

(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12月7日(07.12.2017)

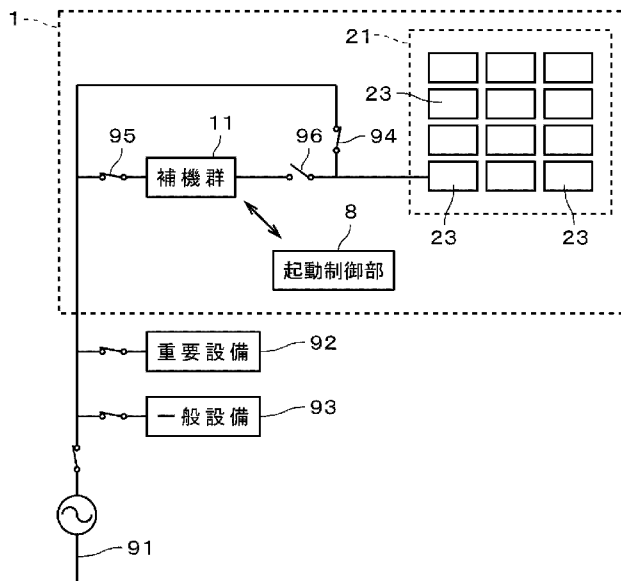


(10) 国際公開番号  
**WO 2017/209123 A1**

- (51) 国際特許分類:  
H01M 8/04 (2016.01) H01M 8/12 (2016.01)  
H01M 8/04858 (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/020085
- (22) 国際出願日: 2017年5月30日(30.05.2017)
- (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 2016-108909 2016年5月31日(31.05.2016) JP
- (71) 出願人: 日立造船株式会社(HITACHI ZOSEN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5598559 大阪府大阪市住之江区南港北1丁目7番89号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 伊妻 恭平(IZUMA, Kyohei); 〒5598559 大阪府大阪市住之江区南港北1丁目7番89号 日立造船株式会社内 Osaka (JP). 若宮 和輝(WAKAMIYA, Kazuki); 〒5598559 大阪府大阪市住之江区南港北1丁目7番89号 日立造船株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 松阪 正弘, 外(MATSUSAKA, Masahiro et al.); 〒5420081 大阪府大阪市中央区南船場1丁目11番9号 長堀八千代ビル6階 Osaka (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,

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM

(54) 発明の名称: 燃料電池システム



- 8 Startup control unit
- 11 Auxiliary machine group
- 92 Important equipment
- 93 General equipment

(57) Abstract: In this fuel cell system (1), an initial supply amount of a raw fuel from a raw fuel supply unit is equal to or greater than a first supply amount, which is the supply amount of the raw fuel corresponding to electric power for driving auxiliary machines. Therefore, the output from the plurality of fuel cells (23) can reach, in a short time, an output that is equal to or greater than the electric power for driving the auxiliary machines. Consequently, if a power outage occurs in an electric power system (91) during the start-up operation of this fuel cell system (1), even if the supply amount of the raw fuel at the time of the power outage is the initial supply amount, electric power is supplied from the plurality of fuel cells (23) to an auxiliary machine group (11) by using a control from the start-up control unit (8), allowing the drive of the auxiliary machine group (11) to be continued. In this manner, this fuel cell system (1) allows for a rapid switching to



WO 2017/209123 A1

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, 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), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

an autonomous operation in the event of a power outage during the start-up operation. Therefore, the interruption of this fuel cell system (1) during the start-up operation can be suppressed.

(57) 要約 : 燃料電池システム (1) では、原燃料供給部からの原燃料の初期供給量が、補機駆動電力に対応する原燃料の供給量である第 1 供給量以上であるため、複数の燃料電池 (2 3) からの出力が、補機駆動電力以上の出力に短時間で到達することができる。したがって、燃料電池システム (1) の起動運転時に電力系統 (9 1) において停電が発生した場合、当該停電時の原燃料の供給量が初期供給量であっても、起動制御部 (8) による制御により、複数の燃料電池 (2 3) から補機群 (1 1) に電力が供給され、補機群 (1 1) の駆動を継続することができる。このように、燃料電池システム (1) では、起動運転時の停電に際して速やかに自立運転に切り替えることができるため、起動運転中の燃料電池システム (1) が停止することを抑制することができる。

## 明 細 書

発明の名称：燃料電池システム

### 技術分野

[0001] 本発明は、燃料電池システムに関する。

### 背景技術

[0002] 従来、燃料電池を利用して発電を行う様々な燃料電池システムが提案されている（例えば、特開2014-182884号公報（文献1）および特開2015-186408号公報（文献2））。固体酸化物形の燃料電池を用いた燃料電池システムでは、起動運転の際に、燃料電池を約600℃～1000℃の高温まで昇温する必要がある。当該燃料電池システム、特に、業務用または産業用の燃料電池システムでは、燃料電池の昇温は、ガスバーナ等を利用して比較的長時間（例えば、8～15時間）かけて行われる。燃料電池の昇温が終了すると、ガスバーナ等による燃料電池の加熱が継続された状態で、燃料電池に対する燃料ガスおよび酸化剤ガスの供給が開始され、燃料電池からの電流の取り出し（すなわち、負荷取り）が開始される。

