスが供給されている。そのため、スタック電圧 V_s の低下は、アノードガス不足に起因することになる。したがって、アノードガスの流量を増加させることにより、スタック電圧 V_s を増加させることができる。

[0088] また、アノードガスの流量を増加させると、スタック電圧 V_s は急激に上昇する。そのため、制御部6は、アノードガスを増加させる流量、及び、増加させる時間を予め定めておき、スタック電圧 V_s が上限電圧 V_{max} となるように制御弁23を制御して、アノードガスの流量を増加させる。なお、増加させるアノードガスの供給流量及び時間は、実験により求めてもよいし、シミュレーションなどの計算結果に基づいて求めてもよい。

[0089] ステップS 3 5 3において、制御部6は、制御弁23の開弁量を小さくして、アノードガスの流量を所定の流量に減少させる。このようにして、アノードガス制御処理が行われることにより、スタック電圧 V_s は、IS運転中のスタック電圧 V_s を所望の電圧範囲に維持しつつ、アノード極の酸化を抑制することができる。

[0090] 再び図3Aを参照すれば、ステップS 3 6において、燃料電池スタック1の温度であるスタック温度 T_s が、閾値温度 T_{th} (例えば、650度)を上回るか否かを判定する。ここで、閾値温度 T_{th} は、燃料電池スタック1の電解質層において酸素イオンの電導度が確保される温度である。そのため、燃料電池スタック1が発電を滞りなく再開するためには、スタック温度 T

sが閾値温度 T_{th} を上回っている必要がある。スタック温度 T_s が閾値温度 T_{th} 以下である場合には（S36：No）、スタック温度 T_s を上昇させる必要があると判断して、S37の処理に進む。スタック温度 T_s が所定の閾値温度 T_{th} を上回る場合には（S36：Yes）、S38の処理に進む。なお、スタック温度 T_s は、温度センサ61により取得されるスタック入口温度、および、温度センサ62により取得されるスタック出口温度から求めることができる。

[0091] ステップS37において、電力供給制御が行われる。この電力供給制御の詳細が、図3Cに示されている。

[0092] 図3Cを参照すると、まず、ステップS371において、制御部6は、スタック温度 T_s が、IS運転時に許容される上限温度 T_{max} （例えば750度）以上であるか否かを判定する。スタック温度 T_s が上限温度 T_{max} 以上である場合には（S371：Yes）、スタック温度 T_s を大きくする必要はないと判断して、S373の処理に進む。スタック温度 T_s が上限温度 T_{max} を下回る場合には（S371：No）、スタック温度 T_s を大きくする必要があると判断して、ステップS372に進む。

[0093] ステップS372において、制御部6は、燃料電池スタック1から燃料電池システム10が備える補機への電力供給を開始させる。例えば、制御部6は、弱電バッテリー52を介して、コンプレッサ32に供給する電力を増加させてもよい。このようにすることで、燃料電池スタック1は発電を開始するので、スタック温度 T_s が上昇する。

[0094] また、IS運転中に燃料電池スタック1から補機に電力を供給している間の、燃料電池スタック1へのカソードガスの供給流量は、発電運転時の燃料電池スタック1へのカソードガスの供給流量よりも少ない。燃料電池スタック1に供給されるカソードガスの温度は、発電を行っている燃料電池スタック1の温度よりも低いため、カソードガスの供給流量が大きくなるほど、燃料電池スタック1の温度が低下してしまう。そこで、燃料電池スタック1に供給されるカソードガスを発電運転時よりも少なくすることで、燃料電池ス

タック 1 の温度の低下を抑制することができる。

[0095] S 3 7 2 の処理が行われた後には、ステップ S 3 7 1 の処理に戻る。そのため、この供給電力の増加は、スタック温度 T_s が上限温度 T_{max} 以上となるまで行われる。

[0096] ステップ S 3 7 3 において、制御部 6 は、燃料電池スタック 1 からの電力供給を停止させる。例えば、燃料電池システム 1 0 から弱電バッテリー 5 2 への電力供給を遮断する。このようにすることにより、スタック温度 T_s の上昇を停止させる。そのため、スタック温度 T_s は常に発電に適した温度となり、電解質層における酸素イオンの電導度が確保される。

[0097] 再び図 3 A を参照すれば、ステップ S 3 8 において、制御部 6 は、負荷装置 9 0 から I S 復帰要求を受け付けたか否かを判断する。I S 復帰要求は、例えば、バッテリー 9 2 に対して充電が必要になった場合や、駆動モータ 9 1 への電力供給が不足するおそれがある場合などに発行される。すなわち、負荷装置 9 0 の負荷（要求電力）がゼロよりも大きくなった場合に I S 復帰要求が発行される。

[0098] 制御部 6 は、I S 復帰要求を受け付けていない時には（S 3 8 : N o）、ステップ S 3 4 に戻り、負荷装置 9 0 から I S 復帰要求を受けるまでステップ S 3 4 から S 3 7 までの処理を繰り返し実行する。一方、制御部 6 は、I S 復帰要求を受け付けた時には（S 3 8 : Y e s）、I S 運転を終了して運転制御を終了する。これにより、燃料電池システム 1 0 の運転状態が I S 運転から発電運転に遷移し、次の制御周期においてステップ S 3 1 にて発電運転が実施される。上述のように、スタック温度 T_s は常に発電に適した温度となり、電解質層における酸素イオンの電導度が確保されているため、I S 運転状態から発電運転状態への遷移に要する時間を短縮することができる。

[0099] このように、制御部 6 は、I S 運転を実施するときには、燃料電池システム 1 0 から負荷装置 9 0 への電力供給を停止した後、燃料電池スタック 1 にアノードガス及びカソードガスを継続して供給する。そして、スタック電圧

V_s 、及び、スタック温度 T_s は適切な範囲の値に維持されることとなる。

[0100] 図4は、本実施形態におけるIS運転の制御手法を示すタイムチャートである。

[0101] 図4(a)は、スタック温度 T_s の変化を示す図である。図4(b)は、スタック電圧 V_s の変化を示す図である。図4(c)は、燃料電池スタック1内のアノードガス分圧を示す図である。図4(d)は制御弁34の開弁量に応じた、燃料電池スタック1に供給されるカソードガスの流量の変化を示す図である。図4(e)は、制御弁23の開弁量に応じた、燃料電池スタック1に供給されるアノードガスの流量の変化を示す図である。図4(f)は、燃料電池スタック1から供給される電流の変化を示す図である。図4(a)から図4(f)までの各図面の横軸は、共通の時間軸である。

[0102] 時刻 t_0 は、例えばバッテリー92が満充電になり、負荷装置90からIS運転要求が発行される時刻である。時刻 t_0 よりも前においては発電運転(S31)を行っている。そして、時刻 t_0 において、負荷装置からIS運転要求を受け付けると(S32: Yes)、燃料電池システム10から負荷装置90への電力供給が停止される。そして、時刻 t_0 以降においてはIS運転(S33~S38)が行われることになる。

[0103] 時刻 t_0 においては、IS運転が開始されると、図4(f)に示すように、制御部6は、DC-DCコンバータ51を制御して燃料電池システム10から負荷装置90への電流の供給を停止させる。同時に、図4(e)に示すように、制御部6は、制御弁23の開弁量を小さくして、燃料電池スタック1にアノードガスが所定の流量だけ供給されるようにする。

[0104] そして、時刻 t_0 から所定の時間だけ遅れた時刻 t_{0a} になると、制御部6は、制御弁34の開弁量を小さくして、燃料電池スタック1にカソードガスが所定の流量だけ供給されるようにする。ここで、時刻 t_0 において制御弁23を閉じた後においても、アノードガス供給通路22における制御弁23から燃料電池スタック1までの間に存在する燃料及びアノードガスの全てがすぐに消費されない。そのため、これらの燃料及びアノードガスの全てを

