

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02016/157320

発行日 平成30年2月1日(2018.2.1)

(43) 国際公開日 平成28年10月6日(2016.10.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
HO 1 M 8/04119 (2016.01)	HO 1 M 8/04 K	5H126
HO 1 M 8/04701 (2016.01)	HO 1 M 8/04 T	5H127
HO 1 M 8/10 (2016.01)	HO 1 M 8/10 1 O 1	

審査請求有 予備審査請求有 (全52頁)

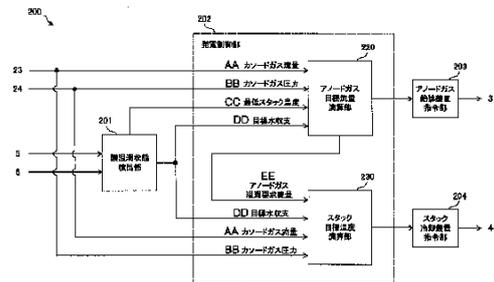
出願番号 特願2017-508851 (P2017-508851)	(71) 出願人 000003997
(21) 国際出願番号 PCT/JP2015/059712	日産自動車株式会社
(22) 国際出願日 平成27年3月27日(2015.3.27)	神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(81) 指定国 AP (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, 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), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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	(74) 代理人 110002468 特許業務法人後藤特許事務所
	(72) 発明者 池田 修久 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
	(72) 発明者 青木 哲也 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
	Fターム(参考) 5H126 BB06 EE03 EE31

最終頁に続く

(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

(57) 【要約】

燃料電池システムは、燃料電池の電解質膜に燃料と酸化剤を供給し、酸化剤の供給と燃料の供給を制御して燃料電池の発電を制御する。燃料電池システムは、電解質膜の湿潤状態を検出し、燃料電池に供給される燃料の流量を調整し、燃料電池に供給される酸化剤の温度を調整する。燃料電池システムは、湿潤状態に関する信号により電解質膜の水分を減らすときには、電解質膜の水分を増やすときに比べて、燃料の流量を減少させるとともに、湿潤状態に関する信号に応じて酸化剤の温度を上昇させる。



- 201... MEMBRANE WET STATE DETECTION UNIT
- 202... POWER GENERATION CONTROL UNIT
- 203... ANODE GAS SUPPLY AND EVACUATION DEVICE INSTRUCTION UNIT
- 204... STACK COOLING DEVICE INSTRUCTION UNIT
- 220... ANODE GAS TARGET FLOW RATE CALCULATION UNIT
- 230... STACK TARGET TEMPERATURE CALCULATION UNIT
- AA... CATHODE GAS FLOW RATE
- BB... CATHODE GAS PRESSURE
- CC... MINIMUM STACK TEMPERATURE
- DD... TARGET WATER BALANCE
- EE... ANODE GAS FLOW RATE REQUIRED FOR WETTING

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

燃料電池の電解質膜に燃料を供給する燃料供給手段と、前記電解質膜に酸化剤を供給する酸化剤供給手段と、前記酸化剤供給手段による酸化剤の供給と前記燃料供給手段による燃料の供給とを制御して前記燃料電池の発電を制御する発電制御手段と、を備えた燃料電池システムにおいて、

前記電解質膜の湿潤状態を検出する湿潤状態検出手段と、

前記燃料供給手段により前記燃料電池に供給される燃料の流量を調整する流量調整手段と、

前記酸化剤供給手段により前記燃料電池に供給される酸化剤の温度を調整する温度調整手段と、を含み、

前記発電制御手段は、前記湿潤状態検出手段から出力される信号により前記電解質膜の水分を減らすときには、前記電解質膜の水分を増やすときに比べて、前記燃料の流量を減少させるとともに、前記湿潤状態検出手段からの信号に応じて前記酸化剤の温度を上昇させる、

ことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の燃料電池システムであって、

前記発電制御手段は、前記電解質膜の水分を減らすときには、前記流量調整手段による前記燃料の流量を減らす制御を、前記温度調整手段による前記酸化剤の温度を高くする制御よりも優先して実行する、

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であって、

前記発電制御手段は、前記電解質膜の水分を減らすときには、前記燃料の流量を減少させるとともに、前記湿潤状態検出手段からの信号により前記電解質膜の湿潤度と目標値との差分が小さくなるように前記酸化剤の温度を上昇させる、

燃料電池システム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の燃料電池システムであって、

前記温度調整手段は、前記燃料電池に冷媒を供給する冷却装置を含み、

前記発電制御手段は、

前記温度調整手段の動作と前記流量調整手段の動作とを制御する順位を設定する優先制御部と、

前記燃料電池の温度と前記電解質膜の湿潤度とに基づいて、前記燃料電池に供給される燃料の流量を減少させる流量演算部と、

前記燃料の流量と前記電解質膜の湿潤度とに基づいて、前記燃料電池の温度を制御する温度演算部と、を含み、

前記優先制御部は、前記電解質膜の水分を減らすドライ操作を実行する場合には、前記燃料電池の温度よりも低いウェット操作時の温度を前記燃料電池の温度として前記流量演算部に設定する、

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であって、

前記ウェット操作時の温度は、前記冷却装置が前記燃料電池の温度を調整できる範囲の下限值に設定される、

燃料電池システム。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の燃料電池システムであって、

前記流量演算部は、前記ドライ操作を実行する場合には、前記燃料電池に供給される燃

10

20

30

40

50

料の流量を減少させる減少速度を、前記ウェット操作時の温度の代わりに前記燃料電池の温度を用いたときの減少速度に比べて大きくし、

前記温度演算部は、前記燃料電池に供給される燃料の流量が減少するほど、前記燃料電池の温度を低下させ、かつ、前記電解質膜の湿潤度が大きくなるほど、前記燃料電池の温度を上昇させる、
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であって、
前記燃料供給手段は、

前記燃料電池から排出される燃料を前記燃料電池に循環させる循環通路と、

前記循環通路に設けられ、前記燃料電池に循環される燃料の循環流量を調整する循環ポンプと、を備え、

前記発電制御手段は、前記電解質膜の水分を減らすときには、前記燃料の循環流量を減らすことにより、前記循環通路を介して前記燃料電池を循環する燃料に含まれる水分を少なくする、

燃料電池システム。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池システムであって、

前記燃料電池は、

当該燃料電池を冷却するための冷媒を通す冷媒流路と、

前記電解質膜の一方の面に対して酸化剤を通す酸化剤流路と、

前記電解質膜の他方の面に対して前記酸化剤通路に流れる酸化剤の向きとは反対の向きに燃料を通す燃料流路と、を含み、

前記温度調整手段は、前記冷媒流路に前記冷媒を供給し、

前記燃料供給手段は、前記燃料流路の一端から排出される燃料を前記燃料流路の他端に循環させる、

燃料電池システム。

【請求項 9】

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であって、

前記湿潤状態検出手段は、前記燃料電池のインピーダンスを検出し、当該インピーダンスを前記電解質膜の湿潤度に関する信号として前記発電制御手段に出力する、

燃料電池システム。

【請求項 10】

請求項 7 に記載の燃料電池システムであって、

前記燃料電池は、積層電池により構成され、

前記湿潤状態検出手段は、前記積層電池のインピーダンスを測定する測定装置を含み、

前記測定装置は、

前記積層電池に接続されて該積層電池に交流電流を出力する交流電源部と、

前記積層電池の正極側の電位から該積層電池の中途部分の電位を引いて求めた電位差である正極側交流電位差と、前記燃料電池の負極側の電位から前記中途部分の電位を引いて求めた電位差である負極側交流電位差とに基づいて、交流電流を調整する交流調整部と、

前記調整された交流電流、前記正極側交流電位差及び前記負極側交流電位差に基づいて、前記燃料電池のインピーダンスを演算する演算部と、を含む、

燃料電池システム。

【請求項 11】

燃料電池の電解質膜に燃料を供給する燃料供給手段と、前記電解質膜に酸化剤を供給する酸化剤供給手段と、前記酸化剤供給手段による酸化剤の供給と前記燃料供給手段による燃料の供給とを制御して前記燃料電池の発電を制御する発電制御手段と、を備えた燃料電池システムの制御方法であって、

前記電解質膜の湿潤状態を検出する湿潤状態検出ステップと、

	10
	20
	30
	40
	50

前記燃料供給手段により前記燃料電池に供給される燃料の流量を調整する流量調整ステップと、

前記酸化剤供給手段により前記燃料電池に供給される酸化剤の温度を調整する温度調整ステップと、を含み、

前記電解質膜の湿潤状態に関する信号により前記電解質膜の水分を減らすときには、前記電解質膜の水分を増やすときに比べて、前記燃料の流量を減少させるとともに、前記電解質膜の湿潤状態を示す信号に応じて前記酸化剤の温度を上昇させる発電制御ステップと、を含むことを特徴とする燃料電池システムの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、燃料電池に供給される燃料の流量と燃料電池の温度を調整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】

特許第5104950号公報には、電解質膜の湿潤度（含水量）を下げるドライ操作が終了すると、電解質膜に供給される燃料の流量を増減することにより、電解質膜の湿潤状態を維持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、燃料電池に供給される酸化剤ガスは、発電に伴う水蒸気によって加湿されるため、その水蒸気は、使用されなかった酸化剤ガスと共に燃料電池から排出される。このため、ドライ操作を実行するときには、酸化剤ガスに保持できる水蒸気量を増やすために、燃料電池の温度を上昇させる。

【0004】

しかしながら、燃料電池の温度上昇に伴って燃料ガスで保持できる水蒸気量も増加するため、酸化剤ガスから電解質膜を透過して燃料ガスに混入する水蒸気量も増加する。燃料ガス中の水蒸気が増加すると、燃料ガスの水分によって電解質膜の湿潤度が下がりにくくなるため、ドライ操作に要する時間が長くなるという問題がある。

【0005】

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、効率良く燃料電池の湿潤状態を制御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。

【0006】

本発明のある態様によれば、燃料電池システムは、燃料電池の電解質膜に燃料を供給する燃料供給手段と、前記電解質膜に酸化剤を供給する酸化剤供給手段と、前記酸化剤供給手段による酸化剤の供給と前記燃料供給手段による燃料の供給とを制御して前記燃料電池の発電を制御する発電制御手段とを備える。燃料電池システムは、前記電解質膜の湿潤状態を検出する湿潤状態検出手段と、前記燃料供給手段により前記燃料電池に供給される燃料の流量を調整する流量調整手段と、前記酸化剤供給手段により前記燃料電池に供給される酸化剤の温度を調整する温度調整手段と、を含む。前記発電制御手段は、前記湿潤状態検出手段から出力される信号により前記電解質膜の水分を減らすときには、前記電解質膜の水分を増やすときに比べて、前記燃料の流量を減少させるとともに、前記湿潤状態検出手段からの信号に応じて前記酸化剤の温度を上昇させることを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】図1は、本発明の実施形態における燃料電池の構成を示す斜視図である。

【図2】図2は、図1に示した燃料電池のII-II断面図である。

【図3】図3は、本実施形態における燃料電池システムの構成を示す図である。

10

20

30

40

50

【図４】図４は、燃料電池システムを制御するコントローラの機能構成の一例を示すブロック図である。

【図５】図５は、燃料電池における電解質膜の湿潤状態を検出する機能構成の一例を示す図である。

【図６】図６は、燃料電池に接続される負荷の大きさと燃料電池の最低温度との関係の一例を示す図である。

【図７】図７は、燃料電池に接続される負荷の大きさと電解質膜の目標とする湿潤状態との関係を示す図である。

【図８】図８は、燃料電池に供給されるアノードガスの目標流量を演算する機能構成の一例を示す図である。

10

【図９】図９は、燃料電池に供給されるアノードガスとカソードガスの流量比と、カソードガスの相対湿度との関係を示す図である。

【図１０】図１０は、燃料電池スタックに供給される冷却水の目標温度を演算する機能構成の一例を示す図である。

【図１１】図１１は、第１実施形態における燃料電池システムを制御する制御方法の一例を示すフローチャートである。

【図１２】図１２は、電解質膜の水分を減らすドライ操作を実行したときの燃料電池システムの状態変化を示すタイムチャートである。

【図１３】図１３は、ドライ操作において燃料電池の最低温度の代わりに燃料電池の温度を用いたときの燃料電池システムの状態変化を示すタイムチャートである。

20

【図１４】図１４は、本発明の第２実施形態における燃料電池の発電を制御する機能構成の一例を示す図である。

【図１５】図１５は、アノード循環ポンプの動作とアノードガス流量との関係を示す図である。

【図１６】図１６は、第２実施形態における燃料電池システムの制御方法の一例を示すフローチャートである。

【図１７】図１７は、ドライ操作を実行したときの燃料電池システムの状態変化を示すタイムチャートである。

【図１８】図１８は、過渡時において湿潤度を低下させるドライ操作における燃料電池システムの状態変化の一例を示すタイムチャートである。

30

【図１９】図１９は、過渡時の低下量を大きくしたときの燃料電池システムの状態変化の一例を示すタイムチャートである。

【図２０】図２０は、インピーダンス測定装置の構成の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【０００８】

以下、添付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)

燃料電池は、燃料極としてのアノード電極と、酸化剤極としてのカソード電極と、これら電極に挟まれるように配置される電解質膜と、から構成されている。燃料電池のアノード電極には、燃料として、水素を含有するアノードガスが供給される。燃料電池のカソード電極には、酸化剤として、酸素を含有するカソードガスが供給される。

40

【００１０】

燃料電池は、水素を含有するアノードガス及び酸素を含有するカソードガスを用いて発電する。アノード電極及びカソード電極の両電極において進行する電極反応は、以下の通りである。

【００１１】

アノード電極： $2\text{H}_2 \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \dots (1)$

カソード電極： $4\text{H}^+ + 4\text{e}^- + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} \dots (2)$

これら(1)(2)の電極反応によって、燃料電池は1V(ボルト)程度の起電力を生

50

じる。

【0012】

図1及び図2は、本発明の一実施形態における燃料電池10の構成を説明するための図である。図1は、燃料電池10の斜視図であり、図2は、図1に示した燃料電池10のI-I断面図である。

【0013】

図1及び図2に示すように、燃料電池10は、膜電極接合体(MEA)11と、MEA11を挟むように配置されるアノードセパレータ12及びカソードセパレータ13と、を備える。

【0014】

MEA11は、電解質膜111と、アノード電極112と、カソード電極113とから構成されている。MEA11は、電解質膜111の一方の面側にアノード電極112を有しており、他方の面側にカソード電極113を有している。

【0015】

電解質膜111は、フッ素系樹脂により形成されたプロトン伝導性のイオン交換膜である。電解質膜111は、適度な湿潤度で良好な電気伝導性を示す。ここにいう電解質膜111の湿潤度とは、電解質膜111に含まれる水分の量(含水量)に相当する。湿潤度が高くなるほど、電解質膜111の水分が増加して湿った状態となり、湿潤度が低くなるほど、電解質膜111の水分が減少することを意味する。

【0016】

アノード電極112は、触媒層112Aとガス拡散層112Bとを備える。触媒層112Aは、白金又は白金等が担持されたカーボンブラック粒子により形成された部材であって、電解質膜111と接するように設けられる。ガス拡散層112Bは、触媒層112Aの外側に配置される。ガス拡散層112Bは、ガス拡散性及び導電性を有するカーボンクロスで形成された部材であって、触媒層112A及びアノードセパレータ12と接するように設けられる。

【0017】

アノード電極112と同様に、カソード電極113も触媒層113Aとガス拡散層113Bとを備える。触媒層113Aは電解質膜111とガス拡散層113Bとの間に配置され、ガス拡散層113Bは触媒層113Aとカソードセパレータ13との間に配置される。

【0018】

アノードセパレータ12は、ガス拡散層112Bの外側に配置される。アノードセパレータ12は、アノード電極112にアノードガスを供給するための複数のアノードガス流路121を備えている。アノードガス流路121は、溝状通路として形成されている。すなわち、アノードガス流路121は、電解質膜111の他方の面に対して燃料を通す燃料流路を構成する。

【0019】

カソードセパレータ13は、ガス拡散層113Bの外側に配置される。カソードセパレータ13は、カソード電極113にカソードガスを供給するための複数のカソードガス流路131を備えている。カソードガス流路131は、溝状通路として形成されている。すなわち、カソードガス流路131は、電解質膜111の一方の面に対して酸化剤を通す酸化剤流路を構成する。

【0020】

また、カソードセパレータ13は、燃料電池10を冷却するための冷却水を供給するための複数の冷却水流路141を備えている。冷却水流路141は、溝状通路として形成されている。すなわち、冷却水流路141は、燃料電池10を冷却するための冷媒を通す冷媒流路を構成する。

【0021】

図2に示すように、カソードセパレータ13は、冷却水流路141を流れる冷却水の流

10

20

30

40

50

れ方向とカソードガス流路 131 を流れるカソードガスの流れ方向とが互いに同じ向きとなるように構成されている。なお、これらの流れ方向が互いに逆向きとなるように構成されてもよい。また、これらの流れ方向が所定の角度をもつように構成されてもよい。

【0022】

また、アノードセパレータ 12 及びカソードセパレータ 13 は、アノードガス流路 121 を流れるアノードガスの流れ方向とカソードガス流路 131 を流れるカソードガスの流れ方向とが互いに逆向きとなるように構成されている。また、これらの流れ方向が所定の角度をもつように構成されてもよい。

【0023】

このような燃料電池 10 を自動車用電源として使用する場合には、電動モータから要求される電力が大きいため、数百枚の燃料電池 10 を積層した燃料電池スタック 1 が構成される。そして、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供給する燃料電池システム 100 を構成して、車両を駆動させるための電力を取り出す。

10

【0024】

図 3 は、本発明の第 1 実施形態における燃料電池システム 100 の一例を示す構成図である。

【0025】

燃料電池システム 100 は、燃料電池に対して外部から発電に必要となるアノードガス及びカソードガスを供給し、電気負荷に応じて燃料電池を発電させる電源システムを構成する。

20

【0026】

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、負荷装置 5 と、インピーダンス測定装置 6 と、コントローラ 200 とを含む。

【0027】

燃料電池スタック 1 は、上述のとおり、複数の燃料電池 10 が積層された積層電池である。燃料電池スタック 1 は、負荷装置 5 に接続されて負荷装置 5 に電力を供給する。燃料電池スタック 1 は、例えば数百 V (ボルト) の直流の電圧を生じる。

【0028】

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共に、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大気に排出する装置である。すなわち、カソードガス給排装置 2 は、燃料電池 10 の電解質膜 111 に酸化剤を供給する酸化剤供給手段を構成する。

30

【0029】

カソードガス給排装置 2 は、カソードガス供給通路 21 と、コンプレッサ 22 と、流量センサ 23 と、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 とを含む。

【0030】

カソードガス供給通路 21 は、燃料電池スタック 1 にカソードガスを供給するための通路である。カソードガス供給通路 21 の一端は開口しており、他端は、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。

40

【0031】

コンプレッサ 22 は、カソードガス供給通路 21 に設けられる。コンプレッサ 22 は、カソードガス供給通路 21 の開口端から酸素を含有する空気を取り込み、その空気をカソードガスとして燃料電池スタック 1 に供給する。コンプレッサ 22 の回転速度は、コントローラ 200 によって制御される。

【0032】

流量センサ 23 は、コンプレッサ 22 と燃料電池スタック 1 との間のカソードガス供給通路 21 に設けられる。流量センサ 23 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検出する。以下では、燃料電池スタック 1 に供給されるカソードガスの流量の