[0003] 一般的に、固体酸化物形の燃料電池は急激な状態変化に対する耐久性があまり高くないため、負荷取りの開始時に多量の燃料ガスおよび酸化剤ガスを燃料電池に供給することは好ましくない。また、仮に、負荷取りの開始時に定格出力に対応する量の燃料ガスおよび酸化剤ガスを燃料電池に供給したとすると、燃料電池で発電に利用される燃料ガスが少ないため、燃料電池を通過した未利用の燃料ガスを燃焼させる燃焼部の温度が過剰に高くなるおそれがある。そこで、燃料電池システムの負荷取りでは、例えば、比較的少量の燃料ガスおよび酸化剤ガスを燃料電池に供給して燃料電池からの出力が安定するまで待機した後、燃料ガスおよび酸化剤ガスの供給量を段階的に増加させることが繰り返される。これにより、燃料電池からの出力も段階的に増加し、比較的長時間（例えば、約1時間）かけて定格出力に到達する。

[0004] ところで、上述の燃料電池システムの負荷取り中に、燃料電池システムが

設置される施設の電力系統において停電が発生すると、燃料電池に燃料ガスおよび酸化剤ガスを供給する機構、並びに、燃料電池を加熱するガスバーナ等が停止し、燃料電池システムが停止する。その結果、長時間かかる燃料電池システムの起動運転（すなわち、燃料電池の昇温および負荷取り）をやり直す必要がある。文献1および文献2では、燃料電池システムの定常運転中に施設の電力系統において停電が発生した場合の燃料電池システムの制御方法は提案されているが、燃料電池システムの起動運転時の停電については考慮されていない。

### 発明の概要

[0005] 本発明は、燃料電池システムに向けられており、燃料電池システムの起動運転時に施設の電力系統において停電が発生した場合であっても、燃料電池システムが停止することを抑制することを目的としている。

[0006] 本発明に係る燃料電池システムは、原燃料を改質して燃料ガスを生成する改質器と、前記燃料ガスおよび酸化剤ガスを用いて発電を行う固体酸化物形の燃料電池と、内部空間に前記改質器および前記燃料電池を収容するハウジングと、前記改質器に前記原燃料を供給する原燃料供給部と、前記燃料電池に前記酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給部と、前記燃料電池から未利用の状態にて排出される未利用燃料ガスを燃焼させる排ガス燃焼部と、前記原燃料供給部を制御し、前記燃料電池の出力が定常運転出力に到達するまでの起動運転の際に、前記原燃料供給部からの前記原燃料の供給量を段階的に増大させる起動制御部と、前記起動運転の際に前記ハウジングの内部を加熱する加熱部とを備える。前記起動運転時における前記原燃料供給部からの前記原燃料の供給量について、前記定常運転出力に対応する定常供給量以下の範囲で、複数の設定供給量が予め段階的に設定されている。前記起動制御部が前記原燃料供給部を制御することにより、前記原燃料供給部からの前記原燃料の供給量を、前記複数の設定供給量のうち小さい方から順に一の設定供給量に維持し、前記燃料電池からの出力が前記一の設定供給量に対応する設定出力に到達した後、前記一の設定供給量の次に大きい設定供給量へと増大す

ることを繰り返す。前記複数の設定供給量のうち最小の設定供給量である初期供給量が、前記原燃料供給部と前記酸化剤ガス供給部と前記加熱部とを含む補機群の駆動に必要な補機駆動電力に対応する前記原燃料の供給量である第1供給量以上である。前記起動運転の際、前記燃料電池システムが設置される施設の電力系統から前記補機群に電力が供給される。前記起動運転時に前記電力系統において停電が発生した場合、前記起動制御部による制御により、前記燃料電池から前記補機群に電力が供給される。これにより、燃料電池システムの起動運転時に施設の電力系統において停電が発生した場合であっても、燃料電池システムが停止することを抑制することができる。

[0007] 本発明の一の好ましい実施の形態では、前記燃料電池システムは、前記酸化剤ガスを貯溜するガスボンベと、無停電電源装置とをさらに備える。前記起動運転時の停電発生の際に、前記補機群への電力の供給源が前記電力系統から前記燃料電池へと切り替えられる間、前記酸化剤ガス供給部が停止されて前記ガスボンベから前記燃料電池に前記酸化剤ガスが供給され、前記無停電電源装置から前記酸化剤ガス供給部以外の前記補機群に電力が供給される。

[0008] 本発明の他の好ましい実施の形態では、前記燃料電池システムが設置される前記施設の重要設備の駆動に必要な重要設備駆動電力が予め取得され、前記起動運転時に前記電力系統において停電が発生した際に、前記燃料電池からの出力が前記補機駆動電力と前記重要設備駆動電力との合計以上である場合、前記起動制御部による制御により、前記燃料電池から前記補機群および前記重要設備に電力が供給される。

[0009] 本発明の他の好ましい実施の形態では、前記燃料電池システムが設置される前記施設の重要設備の駆動に必要な重要設備駆動電力が予め取得され、前記補機駆動電力と前記重要設備駆動電力との合計に対応する前記原燃料の供給量である第2供給量が、前記排ガス燃焼部にて燃焼可能な前記未利用燃料ガスの上限量に対応する供給量以下である場合、前記初期供給量が前記第2供給量以上かつ前記上限量に対応する供給量以下とされ、前記第2供給量が