燃料電池スタック 1 において消費させるために、カソードガスの燃料電池スタック 1 への供給を継続する必要がある。したがって、カソードガス供給流量が小さくなるタイミング（時刻 t_0a ）は、アノードガス供給流量が小さくなるタイミング（時刻 t_0 ）よりも遅らされている。

[0105] 時刻 t_0 から時刻 t_1 までの間は、図 4（c）に示すように、燃料電池スタック 1 内に存在するアノードガスとカソードガスとの直接化学反応が進行して、アノードガス分圧が減少する。そのため、図 4（b）に示すように、スタック電圧 V_s も低下する。また、時刻 t_0 から時刻 t_2 までの間は、図 4（a）に示すように、燃料電池スタック 1 において発電が行われていないため、スタック温度 T_s が低下する。

[0106] 時刻 t_1 においては、図 4（b）に示すように、スタック電圧 V_s が閾値電圧 V_{th} となる。ここで、図 3A を参照すると、スタック電圧 V_s が閾値電圧 V_{th} 以下となる場合には（S34 : No）、制御部 6 は、アノードガス供給制御（S35）を行う。図 3B に示されるように、アノードガス供給制御においては、制御弁 23 を制御することで、燃料電池スタック 1 へのアノードガスの供給流量を所定の時間だけ増加させる（S352）。すると、図 4（c）に示すように燃料電池スタック 1 内のアノードガス分圧の上昇に伴い、図 4（b）に示すようにスタック電圧 V_s が上昇する。

[0107] そして、時刻 t_1a において、アノードガスを所定の時間だけ供給し終わると、スタック電圧 V_s が上限電圧 V_{max} に達している（S351 : Yes）。そして、制御部 6 は、制御弁 23 を制御して、燃料電池スタック 1 へのアノードガスの流量を減少させて、アノードガスが所定の流量だけが供給されるようにする（S353）。

[0108] なお、時刻 t_1 から時刻 t_2 までの間においては、スタック電圧 V_s が上昇するが、燃料電池システム 10 から負荷装置 90 への電力供給は停止されているので、燃料電池スタック 1 では発電が行われていない。そのため、図 4（a）に示すように、スタック温度 T_s は低下し続ける。

[0109] 時刻 t_2 においては、図 4（a）に示すように、スタック温度 T_s が閾値

温度 T_{th} となる。ここで、図3Aを参照すると、スタック温度 T_s が閾値温度 T_{th} 以下となる場合には（S36：No）、制御部6は、電力供給制御（S37）を行う。図3Cに示されるように、電力供給制御においては、燃料電池スタック1からの電力供給を開始させることで（S372）、燃料電池スタック1を発電させて発熱させる。そのため、図4（a）に示すように、時刻 t_2 以降においては、燃料電池スタック1が発電を再開するので、スタック温度 T_s は上昇を開始する。また、図4（f）に示すように、燃料電池スタック1から燃料電池システム10の補機などに供給されるスタック電流が増加する。

[0110] そして、時刻 t_{2a} において、スタック温度 T_s が上限温度 T_{max} に達すると（S371：No）、図4（f）に示すように、燃料電池スタック1からの電力供給が停止される（S373）。したがって、図4（a）に示すように、燃料電池スタック1の発電が停止されるので、スタック温度 T_s の温度の上昇が停止する。

[0111] ここで、図4（b）、（c）を参照すれば、時刻 t_2 から時刻 t_{2a} までの間においては、燃料電池スタック1において発電が行われているため、スタック電圧 V_s 及びアノードガス分圧が一時的に低下する。時刻 t_{2a} において燃料電池スタック1の発電が停止されると、スタック電圧 V_s 及びアノードガス分圧は再び増加する。

[0112] 時刻 t_3 、 t_{3a} 、 t_4 、及び、 t_{4a} においては、それぞれ、時刻 t_1 、 t_{1a} 、 t_2 、及び、 t_{2a} と同様の処理が、燃料電池システム10内で行われる。

[0113] なお、本実施形態では、負荷装置90は、バッテリー92が満充電となり、負荷装置90の負荷（要求電力）がゼロよりも大きくなった場合に、IS運転要求を燃料電池システム10に発行する例について説明したが、これに限らない。負荷装置90は、バッテリー92の充電量が充電が必要となる所定の残量（例えば、90%）以下である時にIS運転要求を燃料電池システム10に発行してもよい。

- [0114] 第1実施形態の燃料電池システム10によれば、以下の効果を得ることができる。
- [0115] 第1実施形態の燃料電池システム10によれば、発電運転ステップ(S31)を実行中の燃料電池システム10は、負荷(要求電力)が所定の値以下になり、IS運転要求を受け付けると(S32: Yes)、自立運転ステップ(S33~S37)を実行する。自立運転ステップにおいては、燃料電池スタック1に、所定の流量のアノードガス、及び、所定の流量のカソードガスが供給される(S33)。
- [0116] ここで、燃料電池スタック1のアノード極は、酸素に触れてしまうと酸化しやすい。そのため、燃料電池スタック1内でカソードガスがアノード極に透過してしまうと、アノード極が劣化するおそれがある。そこで、自立運転が行われる間、所定量のアノードガスを燃料電池スタック1に供給することにより、アノード極へとカソードガスが透過したとしても、透過したカソードガスに含まれる酸素がアノードガスとの直接化学反応によって消費される。このようにすることで、アノード極において、アノードガス濃度が高濃度に維持されることにより酸素分圧を低下させることができるので、アノード極の酸化劣化を防止することができる。
- [0117] また、燃料電池スタック1から負荷装置90への電力供給が行われていない場合であっても、アノードガス及びカソードガスが燃料電池スタック1に供給されることにより、燃料電池スタック1において、アノードガスとカソードガスとの直接化学反応が進行する。そのため、自立運転時におけるスタック電圧の低下を抑制することができる。
- [0118] また、第1実施形態の燃料電池システム10によれば、燃料電池スタック1のカソード極の電位が維持できるだけの流量のカソードガスが供給される。このようにすることで、カソード極の電位が維持されて、カソードガスの不足に起因する電圧低下が抑制される。そのため、アノードガスのみを制御することで、燃料電池スタック1の電圧を制御することができる。
- [0119] また、第1実施形態の燃料電池システム10によれば、自立運転が行われ

る間、燃料電池スタック 1 には、アノード極へと透過するカソードガスに含まれる酸素を消費できる所定の流量のアノードガスが供給される。そのため、必要以上のアノードガスを消費することなく、アノード極の酸化劣化を抑制することができる。

[0120] さらに、燃料電池スタック 1 には、カソードガス不足に起因する電圧低下が発生しないような所定の流量のカソードガスが供給される。カソードガス不足に起因する電圧低下が抑制されることにより、アノードガスのみを制御することで、燃料電池スタック 1 の電圧を制御することができる。したがって、燃料電池システム 10 の制御性が向上する。

[0121] また、第 1 実施形態の燃料電池システム 10 によれば、スタック電圧 V_s に応じて、燃料電池スタック 1 へのアノードガスの供給流量を変化させる電圧維持ステップ (S34、35) が実行される。ここで、スタック電圧 V_s が低下する場合には、アノードガス濃度の低下に伴って酸素分圧が増加しているため、燃料電池スタック 1 のアノード電極が酸化しやすい。そこで、スタック電圧 V_s が所定の電圧範囲となるように維持する電圧維持ステップ (S34、35) が実行されることにより、アノード電極の酸化劣化を抑制することができる。

[0122] また、第 1 実施形態の燃料電池システム 10 によれば、スタック電圧 V_s が閾値電圧 V_{th} を下回る (S34: No) 時には、スタック電圧 V_s が上限電圧 V_{max} となるように、燃料電池スタック 1 へのアノードガスの供給流量を増加させる (S352)。そして、スタック電圧 V_s が上限電圧 V_{max} となると (S351: Yes)、燃料電池スタック 1 へのアノードガスの供給流量を減少させる (S353)。このようにすることで、スタック電圧 V_s を、閾値電圧 V_{th} と上限電圧 V_{max} との温度範囲内に維持することができる。