50

ことを単に「カソードガス流量」という。流量センサ 2 3 は、カソードガス流量を検出した信号をコントローラ 2 0 0 に出力する。

【 0 0 3 3 】

圧力センサ 2 4 は、コンプレッサ 2 2 と燃料電池スタック 1 との間のカソードガス供給通路 2 1 に設けられる。圧力センサ 2 4 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。以下では、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ことを単に「カソードガス圧力」という。圧力センサ 2 4 は、カソードガス圧力を検出した信号をコントローラ 2 0 0 に出力する。

【 0 0 3 4 】

カソードガス排出通路 2 5 は、燃料電池スタック 1 からカソードオフガスを排出するための通路である。カソードガス排出通路 2 5 の一端は、燃料電池スタック 1 のカソードガス出口孔に接続され、他端は開口している。

【 0 0 3 5 】

カソード調圧弁 2 6 は、カソードガス排出通路 2 5 に設けられる。カソード調圧弁 2 6 としては、例えば弁の開度を段階的に変更可能な電磁弁が用いられる。カソード調圧弁 2 6 は、コントローラ 2 0 0 によって開閉制御される。この開閉制御によってカソードガス圧力が所望の圧力に調節される。カソード調圧弁 2 6 の開度が大きくなるほど、カソード調圧弁 2 6 が開き、カソード調圧弁 2 6 の開度が大きくなるほど、カソード調圧弁 2 6 が閉じる。

【 0 0 3 6 】

アノードガス給排装置 3 は、燃料電池スタック 1 にアノードガスを供給すると共に、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燃料電池スタック 1 に循環させる装置である。すなわち、アノードガス給排装置 3 は、燃料電池 1 0 の電解質膜 1 1 1 に燃料を供給する燃料供給手段を構成する。

【 0 0 3 7 】

アノードガス給排装置 3 は、高圧タンク 3 1 と、アノードガス供給通路 3 2 と、アノード調圧弁 3 3 と、エゼクタ 3 4 と、アノードガス循環通路 3 5 と、アノード循環ポンプ 3 6 と、圧力センサ 3 7 と、パージ弁 3 8 とを含む。

【 0 0 3 8 】

高圧タンク 3 1 は、燃料電池スタック 1 に供給されるアノードガスを高圧状態に保って貯蔵する。

【 0 0 3 9 】

アノードガス供給通路 3 2 は、高圧タンク 3 1 に貯蔵された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 3 2 の一端は、高圧タンク 3 1 に接続され、他端は、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。

【 0 0 4 0 】

アノード調圧弁 3 3 は、高圧タンク 3 1 とエゼクタ 3 4 との間のアノードガス供給通路 3 2 に設けられる。アノード調圧弁 3 3 としては、例えば弁の開度を段階的に変更可能な電磁弁が用いられる。アノード調圧弁 3 3 は、コントローラ 2 0 0 によって開閉制御される。この開閉制御によって、燃料電池スタック 1 に供給されるアノードガスの圧力が調節される。

【 0 0 4 1 】

エゼクタ 3 4 は、アノード調圧弁 3 3 と燃料電池スタック 1 との間のアノードガス供給通路 3 2 に設けられる。エゼクタ 3 4 は、アノードガス供給通路 3 2 に対してアノードガス循環通路 3 5 が合流する部分に設けられる機械式ポンプである。エゼクタ 3 4 をアノードガス供給通路 3 2 に設けることにより、簡易な構成で燃料電池スタック 1 にアノードオフガスを循環させることができる。

【 0 0 4 2 】

エゼクタ 3 4 は、アノード調圧弁 3 3 から供給されるアノードガスの流速を加速させて負圧を生じさせることにより、燃料電池スタック 1 からのアノードオフガスを吸引する。

10

20

30

40

50

エゼクタ 3 4 は、そのアノードオフガスを、アノード調圧弁 3 3 から供給されるアノードガスと共に燃料電池スタック 1 に吐出する。

【 0 0 4 3 】

エゼクタ 3 4 は、例えば、アノード調圧弁 3 3 から燃料電池スタック 1 に向かって開口を狭くした円錐状のノズルと、燃料電池スタック 1 からアノードオフガスを吸引する吸引口を備えたディフューザとにより構成される。なお、本実施形態ではエゼクタ 3 4 を用いたが、単にアノードガス供給通路 3 2 にアノードガス循環通路 3 5 を合流させるものであってもよい。

【 0 0 4 4 】

アノードガス循環通路 3 5 は、燃料電池スタック 1 からのアノードオフガスをアノードガス供給通路 3 2 に循環させる通路である。アノードガス循環通路 3 5 の一端は、燃料電池スタック 1 のアノードガス出口孔に接続され、他端は、エゼクタ 3 4 の吸引口に接続される。

10

【 0 0 4 5 】

アノード循環ポンプ 3 6 は、アノードガス循環通路 3 5 に設けられる。アノード循環ポンプ 3 6 は、エゼクタ 3 4 を介して燃料電池スタック 1 にアノードオフガスを循環させる。アノード循環ポンプ 3 6 の回転速度は、コントローラ 2 0 0 によって制御される。これにより、燃料電池スタック 1 を循環するアノードガスの流量が調整される。以下では、燃料電池スタック 1 を循環するアノードガスの流量のことを単に「アノードガス循環流量」という。

20

【 0 0 4 6 】

パージ弁 3 8 は、アノードガス循環通路 3 5 から分岐したアノードガス排出通路に設けられる。パージ弁 3 8 は、アノードオフガスに含まれる不純物を外部に排出する。不純物とは、カソードガス流路 1 3 1 から電解質膜 1 1 1 を透過してきた空気中の窒素ガスや、発電に伴う生成水などのことである。パージ弁 3 8 の開度は、コントローラ 2 0 0 によって制御される。

【 0 0 4 7 】

なお、図示されていないが、アノードガス排出通路は、カソード調圧弁 2 6 よりも下流側のカソードガス排出通路 2 5 に合流する。これにより、パージ弁 3 8 から排出されるアノードオフガスはカソードガス排出通路 2 5 内でカソードオフガスと混合されるので、混合ガス中の水素濃度が排出許容濃度以下の値に設定される。

30

【 0 0 4 8 】

スタック冷却装置 4 は、燃料電池 1 0 を冷却するための冷媒を燃料電池スタック 1 に供給し、燃料電池スタック 1 を発電に適した温度に調整する装置である。本実施形態では冷媒として冷却水が用いられる。

【 0 0 4 9 】

また、スタック冷却装置 4 は、燃料電池スタック 1 から排出されるカソードガス中の水蒸気量を増やすために、カソードガス流路 1 3 1 を通過するカソードガスの温度を高くするガス温度調整装置として機能する。すなわち、スタック冷却装置 4 は、燃料電池 1 0 に供給される酸化剤の温度を調整する温度調整手段を構成する。

40

【 0 0 5 0 】

スタック冷却装置 4 は、冷却水循環通路 4 1 と、冷却水ポンプ 4 2 と、ラジエータ 4 3 と、バイパス通路 4 4 と、三方弁 4 5 と、入口水温センサ 4 6 と、出口水温センサ 4 7 とを含む。

【 0 0 5 1 】

冷却水循環通路 4 1 は、燃料電池スタック 1 に冷却水を循環させる通路である。冷却水循環通路 4 1 の一端は、燃料電池スタック 1 の冷却水入口孔に接続され、他端は、燃料電池スタック 1 の冷却水出口孔に接続される。

【 0 0 5 2 】

冷却水ポンプ 4 2 は、冷却水循環通路 4 1 に設けられる。冷却水ポンプ 4 2 は、ラジエ

50

ータ43を介して燃料電池スタック1に冷却水を供給する。冷却水ポンプ42の回転速度は、コントローラ200によって制御される。

【0053】

例えば、燃料電池スタック1の温度が冷却水の温度よりも高い状態においては、冷却水ポンプ42の回転速度が高くなるほど、燃料電池10から冷却水へ熱が放散される熱量が増加するため、燃料電池スタック1の温度が低下する。一方、冷却水ポンプ42の回転速度が低くなるほど、熱交換率が低下するため、燃料電池スタック1の温度が上昇する。

【0054】

ラジエータ43は、冷却水ポンプ42よりも下流の冷却水循環通路41に設けられる。ラジエータ43は、燃料電池スタック1において温められた冷却水をファンにより冷却する。

10

【0055】

バイパス通路44は、ラジエータ43をバイパスする通路であって、燃料電池スタック1から排出される冷却水を燃料電池スタック1に直接循環させる通路である。バイパス通路44の一端は、冷却水ポンプ42とラジエータ43との間の冷却水循環通路41に接続され、他端は、三方弁45の一端に接続される。なお、バイパス通路44には、燃料電池システム100の零下起動時に燃料電池スタック1を暖機するためのヒータが設けられてもよい。

【0056】

三方弁45は、燃料電池スタック1に供給される冷却水の温度を調整する。三方弁45は、本実施形態ではサーモスタットにより実現される。三方弁45は、ラジエータ43と燃料電池スタック1の冷却水入口孔との間の冷却水循環通路41におけるバイパス通路44が合流する部分に設けられる。

20

【0057】

三方弁45においては、冷却水の温度が所定の開弁温度以下のときにはラジエータ43から燃料電池スタック1への冷却水通路が遮断された状態となり、バイパス通路44を経由してきた冷却水のみを燃料電池スタック1に供給する。これにより、燃料電池スタック1には、ラジエータ43を経由してくる冷却水に比べて高温の冷却水が流れることになる。

【0058】

一方、冷却水の温度が上述の開弁温度よりも高くなると、ラジエータ43から燃料電池スタック1への冷却水通路の開口が徐々に大きくなり始める。そして三方弁45は、バイパス通路44を経由してきた冷却水と、ラジエータ43を経由してきた冷却水とを混合して、これらの冷却水を燃料電池スタック1に供給する。これにより、燃料電池スタック1には、バイパス通路44を経由してくる冷却水に比べて低温の冷却水が流れることになる。

30

【0059】

入口水温センサ46及び出口水温センサ47は、冷却水の温度を検出する。冷却水の温度は、燃料電池スタック1の温度やカソードガスの温度として用いられる。以下では、燃料電池スタック1の温度のことを「スタック温度」ともいう。

40

【0060】

入口水温センサ46は、燃料電池スタック1に形成された冷却水入口孔の近傍に位置する冷却水循環通路41に設けられる。入口水温センサ46は、燃料電池スタック1の冷却水入口孔に流入する冷却水の温度を検出する。以下では、燃料電池スタック1の冷却水入口孔に流入する冷却水の温度のことを「スタック入口水温」という。入口水温センサ46は、スタック入口水温を検出した信号をコントローラ200に出力する。

【0061】

出口水温センサ47は、燃料電池スタック1に形成された冷却水出口孔の近傍に位置する冷却水循環通路41に設けられる。出口水温センサ47は、燃料電池スタック1から排出された冷却水の温度を検出する。以下では、燃料電池スタック1から排出された冷却水

50

の温度のことを「スタック出口水温」という。出口水温センサ 47 は、スタック出口水温を検出した信号をコントローラ 200 に出力する。

【0062】

負荷装置 5 は、燃料電池スタック 1 から供給される発電電力を受けることにより駆動する。負荷装置 5 としては、例えば、車両を駆動する電動モータや、燃料電池スタック 1 の発電を補助する補機の一部、電動モータを制御する制御ユニットなどによって構成される。燃料電池スタック 1 の補機としては、例えば、コンプレッサ 22 や、アノード循環ポンプ 36、冷却水ポンプ 42 などが挙げられる。

【0063】

あるいは、負荷装置 5 は、DC/DCコンバータを備え、DC/DCコンバータの一方に電動モータインバータを接続し、他方にバッテリーを接続すると共に、DC/DCコンバータとバッテリーとの間の電源線に補機の一部を接続する構成であってもよい。なお、負荷装置 5 を制御する制御ユニットは、燃料電池スタック 1 に要求する要求電力をコントローラ 200 に出力する。例えば、車両に設けられたアクセルペダルの踏み込み量が大きくなるほど、負荷装置 5 の要求電力は大きくなる。

【0064】

負荷装置 5 と燃料電池スタック 1 との間には、電流センサ 51 と電圧センサ 52 とが配置される。

【0065】

電流センサ 51 は、燃料電池スタック 1 の正極端子 1p と負荷装置 5 との間の電源線に接続される。電流センサ 51 は、燃料電池スタック 1 から負荷装置 5 に出力される電流を燃料電池スタック 1 の出力電力として検出する。以下では、燃料電池スタック 1 から負荷装置 5 に出力される電流のことを「スタック出力電流」という。電流センサ 51 は、スタック出力電流を検出した信号をコントローラ 200 に出力する。

【0066】

電圧センサ 52 は、燃料電池スタック 1 における正極端子 1p と正極端子 1n との間に接続される。電圧センサ 52 は、燃料電池スタック 1 における正極端子 1p と正極端子 1n との間の電圧である端子間電圧を検出する。以下では、燃料電池スタック 1 の端子間電圧のことを「スタック出力電圧」という。電圧センサ 52 は、スタック出力電圧を検出した信号をコントローラ 200 に出力する。

【0067】

インピーダンス測定装置 6 は、電解質膜 111 の湿潤状態を検出する装置である。インピーダンス測定装置 6 は、電解質膜 111 の湿潤状態と相関のある燃料電池スタック 1 の内部インピーダンスを測定する。

【0068】

一般に、電解質膜の含水量が少なくなるほど、すなわち電解質膜が乾き気味になるほど、内部インピーダンスの電気抵抗成分は大きくなる。一方、電解質膜の含水量が多くなるほど、すなわち電解質膜が濡れ気味になるほど、内部インピーダンスの電気抵抗成分は小さくなる。このため、電解質膜 111 の湿潤状態を示すパラメータとして、燃料電池スタック 1 の内部インピーダンスが用いられる。

【0069】

燃料電池スタック 1 には、正極端子 1p と直列に接続された正極タブと、正極端子 1n と直列に接続された負極タブとが設けられており、正極タブ及び負極タブの各々にインピーダンス測定装置 6 が接続される。インピーダンス測定装置 6 は、電解質膜 111 の電気抵抗を検出するのに適した周波数を有する交流電流を正極端子 1p に供給する。電解質膜の電気抵抗を検出するのに適した周波数のことを以下では「電解質膜応答周波数」という。インピーダンス測定装置 6 は、電解質膜応答周波数の交流電流によって正極端子 1p と正極端子 1n との間に生じる交流電圧を検出し、検出した交流電圧の振幅を、正極端子 1p に供給した交流電流の振幅で除算することにより、内部インピーダンスを算出する。

【0070】

10

20

30

40

50

本実施形態では、燃料電池スタック 1 に積層された各燃料電池 10 のうち、中途に位置する燃料電池 10 に中途タブを設け、その中途タブにもインピーダンス測定装置 6 が接続される。中途タブがインピーダンス測定装置 6 において接地される。

【0071】

そして、インピーダンス測定装置 6 は、電解質膜応答周波数の交流電流を正極端子 1 p 及び正極端子 1 n の双方に供給する。インピーダンス測定装置 6 は、正極端子 1 p と中途タブとの間の交流電圧の振幅を、正極端子 1 p に供給した交流電流の振幅で除算することにより正極側の内部インピーダンスを算出する。さらにインピーダンス測定装置 6 は、正極端子 1 n と中途タブとの間の交流電圧の振幅を、正極端子 1 n に供給した交流電流の振幅で除算することにより負極側の内部インピーダンスを算出する。

10

【0072】

以下では、電解質膜応答周波数によって測定される内部インピーダンスのことを H F R (High Frequency Resistance ; 高周波数抵抗) という。インピーダンス測定装置 6 は、算出した H F R をコントローラ 200 に出力する。

【0073】

コントローラ 200 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。

【0074】

コントローラ 200 には、流量センサ 23、圧力センサ 24、圧力センサ 37、入口水温センサ 46、出口水温センサ 47、電流センサ 51、電圧センサ 52、及びインピーダンス測定装置 6 の各出力信号と負荷装置 5 の要求電力とが入力される。これらの信号は、燃料電池システム 100 の運転状態に関するパラメータとして用いられる。

20

【0075】

コントローラ 200 は、燃料電池システム 100 の運転状態に応じて、コンプレッサ 22 及びカソード調圧弁 26 を制御することでカソードガスの流量及び圧力を制御すると共に、アノード調圧弁 33 及びアノード循環ポンプ 36 を制御することでアノードガスの流量及び圧力を制御する。さらにコントローラ 200 は、燃料電池システム 100 の運転状態に応じて、冷却水ポンプ 42 及び三方弁 45 を制御することで燃料電池スタック 1 における燃料電池 10 の温度、及びカソードガスの温度を制御する。

30

【0076】

例えば、コントローラ 200 は、負荷装置 5 の要求電力に基づいて、カソードガスの目標流量及び目標圧力、並びにアノードガスの目標流量及び目標圧力を演算する。コントローラ 200 は、カソードガスの目標流量及び目標圧力に基づいて、コンプレッサ 22 の回転速度とカソード調圧弁 26 の開度とを制御すると共に、アノードガスの目標流量及び目標圧力に基づいて、アノード循環ポンプ 36 の回転速度とアノード調圧弁 33 の開度とを制御する。

【0077】

また、コントローラ 200 は、燃料電池スタック 1 の発電性能を維持するためのスタック目標温度を演算し、そのスタック目標温度に基づいて、冷却水ポンプ 42 の回転速度を制御する。例えば、コントローラ 200 は、スタック温度がスタック目標温度よりも高い場合には、冷却水ポンプ 42 の回転速度を、スタック温度がスタック目標温度よりも低い場合に比べて高くする。

40

【0078】

このような燃料電池システム 100 では、各電解質膜 111 の湿潤度 (含水量) が高くなり過ぎたり低くなり過ぎたりすると、発電性能が低下する。燃料電池スタック 1 を効率的に発電させるには、燃料電池スタック 1 の電解質膜 111 を適度な湿潤度に維持することが重要である。そのため、コントローラ 200 は、負荷装置 5 の要求電力を確保できる範囲内において、燃料電池スタック 1 の湿潤状態が発電に適した状態となるように、燃料電池スタック 1 の湿潤状態を操作する。

50

【 0 0 7 9 】

以下では、燃料電池スタック 1 の湿潤状態を乾燥（ドライ）側に遷移させること、すなわち電解質膜 1 1 1 の余計な水分を減らすことを「ドライ操作」という。また、燃料電池スタック 1 の湿潤状態を湿潤（ウェット）側に遷移させること、すなわち電解質膜 1 1 1 の水分を増やすことを「ウェット操作」という。

【 0 0 8 0 】

燃料電池スタック 1 の湿潤状態を操作する湿潤制御においては、コントローラ 2 0 0 は、カソードガス流量、カソードガス圧力、アノードガス流量、及びスタック温度を制御する。

【 0 0 8 1 】

コントローラ 2 0 0 によるカソードガス流量制御は、主にコンプレッサ 2 2 により実行され、カソードガス圧力制御は、主にカソード調圧弁 2 6 により実行される。

【 0 0 8 2 】

例えば、ドライ操作では、コントローラ 2 0 0 は、燃料電池スタック 1 から排出する水分を増やすために、カソードガス流量を大きくしたり、カソードガス圧力を低くしたりする。一方、ウェット操作では、コントローラ 2 0 0 は、カソードガス流量を小さくしたり、カソードガス圧力を高くしたりする。

【 0 0 8 3 】

コントローラ 2 0 0 によるアノードガス流量制御は、主にアノード循環ポンプ 3 6 により実行される。

【 0 0 8 4 】

図 2 に示したアノードガス流路 1 2 1 を流れるアノードガスは、カソードガス流路 1 3 1 の下流側から電解質膜 1 1 1 を介してリーク（透過）してきた水蒸気によって加湿される。加湿されたアノードガス流量を増加させると、アノードガスに含まれる水分が、アノードガス流路 1 2 1 の上流から下流まで行き渡りやすくなり、燃料電池スタック 1 の湿潤度が増加しやすくなる。