前記上限量に対応する供給量よりも大きい場合、前記初期供給量が前記第1供給量以上かつ前記上限量に対応する供給量以下とされる。

[0010] 本発明の他の好ましい実施の形態では、前記燃料電池システムは、前記排ガス燃焼部の温度を測定する温度測定部と、前記排ガス燃焼部を冷却する冷却部とをさらに備える。前記起動運転において前記原燃料が前記初期供給量にて供給されている間、前記起動制御部が、前記温度測定部からの出力に基づいて前記冷却部を制御することにより、前記排ガス燃焼部の温度を所定の上限温度以下に維持する。

[0011] より好ましくは、前記冷却部が、前記酸化剤ガス供給部から送出された前記酸化剤ガスを前記排ガス燃焼部へと導く冷却用配管と、前記冷却用配管上に設けられて前記酸化剤ガスの流量を調節する流量調節部とを備える。

[0012] 上述の目的および他の目的、特徴、態様および利点は、添付した図面を参照して以下に行うこの発明の詳細な説明により明らかにされる。

### 図面の簡単な説明

[0013] [図1]第1の実施の形態に係る燃料電池システムの構成を示す図である。

[図2]燃料電池システムと電力系統との接続の様子を概念的に示す図である。

[図3]燃料電池システムの起動運転の流れを示す図である。

[図4]燃料電池システムの起動運転における原燃料の供給量の変化、および、燃料電池からの出力の変化を示す図である。

[図5]比較例の燃料電池システムの起動運転における原燃料の供給量の変化、および、燃料電池からの出力の変化を示す図である。

[図6]第2の実施の形態に係る燃料電池システムと電力系統との接続の様子を概念的に示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0014] 図1は、本発明の第1の実施の形態に係る燃料電池システム1の構成を示す図である。燃料電池システム1は、燃料電池を用いて発電を行う発電システムである。燃料電池システム1は、ホットモジュール2と、原燃料供給部4と、ブロワ51と、加熱部61と、第1熱交換器71と、第2熱交換器7

2と、排ガス燃焼部73と、温度測定部74と、冷却部75とを備える。

[0015] ホットモジュール2は、ハウジング21と、改質器22と、複数の燃料電池23と、熱供給部24とを備える。ハウジング21は、例えば、略直方体状の筐体である。図1では、燃料電池システム1の一部の構成（例えば、ハウジング21）を断面にて示す。ハウジング21の内面は、断熱性が比較的高い断熱材料（例えば、ロックウール）により形成される。ハウジング21としては、例えば、金属製のコンテナの内面全体を断熱材料により覆ったものが利用される。

[0016] ハウジング21の内部空間210には、改質器22、複数の燃料電池23および熱供給部24が収容される。熱供給部24は、後述する燃料電池システム1の起動運転時に主に利用される。図1に示す例では、ハウジング21の内部空間210には、12個の燃料電池23が収容される。複数の燃料電池23はそれぞれ、固体酸化物形燃料電池（SOFC：Solid Oxide Fuel Cell）である。各燃料電池23は、例えば、図示省略の複数のセル（単電池）が上下方向に積層されたセルスタックである。燃料電池23の外形は、例えば、略直方体状である。ハウジング21内に収容される複数の燃料電池23の数は、様々に変更されてよい。

[0017] 各燃料電池23の負極（アノード）には燃料ガスが供給され、正極（カソード）には酸化剤ガスが供給される。これにより、各燃料電池23において電気化学反応が生じ、発電が行われる。換言すれば、各燃料電池23は、燃料ガスおよび酸化剤ガスを用いて発電を行う。燃料電池23における電気化学反応は発熱反応であり、発生した熱は、例えば、吸熱反応である改質が行われる改質器22の加熱等に利用される。燃料電池23による発電は、例えば600℃～1000℃の高温下にて行われる。燃料ガスは、例えば水素ガスである。酸化剤ガスは、例えば酸素である。燃料ガスは、水素ガス以外の様々なガスであってよく、酸化剤ガスも、酸素以外の様々なガスであってよい。

[0018] 各燃料電池23の負極は、ハウジング21内にて分岐する燃料ガス供給管

251を介して改質器22に接続される。改質器22は、原燃料供給管261を介して、ハウジング21外に配置される原燃料供給部4に接続される。原燃料供給部4は、改質器22に原燃料および水蒸気を供給する。原燃料供給部4は、原燃料供給源41と、不純物除去部42と、水蒸気供給部3とを備える。不純物除去部42は、原燃料供給管261上に配置され、原燃料供給源41から改質器22へと供給される原燃料から不純物（例えば、硫黄系不純物および窒素系不純物）を除去する。

[0019] 水蒸気供給部3は、水供給部31と、水蒸気生成部32と、凝縮部33とを備える。水供給部31は、水蒸気生成部32に水を供給する。具体的には、水供給部31は、水貯溜部311と、ポンプ312と、水供給管313とを備える。水貯溜部311は、水（例えば、純水）を貯溜するタンクである。水貯溜部311は、水供給管313を介して、水蒸気生成部32に接続される。ポンプ312は、水供給管313上に設けられ、水貯溜部311に貯溜されている水を水蒸気生成部32へと供給する。