[0123] また、第 1 実施形態の燃料電池システム 10 によれば、燃料電池スタック 1 の温度 (スタック温度) が所定の温度範囲内となるような温度維持ステップ (S36、37) が実行される。このようにすることで電解質層における

酸素イオンの電導度が確保されることにより、燃料電池スタック 1 が常に適切に発電できる温度となるため、燃料電池スタック 1 はすぐに発電を再開することができる。したがって、自立運転状態から発電運転状態へ遷移する際の遅れを抑制することができる。

[0124] また、第 1 実施形態の燃料電池システム 10 によれば、温度維持ステップにおいて、燃料電池システム 10 から負荷装置 90 への電力供給を行う電力供給ステップ (S37) を実行する。スタック温度 T_s が閾値温度 T_{th} を下回る (S36: No) 時に、燃料電池スタック 1 の電力供給を開始させる (S372)。そして、スタック温度 T_s が上限温度 T_{max} となる時に (S371: Yes)、電力供給を停止する (S373)。このようにすることで、スタック温度 T_s が維持されるので、自立運転状態から発電運転状態に遷移するのに要する時間を短縮することができる。

[0125] また、第 1 実施形態の燃料電池システム 10 によれば、電力供給ステップ (S37) が行われる場合には、燃料電池スタック 1 からカソードコンプレッサ 9 などの燃料電池システム 10 の補機へ電力が供給される。このようにすることで、新たな補機を追加することなく燃料電池スタック 1 は電力供給系統 5 以外に電力供給ができるので、燃料電池システム 10 の構成を簡略化することができる。

[0126] また、第 1 実施形態の燃料電池システム 10 によれば、電力供給ステップ (S37) が行われる場合における燃料電池スタック 1 へのカソードガスの供給流量は、発電運転時の燃料電池スタック 1 へのカソードガスの供給流量よりも少ない。このようにすることで、比較的低温のカソードガスの燃料電池スタック 1 への流入を抑制することができるので、燃料電池スタック 1 の温度低下を妨げることができる。

[0127] また、第 1 実施形態の燃料電池システム 10 によれば、排気燃焼器 40 によって、燃料電池スタック 1 から排出されるアノードオフガス及びカソードオフガスを混合し、その混合気を燃焼させる。このようにすることで、アノードオフガスに含まれる未燃ガスが完全に燃焼されるので、未燃ガスに含ま

れるアノードガスが燃料電池システム 10 外に排出されるのを妨げることができる。

[0128] (第 2 実施形態)

図 5 A は、本発明の第 2 実施形態における燃料電池システム 10 の運転制御に関する処理手順例を示すフローチャートである。

[0129] 図 5 A に示した燃料電池システム 10 の運転制御は、図 3 A に示した第 1 実施形態の燃料電池システム 10 の運転制御と比較すると、ステップ S 3 7 の処理がステップ S 5 1 の処理に変更されている点異なる。

[0130] ステップ S 5 1 においては、加熱装置制御が行われる。この加熱装置制御の詳細が、図 5 B に示されている。

[0131] 図 5 B を参照すると、まず、ステップ S 5 1 1 において、制御部 6 は、スタック温度 T_s が上限温度 T_{max} 以上であるか否かを判定する。スタック温度 T_s が上限温度 T_{max} 以上である場合には (S 5 1 1 : No)、スタック温度 T_s を大きくする必要があると判断して、S 5 1 3 の処理に進む。スタック温度 T_s が上限温度 T_{max} を下回る場合には (S 5 1 1 : Yes)、スタック温度 T_s を大きくする必要があると判断して、ステップ S 5 1 2 に進む。

[0132] ステップ S 5 1 2 において、制御部 6 は、加熱装置 3 5 を起動させるとともに、制御弁 2 3 2 を制御して加熱装置 3 5 への燃料の供給流量を大きくする。このようにすることで、加熱装置 3 5 の発熱量が大きくなるので、コンプレッサ 3 2 を介してカソードガス供給通路 3 3 を通るカソードガスは、加熱装置 3 5 によってさらに加熱された後に、燃料電池スタック 1 に供給される。その結果、スタック温度 T_s が上昇する。

[0133] S 5 1 2 の処理が行われた後には、ステップ S 5 1 1 の処理に戻る。そのため、この加熱装置 3 5 の駆動は、スタック温度 T_s が上限温度 T_{max} を上回るまで行われることになる。

[0134] ステップ S 5 1 3 において、制御部 6 は、加熱装置 3 5 を停止させるとともに、制御弁 2 3 2 を閉じて加熱装置 3 5 への燃料供給を停止する。このよ

うにして、スタック温度 T_s が上限温度 T_{max} まで上昇することになる。したがって、スタック温度 T_s が上限温度 T_{max} まで上昇することになるので、スタック温度 T_s は、常に発電に適した温度となり、IS 運転状態から発電運転状態への遷移に要する時間を短縮することができる。

[0135] 図6は、本実施形態におけるIS運転の制御手法を示すタイムチャートである。

[0136] 図6は、第1実施形態におけるタイムチャートを示す図4と比較すると、図4(f)ではスタック電流の変化が示されているのに対して、図6(f)では加熱装置35への燃料の供給流量の変化が示されている点が異なる。以下では、図6(f)に示された燃料供給量が増加する時刻 t_0 、 t_2 、及び、 t_{2a} の制御についてのみ説明する。なお、時刻 t_4 、及び、 t_{4a} においては、時刻 t_2 、及び、 t_{2a} のそれぞれと同様の処理が行われる。

[0137] 図6(f)を参照すれば、時刻 t_0 においてIS運転要求が発行されると、制御部6は、制御弁232を閉じて加熱装置35への燃料供給を停止する。そのため、図6(c)に示すアノードガス分圧の低下、及び、図6(b)に示すスタック電圧 V_s の低下が開始される。図6(a)に示すようにスタック温度 T_s の低下も開始される。

[0138] そして、時刻 t_2 において、図6(a)に示すように、スタック温度 T_s が閾値温度 T_{th} 以下となる(S36:No)。時刻 t_2 では、図6(f)に示すように、制御部6は、加熱装置35を起動させるとともに、制御弁232を開き加熱装置35への燃料供給を開始する(S512)。燃料電池スタック1には加熱装置35により加熱されたカソードガスが供給されるので、図6(a)に示すように、燃料電池スタック1の温度の上昇が開始される。

[0139] その後、時刻 t_{2a} において、図6(a)に示すように、スタック温度 T_s が上限温度 T_{max} となる(S511:Yes)。時刻 t_{2a} では、図6(f)に示すように、制御部6は、加熱装置35を停止させるとともに、制御弁232を閉じて加熱装置35への燃料供給を停止する(S513)。そのため、図6(a)に示すように、スタック温度 T_s の上昇が停止される。

[0140] なお、時刻 t_2 から時刻 t_{2a} までの間において、燃料電池スタック 1 は発電（電気化学反応）を行わない。ここで、図 4（b）に示された第 1 実施形態においては、時刻 t_2 から時刻 t_{2a} までの間において、燃料電池スタック 1 の発電に起因してスタック電圧 V_s は一時的に減少した。しかしながら、図 6（b）に示された本実施形態では、時刻 t_2 から時刻 t_{2a} までの間において、燃料電池スタック 1 は発電を行わないため、スタック電圧 V_s の一時的な減少は発生しない。したがって、図 6（c）に示されたアノードガス分圧も一時的に減少することはない。