【 0 0 8 5 】

そのため、コントローラ 2 0 0 は、ウェット操作を実行する場合には、燃料電池スタック 1 内で加湿されるアノードガスの流量を増やすために、燃料電池スタック 1 を循環するアノードガス流量を増加させる。一方、ドライ操作を実行する場合には、コントローラ 2 0 0 は、燃料電池スタック 1 を循環するアノードガス流量を減少させる。

【 0 0 8 6 】

コントローラ 2 0 0 によるスタック温度制御は、主に冷却水ポンプ 4 2 により実行される。

【 0 0 8 7 】

通常、燃料電池 1 0 の温度はスタック入口水温よりも高いため、図 2 に示した冷却水流路 1 4 1 を流れる冷却水の流量を減らすと、カソードガス流路 1 3 1 を流れるカソードガスの温度が上昇すると共に燃料電池 1 0 自体の温度が上昇する。カソードガス流路 1 3 1 のカソードガス温度が上昇すると、そのカソードガスで保持できる水蒸気量が増加するため、燃料電池スタック 1 から排出される水分が増加する。このように、スタック温度を上昇させると、燃料電池スタック 1 から排出される水分が増えるので、燃料電池スタック 1 の湿潤度が低下する。

【 0 0 8 8 】

そのため、コントローラ 2 0 0 は、ドライ操作を実行する場合には、燃料電池スタック 1 内のカソードガスの温度が上昇するようにスタック温度を高くする。一方、ウェット操作を実行する場合には、コントローラ 2 0 0 は、スタック温度を低くする。

【 0 0 8 9 】

しかしながら、ドライ操作を実行する場合にスタック温度を高くすると、カソードガスの温度が上昇するだけでなく、アノードガスの温度も上昇するので、アノードガスで保持できる水蒸気量も増加する。その結果、カソードガス流路 1 3 1 から電解質膜 1 1 1 を介

10

20

30

40

50

してアノードガス流路121に移動してくる水蒸気量が増加し、この水蒸気によって電解質膜111の湿潤度が下がりにくくなり、ドライ操作に要する時間が長くなる。状況によっては、アノードガス流路121に移動してくる水蒸気量が増加することが原因となり、ドライ操作中に電解質膜111の水分が増加してしまう場合がある。このような事態を発明者らは知見した。

【0090】

そこで本実施形態では、コントローラ200は、ドライ操作においてスタック温度を高くする昇温制御よりも優先して、燃料電池スタック1を循環するアノードガス流量を減らす減量制御を実行する。

【0091】

図4は、本実施形態におけるコントローラ200の機能構成の一例を示すブロック図である。ここでは、ドライ操作を実行するときの制御パラメータが示されている。

【0092】

コントローラ200は、膜湿潤状態検出部201と、発電制御部202と、アノードガス給排装置指令部203と、スタック冷却装置指令部204とを含む。発電制御部202は、アノードガス目標流量演算部220とスタック目標温度演算部230とを含む。

【0093】

膜湿潤状態検出部201は、燃料電池スタック1における電解質膜111の湿潤状態を検出する湿潤状態検出手段を構成する。

【0094】

膜湿潤状態検出部201は、電解質膜111の湿潤度を示す湿潤状態情報として、インピーダンス測定装置6により測定される燃料電池スタック1のHFRを取得する。以下では、インピーダンス測定装置6から出力されるHFRのことを「測定HFR」という。

【0095】

膜湿潤状態検出部201は、インピーダンス測定装置6からの測定HFRに基づいて、電解質膜111の湿潤状態を発電に適した状態に維持するための目標水収支を演算する。目標水収支は、電解質膜111の目標とする湿潤状態に対しての水分の過不足を示すパラメータである。すなわち、目標水収支は、電解質膜111の湿潤度と相関のあるパラメータである。

【0096】

例えば、膜湿潤状態検出部201は、測定HFRが目標とする値よりも小さい場合には、電解質膜111の水分が多いと判定し、目標水収支をゼロ(0)よりも小さなマイナス(負)の値を設定する。電解質膜111の水分が少ないと判定された場合には、発電制御部202により電解質膜111の水分を増やすウェット操作が実行される。

【0097】

一方、測定HFRが目標とする値よりも大きい場合には、膜湿潤状態検出部201は、電解質膜111の水分が少ないと判定し、目標水収支をゼロよりも大きなプラス(正)の値に設定する。電解質膜111の水分が少ないと判定された場合には、発電制御部202により電解質膜111の余剰の水分を減らすドライ操作が実行される。

【0098】

膜湿潤状態検出部201は、演算した目標水収支を、アノードガス目標流量演算部220とスタック目標温度演算部230とに出力する。

【0099】

また、膜湿潤状態検出部201は、ウェット操作が実行される場合には、燃料電池スタック1内を流れるカソードガスの温度として、例えばスタック温度をアノードガス目標流量演算部220に出力する。

【0100】

一方、膜湿潤状態検出部201は、ドライ操作が実行される場合には、ウェット操作によって電解質膜111を最も湿った状態にするための操作温度である最低スタック温度を演算する。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 1 】

最低スタック温度は、ウェット操作においてスタック冷却装置 4 が燃料電池スタック 1 の温度を調整できる範囲の下限値に設定される。すなわち、最低スタック温度は、燃料電池スタック 1 の発電を安定して制御できる範囲で電解質膜 1 1 1 の水分を最大にするために用いられるウェット操作時の操作温度である。

【 0 1 0 2 】

例えば、膜湿潤状態検出部 2 0 1 は、負荷装置 5 の要求電力が大きくなるほど、燃料電池 1 0 から放熱される熱量が増加することになるため、最低スタック温度を高くする。膜湿潤状態検出部 2 0 1 は、演算した最低スタック温度をアノードガス目標流量演算部 2 2 0 に出力する。

10

【 0 1 0 3 】

なお、膜湿潤状態検出部 2 0 1 は、測定 H F R の代わりに、燃料電池スタック 1 の温度を用いて湿潤状態情報を生成するものであってもよい。この場合には、膜湿潤状態検出部 2 0 1 は、スタック入口水温とスタック出口水温の平均値を燃料電池スタック 1 の温度として算出する。そして膜湿潤状態検出部 2 0 1 は、予め定められた湿潤推定マップを参照して、算出した平均値に対応付けられた湿潤状態情報を生成し、その湿潤状態情報に基づいて目水収支を算出する。

【 0 1 0 4 】

または、膜湿潤状態検出部 2 0 1 は、測定 H F R の代わりに、負荷装置 5 の要求電力を用いて湿潤状態情報を生成するものであってもよい。この場合には、膜湿潤状態検出部 2 0 1 は、負荷装置 5 の制御ユニットから要求電力を取得し、予め定められた湿潤推定マップを参照して、取得した要求電力に対応付けられた湿潤状態情報を生成する。例えば、膜湿潤状態検出部 2 0 1 は、負荷装置 5 の要求電力が大きくなるほど、発電に伴う生成水の発生量が増加するため、湿潤状態情報に示される電解質膜 1 1 1 の湿潤度を大きくする。

20

【 0 1 0 5 】

発電制御部 2 0 2 は、アノード調圧弁 3 3 及びアノード循環ポンプ 3 6 によるアノードガスの供給と、コンプレッサ 2 2 及びカソード調圧弁 2 6 によるカソードガスの供給とを制御して燃料電池 1 0 の発電を制御する発電制御手段を構成する。

【 0 1 0 6 】

発電制御部 2 0 2 は、ドライ操作を実行する場合には、ウェット操作を実行する場合に比べて、アノードガス流量を減らしつつ、目標水収支の大きさに応じてスタック温度を高くする。すなわち、発電制御部 2 0 2 は、膜湿潤状態検出部 2 0 1 からの信号により電解質膜 1 1 1 の水分を減らすときには、電解質膜 1 1 1 の水分を増やすときに比べて、アノードガス循環流量を減少させると共に、膜湿潤状態検出部 2 0 1 からの信号に応じて、燃料電池スタック 1 内を流れるカソードガスの温度を上昇させる。

30

【 0 1 0 7 】

本実施形態では、発電制御部 2 0 2 は、ドライ操作が実行される場合には、冷却水ポンプ 4 2 によるスタック温度を高くする制御よりも優先して、アノード循環ポンプ 3 6 によるアノードガス流量を減らす制御を実行する。

【 0 1 0 8 】

アノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、燃料電池スタック 1 に供給されるアノードガス流量を制御するためのアノードガス目標流量を演算する。

40

【 0 1 0 9 】

アノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、負荷装置 5 の要求電力に基づいて、燃料電池スタック 1 の発電に必要なアノードガスの負荷要求流量を演算すると共に、燃料電池スタック 1 の湿潤状態を維持するためのアノードガス湿潤要求流量を演算する。アノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、アノードガスの負荷要求流量と湿潤要求流量のうち大きい方の値を、アノードガス目標流量としてアノードガス給排装置指令部 2 0 3 に出力する。

【 0 1 1 0 】

本実施形態では、アノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、膜湿潤状態検出部 2 0 1 から

50

目標水収支と最低スタック温度を取得し、流量センサ 2 3 からカソードガス流量の計測値を取得し、圧力センサ 2 4 からカソードガス圧力の計測値を取得する。

【 0 1 1 1 】

アノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、目標水収支と、最低スタック温度と、カソードガス流量の計測値と、カソードガス圧力の計測値とに基づいて、湿潤制御に用いられるアノードガス湿潤要求流量を演算する。

【 0 1 1 2 】

アノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、目標水収支が大きくなるほど、電解質膜 1 1 1 の水分を増やすために、アノードガス湿潤要求流量を大きくする。一方、アノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、目標水収支が小さくなるほど、電解質膜 1 1 1 の水分を減らすために、アノードガス湿潤要求流量を小さくする。

【 0 1 1 3 】

アノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、最低スタック温度が低くなるほど、燃料電池スタック 1 を循環するアノードガス中の水分を減らすために、アノードガス湿潤要求流量を小さくする。一方、アノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、最低スタック温度が高くなるほど、アノードガス湿潤要求流量を大きくする。

【 0 1 1 4 】

本実施形態では、膜湿潤状態検出部 2 0 1 により設定される最低スタック温度は、通常、スタック温度の計測値よりも低い。このため、アノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、ドライ操作において、スタック温度の計測値を用いる場合に比べて、アノードガス湿潤要求流量を小さくすることができる。さらに最低スタック温度を用いることにより、燃料電池システム 1 0 0 を安全に運転できる範囲で、アノードガス湿潤要求流量をより一層速く小さくすることができる。

【 0 1 1 5 】

アノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、演算したアノードガス湿潤要求流量をスタック目標温度演算部 2 3 0 に出力する。

【 0 1 1 6 】

スタック目標温度演算部 2 3 0 は、燃料電池スタック 1 の温度を調整するためのスタック目標温度を演算する。スタック目標温度演算部 2 3 0 は、そのスタック目標温度をスタック冷却装置指令部 2 0 4 に出力する。

【 0 1 1 7 】

スタック目標温度演算部 2 3 0 は、アノードガス目標流量演算部 2 2 0 からアノードガス湿潤要求流量を取得し、膜湿潤状態検出部 2 0 1 から目標水収支を取得する。さらにスタック目標温度演算部 2 3 0 は、流量センサ 2 3 からカソードガス流量の計測値を取得し、圧力センサ 2 4 からカソードガス圧力の計測値を取得する。

【 0 1 1 8 】

スタック目標温度演算部 2 3 0 は、アノードガス湿潤要求流量と、目標水収支と、カソードガス流量の計測値と、カソードガス圧力の計測値とに基づいて、湿潤制御に用いられるスタック目標温度を演算する。

【 0 1 1 9 】

スタック目標温度演算部 2 3 0 は、目標水収支が大きくなるほど、燃料電池スタック 1 から排出されるカソードガス中の水分を減らすために、スタック目標温度を低くする。一方、スタック目標温度演算部 2 3 0 は、目標水収支が小さくなるほど、燃料電池スタック 1 から排出される水分を増やすために、スタック目標温度を高くする。

【 0 1 2 0 】

アノードガス給排装置指令部 2 0 3 は、燃料電池スタック 1 を循環するアノードガスの循環流量がアノードガス目標流量となるように、アノード循環ポンプ 3 6 の回転速度とアノード調圧弁 3 3 の開度とを制御する。

【 0 1 2 1 】

スタック冷却装置指令部 2 0 4 は、燃料電池スタック 1 の温度がスタック目標温度とな

10

20

30

40

50

るように、冷却水ポンプ 4 2 の回転速度を制御する。なお、三方弁 4 5 の開度がコントローラ 2 0 0 で制御される場合には、スタック冷却装置指令部 2 0 4 は、燃料電池スタック 1 の温度がスタック目標温度となるように、冷却水ポンプ 4 2 の回転速度と三方弁 4 5 の開度を制御する。

【 0 1 2 2 】

図 5 は、膜湿潤状態検出部 2 0 1 の機能構成の一例を示すブロック図である。

【 0 1 2 3 】

膜湿潤状態検出部 2 0 1 は、優先制御部 2 0 1 A と目標水収支演算部 2 0 1 B とを含む。

【 0 1 2 4 】

優先制御部 2 0 1 A は、アノードガス給排装置 3 の動作とスタック冷却装置 4 の動作とを制御する順位を設定する。優先制御部 2 0 1 A は、電解質膜 1 1 1 の水分を減らすドライ操作を実行する場合には、アノードガス給排装置 3 の動作をスタック冷却装置 4 の動作よりも優先して制御する。

【 0 1 2 5 】

本実施形態では、優先制御部 2 0 1 A は、発電制御部 2 0 2 によりドライ操作が実行される場合には、アノードガス目標流量演算部 2 2 0 にウェット操作時の最低スタック温度を設定する。優先制御部 2 0 1 A は、スタック目標電流演算部 2 1 1 と最低スタック温度演算部 2 1 2 とを含む。

【 0 1 2 6 】

スタック目標電流演算部 2 1 1 は、燃料電池スタック 1 に接続される負荷に基づいて、スタック目標電流を演算する。例えば、スタック目標電流演算部 2 1 1 には、燃料電池スタック 1 の I V (電流電圧) 特性が予め記録されている。そしてスタック目標電流演算部 2 1 1 は、負荷装置 5 から要求電力を取得すると、燃料電池スタック 1 の I V 特性を参照して、取得した発電電力となる電流をスタック目標電流として算出する。なお、燃料電池スタック 1 の I V 特性は、燃料電池スタック 1 の出力電流を変化させたときのスタック出力電流とスタック出力電圧に基づいて推定したものであってもよい。

【 0 1 2 7 】

スタック目標電流演算部 2 1 1 は、そのスタック目標電流をアノードガス目標流量演算部 2 2 0 と最低スタック温度演算部 2 1 2 とに出力する。

【 0 1 2 8 】

最低スタック温度演算部 2 1 2 は、スタック目標電流に基づいて、スタック冷却装置 4 の動作範囲内で燃料電池スタック 1 を最も冷却したときの最低スタック温度 T_{min} を演算する。

【 0 1 2 9 】

本実施形態では、スタック目標電流と最低スタック温度との関係を示す最低スタック温度マップが、最低スタック温度演算部 2 1 2 に予め記録されている。最低スタック温度マップの詳細については、図 6 を参照して後述する。

【 0 1 3 0 】

最低スタック温度演算部 2 1 2 は、スタック目標電流を取得すると、最低スタック温度マップを参照して、取得したスタック目標電流に関係付けられた最低スタック温度 T_{min} を算出する。なお、最低スタック温度演算部 2 1 2 は、冷却水ポンプ 4 2 の回転速度や三方弁 4 5 の開度などに基づいて、最低スタック温度 T_{min} を演算するものであってもよい。

【 0 1 3 1 】

また、最低スタック温度演算部 2 1 2 は、フィードバック制御部 2 1 4 からの目標水収支に基づいて、電解質膜 1 1 1 の水分を減らすドライ操作が実行されるか、電解質膜 1 1 1 の水分を増やすウェット操作が実行されるかを判断する。

【 0 1 3 2 】

例えば、最低スタック温度演算部 2 1 2 は、目標水収支が、予め定められた上限閾値よ

10

20

30

40

50

りも大きい場合には、ドライ操作が開始されると判定する。あるいは、最低スタック温度演算部 2 1 2 は、所定のサンプリング周期で目標水収支を取得し、目標水収支の今回値が前回値よりも小さい場合には、ドライ操作が開始されると判定するようにしてもよい。

【 0 1 3 3 】

ドライ操作が開始されると判定された場合には、最低スタック温度演算部 2 1 2 は、最低スタック温度 T_{min} をアノードガス目標流量演算部 2 2 0 に出力する。

【 0 1 3 4 】

また、冷却水コンプレッサ 4 2 や三方弁 4 5 に異常が発生した場合等には、スタック温度を高くする昇温制御が不能となることがある。このような場合には、最低スタック温度演算部 2 1 2 は、最低スタック温度 T_{min} に代えて、スタック温度の計測値を出力する。この場合には、最低スタック温度演算部 2 1 2 は、入口水温センサ 4 6 からの検出値と出口水温センサ 4 7 からの検出値を平均した値をスタック温度の計測値として算出する。なお、スタック温度制御不能時には、最低スタック温度演算部 2 1 2 での演算を停止するようにしてもよい。

10

【 0 1 3 5 】

このようにスタック温度が制御不能な場合には、燃料電池スタック 1 に供給されている実際の冷却水の温度（スタック温度）を用いてアノードガス湿潤要求流量が算出されるので、スタック温度制御系の異常状態に適したドライ操作を実行することができる。

【 0 1 3 6 】

一方、ウェット操作が開始されると判定された場合には、最低スタック温度演算部 2 1 2 は、スタック入口水温とスタック出口水温の平均値を、スタック温度の計測値として出力する。なお、最低スタック温度演算部 2 1 2 は、ウェット操作が開始されると判定された場合であっても、ドライ操作が開始されると判定されたときと同じように、最低スタック温度 T_{min} を出力するようにしてもよい。

20

【 0 1 3 7 】

目標水収支演算部 2 0 1 B は、目標 H F R 演算部 2 1 3 とフィードバック制御部 2 1 4 とを含む。

【 0 1 3 8 】

目標 H F R 演算部 2 1 3 は、燃料電池スタック 1 の動作状態に応じて、電解質膜 1 1 1 の湿潤状態を目標とする状態に制御するための目標 H F R を演算する。

30

【 0 1 3 9 】

本実施形態では、スタック出力電流と目標 H F R との関係を示す膜湿潤制御マップが目標 H F R 演算部 2 1 3 に予め記録される。膜湿潤制御マップについては、図 7 を参照して詳細に説明する。

【 0 1 4 0 】

目標 H F R 演算部 2 1 3 は、電流センサ 5 1 からスタック出力電流 I_s を取得すると、膜湿潤制御マップを参照して、取得したスタック出力電流 I_s に関係付けられた目標 H F R を算出する。

【 0 1 4 1 】

なお、目標 H F R 演算部 2 1 3 は、予め定められた演算式を用いて、スタック出力電流 I_s に基づき目標 H F R を演算するものであってもよい。また、目標 H F R 演算部 2 1 3 は、スタック出力電流 I_s の代わりに負荷装置 5 の要求電力を用いて目標 H F R を算出するものであってもよい。

40

【 0 1 4 2 】

目標 H F R 演算部 2 1 3 は、算出した目標 H F R をフィードバック制御部 2 1 4 に出力する。

【 0 1 4 3 】

フィードバック制御部 2 1 4 は、電解質膜 1 1 1 の湿潤状態が目標とする状態になるように、電解質膜 1 1 1 の水分を増減させるための目標水収支 Q_{w_t} を演算する。