[0020] 凝縮部33は、燃料電池システム1の定常運転時に排ガス中の水蒸気を凝縮して水を生成し、水供給部31を介して水蒸気生成部32に供給する。上述の定常運転とは、燃料電池システム1が所定の出力にて定常的に発電を行っている運転状態を意味する。当該所定の出力は、燃料電池システム1の定格出力、または、定格出力未満の一定の出力であり、以下、「定常運転出力」という。また、起動運転とは、起動時から当該定常運転に至るまで（すなわち、燃料電池23の出力が定常運転出力に到達して安定するまで）の燃料電池システム1の運転状態を意味する。水蒸気生成部32は、水供給部31から供給される水を加熱して水蒸気を生成する。水蒸気生成部32は、水蒸気供給管321を介して原燃料供給管261に接続される。水蒸気供給管321は、第1熱交換器71よりも上流において（具体的には、第1熱交換器71と不純物除去部42との間において）原燃料供給管261に接続される。水蒸気生成部32からの水蒸気は、不純物除去部42を通過した原燃料と共に、第1熱交換器71を通過して改質器22へと供給される。

[0021] 改質器 2 2 は、原燃料を改質して燃料ガスを含む改質ガスを生成する。原燃料は、例えば、炭化水素系燃料である。原燃料は、炭化水素系燃料以外の様々な燃料であってもよい。原燃料としては、例えば、LP ガス、都市ガス、天然ガス、灯油、バイオガスまたはバイオエタノール等が利用される。改質器 2 2 では、例えば、水蒸気改質法、部分酸化改質法または自己熱改質法、あるいは、これらの改質法の組み合わせ等により原燃料の改質が行われる。図 1 に示す例では、改質器 2 2 により、原燃料供給源 4 1 から供給された原燃料である都市ガスが、水蒸気生成部 3 2 から供給された水蒸気を利用して、水蒸気改質法により高温下にて改質され、燃料ガスである水素ガスを含む改質ガスが生成される。改質器 2 2 からの改質ガスは、燃料ガス供給管 2 5 1 を介して複数の燃料電池 2 3 のそれぞれの負極へと供給される。

[0022] 複数の燃料電池 2 3 のそれぞれの負極から排出されるガスである負極排ガスは、負極排ガス排出管 2 5 2 により集められ、負極排ガス排出管 2 5 2 を介してハウジング 2 1 外に排出される。負極排ガスには、燃料ガスである水素ガスが燃料電池 2 3 における発電に使用されることにより生成される水蒸気、および、燃料電池 2 3 における発電に利用されなかった未利用の燃料ガス等が含まれる。以下の説明では、燃料電池 2 3 から未利用の状態にて排出される燃料ガスを「未利用燃料ガス」という。

[0023] 複数の燃料電池 2 3 からの負極排ガスは、ハウジング 2 1 外において負極排ガス排出管 2 5 2 により第 1 熱交換器 7 1 へと導かれる。第 1 熱交換器 7 1 は、原燃料供給管 2 6 1 上に配置されている。第 1 熱交換器 7 1 では、負極排ガス排出管 2 5 2 を流れる高温の負極排ガスを利用して、原燃料供給源 4 1 および水蒸気生成部 3 2 から改質器 2 2 に供給される原燃料および水蒸気が予備加熱される。

[0024] 一方、第 1 熱交換器 7 1 を通過した負極排ガスは、負極排ガス排出管 2 5 2 により上述の凝縮部 3 3 へと導かれる。凝縮部 3 3 では、負極排ガス中の水蒸気が凝縮されて水が生成される。凝縮部 3 3 により生成された水は、水供給管 3 3 1 を介して水供給部 3 1 の水貯溜部 3 1 1 に送られ、水貯溜部 3

1 1 内の水がポンプ 3 1 2 により水蒸気生成部 3 2 へと供給される。凝縮部 3 3 を通過した負極排ガスは、排ガス燃焼部 7 3 へと導かれる。

[0025] 各燃料電池 2 3 の正極は、ハウジング 2 1 内にて分岐する酸化剤ガス供給管 2 5 3 を介して、ハウジング 2 1 外に配置されるブロワ 5 1 に接続される。ブロワ 5 1 により、酸化剤ガスである酸素を含む空気が、酸化剤ガス供給管 2 5 3 を介して複数の燃料電池 2 3 のそれぞれの正極に供給される。すなわち、ブロワ 5 1 は、燃料電池 2 3 に酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給部である。

[0026] 複数の燃料電池 2 3 のそれぞれの正極から排出されるガスである正極排ガスは、正極排ガス排出管 2 5 4 により集められ、正極排ガス排出管 2 5 4 を介してハウジング 2 1 外へと排出される。複数の燃料電池 2 3 からの正極排ガスは、ハウジング 2 1 外において正極排ガス排出管 2 5 4 により第 2 熱交換器 7 2 へと導かれる。第 2 熱交換器 7 2 では、正極排ガス排出管 2 5 4 を流れる高温の正極排ガスを利用して、各燃料電池 2 3 に供給される空気が予備加熱される。