[0141] 第 2 実施形態の燃料電池システム 10 によれば、以下の効果を得ることができる。

[0142] 第 2 実施形態の燃料電池システム 10 によれば、温度維持ステップにおいて、加熱装置 35 を動作させる加熱燃焼ステップ（S512）が実行される。加熱装置 35 に燃料が供給されると、カソードガス供給通路 33 を通るカソードガスは、加熱装置 35 によって加熱された後に、燃料電池スタック 1 に供給される。すると、燃料電池スタック 1 の温度が上昇し、電解質層における酸素イオンの電導度が確保されるので、燃料電池スタック 1 が発電を適切に行うことができる。したがって、自立運転状態から発電運転状態に移行する際の遅れを抑制することができる。

[0143] 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構成に限定する趣旨ではない。

[0144] 例えば、負荷装置 90 の要求電力がゼロになった場合に I S 運転を実施したが、燃料電池システムから負荷装置 90 への電力供給が停止される条件であればよく、燃料電池スタックに対する要求電力がゼロよりも大きな所定の値であっても I S 運転を実施するようにしてもよい。

[0145] なお、上記実施形態は、適宜組み合わせ可能である。

[0146] 本国際出願は、2015 年 12 月 15 日に日本国特許庁に出願された特願 2015-253887 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] アノードガス及びカソードガスが供給されると共に、負荷に応じて発電する固体酸化物型の燃料電池を備え、当該燃料電池へのガスの供給と発電を制御する燃料電池システムの制御方法であって、
- 前記負荷の大きさに応じて、前記燃料電池へと流れる前記アノードガス及び前記カソードガスの流量を制御する発電運転ステップと、
- 前記負荷が所定の値以下である場合には、前記燃料電池に自立運転を行わせる自立運転ステップと、を有し、
- 前記自立運転ステップは、
- 前記燃料電池に、所定の流量の前記アノードガス、及び、所定の流量の前記カソードガスを供給するガス供給ステップを有する、
- 燃料電池システムの制御方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の燃料電池システムの制御方法であって、
- 前記ガス供給ステップにおいて、前記燃料電池に、前記燃料電池のカソード極の電位が維持される流量の前記カソードガスを供給する、
- 燃料電池システムの制御方法。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載の燃料電池システムの制御方法であって、
- 前記ガス供給ステップにおいて、前記燃料電池に、前記燃料電池内において前記カソードガスのアノード電極への透過を抑制する流量の前記アノードガス、及び、該アノードガスの全てが前記燃料電池内にて反応する流量の前記カソードガスを供給する、
- 燃料電池システムの制御方法。
- [請求項4] 請求項1から3のいずれか1項に記載の燃料電池システムの制御方法であって、
- 前記自立運転ステップは、
- 前記燃料電池の電圧に応じて、前記アノードガスの流量を変化させる電圧維持ステップを、さらに有する、
- 燃料電池システムの制御方法。

- [請求項5] 請求項4に記載の燃料電池システムの制御方法であって、
前記電圧維持ステップにおいて、前記燃料電池の電圧が下限値を下回る場合には、前記燃料電池の電圧が上限値となるように、前記アノードガスの流量を増加させる、
燃料電池システムの制御方法。
- [請求項6] 請求項1から5のいずれか1項に記載の燃料電池システムの制御方法であって、
前記自立運転ステップは、
前記燃料電池の温度を、前記燃料電池が発電可能な温度範囲に維持する温度維持ステップを、さらに有する、
燃料電池システムの制御方法。
- [請求項7] 請求項6に記載の燃料電池システムの制御方法であって、
前記温度維持ステップは、
前記燃料電池の温度が下限値を下回る場合には、前記燃料電池を発電させて前記燃料電池から電力を供給させ、前記燃料電池の温度が上限値を上回る場合には、前記燃料電池の発電を停止する、電力供給ステップを有する、
燃料電池システムの制御方法。
- [請求項8] 請求項7に記載の燃料電池システムの制御方法であって、
前記燃料電池システムは、補機をさらに有し、
前記電力供給ステップにおいて、前記燃料電池から前記補機に電力を供給する、
燃料電池システムの制御方法。
- [請求項9] 請求項7又は8に記載の燃料電池システムの制御方法であって、
前記電力供給ステップにおける前記カソードガスの流量は、前記発電運転ステップにおける前記カソードガスの流量よりも小さい、
燃料電池システムの制御方法。
- [請求項10] 請求項6に記載の燃料電池システムの制御方法であって、

前記燃料電池システムは、

前記燃料電池に前記カソードガスを供給する流路に設けられる起動
燃焼器を、さらに有し、

前記温度維持ステップは、

前記起動燃焼器を起動させる起動燃焼ステップを有する、

燃料電池システムの制御方法。

[請求項11]

請求項1から10のいずれか1項に記載の燃料電池システムの制御
方法であって、

前記燃料電池システムは、

前記燃料電池から排出されるアノードオフガス及びカソードオフガ
スを混合し、該混合されたガスを燃焼させる排気燃焼器を、さらに有
し、

前記自立運転ステップは、

前記排気燃焼器を起動させる排気燃焼ステップを、さらに有する、

燃料電池システムの制御方法。

[請求項12]