【 0 1 4 4 】

50

本実施形態では、フィードバック制御部 2 1 4 は、目標 H F R 演算部 2 1 3 から目標 H F R を取得し、インピーダンス測定装置 6 から計測 H F R を取得する。そしてフィードバック制御部 2 1 4 は、計測 H F R と目標 H F R の偏差がゼロに収束するように目標水収支 Q_{w_t} を演算する。

【 0 1 4 5 】

例えば、フィードバック制御部 2 1 4 は、計測 H F R から目標 H F R を減算することにより、計測 H F R と目標 H F R との偏差を求め、その偏差に基づいて P I 制御を実行することにより、目標水収支を算出する。

【 0 1 4 6 】

フィードバック制御部 2 1 4 は、算出した目標水収支を最低スタック温度演算部 2 1 2 とアノードガス目標流量演算部 2 2 0 とに出力する。

【 0 1 4 7 】

図 6 は、最低スタック温度演算部 2 1 2 に設定される最低スタック温度マップの一例を示す概念図である。ここでは、横軸がスタック目標電流であり、スタック目標電流が大きくなるほど、燃料電池スタック 1 の出力電力が大きくなる。また、縦軸が最低スタック温度である。

【 0 1 4 8 】

膜湿潤制御マップには、スタック目標電流ごとに最低スタック温度が設定される。最低スタック温度は、冷却水ポンプ 4 2 やラジエータ 4 3 に備えられたファンの回転速度を所定の上限值に設定したときのスタック温度を事前に計測した値、又は事前に計算した値である。

【 0 1 4 9 】

スタック目標電流がゼロから所定の電流値 I_1 までの小電流範囲内にあるときは、燃料電池スタック 1 の発熱量が小さいため、最低スタック温度は一定である。

【 0 1 5 0 】

スタック目標電流が所定の電流値 I_1 よりも大きい大電流範囲内にあるときには、燃料電池スタック 1 の発熱量が大きくなるため、スタック目標電流が大きくなるほど、最低スタック温度は大きくなる。

【 0 1 5 1 】

図 7 は、目標 H F R 演算部 2 1 3 に設定される膜湿潤制御マップの一例を示す概念図である。

【 0 1 5 2 】

図 7 では、横軸がスタック出力電流であり、スタック出力電流が大きくなるほど、燃料電池スタック 1 の出力電力が大きくなる。また、縦軸が目標 H F R であり、この目標 H F R が大きくなるほど、電解質膜 1 1 1 が乾き易くなり、目標 H F R が小さくなるほど、電解質膜 1 1 1 が湿りやすくなる。

【 0 1 5 3 】

膜湿潤制御マップには、カソードガス流路 1 3 1 に滞留する液水が原因でカソードガスの流れが阻害されないように目標 H F R が設定される。

【 0 1 5 4 】

スタック出力電流がゼロから所定の電流値 I_2 までの小電流範囲内にあるときは、スタック出力電流が大きくなるほど、目標 H F R が小さくなる。

【 0 1 5 5 】

このように設定される理由は、燃料電池スタック 1 に供給されるカソードガス流量が少なくなるほど、カソードガス流路 1 3 1 に滞留する液水によってカソードガスの流れが阻害され易くなるからである。そのため、負荷装置 5 の要求電力が低い低負荷運転時の目標 H F R は、通常運転時に比べて高く設定される。

【 0 1 5 6 】

スタック出力電流が所定の電流値 I_2 よりも大きい大電流範囲内にあるときには、カソードガス流量が十分に大きくなるため、燃料電池スタック 1 内に滞留する液水の影響が小

10

20

30

40

50

さくなる。そのため、大電流範囲内の目標 H F R は、小電流範囲内の目標 H F R よりも小さく、且つ、一定の値に設定される。

【 0 1 5 7 】

図 8 は、アノードガス目標流量演算部 2 2 0 の機能構成の一例を示すブロック図である。

【 0 1 5 8 】

アノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、アノードガス負荷要求流量演算部 2 2 1 と、発電生成水量演算部 2 2 2 と、目標排水量算出部 2 2 3 と、最低温度飽和水蒸気圧演算部 2 2 4 と、カソード相対湿度演算部 2 2 5 とを含む。さらにアノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、アノード/カソード流量比演算部 2 2 6 と、アノードガス湿潤要求流量演算部 2 2 7 と、アノードガス目標流量設定部 2 2 8 とを含む。

10

【 0 1 5 9 】

アノードガス負荷要求流量演算部 2 2 1 は、負荷装置 5 の要求電力に基づいて、燃料電池スタック 1 の発電に最低限必要となるアノードガス流量である負荷要求流量を演算する。

【 0 1 6 0 】

例えば、アノードガス負荷要求流量演算部 2 2 1 には、スタック目標電流とアノードガス流量との関係を示す負荷要求流量マップが予め記録される。アノードガス負荷要求流量演算部 2 2 1 は、スタック目標電流演算部 2 1 1 からスタック目標電流を取得すると、負荷要求流量マップを参照して、取得したスタック目標電流に関連付けられたアノードガス流量を、負荷要求流量として算出する。

20

【 0 1 6 1 】

アノードガス負荷要求流量演算部 2 2 1 は、算出した負荷要求流量をアノードガス目標流量設定部 2 2 8 に出力する。

【 0 1 6 2 】

発電生成水量演算部 2 2 2 は、燃料電池スタック 1 の出力電流に基づいて、燃料電池スタック 1 において各燃料電池 1 0 の発電により生成される水の総量である発電生成水量を演算する。

【 0 1 6 3 】

本実施形態では、発電生成水量演算部 2 2 2 は、電流センサ 5 1 からスタック出力電流 I_s を取得し、スタック出力電流 I_s に基づいて、次式 (3) のとおり、発電生成水量 Q_{w_in} を算出する。

30

【 0 1 6 4 】

【 数 1 】

$$Q_{w_in} = \frac{N \cdot I_s}{2F} \times 60 \times 22.4 \quad \dots (3)$$

【 0 1 6 5 】

なお、 N は燃料電池 1 0 の枚数であり、 $F [C / m o l]$ はファラデー定数 (9 6 4 8 5 . 3 9) である。また、「 6 0 」は秒単位 (s e c) から分単位 (m i n) への換算値であり、「 2 2 . 4 」は標準状態の理想気体 1 モル (m o l) の体積である。

40

【 0 1 6 6 】

発電生成水量演算部 2 2 2 は、算出した発電生成水量 Q_{w_in} を目標排水量算出部 2 2 3 に出力する。

【 0 1 6 7 】

目標排水量算出部 2 2 3 は、発電生成水量 Q_{w_in} と目標水収支 Q_{w_t} との差分を算出することにより、燃料電池スタック 1 から排出すべき水分である目標排水量 Q_{w_out} を算出する。本実施形態では、目標排水量算出部 2 2 3 は、次式 (4) のとおり、発電生成水量 Q_{w_in} から目標水収支 Q_{w_t} を減算することにより、目標排水量 Q_{w_out} を算出する。

50

【 0 1 6 8 】

【 数 2 】

$$Q_{w_out} = Q_{w_in} - Q_{w_t} \quad \dots (4)$$

【 0 1 6 9 】

最低温度飽和水蒸気圧演算部 2 2 4 は、優先制御部 2 0 1 A により設定される最低スタック温度 T_{min} に基づいて、最低スタック温度 T_{min} のときの飽和水蒸気圧 P_{sat_min} を演算する。

【 0 1 7 0 】

10

本実施形態では、最低温度飽和水蒸気圧演算部 2 2 4 は、最低スタック温度演算部 2 1 2 から最低スタック温度 T_{min} を取得し、最低スタック温度 T_{min} に基づいて、次式 (4) のとおり、最低温度飽和水蒸気圧 P_{sat_min} を算出する。

【 0 1 7 1 】

【 数 3 】

$$P_{sat_min} = \frac{1}{7.5} \times 10^{\frac{8.02754 - \frac{1705.616}{231.405 + T_{min}}}{}} \quad \dots (5)$$

【 0 1 7 2 】

式 (5) に従って、最低スタック温度 T_{min} が高くなるほど、最低温度飽和水蒸気圧 P_{sat_min} は高くなる。最低温度飽和水蒸気圧演算部 2 2 4 は、算出した最低温度飽和水蒸気圧 P_{sat_min} をカソード相対湿度演算部 2 2 5 に出力する。

【 0 1 7 3 】

カソード相対湿度演算部 2 2 5 は、最低温度飽和水蒸気圧 P_{sat_min} に基づいて、燃料電池スタック 1 におけるアノードガスの湿度に対するカソードガスの湿度の比率を示すカソード出口相対湿度 RH_{c_out} を演算する。

【 0 1 7 4 】

本実施形態では、カソード出口相対湿度 RH_{c_out} は、図 2 に示したカソードガス流路 1 3 1 の出口 (下流) 側におけるカソードガスの湿度を、アノードガス流路 1 2 1 の入口 (上流) 側におけるアノードガスの湿度により除算した値である。

30

【 0 1 7 5 】

カソード相対湿度演算部 2 2 5 は、流量センサ 2 3 からカソードガス流量の計測値 Q_{c_sens} を取得し、圧力センサ 2 4 からカソードガス圧力の計測値 P_{c_sens} を取得する。カソード相対湿度演算部 2 2 5 は、次式 (6) のとおり、最低温度飽和水蒸気圧 P_{sat_min} とカソードガス圧力 P_{c_sens} とカソードガス流量 Q_{c_sens} と目標排水量 Q_{w_out} とに基づいて、カソード出口相対湿度 RH_{c_out} を算出する。

【 0 1 7 6 】

【 数 4 】

$$RH_{c_out_min} = \frac{P_{c_sens}}{P_{sat_min}} \times \frac{Q_{w_out}}{Q_{c_sens} + Q_{w_out}} \quad \dots (6)$$

40

【 0 1 7 7 】

式 (6) のように、最低温度飽和水蒸気圧 P_{sat_min} が高くなるほど、カソード出口相対湿度 $RH_{c_out_min}$ は低くなる。カソード相対湿度演算部 2 2 5 は、算出したカソード出口相対湿度 $RH_{c_out_min}$ をアノード / カソード流量比演算部 2 2 6 に出力する。

【 0 1 7 8 】

アノード / カソード流量比演算部 2 2 6 は、カソード出口相対湿度 $RH_{c_out_min}$ に基づいて、カソードガス流量に対するアノードガス流量の比率を示すアノード / カソード流量比 K_{ac_min} を演算する。

50

【 0 1 7 9 】

本実施形態では、カソード出口相対湿度とアノード/カソード流量比との関係を示す流量比マップが、アノード/カソード流量比演算部 2 2 6 に予め記録される。流量比マップの詳細については、図 9 を参照して後述する。

【 0 1 8 0 】

アノード/カソード流量比演算部 2 2 6 は、カソード相対湿度演算部 2 2 5 からカソード出口相対湿度 $RH_{c_out_min}$ を取得すると、流量比マップを参照して、カソード出口相対湿度 $RH_{c_out_min}$ に関係付けられたアノード/カソード流量比 K_{ac_min} を算出する。

【 0 1 8 1 】

アノード/カソード流量比演算部 2 2 6 は、算出したアノード/カソード流量比 K_{ac_min} をアノードガス湿潤要求流量演算部 2 2 7 に出力する。 10

【 0 1 8 2 】

アノードガス湿潤要求流量演算部 2 2 7 は、アノード/カソード流量比 K_{ac_min} に基づいて、燃料電池スタック 1 の湿潤状態を目標とする状態にするためのアノードガス湿潤要求流量 Q_{a_rw} を演算する。

【 0 1 8 3 】

アノードガス湿潤要求流量演算部 2 2 7 は、次式 (7) のとおり、アノード/カソード流量比 K_{ac_min} をカソードガス流量の計測値 Q_{c_sense} に乗算することにより、アノードガス湿潤要求流量 Q_{a_rw} を算出する。

【 0 1 8 4 】

【 数 5 】

20

$$Q_{a_rw} = K_{ac_min} \times Q_{c_sens} \quad \dots (7)$$

【 0 1 8 5 】

アノードガス湿潤要求流量演算部 2 2 7 は、算出したアノードガス湿潤要求流量 Q_{a_rw} を、スタック目標温度演算部 2 3 0 とアノードガス目標流量設定部 2 2 8 とに出力する。

【 0 1 8 6 】

アノードガス目標流量設定部 2 2 8 は、アノードガス湿潤要求流量 Q_{a_rw} とアノードガス負荷要求流量演算部 2 2 1 からの負荷要求流量とのうち大きい方の値をアノードガス目標流量としてアノードガス給排装置指令部 2 0 3 に出力する。 30

【 0 1 8 7 】

図 9 は、アノード/カソード流量比演算部 2 2 6 に設定される流量比マップの一例を示す概念図である。ここでは、縦軸が、燃料電池スタック 1 から排出されるカソードガスの相対湿度を示すカソード出口相対湿度であり、横軸がカソードガス流量に対するアノードガス流量の比率を示すアノード/カソード流量比である。

【 0 1 8 8 】

カソード出口相対湿度とアノード/カソード流量比との関係を示す流量比マップは、本実施形態においてカソードガス流量とアノードガス流量とを互いに变化させたときの実験データ等によって予め設定される。なお、流量比マップの特性は、例えば、カソードガス圧力や、スタック温度、水素濃度などを变化させたときの平均値や、特性のバラツキが小さい値を用いて設定される。 40

【 0 1 8 9 】

図 9 に示すように、カソード出口相対湿度 RH_{c_out} が小さくなるほど、最低スタック温度 T_{min} に基づくアノード/カソード流量比 K_{ac_min} は大きくなる。このため、カソードガス流量が一定の場合には、カソード出口相対湿度 RH_{c_out} が小さくなるほど、アノードガス流量が大きくなる。

【 0 1 9 0 】

したがって、ドライ操作時において、アノードガス湿潤要求流量 Q_{a_rw} を極力小さくするには、カソード出口相対湿度 RH_{c_out} を大きくする必要がある。上述のとおり、カソ 50

ード出口相対湿度 RH_{c_out} を大きくするには、式(6)の関係から、飽和水蒸気圧 P_{sat_min} を小さくしなければならず、この飽和水蒸気圧 P_{sat_min} を小さくするには、式(5)の関係から、スタック温度の設定値を小さくする必要がある。

【0191】

そのため、本実施形態では、図5に示した優先制御部201Aが、ドライ操作が実行されると判定された場合には、スタック温度の計測値の代わりに、最低スタック温度 T_{min} をアノードガス目標流量演算部220に設定する。

【0192】

これにより、単にスタック温度の計測値を用いる場合に比べて、飽和水蒸気圧 P_{sat_min} が小さくなるので、カソード出口相対湿度 RH_{c_out} を大きくすることができる。このため、ドライ操作時には、アノード/カソード流量比 K_{pc_sens} が小さくなるので、アノードガス湿潤要求流量 Q_{a_rw} を早期に下げることができる。

10

【0193】

図10は、スタック目標温度演算部230の機能構成の一例を示すブロック図である。

【0194】

スタック目標温度演算部230は、目標飽和水蒸気圧演算部231と目標冷却水温度変換部232とを含む。

【0195】

目標飽和水蒸気圧演算部231は、アノードガス湿潤要求流量 Q_{a_rw} に基づいて、電解質膜111の湿潤度を目標とする値に維持するための目標飽和水蒸気圧 P_{sat_t} を演算する。

20

【0196】

本実施形態では、目標飽和水蒸気圧演算部231は、アノードガス湿潤要求流量 Q_{a_rw} を取得し、流量センサ23からカソードガス流量の計測値 Q_{c_sens} を取得する。そして目標飽和水蒸気圧演算部231は、次式(8)のとおり、アノードガス湿潤要求流量 Q_{a_rw} とカソードガス流量 Q_{c_sens} とに基づいて、アノード/カソード流量比 K_{ac} を算出する。

【0197】

【数6】

$$K_{ac} = \frac{Q_{a_rw}}{Q_{c_sens}} \quad \dots (8)$$

30

【0198】

目標飽和水蒸気圧演算部231は、アノード/カソード流量比 K_{ac} を算出すると、図10に示した流量比マップを参照して、算出したアノード/カソード流量比 K_{ac} に関係付けられたカソード出口相対湿度 RH_{c_out} を算出する。

【0199】

次に目標飽和水蒸気圧演算部231は、圧力センサ24からカソードガス圧力の計測値 P_{c_sens} を取得し、目標排水量算出部223から目標排水量 Q_{w_out} を取得する。なお、目標飽和水蒸気圧演算部231は、図4に示したように、膜湿潤状態検出部201から目標水収支 Q_{w_t} を取得し、式(4)に基づいて目標排水量 Q_{w_out} を演算するものであってもよい。

40

【0200】

そして、目標飽和水蒸気圧演算部231は、次式(9)のとおり、目標排水量 Q_{w_out} とカソードガス圧力 P_{c_sens} とカソード出口相対湿度 RH_{c_out} とカソードガス流量 Q_{c_sens} とに基づいて、目標飽和水蒸気圧 P_{sat_t} を算出する。

【0201】

【数 7】

$$P_{sat_t} = \frac{P_{sens}}{RH_{c_out}} \times \frac{Q_{w_out}}{Q_{c_sens} + Q_{w_out}} \quad \dots (9)$$

【0202】

目標飽和水蒸気圧演算部 231 は、算出した目標飽和水蒸気圧 P_{sat_t} を目標冷却水温度変換部 232 に出力する。

【0203】

目標冷却水温度変換部 232 は、目標飽和水蒸気圧 P_{sat_t} を、燃料電池スタック 1 における冷却水温度の目標値である目標冷却水温度 T_t に変換する。目標冷却水温度変換部 232 は、次式 (10) のとおり、目標飽和水蒸気圧 P_{sat_t} に基づいて、目標冷却水温度 T_t を算出する。

【0204】

【数 8】

$$T_t = \frac{1705.616}{8.02754 - \log_{10}(7.5 \times P_{sat_t})} - 231.405 \quad \dots (10)$$

【0205】

目標冷却水温度変換部 232 は、目標冷却水温度 T_t をスタック目標温度としてスタック冷却装置指令部 204 に出力する。

【0206】

このように、式 (8) 及び式 (9) の関係から、燃料電池 10 におけるカソード出口相対湿度の特性を考慮した上で、アノードガス湿潤要求流量 Q_{a_rw} が低下するほど、目標飽和水蒸気圧 P_{sat_t} が低くなる。そして、式 (10) の関係から、目標飽和水蒸気圧 P_{sat_t} が低くなるほど、スタック目標温度 T_t が低くなる。このため、アノードガス湿潤要求流量 Q_{a_rw} が低下するほど、スタック目標温度 T_t が低くなる。したがって、発電制御部 202 は、アノードガス流量を少なくするほど、スタック温度を低下させる。

【0207】

一方、式 (9) の関係から、目標排出量 Q_{w_out} が大きくなるほど、目標飽和水蒸気圧 P_{sat_t} は高くなるので、スタック目標温度 T_t が高くなる。したがって、発電制御部 202 は、電解質膜 111 の湿潤度が高くなるほど、スタック温度を上昇させる。

【0208】

これにより、発電制御部 202 は、アノードガス湿潤要求流量 Q_{a_rw} を下げている状態であっても、目標排出量 Q_{w_out} が低下しなければ、スタック目標温度を迅速に上昇させることができる。すなわち、発電制御部 202 は、ドライ操作において、アノードガス流量を減少させたときに、燃料電池スタック 1 の湿潤度が下がらなければ、スタック温度の上昇量を大きくすることができる。