[0027] 第 2 熱交換器 7 2 を通過した正極排ガス排出管 2 5 4 は、排ガス燃焼部 7 3 よりも手前（すなわち、上流側）の合流点 7 3 1 において、ハウジング 2 1 外にて負極排ガス排出管 2 5 2 と合流する。合流点 7 3 1 では、第 1 熱交換器 7 1 および凝縮部 3 3 を通過した負極排ガスと、第 2 熱交換器 7 2 を通過した正極排ガスとが合流する。排ガス燃焼部 7 3 では、合流後の負極排ガスおよび正極排ガスが燃焼される。これにより、負極排ガスに含まれる未利用燃料ガス等が燃焼される。排ガス燃焼部 7 3 にて発生する燃焼熱は、例えば、水蒸気生成部 3 2 における水の加熱、タービン等を利用した発電、または、改質器 2 2 の加熱等に利用されてもよい。排ガス燃焼部 7 3 としては、例えば、触媒燃焼器が利用される。

[0028] 燃料電池システム 1 では、排ガス燃焼部 7 3 の温度が温度測定部 7 4 により継続的に測定される。排ガス燃焼部 7 3 の温度が過剰に高くなった場合には、冷却部 7 5 により排ガス燃焼部 7 3 が冷却される。図 1 に示す例では、

冷却部 75 は、冷却用配管 751 と、流量調節部 752 とを備える。また、冷却部 75 は、上述のブロウ 51 も含む。冷却用配管 751 は、酸化剤ガス供給部であるブロウ 51 から送出された空気を排ガス燃焼部 73 へと導く。流量調節部 752 は、冷却用配管 751 上に設けられ、冷却用配管 751 を流れる空気の流量を調節する。冷却部 75 により略常温の空気が排ガス燃焼部 73 に供給されることにより、排ガス燃焼部 73 が冷却される。また、流量調節部 752 により、排ガス燃焼部 73 に供給される空気の流量が調節されることにより、排ガス燃焼部 73 の温度が制御される。これにより、排ガス燃焼部 73 の温度を、所定の上限温度以下に維持することができる。排ガス燃焼部 73 の上限温度は、例えば、約 800 度である。

[0029] 燃料電池システム 1 の定常運転では、上述のように、複数の燃料電池 23 のそれぞれにおいて、燃料ガスおよび酸化剤ガスを用いて発電が行われる。複数の燃料電池 23 における発電の際に発生した熱は、改質器 22 に付与される。複数の燃料電池 23 から改質器 22 に付与された熱は、改質器 22 における原燃料の水蒸気改質等に利用される。

[0030] また、燃料電池システム 1 の定常運転では、上述のように、複数の燃料電池 23 から排出された負極排ガスを利用して、第 1 熱交換器 71 において、改質器 22 に供給される原燃料および水蒸気の予備加熱が行われる。さらに、複数の燃料電池 23 から排出された正極排ガスを利用して、第 2 熱交換器 72 において、各燃料電池 23 に供給される空気の予備加熱が行われる。これにより、燃料電池システム 1 では、定常運転時にシステム内にて必要とされる熱を、システム内にて生成しつつ定常運転を行うことができる。燃料電池システム 1 では、負極排ガスに含まれる水蒸気を改質器 22 において行われる水蒸気改質に利用することにより、定常運転時にシステム内にて必要とされる水蒸気を、システム内にて生成しつつ定常運転を行うことができる。換言すれば、定常運転時の燃料電池システム 1 では、熱自立運転および水自立運転が可能である。

[0031] 図 2 は、燃料電池システム 1 が設置される施設の電力系統 91 と、燃料電

池システム 1 との接続の様子を概念的に示す図である。図中の燃料電池システム 1 の補機群 1 1 とは、燃料電池システム 1 の運転に必要な複数の駆動部の総称である。補機群 1 1 には、図 1 に示す原燃料供給部 4、酸化剤ガス供給部であるブロワ 5 1、および、加熱部 6 1 を含む。補機群 1 1 には、原燃料供給部 4、ブロワ 5 1 および加熱部 6 1 以外の構成が含まれてもよい。

[0032] 図 2 では、複数の燃料電池 2 3 を収容するハウジング 2 1 を破線にて示し、燃料電池システム 1 の構成を破線にて囲む。燃料電池システム 1 は、補機群 1 1 等を制御する起動制御部 8 を備える。図 2 では、燃料電池システム 1 の構成のうち、ハウジング 2 1、燃料電池 2 3、補機群 1 1 および起動制御部 8 等を除く構成の図示は省略する。また、図 2 では、補機群 1 1 を 1 つの燃料電池 2 3 に接続して描いているが、実際には、補機群 1 1 は複数の燃料電池 2 3 に接続される。後述する図 6 においても同様である。