アノードガス及びカソードガスが供給される燃料電池と、

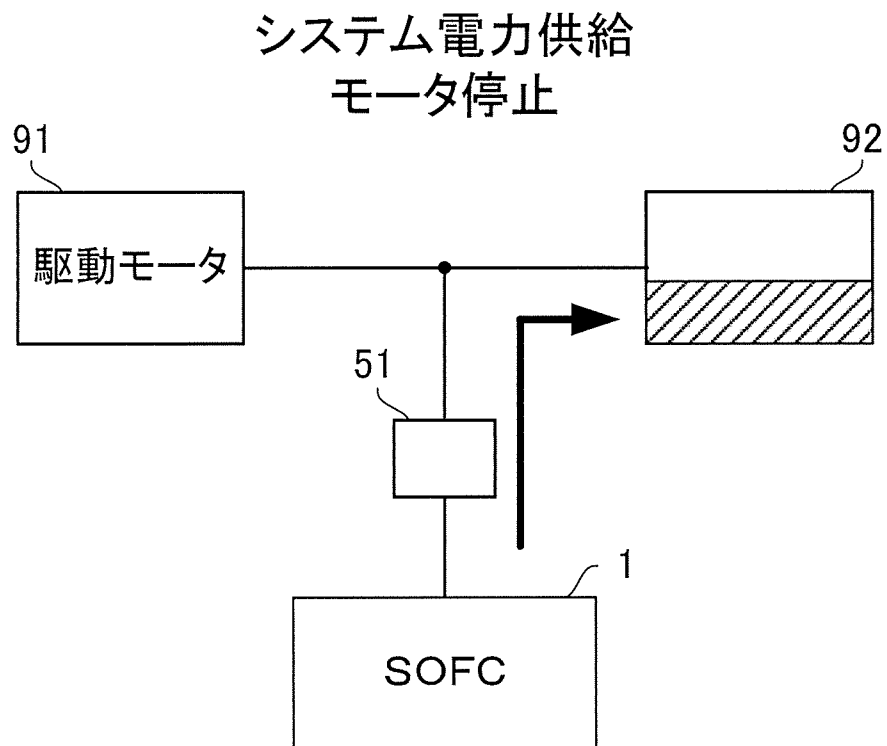
前記燃料電池に前記アノードガス及び前記カソードガスを供給する
ガス供給装置と、

前記燃料電池から電力を取り出してバッテリー又はモータに供給する
電力制御器と、

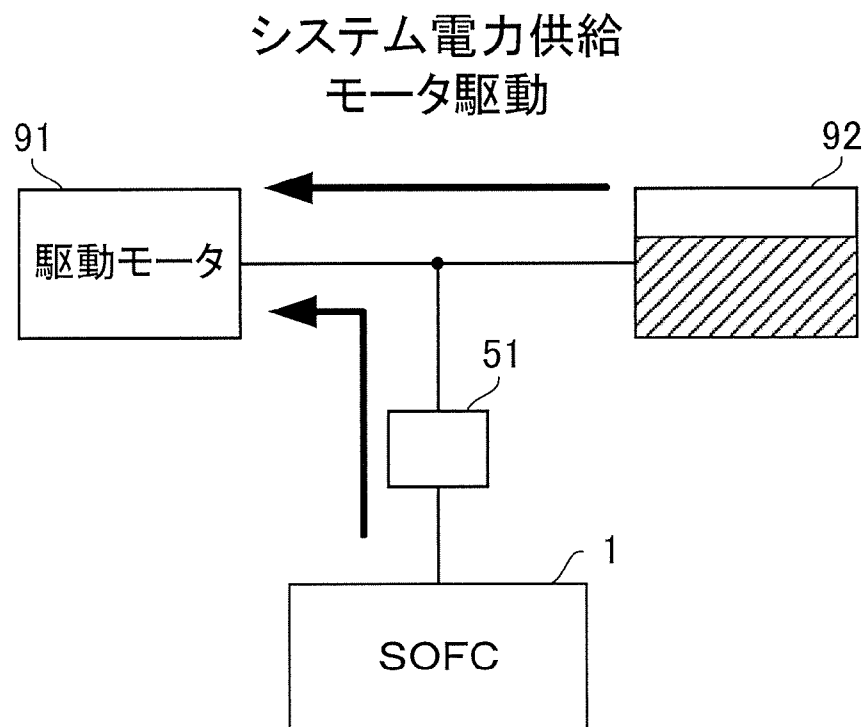
前記燃料電池に要求される負荷に基づいて前記燃料電池の発電運転
を実施する制御部と、を含む燃料電池システムであって、

前記制御部は、前記負荷が所定の値以下となった場合には、前記燃
料電池システムから前記負荷への電力供給を停止し、前記ガス供給装
置から前記燃料電池のアノードに前記アノードガスを供給するととも
に前記燃料電池のカソードに前記カソードガスを供給する、
燃料電池システム。

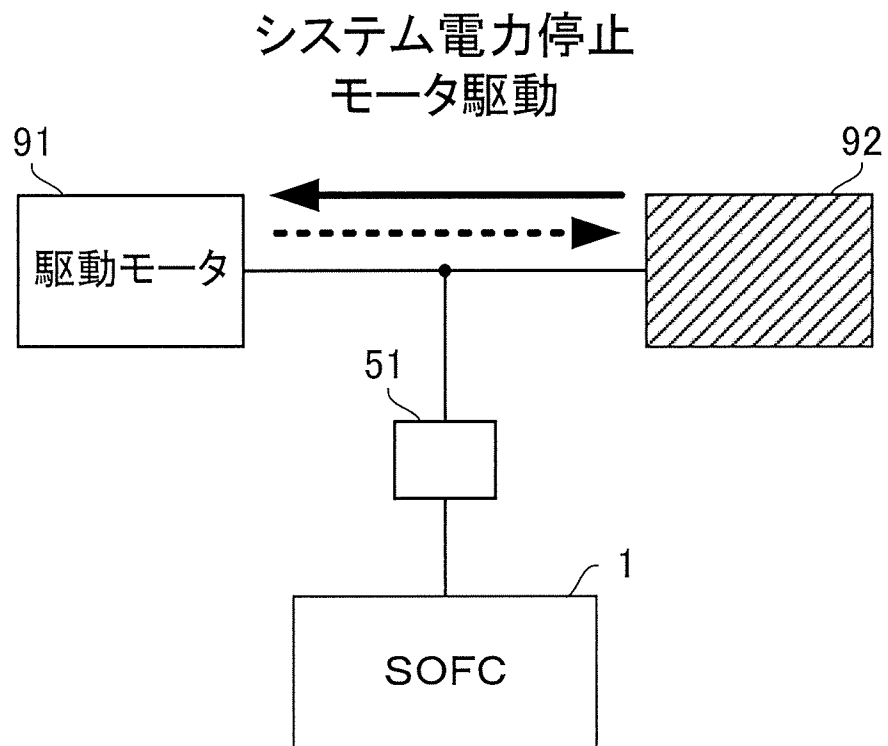
[図2A]



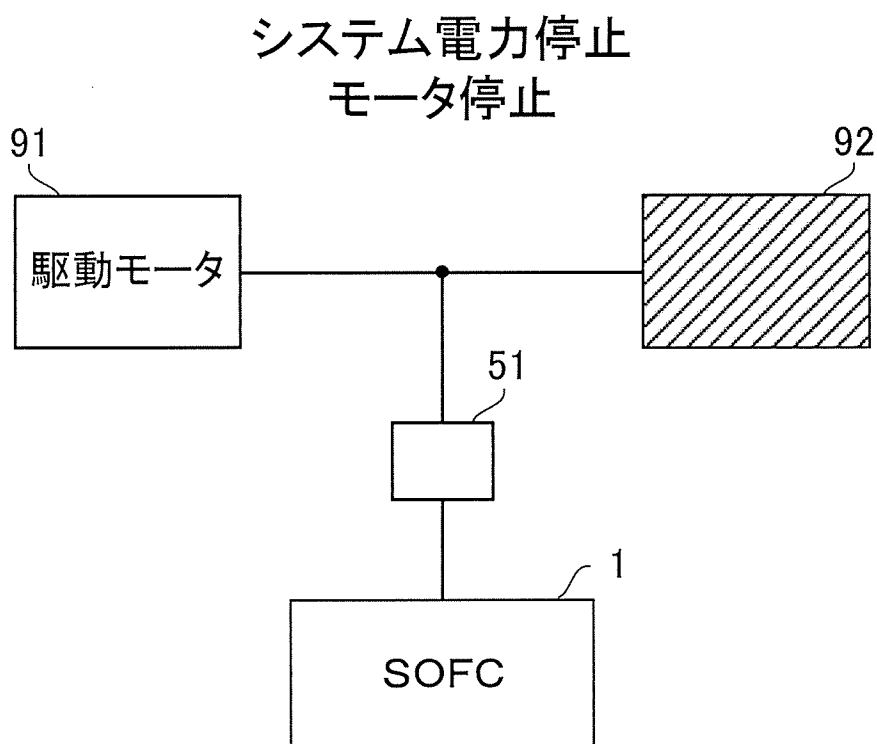
[図2B]