【0209】

図 11 は、本実施形態における燃料電池システム 100 を制御する制御方法の一例を示すフローチャートである。この制御方法は、所定の周期で繰り返し実行される。

【0210】

ステップ S1 においてコントローラ 200 は、燃料電池スタック 1 の運転状態を検出する。本実施形態では、コントローラ 200 は、図 3 に示したインピーダンス測定装置 6 を用いて燃料電池スタック 1 の HFR を検出し、流量センサ 23 を用いてカソードガス流量を検出し、圧力センサ 24 を用いてカソードガス圧力を検出する。なお、ステップ S1 は、電解質膜 111 の湿潤状態を検出する湿潤状態検出ステップを構成する。

【0211】

ステップ S2 においてコントローラ 200 は、流量センサ 23 からカソードガス流量の

10

20

30

40

50

計測値を取得し、圧力センサ 24 からカソードガス圧力の計測値を取得する。

【0212】

ステップ S3 においてコントローラ 200 は、燃料電池スタック 1 の湿潤状態を示すパラメータとして、インピーダンス測定装置 6 から、電解質膜 111 と相関のある測定 HFR を取得する。

【0213】

ステップ S4 においてコントローラ 200 は、燃料電池スタック 1 の発電性能を維持するための目標 HFR を演算する。本実施形態では、図 5 に示した目標 HFR 演算部 213 が、電流センサ 51 からスタック出力電流を取得し、図 7 に示した目標 HFR マップを用いて、取得したスタック出力電流に関係付けられた目標 HFR を算出する。

10

【0214】

ステップ S5 においてコントローラ 200 の膜湿潤状態検出部 201 は、測定 HFR が目標 HFR に収束するように、電解質膜 111 の湿潤状態に対する水分の過不足を補うための目標水収支を演算する。本実施形態では、図 5 に示したフィードバック制御部 214 が、目標 HFR と測定 HFR とに基づいて目標水収支を算出する。

【0215】

ステップ S6 においてコントローラ 200 は、電解質膜 111 の湿潤状態に基づいて、ドライ操作が実行されるか否かを判断する。例えば、コントローラ 200 は、測定 HFR が目標 HFR よりも小さい場合には、ドライ操作が実行されると判定する。本実施形態では、図 5 に示した最低スタック温度演算部 212 が、目標水収支が所定の上限値を超えたか否かを判断し、目標水収支が所定の上限値を超えた場合にドライ操作が実行されると判定する。

20

【0216】

ステップ S7 においてコントローラ 200 は、ドライ操作が実行される場合には、スタック冷却装置 4 による燃料電池スタック 1 の最低スタック温度を演算する。本実施形態では、最低スタック温度演算部 212 が、スタック目標電流を取得し、図 6 に示した最低スタック温度マップを用いて、取得したスタック目標電流に関連付けられた最低スタック温度を算出する。

【0217】

ステップ S8 においてコントローラ 200 は、ドライ操作が実行される場合には、最低スタック温度と目標水収支とカソードガス流量とカソードガス圧力とに基づいて、アノードガス目標流量を演算する。

30

【0218】

本実施形態では、発電生成水量演算部 222 が、式(3)のとおり、電流センサ 51 からのスタック出力電流 I_s に基づいて発電生成水量 Q_{w_in} を演算する。次に目標排水量算出部 223 が、式(4)のとおり、発電生成水量 Q_{w_in} から目標水収支 Q_{w_t} を減算して目標排水量 Q_{w_out} を算出する。

【0219】

そして、最低温度飽和水蒸気圧演算部 224 が、式(5)のとおり、最低スタック温度 T_{min} に基づいて、最低温度飽和水蒸気圧 P_{sat_min} を算出する。次にカソード相対湿度演算部 225 が、式(6)のとおり、最低温度飽和水蒸気圧 P_{sat_min} とカソードガス圧力 P_{c_sens} と目標排水量 Q_{w_out} とカソードガス流量 Q_{c_sens} とに基づいて、カソード出口相対湿度 $RH_{c_out_min}$ を算出する。

40

【0220】

さらに、アノード/カソード流量比演算部 226 が、図 10 に示した流量比マップを用いて、カソード出口相対湿度 $RH_{c_out_min}$ に関係付けられたアノード/カソード流量比 K_{ac_min} を算出する。次にアノードガス湿潤要求流量演算部 227 が、式(7)のとおり、アノード/カソード流量比 K_{ac_min} に基づいて、アノードガス湿潤要求流量 Q_{a_rw} を算出する。

【0221】

50

また、アノードガス負荷要求流量演算部 2 2 1 が、スタック目標電流に基づいてアノードガス負荷要求流量を算出し、アノードガス目標流量設定部 2 2 8 は、アノードガスの負荷要求流量と湿潤要求流量のうち大きい方をアノードガス目標流量として設定する。

【 0 2 2 2 】

次にステップ S 9 において、発電制御部 2 0 2 は、アノードガス湿潤要求流量と目標水収支とカソードガス圧力とカソードガス流量とに基づいて、スタック目標温度を演算する。

【 0 2 2 3 】

本実施形態では、目標飽和水蒸気圧演算部 2 3 1 が、式 (8) のとおり、アノードガス湿潤要求流量 Q_{r_w} とカソードガス流量 Q_{c_sens} とに基づいて、アノード/カソード流量比 K_{ac} を算出する。そして目標飽和水蒸気圧演算部 2 3 1 は、図 1 0 に示した流量比マップを用いて、アノード/カソード流量比 K_{ac} に関連付けられたカソード出口相対湿度 RH_{c_out} を算出する。

10

【 0 2 2 4 】

そして、目標飽和水蒸気圧演算部 2 3 1 が、式 (9) のとおり、カソード出口相対湿度 RH_{c_out} と目標排水量 Q_{w_out} とカソードガス圧力 P_{c_sens} とカソードガス流量 Q_{c_sens} とに基づいて、目標飽和水蒸気圧 P_{sat_t} を算出する。次に、目標冷却水温度変換部 2 3 2 が、式 (1 0) のとおり、目標飽和水蒸気圧 P_{sat_t} に基づいて、目標冷却水温度 T_t を算出し、目標冷却水温度 T_t をスタック目標温度として出力する。

20

【 0 2 2 5 】

このステップ S 7 からステップ S 9 までは、電解質膜 1 1 1 の湿潤状態に関する信号により電解質膜 1 1 1 の水分を減らすときには、電解質膜 1 1 1 の水分を増やすときに比べて、燃料の流量を減少させるとともに、電解質膜 1 1 1 の湿潤状態を示す信号に応じて酸化剤の温度を上昇させる発電制御ステップを構成する。

【 0 2 2 6 】

ステップ S 1 0 においてコントローラ 2 0 0 は、アノードガス目標流量に基づいてアノード循環ポンプ 3 6 の回転速度を制御し、スタック目標温度に基づいて冷却水ポンプ 4 2 の回転速度を制御する。すなわち、ステップ S 1 0 は、燃料電池 1 0 に供給される燃料の流量を調整する流量調整ステップと、燃料電池 1 0 に供給される酸化剤の温度を調整する温度調整ステップとを構成する。

30

【 0 2 2 7 】

また、ステップ S 6 でウェット操作が実行される場合には、コントローラ 2 0 0 は、ステップ S 1 1 の処理に進む。

【 0 2 2 8 】

ステップ S 1 1 においてコントローラ 2 0 0 は、ウェット操作が実行されると判定された場合には、燃料電池スタック 1 の温度を算出する。本実施形態では、コントローラ 2 0 0 は、入口水温センサ 4 6 からスタック入口水温を取得し、出口水温センサ 4 7 からスタック出口温度を取得し、スタック入口水温とスタック出口水温を平均した値をスタック温度として算出する。

40

【 0 2 2 9 】

ステップ S 1 2 においてコントローラ 2 0 0 は、ドライ操作が実行されると判定された場合には、ステップ S 1 1 で算出したスタック温度と目標水収支とカソードガス流量とカソードガス圧力とに基づいて、アノードガス目標流量を演算する。この後、ステップ S 9 及びステップ S 1 0 の各処理が順次実行されて、燃料電池システム 1 0 0 の制御方法が終了する。

【 0 2 3 0 】

図 1 2 は、本実施形態におけるドライ操作時の燃料電池システム 1 0 0 の運転状態の変化を示すタイムチャートである。

【 0 2 3 1 】

図 1 2 (A) は、燃料電池スタック 1 における水分の過不足を補うための目標水収支の

50

変化を示すフローチャートである。図 1 2 (A) では、電解質膜 1 1 1 の湿潤度が目標とする値に維持されるように目標水収支が所定の範囲で増減する。

【 0 2 3 2 】

図 1 2 (B) は、燃料電池スタック 1 に供給されるアノードガス流量の変化を示すフローチャートである。図 1 2 (C) は、燃料電池スタック 1 を循環する冷却水の温度の変化を示すフローチャートである。冷却水の温度が上昇すると、燃料電池スタック 1 を通過するカソードガスの温度が上昇すると共にスタック温度が上昇する。

【 0 2 3 3 】

図 1 2 (D) は、燃料電池スタック 1 を循環するアノードガス中の循環保管水の変化を示すフローチャートである。循環保管水とは、エゼクタ 3 4 から燃料電池スタック 1 を介してエゼクタ 3 4 の吸引口までのアノードガス循環経路中に保管される水蒸気量のことである。図 1 2 (A) から図 1 2 (D) までの各図の横軸は、互いに共通の時間軸である。

10

【 0 2 3 4 】

時刻 1 において、図 1 2 (A) に示すように、目標水収支が上昇から低下に切り替わる。これに伴って優先制御部 2 0 1 A は、発電制御部 2 0 2 によりドライ操作が実行されると判定し、優先制御部 2 0 1 A が、カソードガス温度として最低スタック温度をアノードガス目標流量演算部 2 2 0 に設定する。

【 0 2 3 5 】

そして、アノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、目標水収支と最低スタック温度とに基づいて、アノードガス湿潤要求流量を算出する。ここでは、アノードガス湿潤要求流量が負荷要求流量よりも大きいため、アノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、アノードガス湿潤要求流量をアノードガス目標流量として出力する。

20

【 0 2 3 6 】

最低スタック温度は、実際のスタック温度よりも低いため、アノードガス目標流量の単位時間あたりの減少量、すなわち減少速度は、実際のスタック温度を用いたときのアノードガス目標流量の減少速度に比べて大きくなる。これにより、アノード循環ポンプ 3 6 の回転速度が下げられ、燃料電池スタック 1 を通過するアノードガス流量が低下する。これに伴い、アノードガス中に混入する水蒸気量が減少するため、図 1 2 (D) に示すように、循環保管水が低下する。

【 0 2 3 7 】

一方、スタック目標温度演算部 2 3 0 は、アノードガス湿潤要求流量と目標水収支とに基づいて、スタック目標温度を算出する。上述のとおり、目標水収支の低下に合わせてアノードガス湿潤要求流量は小さな値に設定されるので、スタック目標温度は大きくならずに一定に維持される。

30

【 0 2 3 8 】

このため、図 1 2 (A) から図 1 2 (C) までの各図に示すように、冷却水の温度が上昇する前に、目標水収支が低下するようにアノードガス流量が減少する。

【 0 2 3 9 】

このように時刻 t_0 から時刻 1 までは、目標水収支の低下に追従するようにアノードガス流量を減少させるので、スタック温度の上昇を抑制することができる。

40

【 0 2 4 0 】

時刻 t_1 では、図 1 2 (B) に示すようにアノードガス流量が所定の下限値まで低下する。これに伴って、スタック目標温度演算部 2 3 0 は、目標水収支の低下に合わせて、スタック目標温度を高くする。

【 0 2 4 1 】

スタック目標温度の上昇に応じて冷却水ポンプ 4 2 の回転速度が下げられるので、冷却水と燃料電池スタック 1 との間の熱交換率が低下し、冷却水の温度が低下する。このとき、図 1 2 (C) に示すように、冷却水の温度が目標値に達するまでには一定の時間を要するため、冷却水の温度は徐々に上昇する。その結果、図 1 2 (D) に示すように循環保管水の低下が遅くなる。

50

【0242】

時刻 t_{12} から時刻 t_{13} までは、図 12 (A) から図 12 (C) までの各図に示すように、アノードガス流量が下限値に維持された状態において、目標水収支の低下に応じて冷却水の温度が上昇する。これにより、図 12 (D) に示すように循環保管水が低下する。

【0243】

このように、アノード循環ポンプ 36 によるアノードガス流量を減らすドライ操作（減量制御）が制限された後に、冷却水ポンプ 42 によるカソードガス温度を高くするドライ操作（昇温制御）が実行される。すなわち、コントローラ 200 は、ドライ操作において、アノード循環ポンプ 36 によるアノードガス流量を減らす減量制御を、冷却水ポンプ 42 によるカソードガス温度を高くする昇温制御よりも優先して実行する。

10

【0244】

図 13 は、比較例として、アノードガス流量の減量制御よりも先にカソードガス温度の昇温制御を実行したときの燃料電池システムの運転状態の変化を示すタイムチャートである。

【0245】

時刻 t_{10} においてドライ操作が開始され、図 13 (C) に示すように、アノードガス流量が減少する前に、冷却水の温度が上昇する。

【0246】

これに伴い、アノードガス温度が上昇してアノードガス中の水蒸気量が増加するため、図 13 (D) に示すように循環保管水が増加する。さらにアノードガス流量は一定に維持されるため、循環保管水が増加した状態で維持される。その結果、電解質膜 111 の湿潤度が下がりにくくなるため、ドライ操作に時間を要することになる。また、所定の時間内に目標水収支が低下するようにカソードガス流量を増加させようとする、コンプレッサ 22 の消費電力が増加してしまう。

20

【0247】

冷却水の温度が所定の上限値に達した時刻 t_{11} において、アノード循環ポンプ 36 の回転速度が下げられ、図 13 (A) に示すようにアノードガス流量が下げられる。

【0248】

図 13 に示すように、アノードガス流量の減量制御よりも先に冷却水温度の昇温制御を実行すると、循環保管水が増加するため、電解質膜 111 の湿潤度が下がりにくくなり、ドライ操作に要する時間が長くなる。また、時刻 t_{10} から時刻 t_{11} までの冷却水温度の昇温制御が完了するまでアノード循環ポンプ 36 の回転速度を一定に維持する操作は無駄であり、この無駄な操作によってアノード循環ポンプ 36 の消費電力が増加してしまう。

30

【0249】

本発明の第 1 実施形態によれば、燃料電池システム 100 は、燃料電池 10 の電解質膜 111 に燃料（アノードガス）を供給する燃料供給手段としてのアノードガス給排装置 3 と、電解質膜 111 に酸化剤（カソードガス）を供給する酸化剤供給手段としてのカソードガス給排装置 2 とを含む。燃料電池システム 100 は、カソードガス給排装置 2 による酸化剤の供給とアノードガス給排装置 3 による燃料の供給とを制御して燃料電池 10 の発電を制御する発電制御手段としてのコントローラ 200 を備える。

40

【0250】

さらに、燃料電池システム 100 は、電解質膜 111 の湿潤状態を検出する湿潤状態検出手段としてのインピーダンス測定装置 6 と、燃料電池 10 に供給される燃料の流量を調整する流量調整手段としてのアノード循環ポンプ 36 と、燃料電池 10 に供給される酸化剤の温度を調整する温度調整手段としてのスタック冷却装置 4 とを含む。

【0251】

この燃料電池システム 100 は、コントローラ 200 により制御される。コントローラ 200 は、インピーダンス測定装置 6 から電解質膜 111 の湿潤度に関する信号を取得し

50

、その取得した信号を用いて電解質膜 1 1 1 の余分な水分を減らすドライ操作を実行するか、ウェット操作を実行するかを判断する。

【 0 2 5 2 】

そしてドライ操作を実行する場合には、コントローラ 2 0 0 は、ウェット操作を実行する場合に比べて、燃料電池 1 0 に供給される燃料の流量を減少させると共に、インピーダンス測定装置 6 からの信号に応じて燃料電池 1 0 を流れる酸化剤の温度を上昇させる。

【 0 2 5 3 】

このため、電解質膜 1 1 1 の湿潤度を下げるドライ操作を実行する場合において、コントローラ 2 0 0 は、アノードガス流量を減らしつつ、電解質膜 1 1 1 の湿潤度が発電性能を維持するための目標値まで下がらないときには、スタック冷却装置 4 を用いて燃料電池 1 0 の温度を上昇させる。

10

【 0 2 5 4 】

また、ドライ操作を実行する場合において、アノードガス流量を減らしても電解質膜 1 1 1 の湿潤度が目標値から乖離するときには、コントローラ 2 0 0 は、アノードガス流量を減少させると共に燃料電池 1 0 の温度を上昇させる。

【 0 2 5 5 】

あるいは、ドライ操作時において、アノードガス流量を減少させて電解質膜 1 1 1 の湿潤度が目標値に追従するときには、燃料電池 1 0 の温度の上昇を抑制する。

【 0 2 5 6 】

このようにコントローラ 2 0 0 は、電解質膜 1 1 1 の水分を減らすときには、電解質膜 1 1 1 の水分を増やすときに比べて、燃料電池 1 0 に供給されるアノードガス流量を減らすと共に、電解質膜 1 1 1 の湿潤度に応じてカソードガスの温度を高くする。

20

【 0 2 5 7 】

これにより、ドライ操作において、アノードガス流量を減らす前に、燃料電池 1 0 の温度が高くなってアノードガス中の水分が増加するのを抑制できるので、電解質膜 1 1 1 の余分な水分を減らすのに要する時間を短くすることができる。したがって、燃料電池 1 0 の湿潤状態を効率よく制御することができる。

【 0 2 5 8 】

また、ドライ操作では、コントローラ 2 0 0 は、ウェット操作に比べて、カソードガス流量を増やすためにコンプレッサ 2 2 の回転速度を高くする。このため、ドライ操作が長くなると、コンプレッサ 2 2 の消費電力が増加してしまう。これに対して本実施形態によれば、図 1 3 に示した無駄な操作を削減し、かつ、電解質膜 1 1 1 の余分な水分を減らせるので、燃料電池システム 1 0 0 の消費電力の増加を抑制でき、効率よく燃料電池 1 0 の湿潤状態を制御することができる。

30

【 0 2 5 9 】

また本実施形態によれば、コントローラ 2 0 0 は、ドライ操作を実行するときには、アノード循環ポンプ 3 6 によるアノードガスの流量を減らす減量制御を、冷却水ポンプ 4 2 によるカソードガスの温度を高くする昇温制御よりも優先して実行する。

【 0 2 6 0 】

これにより、上述のとおり、ドライ操作に要する時間を短くすることができる。さらに、アノード循環ポンプ 3 6 の回転速度が先に下げられるので、図 1 3 (C) に示したように冷却水ポンプ 4 2 の回転速度を先に下げたときに比べて、アノード循環ポンプ 3 6 の消費電力を低減することができる。

40

【 0 2 6 1 】

また本実施形態によれば、コントローラ 2 0 0 は、ドライ操作では、アノードガス流量を減少させながら、電解質膜 1 1 1 の湿潤度と相関のある測定 H F R と目標 H F R との差分に相当する目標水収支がゼロに収束するようにスタック温度を上昇させる。

【 0 2 6 2 】

すなわち、発電制御部 2 0 2 は、電解質膜 1 1 1 の水分を減らすときには、アノードガス流量を減少させると共に、電解質膜 1 1 1 の湿潤度と目標値との差分が小さくなるよう

50

に、カソードガスの温度を上昇させる。

【0263】

これにより、アノードガス流量を減少させただけでは、電解質膜111の湿潤度が下がらないような状況において、スタック温度を高くする昇温制御が実行されるので、アノードガス流量を減らす減量制御を補完することができる。したがって、電解質膜111の湿潤度と目標値との乖離が大きい状態であっても、電解質膜111の余分な水分を迅速に排出でき、ドライ操作に要する時間を短縮することができる。