[0033] 図中の重要設備 9 2 および一般設備 9 3 は、燃料電池システム 1 が設置される上記施設の設備である。重要設備 9 2 は、当該施設の中で比較的重要度が高い設備群である。一般設備 9 3 は、重要設備 9 2 に含まれない当該施設の設備群であり、重要設備 9 2 に比べて重要度は低い。重要設備 9 2 は、燃料電池システム 1 が設置される施設により異なる。例えば、スーパーマーケットやコンビニエンスストアでは、冷凍設備等が重要設備 9 2 に含まれる。また、機器等の製造工場では、製造ラインに関する設備が重要設備 9 2 に含まれる。製造工場の重要設備 9 2 には、空調設備が含まれる場合もある。病院等では、照明設備および空調設備が重要設備 9 2 に含まれる。また、電話等の通信設備は、様々な施設における重要設備 9 2 に含まれる。

[0034] 補機群 1 1、重要設備 9 2 および一般設備 9 3 は、燃料電池システム 1 の複数の燃料電池 2 3、および、施設の電力系統 9 1 に接続される。燃料電池システム 1 の定常運転時には、複数の燃料電池 2 3 から出力される電力は、例えば、補機群 1 1 および重要設備 9 2 に対して優先的に供給される。複数の燃料電池 2 3 から出力される電力は、補機群 1 1 の駆動に必要な補機駆動電力と、重要設備 9 2 の駆動に必要な重要設備駆動電力との合計よりも大き

い。また、複数の燃料電池 2 3 からの電力から補機駆動電力および重要設備駆動電力を除いた余剰電力は、一般設備 9 3 に供給される。なお、一般設備 9 3 には、施設の電力系統 9 1 からの電力も供給されてよい。

[0035] このように、当該施設では、補機群 1 1 の駆動に必要な補機駆動電力が燃料電池システム 1 により賄われているため、施設の電力系統 9 1 において停電が発生した場合であっても、燃料電池システム 1 の運転が停止することを防止または抑制することができる。また、重要設備 9 2 の駆動に必要な重要設備駆動電力も燃料電池システム 1 により賄われているため、電力系統 9 1 において停電が発生した場合であっても、施設の重要設備 9 2 が停止することを防止または抑制することができる。

[0036] 次に、図 1 に示す燃料電池システム 1 の起動運転（いわゆる、コールドスタート）について、図 3 を参照しつつ説明する。燃料電池システム 1 の起動運転とは、上述のように、燃料電池システム 1 の状態を停止状態から、定常運転出力にて定常的に発電を行う定常運転状態へと変更することである。燃料電池システム 1 の起動運転では、加熱部 6 1、および、水蒸気供給部 3 の水供給部 3 1 が利用される。起動運転の際、燃料電池システム 1 の補機群 1 1（図 2 参照）には、燃料電池システム 1 が設置される施設の電力系統 9 1 から電力が供給される。また、当該施設の重要設備 9 2 および一般設備 9 3 にも、電力系統 9 1 から電力が供給されている。

[0037] 加熱部 6 1 は、起動運転の際にハウジング 2 1 の内部を加熱する。具体的には、加熱部 6 1 は、起動用原燃料供給管 2 6 2 により、不純物除去部 4 2 を介して原燃料供給源 4 1 に接続される。加熱部 6 1 は、また、起動用ガス供給管 2 6 3 を介してブロウ 5 1 に接続される。加熱部 6 1 では、原燃料供給源 4 1 からの原燃料（例えば、LP ガス、都市ガス、天然ガス、灯油、バイオガスまたはバイオエタノール）、および、ブロウ 5 1 からの酸化剤ガスを含むガス（例えば、空気）を利用して、高温のガスである昇温ガスが生成される。例えば、加熱部 6 1 としてガスバーナが利用され、加熱部 6 1 において原燃料が燃焼されることにより、昇温ガスが生成される。

[0038] 加熱部 6 1 により生成された高温の昇温ガスは、昇温ガス供給管 2 6 4 を介して、ハウジング 2 1 内の熱供給部 2 4 へと供給され、熱供給部 2 4 からハウジング 2 1 の内部空間 2 1 0 へと供給される。燃料電池システム 1 では、熱供給部 2 4 から内部空間 2 1 0 へと昇温ガスが継続的に供給されることにより、ハウジング 2 1 の内部の改質器 2 2 および複数の燃料電池 2 3 が加熱されて昇温される（ステップ S 1 1）。燃料電池 2 3 が所定の温度（例えば、約 6 0 0 °C ~ 1 0 0 0 °C）まで昇温されると、ステップ S 1 1 の昇温工程が終了する。当該昇温工程には、例えば、約 8 ~ 1 5 時間を要する。燃料電池システム 1 の起動運転では、昇温工程の終了後も、ハウジング 2 1 内の温度を維持するために、加熱部 6 1 からの昇温ガスがハウジング 2 1 内に継続的に供給される。

[0039] 続いて、水蒸気供給部 3 において、上述のように、水貯溜部 3 1 1 の水がポンプ 3 1 2 により水蒸気生成部 3 2 へと供給される。水蒸気生成部 3 2 では、水供給部 3 1 から供給された水が加熱されて水蒸気が生成される。また、原燃料供給源 4 1 から、原燃料の供給が開始される。原燃料供給源 4 1 からの原燃料、および、水蒸気生成部 3 2 からの水蒸気は、第 1 熱交換器 7 1 を通過して改質器 2 2 へと供給される。そして、改質器 2 2 により原燃料が水蒸気改質されることにより、燃料ガスを含む改質ガスが生成され、複数の燃料電池 2 3 の負極に供給される。一方、ブロワ 5 1 からは、複数の燃料電池 2 3 の正極に、酸化剤ガスを含む空気が供給される。これにより、複数の燃料電池 2 3 による発電が開始される。