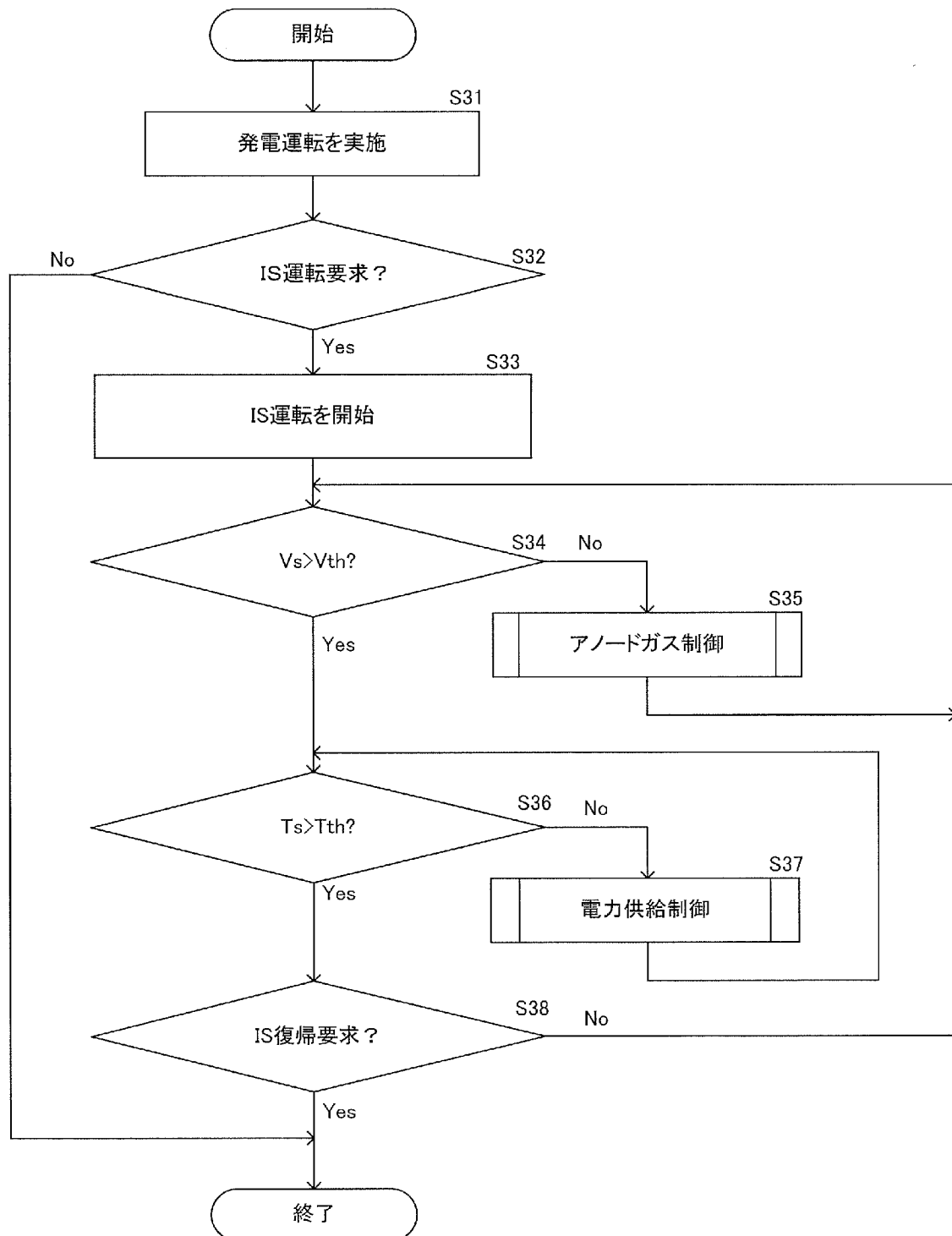
[図2C]



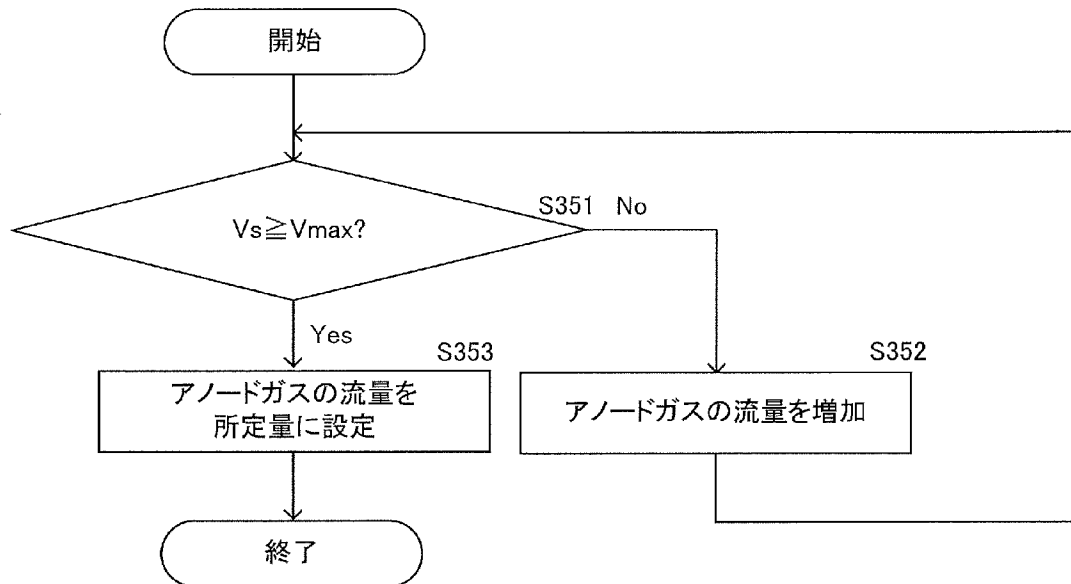
[図2D]



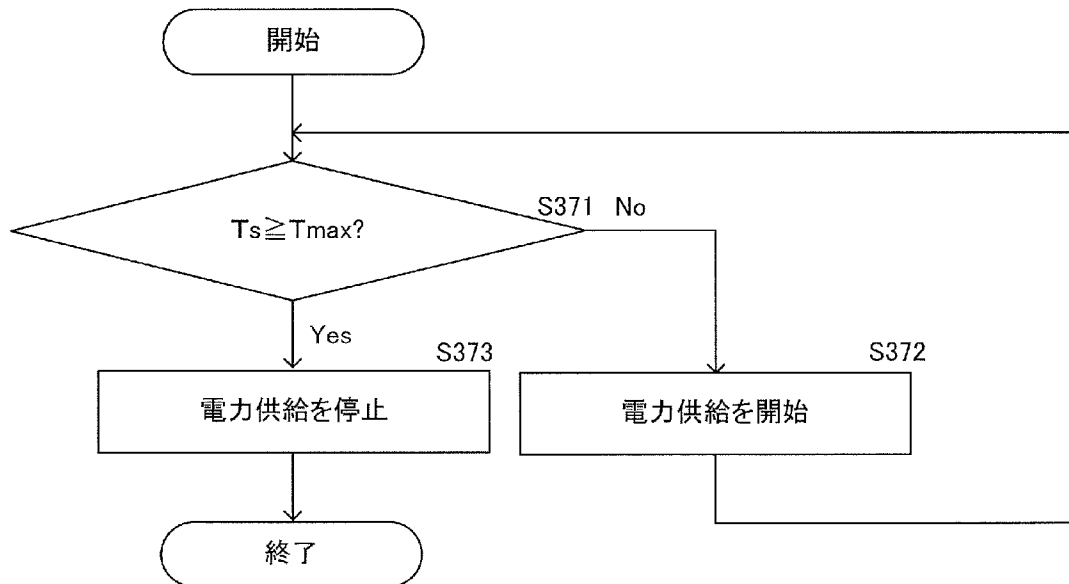
[図3A]