【0264】

また本実施形態によれば、コントローラ200は、優先制御部201Aとアノードガス目標流量演算部220とスタック目標温度演算部230とを備える。

10

【0265】

優先制御部201Aは、冷却水ポンプ42の動作とアノード循環ポンプ36の動作とを制御する順位を設定する。そして優先制御部201Aは、ドライ操作を実行するときには、アノード循環ポンプ36の動作順位を冷却水ポンプ42の動作順位よりも高くし、冷却水ポンプ42の動作よりも優先してアノード循環ポンプ36を動作させる。

【0266】

本実施形態では、優先制御部201Aは、ドライ操作を実行するときには、ウェット操作で電解質膜111の水分を上限まで増やすときに設定される最低スタック温度を燃料電池10のカソードガス温度としてアノードガス目標流量演算部220に設定する。

【0267】

20

アノードガス目標流量演算部220は、ドライ操作を実行する場合には、最低スタック温度と、測定HFRに基づく目標水収支とに基づいて、アノードガス流量を減少させる。そしてスタック目標温度演算部230は、湿潤制御のためのアノードガス目標流量と目標水収支とに基づいて、燃料電池スタック1の温度を制御する。

【0268】

すなわち、アノードガス目標流量演算部220は、ドライ操作を実行する場合には、燃料電池10の温度よりも低い温度と電解質膜111の湿潤度とに基づいて、燃料電池10に供給されるアノードガス流量を減少させる。これと共にスタック目標温度演算部230は、アノードガスの目標流量と電解質膜111の湿潤度とに基づいて、燃料電池10の温度を制御する。

30

【0269】

本実施形態では、アノードガス目標流量演算部220は、図8で述べたように、スタック温度が低くなるほど、湿潤制御用のアノードガス目標流量を減少させる。これと共にスタック目標温度演算部230は、図10で述べたように、アノードガス目標流量が減少するほど、スタック目標温度を上昇させる。

【0270】

このように、ドライ操作時には、アノードガス目標流量演算部220に対してウェット操作（低温制御）時のスタック温度が入力されるので、アノードガス目標流量演算部220では、スタック目標温度演算部230によってドライ操作ではなくウェット操作が実行されていると認識される。このため、アノードガス目標流量演算部220は、ウェット操作時のスタック温度よりも高い現在のスタック温度を用いた場合に比べて、アノードガス流量の単位時間あたりの減少幅をより一層大きくする。一方、スタック目標温度演算部230に対しては湿潤制御用のアノードガス目標流量が入力されるので、アノードガス目標流量演算部220は、通常どおり、スタック温度を上昇させる。

40

【0271】

したがって、コントローラ200は、ドライ操作を実行する場合には、アノードガス流量を減らす減量制御を、スタック温度を高くする昇温制御よりも優先して実行することができる。このため、ドライ操作に要する時間を短くすることができる。

【0272】

また本実施形態によれば、優先制御部201Aは、最低スタック温度を、スタック冷却

50

装置 4 がスタック温度を調整できる範囲の所定の下限值に設定する。これにより、コントローラ 200 は、燃料電池スタック 1 を安定に制御できる範囲で、燃料電池スタック 1 に供給されるアノードガス流量の減少速度を最大にすることができる。このため、ドライ操作に要する時間をより短くすることができる。

【0273】

また本実施形態によれば、アノードガス目標流量演算部 220 は、ドライ操作を実行する場合には、アノードガス流量を減少させる減少速度を、最低スタック温度の代わりに燃料電池スタック 1 の温度の計測値を用いたときの減少速度に比べて大きくする。そして、スタック目標温度演算部 230 は、湿潤制御用のアノードガス目標流量が減少するほど、スタック目標温度を低下させ、かつ、電解質膜 111 の湿潤度が大きくなるほど、スタック目標温度を上昇させる。

10

【0274】

これにより、アノードガス流量を減少させただけでは電解質膜 111 の湿潤度が下がらないような状況では、スタック温度を高くし、アノードガス流量を減少させるだけで電解質膜 111 の湿潤度が下がるような状況では、スタック温度の上昇を抑制できる。したがって、スタック目標温度演算部 230 は、無駄な昇温制御を抑制しつつ、アノードガス目標流量演算部 220 によるドライ操作を補完することができる。

【0275】

また本実施形態によれば、アノードガス給排装置 3 は、燃料電池 10 から排出されるアノードガスを燃料電池 10 に循環させるアノードガス循環通路 35 と、アノードガス循環通路 35 に設けられ、燃料電池 10 に循環されるアノードガスの循環流量を調整するアノード循環ポンプ 36 とを備える。

20

【0276】

このように、アノードガスを燃料電池スタック 1 に循環させる燃料電池システム 100 では、アノードガスの循環流量を増やすほど、アノードガスに含まれる水分によって電解質膜 111 の湿潤度が高くなりやすい。

【0277】

これに対して本実施形態によれば、コントローラ 200 は、ドライ操作を実行するときには、アノードガスの循環流量を減らすことにより、アノードガス循環通路 35 を介して燃料電池 10 を循環するアノードガス中の水分を少なくすることができる。

30

【0278】

このため、コントローラ 200 は、アノードガスの循環流量を減らした後に、スタック温度を上昇させる。これにより、燃料電池スタック 1 内の水分を減らしてから、スタック温度を上昇させるので、アノードガス中の水分に起因する電解質膜 111 の加湿を抑えながら、効率的にドライ操作を実行することができる。

【0279】

また本実施形態によれば、図 2 に示したように燃料電池 10 は、電解質膜 111 の一方の面に対してカソードガスを通すカソードガス流路 131 と、電解質膜 111 の他方の面に対してカソードガス流路 131 に流れるカソードガスの向きとは反対の向きにアノードガスを通すアノードガス流路 121 とを含む。さらに燃料電池 10 は、カソードガス流路 131 の上面、すなわちアノードガス流路 121 とカソードガス流路 131 との間に形成され、燃料電池 10 を冷却するための冷却水（冷媒）を通す冷却水流路 141 を含む。そして、スタック冷却装置 4 は、カソードガス流路 131 を流れるカソードガスと同じ向きに冷却水を冷却水流路 141 に供給し、アノードガス給排装置 3 は、アノードガス流路 121 の一端から排出されるアノードガスをアノードガス流路 121 の他端に循環させる。

40

【0280】

このような燃料電池 10 では、冷却水流路 141 を通過する冷却水により、カソードガス流路 131 の上流側のカソードガスの温度よりも下流側のカソードガスの温度が高くなる。また、カソードガス流路 131 の上流から下流へカソードガスが流れるについて、カソードガスの水分が増加する。このため、カソードガス流路 131 の下流側のカソードガ

50

スには、上流側のカソードガスに比べて水蒸気が多量に含まれる。

【0281】

そして、カソードガス流路131の下流側の水蒸気は、電解質膜111を透過してアノードガス流路121の上流側のアノードガスに混入する。このため、アノードガス流路121の上流側のアノードガスには水蒸気が含まれることになる。そのアノードガスがアノードガス流路121の下流に進むにつれて、アノードガス中の水蒸気が電解質膜111を透過してカソードガス流路131の上流側のアノードガスに戻る。このように、発電に伴う水蒸気は燃料電池10内で循環する。

【0282】

このような燃料電池10の構造においては、ドライ操作を実行する際にスタック温度を高くすると、カソードガスの温度だけでなく、アノードガスの温度も高くなるため、燃料電池10内で循環する水蒸気量が増大しやすい。そのため、本実施形態のように、ドライ操作において燃料電池10に供給されるアノードガスの循環流量を減らした後に、スタック温度を上昇させることにより、燃料電池スタック1のドライ操作をより一層効率的に行うことができる。

【0283】

また、本実施形態によれば、インピーダンス測定装置6は、燃料電池10のインピーダンスを検出し、その検出した信号を電解質膜111の湿潤度と相関のあるパラメータとしてコントローラ200に出力する。膜湿潤状態検出部201が、そのインピーダンスに基づいて電解質膜111の湿潤度と相関のある目標水収支を算出する。これにより、発電制御部202は、電解質膜111の湿潤度を下げるドライ操作を正確に実行することができる。

【0284】

(第2実施形態)

なお、本実施形態ではアノードガス湿潤要求流量を用いてスタック目標温度を算出した。このような算出手法では、アノードガス目標流量として負荷要求流量が選択されているときには、アノードガス湿潤要求流量と実際のアノードガス流量とが大きく乖離してドライ操作に余計な時間を要する場合がある。

【0285】

そこで本発明の第2実施形態では、スタック目標温度の算出に用いられるアノードガス流量の目標値と燃料電池スタック1に供給されるアノードガス流量との乖離を小さくした燃料電池システムの例について説明する。なお、本実施形態の燃料電池システムの構成は、図3に示した燃料電池システム100の構成と同様である。

【0286】

図14は、本発明の第2実施形態における発電制御部202Aの構成の一例を示すブロック図である。

【0287】

本実施形態では、発電制御部202Aは、アノードガス湿潤要求流量の代わりにアノードガス流量の推定値を用いてスタック目標温度を演算する。また、発電制御部202Aは、図4に示した構成に加えて、アノードガス流量推定部240を備えている。他の構成については、第1実施形態と同様の構成であるため、同一符号を付してここでの説明を省略する。

【0288】

アノードガス流量推定部240は、燃料電池スタック1に供給されるアノードガス流量を推定する。アノードガス流量推定部240は、アノードガス給排装置3の運転状態に基づいて、アノードガス流量を推定する。

【0289】

本実施形態では、アノード循環ポンプ36の回転速度とアノードガス流量との関係を示す流量推定マップが、アノードガス流量推定部240に予め記録される。なお、流量推定マップの詳細については、図15を参照して後述する。

10

20

30

40

50

【0290】

そして、アノードガス流量推定部240は、例えばアノード循環ポンプ36に設けられた回転速度センサから、アノード循環ポンプ36の回転速度を取得する。アノードガス流量推定部240は、アノード循環ポンプ36の回転速度を取得すると、流量推定マップを参照して、取得した回転速度に関係付けられたアノードガス流量を算出する。アノードガス流量推定部240は、算出したアノードガス流量をスタック目標温度演算部230に出力する。

【0291】

このように、アノードガス流量推定部240は、アノードガス湿潤要求流量の代わりに、アノードガス流量の推定値をスタック目標温度演算部230に設定する。これにより、実際のアノードガス流量に応じたスタック目標温度が算出されるので、アノードガス流量によるドライ操作をスタック温度の制御によって適切に補完することができる。なお、アノードガス流量推定部240は、図5に示した優先制御部201に備えられてもよい。

10

【0292】

図15は、アノードガス流量推定部240に設定される流量推定マップの一例を示す図である。ここでは、横軸がアノード循環ポンプ36の回転速度であり、縦軸がアノードガス流量である。

【0293】

図15に示すように、アノード循環ポンプ36の回転速度が高くなるほど、アノードガス流量が大きくなる。

20

【0294】

なお、スタック目標温度演算部230では、スタック目標温度は、標準状態でのアノードガス流量[NL/min]を用いて算出される。NL(Normal Liter)は、標準状態でのリットルを示す。

【0295】

そのため、アノードガス流量推定部240は、図15に示した流量推定マップにより算出したアノードガス流量Q[L/min]を標準状態でのアノードガス流量 Q_0 [NL/min]に変換する。

【0296】

具体的には、アノードガス流量推定部240は、圧力センサ37からアノードガス圧力Pを取得し、入口水温センサ46からスタック入口水温Tを取得する。そしてアノードガス流量推定部240は、次式(11)のとおり、アノードガス流量Qとアノードガス圧力Pとスタック入口水温Tとに基づいて、標準状態でのアノードガス流量 Q_0 を算出する。

30

【0297】

【数9】

$$Q_0 = Q \times \frac{273.15 \times P}{101.33(T + 273.15)} \quad \dots (11)$$

【0298】

アノードガス流量推定部240は、標準状態でのアノードガス流量 Q_0 をスタック目標温度演算部230に出力する。そしてスタック目標温度演算部230は、標準状態でのアノードガス流量 Q_0 を、式(8)中のアノードガス湿潤要求流量 Q_{a_rw} に代入する。

40

【0299】

図16は、本実施形態における燃料電池システム100の制御方法の一例を示すフローチャートである。

【0300】

ここでは、ステップS8及びステップS12の処理後にステップS20の処理が追加されている。そのため、以下ではステップS20の処理についてのみ説明する。

【0301】

50

ステップ S 2 0 においてアノードガス流量推定部 2 4 0 は、アノード循環ポンプ 3 6 の回転速度に基づいて、燃料電池スタック 1 を循環するアノードガスの流量を推定する。

【 0 3 0 2 】

本実施形態では、アノードガス流量推定部 2 4 0 は、アノード循環ポンプ 3 6 の回転速度を取得すると、図 1 5 に示した流量推定マップを参照して、取得した回転速度に関係付けられたアノードガス流量を算出する。アノードガス流量推定部 2 4 0 は、式 (1 1) のとおり、算出したアノードガス流量 Q を標準状態のアノードガス流量 Q_0 に変換する。

【 0 3 0 3 】

この後、ステップ S 9 でスタック目標温度演算部 2 3 0 は、式 (8) 中のアノードガス湿潤要求流量 Q_{a_rw} の代わりにアノードガス流量 Q_0 を用いて、アノード/カソード流量比 K_{ac} を算出する。スタック目標温度演算部 2 3 0 は、算出したアノード/カソード流量比 K_{ac} に基づいて、スタック目標温度 T_t を算出する。

10

【 0 3 0 4 】

図 1 7 は、本実施形態における燃料電池システム 1 0 0 の運転状態の変化を示すタイムチャートである。

【 0 3 0 5 】

図 1 7 (A) から図 1 7 (D) まで各図の縦軸は、図 1 2 (A) から図 1 2 (D) までの各図の縦軸と同じであり、各図の横軸は、互いに共通の時間軸である。

【 0 3 0 6 】

ここでは、本実施形態による燃料電池システム 1 0 0 の運転状態の変化が実線により示され、図 1 2 で示した第 1 実施形態による燃料電池システム 1 0 0 の運転状態の変化が破線により示されている。

20

【 0 3 0 7 】

時刻 t_{20} においては、図 1 2 と同じように、目標水収支が上昇から低下に切り替えられ、ドライ操作が開始される。ここでは、図 8 で示したアノードガス負荷要求流量演算部 2 2 1 の出力値が、アノードガス湿潤要求流量の所定の下限值よりも大きい。

【 0 3 0 8 】

そのため、時刻 t_{21} において、図 1 7 (B) に示すように、アノードガス目標流量が負荷要求流量により制限される。その結果、実際のアノードガス流量とアノードガス湿潤要求流量との乖離が大きくなる。

30

【 0 3 0 9 】

第 1 実施形態では、アノードガス湿潤要求流量が、スタック目標温度演算部 2 3 0 に入力されるため、実際のアノードガス流量とアノードガス湿潤要求流量との乖離が大きくなっても、図 1 7 (C) の破線に示すように冷却水の温度は上昇しない。

【 0 3 1 0 】

これに対して本実施形態では、アノードガス流量推定部 2 4 0 が、アノード循環ポンプ 3 6 の回転速度に基づいてアノードガス流量を推定し、推定した値をスタック目標温度演算部 2 3 0 へ出力する。

【 0 3 1 1 】

このため、アノードガス流量の推定値を用いてスタック目標温度が演算されるので、アノードガス流量の減量制御が何らかの要求により制限されている状況であっても、目標水収支の低下に応じてスタック目標温度を上昇させることができる。

40

【 0 3 1 2 】

したがって、図 1 7 (B) に示すようにアノードガス流量の低下が制限されている状況では、図 1 7 (C) に示すように、目標水収支の低下に合わせて冷却水の温度が上昇する。これにより、図 1 7 (D) に示すように、循環保管水が、第 1 実施形態と同じように減少する。

【 0 3 1 3 】

このように、発電制御部 2 0 2 A は、実際のアノードガス流量とアノードガス湿潤要求流量とが乖離するような状況であっても、実際のアノードガス流量に応じて、目標水収支

50

が低下するようにスタック温度を上昇させることができる。すなわち、電解質膜 1 1 1 の湿潤度が、アノードガス流量を減らす減量制御にて調整しきれない状態になっても、スタック温度を高くする昇温制御が実行されるので、昇温制御によってドライ操作を補完することができる。

【0314】

図 1 8 は、目標水収支がパルス状に低下したときの燃料電池システム 1 0 0 の運転状態の変化を示すフローチャートである。

【0315】

図 1 8 (A) から図 1 8 (D) まで各図の縦軸は、図 1 7 (A) から図 1 7 (D) までの各図の縦軸と同じであり、各図の横軸は、互いに共通の時間軸である。

10

【0316】

図 1 8 (B) には、アノードガス流量が実線により示され、アノードガス目標流量が破線により示されている。なお、アノードガス流量が急峻に変化したとしても、アノードガス流量推定部 2 4 0 から出力されるアノードガス流量の推定値は、実際のアノードガス流量とほぼ同じ値を示す。

【0317】

時刻 t_30 において、図 1 8 (A) に示すように目標水収支が素早く低下する。このような状況としては、例えば、車両の加速時において負荷装置 5 の要求出力が極端に大きくなり、図 7 に示したように、目標 HFR が短時間に低下するような状況が想定される。

【0318】

図 1 8 (B) に示すように、アノードガス目標流量演算部 2 2 0 は、目標水収支を達成できるアノードガス目標流量を算出する。これに対して、アノード循環ポンプ 3 6 の応答遅れなどが原因となり、アノードガス流量は目標値よりも遅れて低下する。

20

【0319】

時刻 t_30 の直後は、アノードガス流量の推定値と目標値との乖離が大きいため、アノード循環ポンプ 3 6 によるドライ制御が十分に行われず。そのため、スタック目標温度演算部 2 3 0 が、アノードガス流量の推定値と目標値の差分だけ、スタック目標温度を高くするので、図 1 8 (C) に示すように冷却水の温度が過渡的に上昇する。その結果、図 1 8 (D) に示すように循環保管水が過渡的に増加する。

【0320】

時刻 t_30 から時間が経過するにつれて、アノードガス流量が目標値に近づくため、アノードガス流量の推定値と目標値の差分が小さくなる。これに伴い、スタック目標温度演算部 2 3 0 が、過渡的に高くした分だけスタック目標温度を低くするので、図 1 8 (C) に示すように、過渡的に上昇した冷却水の温度が低下する。その結果、図 1 8 (D) に示すように、循環保管水が低下する。

30

【0321】

時刻 t_31 において、図 1 8 (B) に示すようにアノードガス流量が目標値まで低下し、これに伴って、図 1 8 (C) に示すように冷却水の温度が低下して定常状態となる。

【0322】

このように、発電制御部 2 0 2 A は、目標水収支が過渡的に低下する場合には、アノード循環ポンプ 3 6 による減量制御に遅れが生じるため、その遅れた分だけスタック温度の昇温制御を実行する。すなわち、発電制御部 2 0 2 A は、過渡時のドライ操作を実行するときには、アノードガス流量を減少させると共に、電解質膜 1 1 1 の湿潤度と発電性能を維持するための目標値との差分が小さくなるようにカソードガスの温度を上昇させる。

40

【0323】

これにより、電解質膜 1 1 1 の水分を迅速に減らすときには、アノードガス流量を減らす減量制御を補完するように、カソードガスの温度を高くする昇温制御が実行されるので、効率的、かつ、早期に、電解質膜 1 1 1 の水分を減らすことができる。

【0324】

また、発電制御部 2 0 2 A は、目標水収支が過渡的に低下する場合には、アノードガス

50

流量が目標値に近づくと従って、スタック温度を低下させる。これにより、循環保管水が減少し、電解質膜 1 1 1 の湿潤度が下がりやすくなるので、ドライ操作を効率的に実行することができる。