[0040] そして、原燃料の供給開始から所定時間の経過後、複数の燃料電池 2 3 からの電流の取り出し（すなわち、負荷取り）が開始される（ステップ S 1 2）。また、発電時に複数の燃料電池 2 3 から発生する熱により、改質器 2 2 がさらに加熱される。複数の燃料電池 2 3 からの負極排ガスは、上述のように凝縮部 3 3 へと導かれる。凝縮部 3 3 にて負極排ガスから生成された水は、水供給部 3 1 を介して水蒸気生成部 3 2 へと供給される。凝縮部 3 3 を通過した負極排ガスは、正極排ガスと共に排ガス燃焼部 7 3 へと導かれ、負極

排ガスに含まれる未利用燃料ガスが排ガス燃焼部 7 3 にて燃焼される。

[0041] 燃料電池システム 1 の起動運転では、起動制御部 8 (図 2 参照) による制御により、単位時間あたりに原燃料供給部 4 から改質器 2 2 に供給される原燃料の量が段階的に増大され、単位時間あたりに複数の燃料電池 2 3 に供給される燃料ガスの量が段階的に増大される。また、燃料電池 2 3 からの出力 (すなわち、負荷取りにおいて燃料電池 2 3 から取り出される電流) も段階的に増大される。これにより、燃料電池 2 3 の状態が急激に変化することを防止することができる。また、多量の未利用燃料ガスが排ガス燃焼部 7 3 にて燃焼して排ガス燃焼部 7 3 の温度が過剰に高くなることを防止することもできる。

[0042] 燃料電池システム 1 では、複数の燃料電池 2 3 からの出力が上述の定常運転出力に到達して安定するまで、すなわち、燃料電池システム 1 が定常運転状態となるまで、上述の段階的な負荷取りが継続される。燃料電池システム 1 の定常運転が開始され、上述の熱自立が成立すると、加熱部 6 1 における昇温ガスの生成、および、熱供給部 2 4 から内部空間 2 1 0 への昇温ガスの供給が停止される。

[0043] 図 4 は、燃料電池システム 1 の起動運転における原燃料の供給量の変化、および、複数の燃料電池 2 3 からの出力の変化を示す図である。図 4 の横軸は、負荷取りの開始からの経過時間を示す。図 4 の縦軸は、原燃料供給部 4 からの原燃料の単位時間あたりの供給量 (以下、単に「供給量」ともいう。)、および、複数の燃料電池 2 3 からの合計出力を示す。当該縦軸に付された数値は、複数の燃料電池 2 3 からの合計出力 (以下、単に「出力」ともいう。) を示す。図 4 中の実線 1 0 1 および破線 1 0 2 はそれぞれ、原燃料の供給量の変化、および、複数の燃料電池 2 3 からの出力の変化を示す。

[0044] 図 4 に示すように、燃料電池システム 1 の起動運転の際には、起動制御部 8 により原燃料供給部 4 が制御されることにより、原燃料供給部 4 からの原燃料の供給量が段階的に増大する。具体的には、原燃料供給部 4 からの原燃料の供給量について、定常運転出力に対応する定常供給量 (すなわち、燃料

電池システム 1 の定常運転時における原燃料の供給量) 以下の範囲で、複数の設定供給量が予め段階的に起動制御部 8 に設定されている。

[0045] 起動制御部 8 が原燃料供給部 4 を制御することにより、原燃料供給部 4 からの原燃料の供給量が、複数の設定供給量のうち最小の設定供給量である初期供給量に維持される。そして、原燃料の供給開始から所定時間の経過後、複数の燃料電池 2 3 の負荷取りが開始される。これにより、複数の燃料電池 2 3 からの出力が増大し、初期供給量に対応する出力に到達した後、原燃料供給部 4 からの原燃料の供給量が、初期供給量の次に大きい設定供給量へと増大される。複数の燃料電池 2 3 からの出力の増大速度は、例えば、1 A (アンペア) / 秒である。また、複数の燃料電池 2 3 からの出力の増大開始から、当該出力が初期供給量に対応する出力に到達するまでに要する時間は、例えば、1 分以内である。

[0046] 初期供給量は、上述の補機駆動電力に対応する原燃料の供給量 (すなわち、複数の燃料電池 2 3 からの出力が補機駆動電力に等しくなる場合の原燃料の供給量) である第 1 供給量以上である。補機駆動電力は、例えば 9 kW である。図 4 中では、補機駆動電力を二点鎖線 1 0 3 にて示す。図 4 に示す例では、初期供給量に対応する複数の燃料電池 2 3 からの出力は 9 kW であり、定常運転出力は 2 0 kW である。また、初期供給量以外の複数の設定供給量に対応する出力は、1 2 kW、1 5 kW、1 8 kW である。図 4 に示す例では、初期供給量以外の複数の設定供給量に対応する出力は、略等間隔に設定されている。また、初期供給量は、上述の複数の設定供給量において隣接する各 2 つの設定供給量の差よりも大きい。