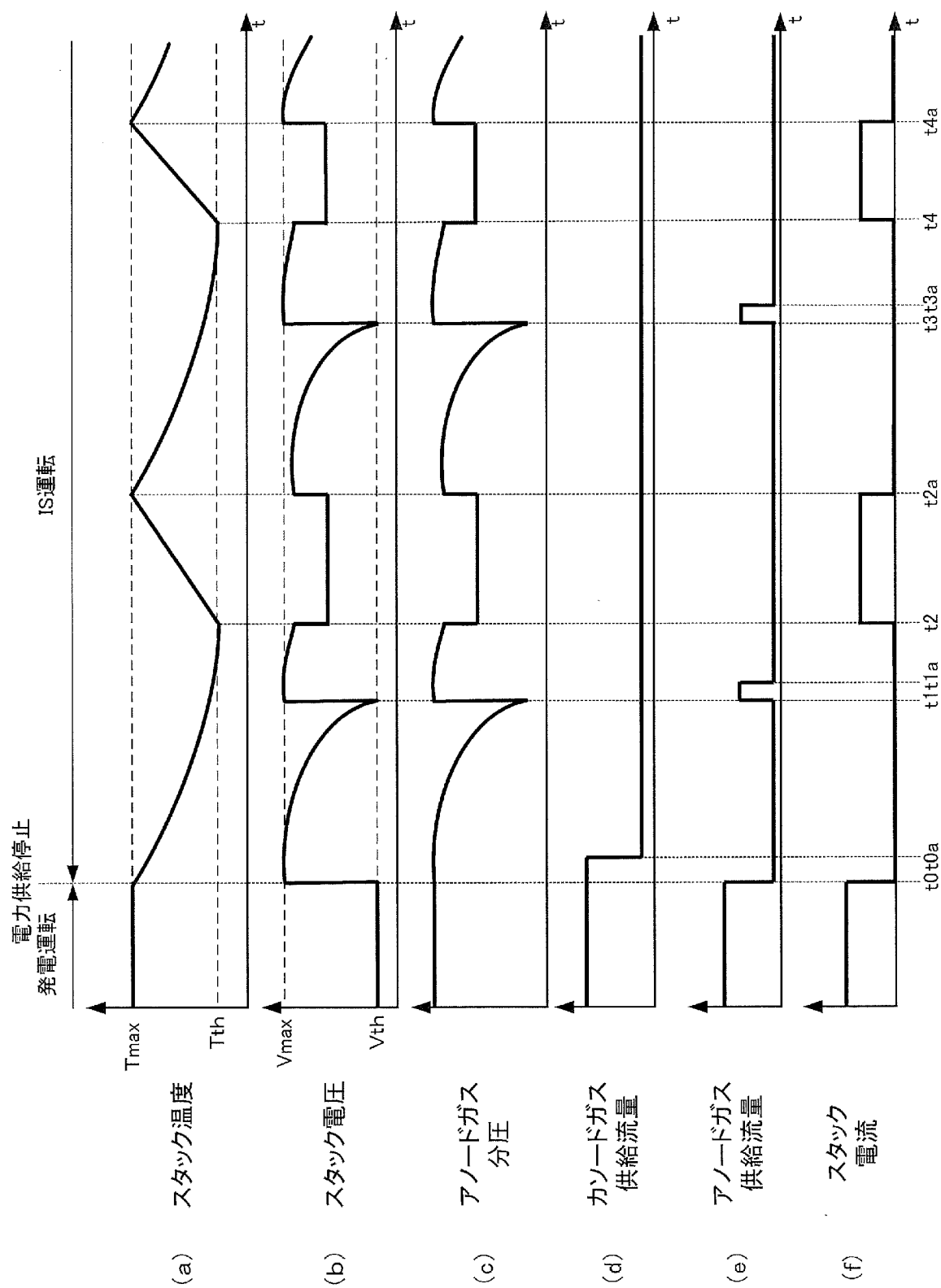
[図3B]



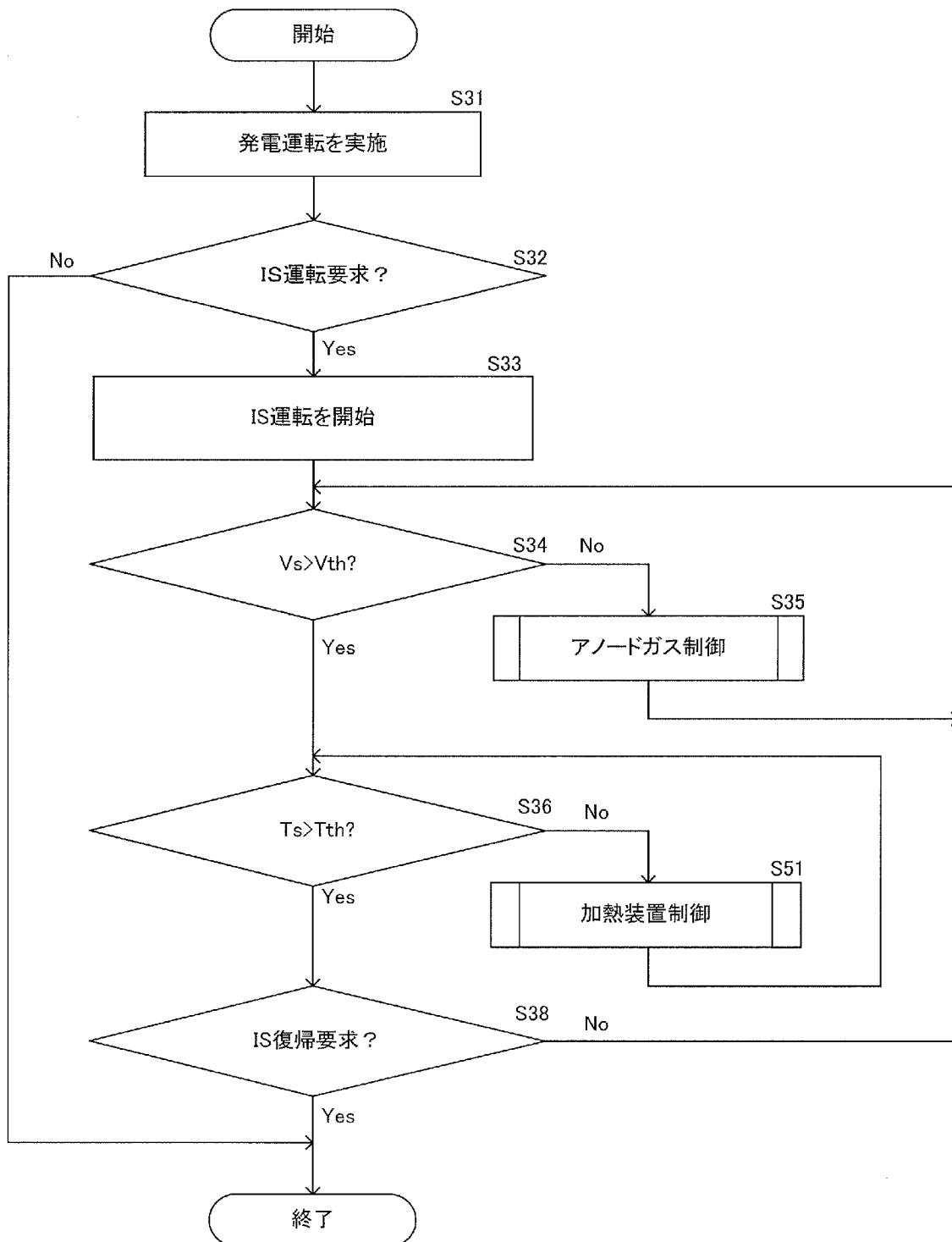
[図3C]



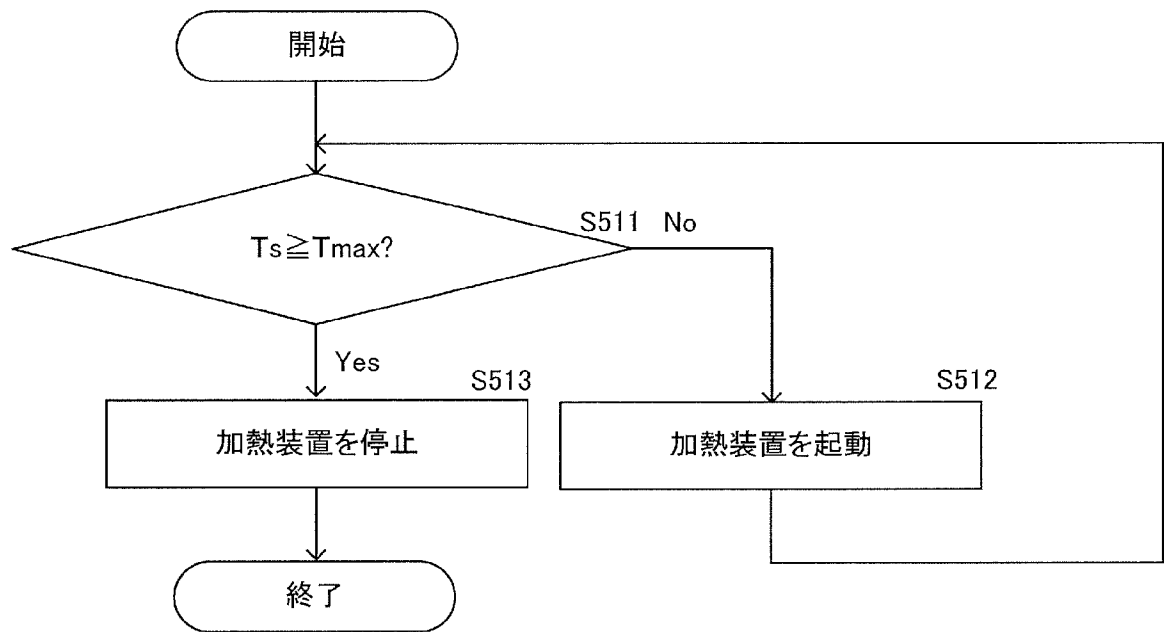
[図4]