【0325】

図 19 は、図 18 に比べて、目標水収支の低下幅が大きいときの燃料電池システム 100 の運転状態の変化を示すフローチャートである。

【0326】

時刻 t 40 において、図 18 (A) と同様に、目標水収支が急峻に低下する。ここでは、目標水収支の低下幅が、図 18 (A) と比較して大きいため、図 19 (C) に示すように、冷却水の温度の上昇量も大きい。

10

【0327】

また、目標水収支の低下幅が大きいことから、図 19 (A) に示すようにアノードガス目標流量の低下幅も大きくなるので、図 19 (D) に示すようにアノードガス流量の低下に応じて循環保管水の減少量も大きくなる。

【0328】

このため、本実施形態では、循環保管水を減らしつつ、冷却水の温度を上昇させることができるので、素早く目標水収支を達成することができる。

【0329】

このように、過渡状態での目標水収支の低下幅が、アノードガス流量の減量制御だけで電解質膜 111 の湿潤度を下げられないほど大きいときは、発電制御部 202A は、アノードガス流量の減量制御が完了する前に、スタック温度の昇温制御を開始する。すなわち、発電制御部 202A は、アノードガスの流量が湿潤制御により定められた下限値に達する前に、スタック温度を上昇させる。

20

【0330】

したがって、発電制御部 202A は、電解質膜 111 の湿潤度の下げ幅が所定の値を超えたときには、アノード循環ポンプ 36 によるアノードガス流量を減らす減量制御と共に、カソードガスの温度を高くする昇温制御を並行して実行する。これにより、電解質膜 111 の湿潤度を下げやすい状態にシフトさせながら、効率よくドライ操作を実行することができる。

【0331】

なお、本実施形態ではコントローラ 200 がアノードガス流量を推定する例について説明した。しかしながら、圧力センサ 37 の代りに流量センサをエゼクタ 34 よりも下流のアノードガス供給通路 32 に設け、その流量センサの検出信号をスタック目標温度演算部 230 に入力するようにしてもよい。これにより、より正確なドライ操作を実行することができる。

30

【0332】

本発明の第 2 実施形態によれば、アノードガス目標流量演算部 220 は、第 1 実施形態と同じように、ドライ操作において、燃料電池 10 の温度よりも低い温度と、電解質膜 111 の湿潤度と相関のある測定 HFR とに基づいて、アノードガス流量を減少させる。

【0333】

さらに本実施形態によれば、第 1 実施形態とは異なり、アノードガス流量推定部 240 が、アノード循環ポンプ 36 の回転速度と、圧力センサ 37 で検出されるアノードガス圧力とに基づいて、燃料電池スタック 1 を循環するアノードガス流量を推定する。そして、スタック目標温度演算部 230 は、図 4 に示したアノードガス湿潤要求流量の代わりにアノードガス流量の推定値を用いて、測定 HFR と目標 HFR との差分が小さくなるように、カソードガスの温度を上昇させる。

40

【0334】

このため、アノードガス湿潤要求流量とは別の要求に基づく流量、例えば負荷要求流量によりアノードガス流量が制御されている状態であっても、スタック目標温度演算部 230 は、実際のアノードガス流量と同等の値に基づいて、スタック温度を制御できる。

50

【0335】

これにより、過渡時のドライ操作において、アノードガス流量の推定値と目標水収支に応じた湿潤制御用の目標値（アノードガス湿潤要求流量）との差分に応じて、スタック温度を上昇させることができる。

【0336】

したがって、過渡時のドライ操作において、アノードガス湿潤要求流量の代わりにアノードガス流量の推定値をスタック目標温度演算部230に設定することにより、アノードガス流量推定部240は、アノードガス流量の推定値と目標値の差分に応じて、アノード循環ポンプ36と冷却水ポンプ42とを同時に動作させることができる。

【0337】

すなわち、アノードガス流量推定部240は、過渡時のドライ操作においては、アノード循環ポンプ36の動作順位と冷却水ポンプ42の動作順位とを同等に設定する優先制御部を構成する。これにより、過渡時のドライ操作において、アノードガス流量の推定値と目標値の差分に応じて、アノード循環ポンプ36の動作を待つことなく、アノード循環ポンプ36の動作をと冷却水ポンプ42とを並行して動作させることができる。

【0338】

このようにスタック目標温度演算部230は、実際のアノードガス流量の減少量に合わせてスタック温度を上昇させることができるようになるので、第1実施形態に比べて、効率良くドライ操作を実行でき、ドライ操作に要する時間を短縮することができる。

【0339】

次に、上記実施形態におけるインピーダンス測定装置6の構成例について説明する。

【0340】

図20は、インピーダンス測定装置6の構成の一例を示すブロック図である。

【0341】

インピーダンス測定装置6は、燃料電池スタック1の正極端子（カソード極側端子）1B及び負極端子（アノード極側端子）1Aの他に、中途端子1Cに接続されている。なお、中途端子1Cに接続された部分はアースされている。

【0342】

インピーダンス測定装置6は、中途端子1Cに対する正極端子1Bの正極側交流電位差 V_1 を測定する正極側電圧測定センサ61と、中途端子1Cに対する負極端子1Aの負極側交流電位差 V_2 を測定する負極側電圧測定センサ62と、を含む。

【0343】

さらに、インピーダンス測定装置6は、正極端子1Bと中途端子1Cからなる回路に交流電流 I_1 を印加する正極側交流電源部63と、負極端子1Aと中途端子1Cからなる回路に交流電流 I_2 を印加する負極側交流電源部64と、これら交流電流 I_1 及び交流電流 I_2 の振幅や位相を調整するコントローラ65と、正極側交流電位差 V_1 、 V_2 及び交流電流 I_1 、 I_2 に基づいて、燃料電池スタック1の内部インピーダンス Z を演算するインピーダンス演算部66と、を含む。

【0344】

コントローラ65は、正極側交流電位差 V_1 と負極側交流電位差 V_2 が等しくなるように、交流電流 I_1 と交流電流 I_2 の振幅及び位相を調節する。

【0345】

インピーダンス演算部66は、図示しないAD変換器やマイコンチップ等のハードウェア、及びインピーダンスを算出するプログラム等のソフトウェア構成を含む。

【0346】

インピーダンス演算部66は、正極側交流電位差 V_1 を交流電流 I_1 で除して、中途端子1Cから正極端子1Bまでの内部インピーダンス Z_1 を算出し、負極側交流電位差 V_2 を交流電流 I_2 で除して、中途端子1Cから負極端子1Aまでの内部インピーダンス Z_2 を算出する。さらに、インピーダンス演算部66は、内部インピーダンス Z_1 と内部インピーダンス Z_2 の和をとることで、燃料電池スタック1の全インピーダンス Z を算出する

10

20

30

40

50

。

【0347】

本実施形態によれば、インピーダンス測定装置6は、燃料電池スタック1に接続されて、該燃料電池スタック1に交流電流 I_1 、 I_2 を出力する交流電源部63、64と、燃料電池スタック1の正極側1Bの電位から中途部分1Cの電位を引いて求めた電位差である正極側交流電位差 V_1 と、燃料電池スタック1の負極側1Aの電位から中途部分1Cの電位を引いて求めた電位差である負極側交流電位差 V_2 と、に基づいて交流電流 I_1 、 I_2 を調整する交流調整部としてのコントローラ65と、調整された交流電流 I_1 、 I_2 並びに正極側交流電位差 V_1 及び負極側交流電位差 V_2 に基づいて燃料電池スタック1のインピーダンス Z を演算するインピーダンス演算部66と、を有する。

10

【0348】

コントローラ65は、燃料電池スタック1の正極側の正極側交流電位差 V_1 が負極側の負極側交流電位差 V_2 と実質的に一致するように、正極側交流電源部63により印加される交流電流 I_1 及び負極側交流電源部64により印加される交流電流 I_2 の振幅及び位相を調節する。これにより、正極側交流電位差 V_1 の振幅と負極側交流電位差 V_2 の振幅とが等しくなるので、正極端子1Bと負極端子1Aが実質的に等電位となる（以下ではこれを等電位制御と記載する）。したがって、インピーダンス計測のための交流電流 I_1 、 I_2 が負荷装置5に流れることが防止されるので、燃料電池10による発電に影響を与えることが防止される。

20

【0349】

また、燃料電池スタック1が発電状態であっても、発電により生じた電圧に計測用交流電位が重畳されることとなるので、正極側交流電位差 V_1 及び負極側交流電位差 V_2 の値自体は大きくなるが、正極側交流電位差 V_1 及び負極側交流電位差 V_2 の位相や振幅自体が変わるわけではないので、燃料電池10が発電状態ではない場合と同様に高精度なインピーダンス計測を実行することができる。

【0350】

さらに、インピーダンス Z の測定のための回路構成等も種々の変更が可能である。例えば、燃料電池スタック1に所定の電流源から交流電流を供給するようにして、出力される交流電圧を測定し、当該交流電流と出力交流電圧に基づきインピーダンスを計算するようにしても良い。

30

【0351】

以上、本発明の各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。

【0352】

例えば、上記実施形態では発電制御部202がカソードガス流量及び圧力の計測値を用いてアノードガス目標流量及びスタック目標温度を演算したが、カソードガス流量及び圧力の平均的な値を用いてアノードガス目標流量及びスタック目標温度を演算するようにしてもよい。

40

【0353】

また、本実施形態では膜湿潤状態検出部201が目標水収支を演算し、その目標水収支をアノードガス目標流量演算部220及びスタック目標温度演算部230の両者に出力したが、膜湿潤状態検出部201が目標水収支に基づいて目標排出量を算出し、目標水収支の代わりに目標排出量を両者に出力するようにしてもよい。

【0354】

また、本実施形態では優先制御部201Aを膜湿潤状態検出部201に備える構成であったが、優先制御部201Aを発電制御部202に備える構成であってもよい。

【0355】

また、本実施形態ではカソードガス流量推定部240を発電制御部202Aに備える構成であったが、カソードガス流量推定部240を優先制御部201Aに備える構成であっ

50

てもよい。

【0356】

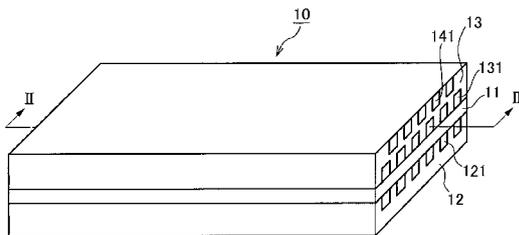
また、他の実施形態としてコントローラ200は次のような湿潤制御を実行するものであってもよい。コントローラ200は、目標水収支(目標排水量)に基づいて、ドライ操作を実行するか否かを判定する。例えば、コントローラ200は、目標水収支が所定の閾値(例えばゼロ)よりも小さいか否かを判断し、目標水収支が所定の閾値よりも小さい場合には、ドライ操作を実行する。このドライ操作においては、コントローラ200は、減量制御により、アノードガス流量を、所定の下限流量まで減少させ、その後、昇温制御により冷却水流量を所定の上限流量まで上昇させてカソードガスの温度を上昇させる。このような簡易な制御であっても、ドライ操作を早期に完了することができる。