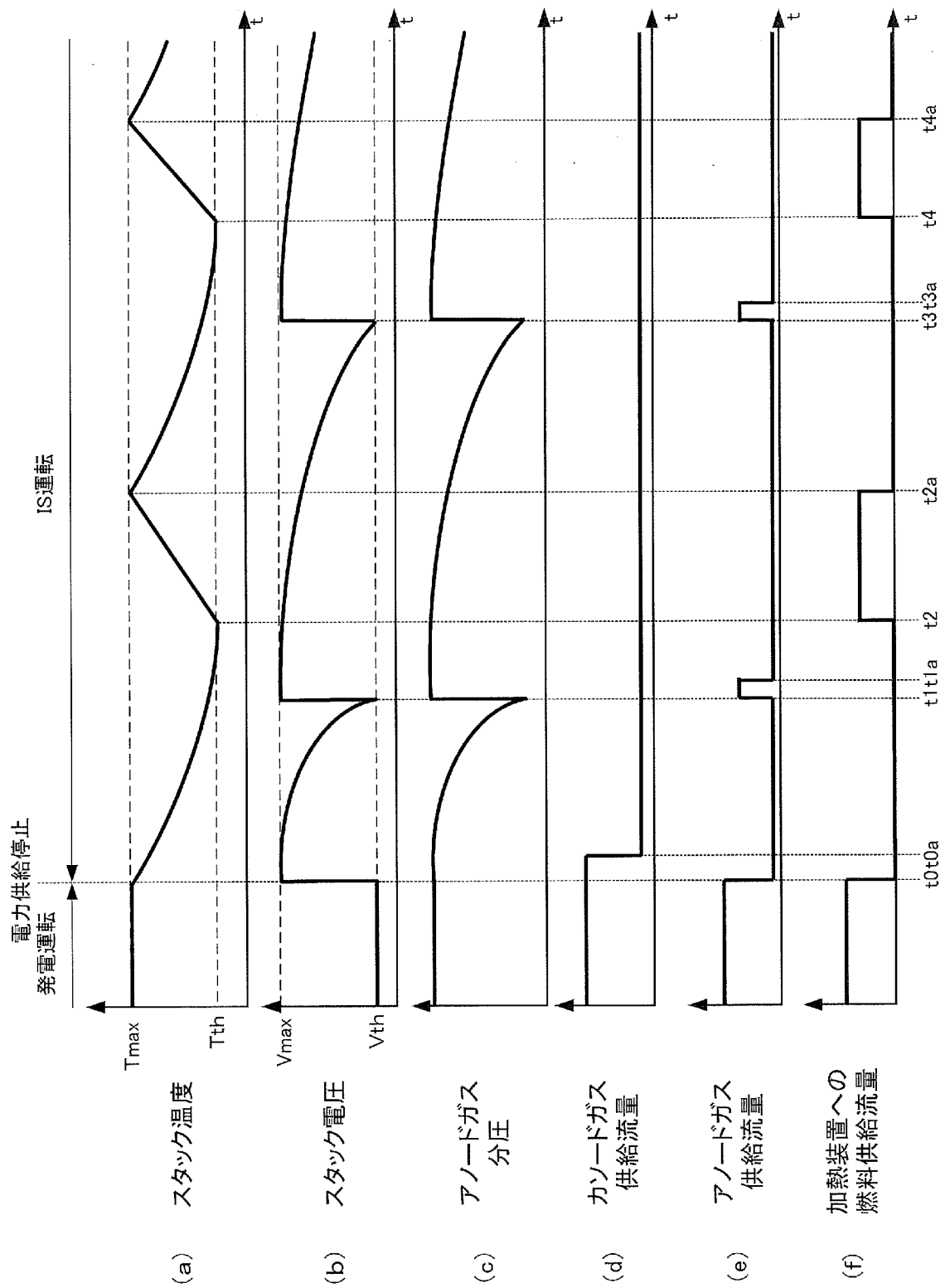
[図5A]



[図5B]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/085078

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M8/04(2016.01)i, B60L11/18(2006.01)i, H01M8/00(2016.01)i,
H01M8/04225(2016.01)i, H01M8/04228(2016.01)i, H01M8/04302(2016.01)i,
H01M8/04303(2016.01)i, H01M8/04701(2016.01)i, H01M8/04858(2016.01)i,
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)

H01M8/04, B60L11/18, H01M8/00, H01M8/04225, H01M8/04228, H01M8/04302,
H01M8/04303, H01M8/04701, H01M8/04858, H01M8/12

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
X Y	JP 2014-26891 A (Kyocera Corp.), 06 February 2014 (06.02.2014), paragraphs [0016], [0067] to [0076] & US 2015/0255808 A1 paragraphs [0074] to [0083] & WO 2014/017632 A1 & EP 2879221 A1	1-2, 12 3-11
Y	JP 2015-125828 A (Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd.), 06 July 2015 (06.07.2015), paragraph [0004] (Family: none)	3-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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)
"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

"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 February 2017 (09.02.17)

Date of mailing of the international search report
21 February 2017 (21.02.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/085078

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-107059 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 09 June 2014 (09.06.2014), claims 2 to 3; paragraphs [0001] to [0015] (Family: none)	10-11
Y	WO 2015/182018 A1 (Panasonic Corp.), 03 December 2015 (03.12.2015), fig. 1; paragraphs [0022], [0036] (Family: none)	11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/085078

Continuation of A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
(International Patent Classification (IPC))

H01M8/12(2016.01)i

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

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01M8/04(2016.01)i, B60L11/18(2006.01)i, H01M8/00(2016.01)i, H01M8/04225(2016.01)i, H01M8/04228(2016.01)i, H01M8/04302(2016.01)i, H01M8/04303(2016.01)i, H01M8/04701(2016.01)i, H01M8/04858(2016.01)i, H01M8/12(2016.01)i

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. H01M8/04, B60L11/18, H01M8/00, H01M8/04225, H01M8/04228, H01M8/04302, H01M8/04303, H01M8/04701, H01M8/04858, H01M8/12

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
X Y	JP 2014-26891 A（京セラ株式会社）2014.02.06, 段落0016, 0067-0076 & US 2015/0255808 A1, 段落0074-0083 & WO 2014/017632 A1 & EP 2879221 A1	1-2, 12 3-11
Y	JP 2015-125828 A（三菱日立パワーシステムズ株式会社）2015.07.06, 段落0004（ファミリーなし）	3-11
Y	JP 2014-107059 A（三菱重工業株式会社）2014.06.09, 請求項2-3, 段落0001-0015（ファミリーなし）	10-11

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ 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

の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

09.02.2017

国際調査報告の発送日

21.02.2017

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）

橋本 敏行

3H

3927

電話番号 03-3581-1101 内線 3316

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
Y	W0 2015/182018 A1 (パナソニック株式会社) 2015.12.03, 図1, 段落0022, 0036 (ファミリーなし)	11