10

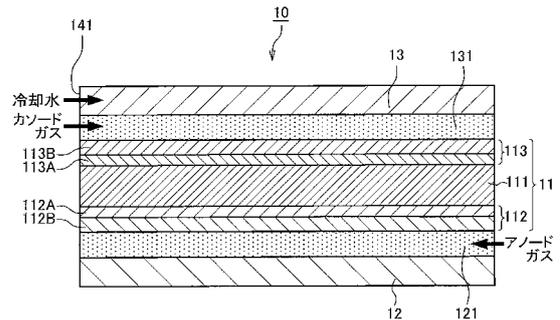
【0357】

なお、上記実施形態は、適宜組み合わせ可能である。

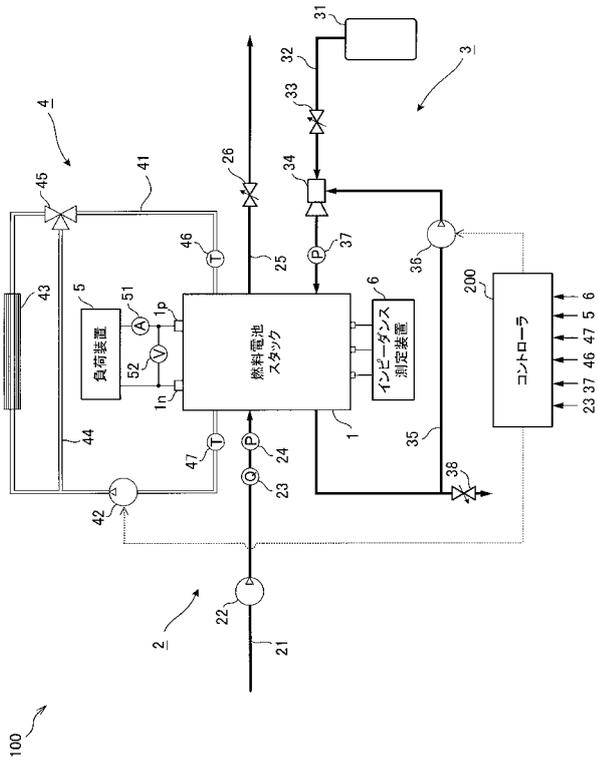
【図1】



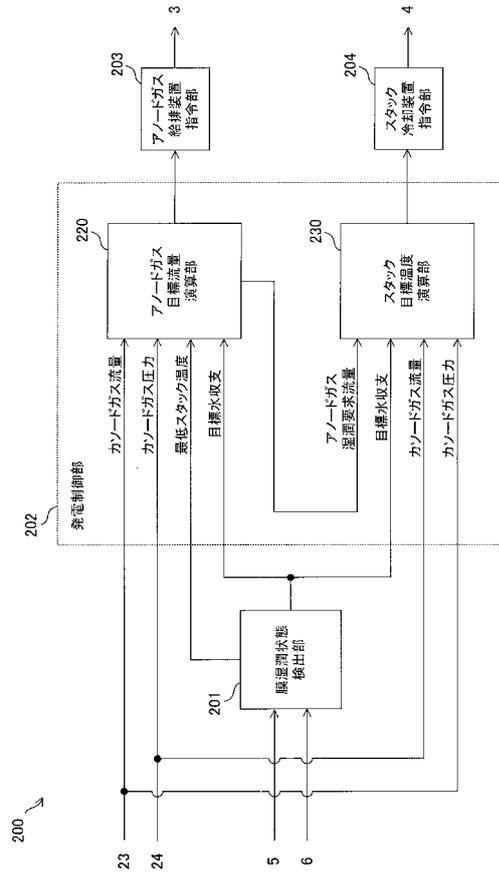
【図2】



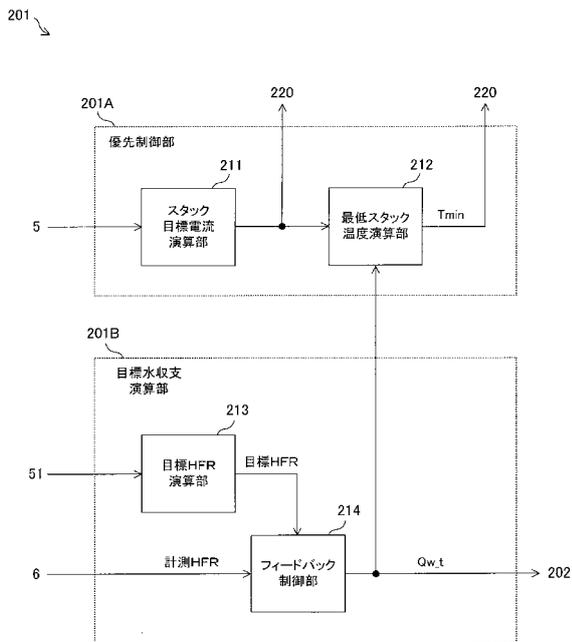
【図3】



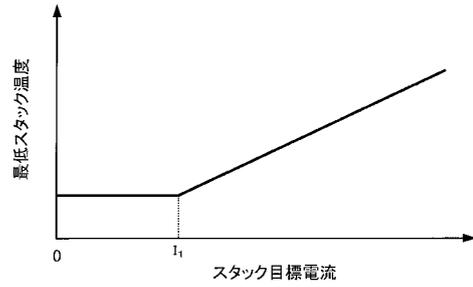
【図4】



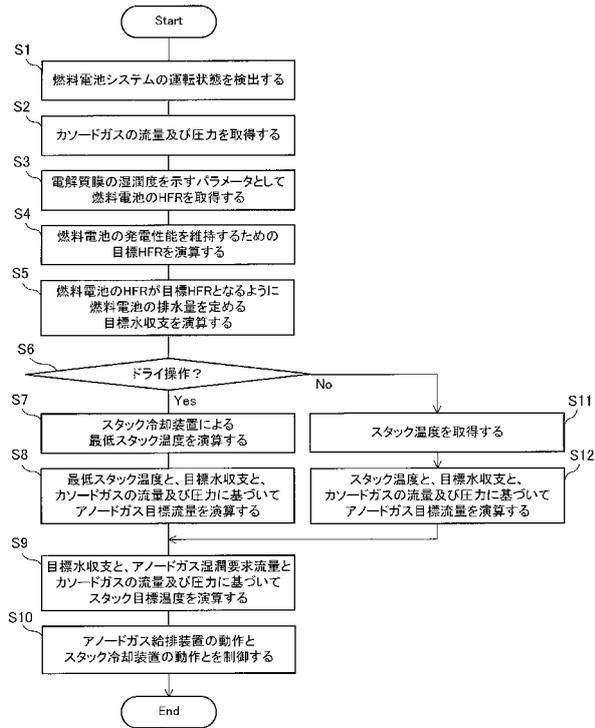
【図5】



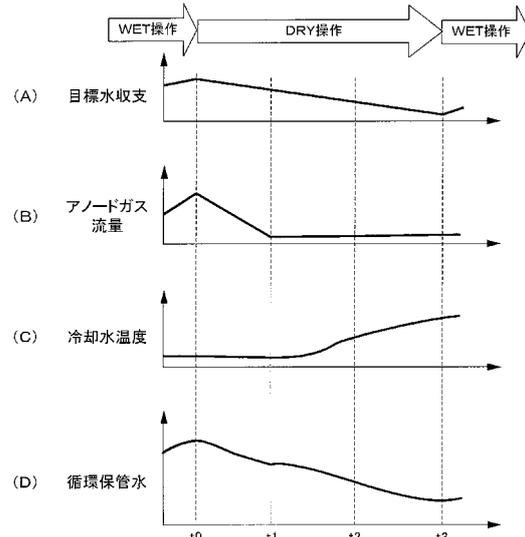
【図6】



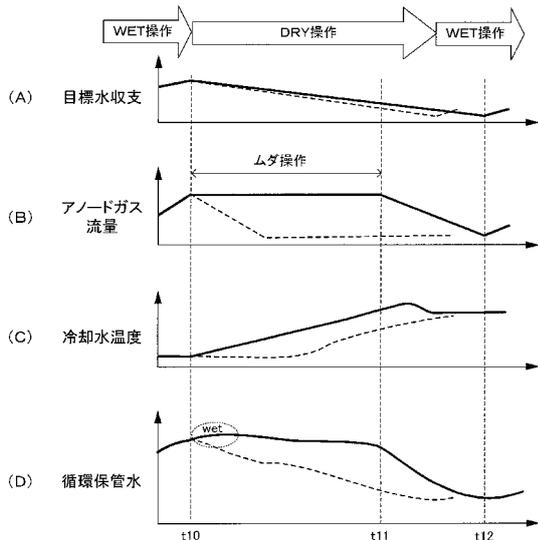
【図 1 1】



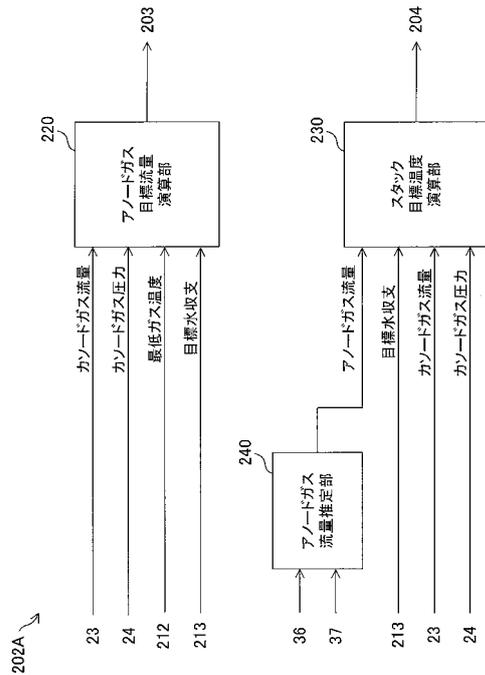
【図 1 2】



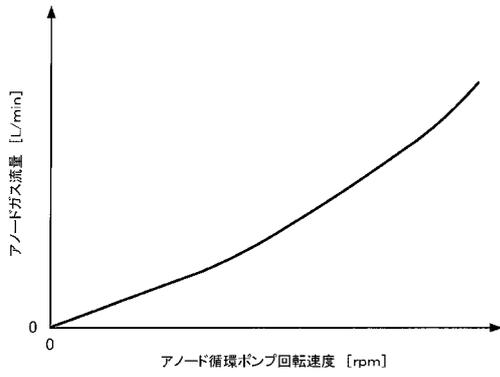
【図 1 3】



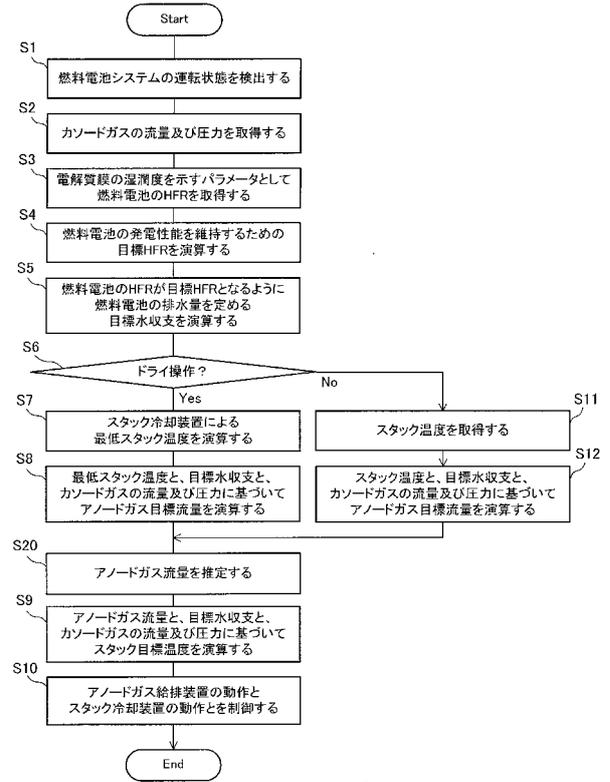
【図 1 4】



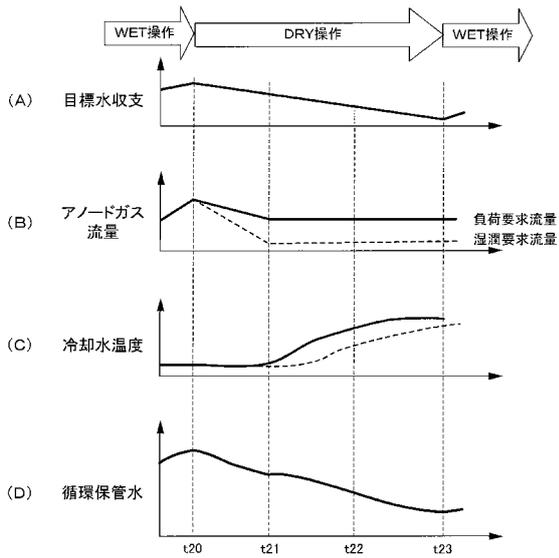
【 図 1 5 】



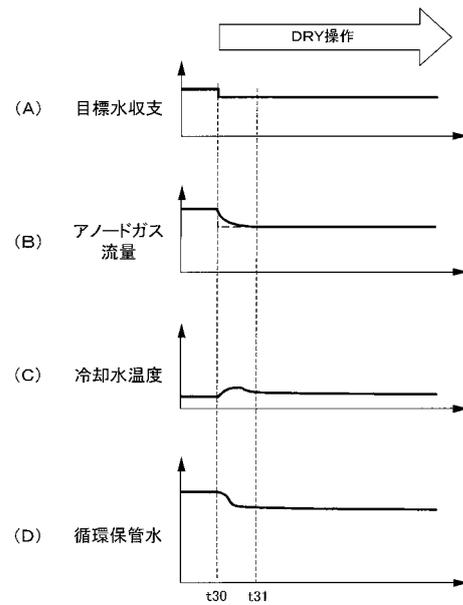
【 図 1 6 】



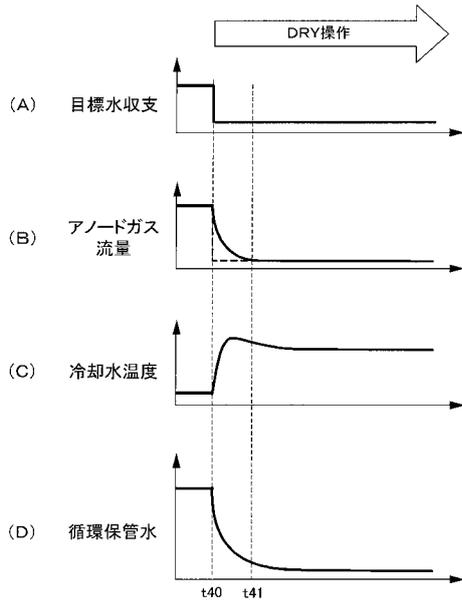
【 図 1 7 】



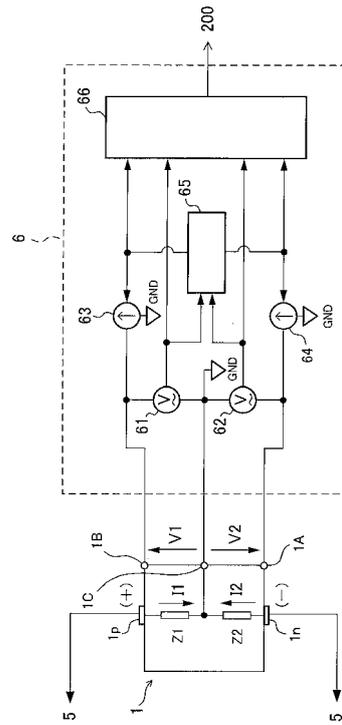
【 図 1 8 】



【図 19】



【図 20】



【手続補正書】

【提出日】平成27年10月1日(2015.10.1)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料電池の電解質膜に燃料を供給する燃料供給手段と、前記電解質膜に酸化剤を供給する酸化剤供給手段と、前記酸化剤供給手段による酸化剤の供給と前記燃料供給手段による燃料の供給とを制御して前記燃料電池の発電を制御する発電制御手段と、を備えた燃料電池システムにおいて、

前記電解質膜の湿潤状態を検出する湿潤状態検出手段と、

前記燃料供給手段により前記燃料電池に供給される燃料の流量を調整する流量調整手段と、

前記酸化剤供給手段により前記燃料電池に供給される酸化剤の温度を調整する温度調整手段と、を含み、

前記発電制御手段は、前記湿潤状態検出手段から出力される信号により前記電解質膜の水分を減らすときには、前記電解質膜の水分を増やすときに比べて、前記燃料の流量を減少させるとともに、前記湿潤状態検出手段からの信号に応じて前記酸化剤の温度を上昇させる、

燃料電池システム。

【請求項 2】

燃料電池の電解質膜に燃料を供給する燃料供給手段と、前記電解質膜に酸化剤を供給す

る酸化剤供給手段と、前記酸化剤供給手段による酸化剤の供給と前記燃料供給手段による燃料の供給とを制御して前記燃料電池の発電を制御する発電制御手段と、を備えた燃料電池システムにおいて、

前記電解質膜の湿潤状態を検出する湿潤状態検出手段と、

前記燃料供給手段により前記燃料電池に供給される燃料の流量を調整する流量調整手段と、

前記酸化剤供給手段により前記燃料電池に供給される酸化剤の温度を調整する温度調整手段と、を含み、

前記燃料電池は、

当該燃料電池を冷却するための冷媒を通す冷媒流路と、

前記電解質膜の一方の面に対して酸化剤を通す酸化剤流路と、

前記電解質膜の他方の面に対して前記酸化剤通路に流れる酸化剤の向きとは反対の向きに燃料を通す燃料流路と、を含み、

前記温度調整手段は、前記冷媒流路に前記冷媒を供給し、

前記燃料供給手段は、前記燃料流路の一端から排出される燃料を前記燃料流路の他端に循環させる、

前記発電制御手段は、前記湿潤状態検出手段から出力される信号により前記電解質膜の水分を減らすときには、前記電解質膜の水分を増やすときに比べて、前記燃料流路を循環する燃料の流量を減少させるとともに、前記湿潤状態検出手段からの信号に応じて前記酸化剤の温度を上昇させる、

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であって、

前記発電制御手段は、前記電解質膜の水分を減らすときには、前記流量調整手段による前記燃料の流量を減らす制御を、前記温度調整手段による前記酸化剤の温度を高くする制御よりも優先して実行する、

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であって、

前記発電制御手段は、前記電解質膜の水分を減らすときには、前記燃料の流量を減少させるとともに、前記湿潤状態検出手段からの信号により前記電解質膜の湿潤度と目標値との差分が小さくなるように前記酸化剤の温度を上昇させる、

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であって、

前記温度調整手段は、前記燃料電池に冷媒を供給する冷却装置を含み、

前記発電制御手段は、

前記温度調整手段の動作と前記流量調整手段の動作とを制御する順位を設定する優先制御部と、

前記燃料電池の温度と前記電解質膜の湿潤度とに基づいて、前記燃料電池に供給される燃料の流量を減少させる流量演算部と、

前記燃料の流量と前記電解質膜の湿潤度とに基づいて、前記燃料電池の温度を制御する温度演算部と、を含み、

前記優先制御部は、前記電解質膜の水分を減らすドライ操作を実行する場合には、前記燃料電池の温度よりも低いウェット操作時の温度を前記燃料電池の温度として前記流量演算部に設定する、

燃料電池システム。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の燃料電池システムであって、

前記ウェット操作時の温度は、前記冷却装置が前記燃料電池の温度を調整できる範囲の

下限値に設定される、
燃料電池システム。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の燃料電池システムであって、

前記流量演算部は、前記ドライ操作を実行する場合には、前記燃料電池に供給される燃料の流量を減少させる減少速度を、前記ウェット操作時の温度の代わりに前記燃料電池の温度を用いたときの減少速度に比べて大きくし、

前記温度演算部は、前記燃料電池に供給される燃料の流量が減少するほど、前記燃料電池の温度を低下させ、かつ、前記電解質膜の湿潤度が大きくなるほど、前記燃料電池の温度を上昇させる、

燃料電池システム。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池システムであって、

前記燃料供給手段は、

前記燃料電池から排出される燃料を前記燃料電池に循環させる循環通路と、

前記循環通路に設けられ、前記燃料電池に循環される燃料の循環流量を調整する循環ポンプと、を備え、

前記発電制御手段は、前記電解質膜の水分を減らすときには、前記燃料の循環流量を減らすことにより、前記循環通路を介して前記燃料電池を循環する燃料に含まれる水分を少なくする、

燃料電池システム。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池システムであって、

前記燃料電池は、

当該燃料電池を冷却するための冷媒を通す冷媒流路と、

前記電解質膜の一方の面に対して酸化剤を通す酸化剤流路と、

前記電解質膜の他方の面に対して前記酸化剤通路に流れる酸化剤の向きとは反対の向きに燃料を通す燃料流路と、を含み、

前記温度調整手段は、前記冷媒流路に前記冷媒を供給し、

前記燃料供給手段は、前記燃料流路の一端から排出される燃料を前記燃料流路の他端に循環させる、

燃料電池システム。

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池システムであって、

前記湿潤状態検出手段は、前記燃料電池のインピーダンスを検出し、当該インピーダンスを前記電解質膜の湿潤度に関する信号として前記発電制御手段に出力する、

燃料電池システム。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の燃料電池システムであって、

前記燃料電池は、積層電池により構成され、

前記湿潤状態検出手段は、前記積層電池のインピーダンスを測定する測定装置を含み、

前記測定装置は、

前記積層電池に接続されて該積層電池に交流電流を出力する交流電源部と、

前記積層電池の正極側の電位から該積層電池の中途部分の電位を引いて求めた電位差である正極側交流電位差と、前記燃料電池の負極側の電位から前記中途部分の電位を引いて求めた電位差である負極側交流電位差とに基づいて、交流電流を調整する交流調整部と、

前記調整された交流電流、前記正極側交流電位差及び前記負極側交流電位差に基づいて、前記燃料電池のインピーダンスを演算する演算部と、を含む、

燃料電池システム。

【請求項 12】

燃料電池の電解質膜に燃料を供給する燃料供給手段と、前記電解質膜に酸化剤を供給する酸化剤供給手段と、前記酸化剤供給手段による酸化剤の供給と前記燃料供給手段による燃料の供給とを制御して前記燃料電池の発電を制御する発電制御手段と、を備えた燃料電池システムの制御方法であって、

前記電解質膜の湿潤状態を検出する湿潤状態検出ステップと、

前記燃料供給手段により前記燃料電池に供給される燃料の流量を調整する流量調整ステップと、

前記酸化剤供給手段により前記燃料電池に供給される酸化剤の温度を調整する温度調整ステップと、を含み、

前記電解質膜の湿潤状態に関する信号により前記電解質膜の水分を減らすときには、前記電解質膜の水分を増やすときに比べて、前記燃料の流量を減少させるとともに、前記電解質膜の湿潤状態を示す信号に応じて前記酸化剤の温度を上昇させる発電制御ステップと

、
を含む燃料電池システムの制御方法。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2015/059712
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01M8/04 (2006.01) 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 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 1996-2015 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015		
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.
Y	JP 2014-44846 A (Toyota Motor Corp.), 13 March 2014 (13.03.2014), paragraphs [0032] to [0033], [0063] to [0067], [0082] to [0083] (Family: none)	1-11
Y	JP 2012-109182 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 07 June 2012 (07.06.2012), paragraphs [0063] to [0065]; fig. 2 (Family: none)	1-11
Y A	JP 2011-14429 A (Toyota Motor Corp.), 20 January 2011 (20.01.2011), paragraph [0064] (Family: none)	4-8, 10 1-3, 9, 11
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 19 May 2015 (19.05.15)		Date of mailing of the international search report 02 June 2015 (02.06.15)
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/JP2015/059712

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2009-245826 A (Equos Research Co., Ltd.), 22 October 2009 (22.10.2009), paragraph [0166] (Family: none)	4-8,10 1-3,9,11
Y A	WO 2008/056617 A1 (Toyota Motor Corp.), 15 May 2008 (15.05.2008), page 15, lines 21 to 23 & JP 5093689 B & US 2011/0003215 A1 & DE 112007002603 T & CN 101536229 A & KR 10-2009-0057145 A	4-8,10 1-3,9,11
Y A	JP 2009-187689 A (Toyota Motor Corp.), 20 August 2009 (20.08.2009), paragraph [0034] (Family: none)	7-8,10 1-6,9,11
Y A	JP 2005-93111 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 07 April 2005 (07.04.2005), paragraph [0024] (Family: none)	7-8,10 1-6,9,11
Y A	JP 2004-165058 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 10 June 2004 (10.06.2004), paragraph [0006] (Family: none)	7-8,10 1-6,9,11
Y A	JP 2011-28937 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 10 February 2011 (10.02.2011), fig. 2 (Family: none)	8,10 1-7,9,11
Y A	WO 2012/114432 A1 (Toyota Motor Corp.), 30 August 2012 (30.08.2012), fig. 1 & US 2013/0052551 A1 & EP 2680354 A1 & CN 102782918 A & KR 10-2012-0132466 A	8,10 1-7,9,11
Y A	WO 2014/057868 A1 (Nissan Motor Co., Ltd.), 17 April 2014 (17.04.2014), paragraphs [0026], [0071] (Family: none)	10 1-9,11
Y A	WO 2014/141752 A1 (Nissan Motor Co., Ltd.), 18 September 2014 (18.09.2014), paragraphs [0007], [0028] to [0038] (Family: none)	10 1-9,11

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2015/059712	
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			
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			
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 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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	
Y	JP 2014-44846 A (トヨタ自動車株式会社) 2014.03.13, 段落 0032~0033, 0063~0067, 0082~0083 (ファミリーなし)	1-11	
Y	JP 2012-109182 A (日産自動車株式会社) 2012.06.07, 段落 0063~0065, 図2 (ファミリーなし)	1-11	
Y A	JP 2011-14429 A (トヨタ自動車株式会社) 2011.01.20, 段落 0064 (ファミリーなし)	4-8, 10 1-3, 9, 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		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 19.05.2015		国際調査報告の発送日 02.06.2015	
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) 久保田 創	3H 4457
		電話番号 03-3581-1101 内線 3316	

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 5 / 0 5 9 7 1 2
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 A	JP 2009-245826 A (株式会社エクォス・リサーチ) 2009. 10. 22, 段落 0166 (ファミリーなし)	4-8, 10 1-3, 9, 11
Y A	WO 2008/056617 A1 (トヨタ自動車株式会社) 2008. 05. 15, 第 15 頁第 21~23 行 & JP 5093689 B & US 2011/0003215 A1 & DE 112007002603 T & CN 101536229 A & KR 10-2009-0057145 A	4-8, 10 1-3, 9, 11
Y A	JP 2009-187689 A (トヨタ自動車株式会社) 2009. 08. 20, 段落 0034 (ファミリーなし)	7-8, 10 1-6, 9, 11
Y A	JP 2005-93111 A (日産自動車株式会社) 2005. 04. 07, 段落 0024 (ファミリーなし)	7-8, 10 1-6, 9, 11
Y A	JP 2004-165058 A (日産自動車株式会社) 2004. 06. 10, 段落 0006 (ファミリーなし)	7-8, 10 1-6, 9, 11
Y A	JP 2011-28937 A (日産自動車株式会社) 2011. 02. 10, 図 2 (ファミリーなし)	8, 10 1-7, 9, 11
Y A	WO 2012/114432 A1 (トヨタ自動車株式会社) 2012. 08. 30, 図 1 & US 2013/0052551 A1 & EP 2680354 A1 & CN 102782918 A & KR 10-2012-0132466 A	8, 10 1-7, 9, 11
Y A	WO 2014/057868 A1 (日産自動車株式会社) 2014. 04. 17, 段落 0026 及び 0071 (ファミリーなし)	10 1-9, 11
Y A	WO 2014/141752 A1 (日産自動車株式会社) 2014. 09. 18, 段落 0007, 0028~0038 (ファミリーなし)	10 1-9, 11

フロントページの続き

Fターム(参考) 5H127 AA06 AB04 AB10 AB29 AC10 AC11 BA21 BA28 BA39 BA57
BA58 BA59 BA60 BB02 BB12 BB37 BB40 CC07 DB47 DB48
DB68 DC02 DC03 DC07 DC26 DC68 DC72

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。