[0047] 燃料電池システム 1 では、原燃料供給部 4 からの原燃料の供給量が、複数の設定供給量のうち小さい方から順に一の設定供給量に維持され、複数の燃料電池 2 3 からの出力が当該一の設定供給量に対応する出力 (以下、「設定出力」という。) に到達した後、当該一の設定供給量の次に大きい設定供給量へと増大されることが繰り返される。そして、原燃料供給部 4 からの原燃料の供給量が定常供給量に到達し、複数の燃料電池 2 3 からの出力が定常運

転出力に到達して安定することにより、燃料電池システム 1 の起動運転が終了する。

[0048] 図 4 に示す例では、複数の燃料電池 2 3 からの出力が各設定出力に到達した後も、原燃料の供給量は、当該一の設定供給量に所定の時間だけ維持される。これにより、複数の燃料電池 2 3 の温度、および、複数の燃料電池 2 3 からの出力等が、当該一の設定供給量に対応する値にてさらに安定する。原燃料の供給量を各設定供給量にて維持する時間は、例えば、約 10 分である。

[0049] 図 5 は、比較例の燃料電池システムの起動運転における原燃料の供給量の変化、および、燃料電池からの出力の変化を示す図である。図 5 の横軸および縦軸は、図 4 の横軸および縦軸と同じである。図 5 中の実線 104、破線 105 および二点鎖線 106 はそれぞれ、比較例の燃料電池システムにおける原燃料の供給量の変化、複数の燃料電池からの出力の変化、および、補機駆動電力を示す。

[0050] 比較例の燃料電池システムにおいても、原燃料の供給量が、複数の設定供給量に順次等しくなるように段階的に増大する。比較例の燃料電池システムでは、複数の設定供給量に対応する燃料電池の出力は略等間隔に設定される。また、定常運転出力は 20 kW であり、複数の設定供給量に対応する出力は、3 kW、6 kW、9 kW、12 kW、15 kW、18 kW である。

[0051] ところで、燃料電池システムの起動運転時に、燃料電池システムが設置される施設の電力系統において停電が発生して補機群が停止すると、上述のように起動運転を燃料電池の昇温からやり直す必要が生じる。このため、施設の電力系統の停電発生時には、燃料電池システムから出力される電力にて補機群を駆動することが考えられる。しかしながら、比較例の燃料電池システムでは、原燃料の初期供給量に対応する設定出力（3 kW）は補機駆動電力（9 kW）よりも小さいため、原燃料が初期供給量にて供給されている際に電力系統の停電が生じた場合、補機群を駆動することができず、起動運転を継続することができない。したがって、施設の電力系統の復旧を待ち、燃料

電池システムの起動運転を燃料電池の昇温からやり直す必要がある。その結果、起動運転に要する時間が増大するとともに、燃料電池の昇温に使用される原燃料の量も増大する。

[0052] 一方、本実施の形態に係る燃料電池システム 1 では、原燃料供給部 4 からの原燃料の初期供給量が、補機駆動電力に対応する原燃料の供給量である第 1 供給量以上であるため、複数の燃料電池 2 3 からの出力が、補機駆動電力以上の出力に短時間で到達することができる。したがって、燃料電池システム 1 の起動運転時に電力系統 9 1 において停電が発生した場合、当該停電時の原燃料の供給量が初期供給量であっても、起動制御部 8 による制御により、複数の燃料電池 2 3 から補機群 1 1 に電力が供給され、補機群 1 1 の駆動を継続することができる。具体的には、図 2 中のスイッチ 9 4, 9 5 がオンからオフへと切り替えられ、スイッチ 9 6 がオフからオンへと切り替えられる。

[0053] このように、燃料電池システム 1 では、起動運転時の停電に際して速やかに自立運転に切り替えることができるため、起動運転中の燃料電池システム 1 が停止することを抑制することができる。その結果、電力系統 9 1 の復旧後、補機群 1 1 を電力系統 9 1 へと再接続し、起動運転を速やかに再開することができる。

[0054] 燃料電池システム 1 の起動運転における原燃料の供給開始時には、燃料電池 2 3 で発電が行われていないため、比較的多量の未利用燃料ガスが燃料電池 2 3 から排ガス燃焼部 7 3 へと送出される。このため、燃料電池システム 1 では、起動運転において原燃料が初期供給量にて供給されている間、温度測定部 7 4 からの出力（すなわち、排ガス燃焼部 7 3 の温度）に基づいて冷却部 7 5 が起動制御部 8 により制御され、排ガス燃焼部 7 3 が必要に応じて冷却される。これにより、排ガス燃焼部 7 3 の温度が所定の上限温度以下に維持される。その結果、燃料電池システム 1 の起動運転の際に、排ガス燃焼部 7 3 が過剰な高温となって停止することを抑制することができる。

[0055] 上述のように、冷却部 7 5 は、冷却用配管 7 5 1 と、流量調節部 7 5 2 と

を備える。冷却用配管 751 は、ブロワ 51 から送出された酸化剤ガスを排ガス燃焼部 73 へと導く。流量調節部 752 は、冷却用配管 751 上に設けられて酸化剤ガスの流量を調節する。このように、排ガス燃焼部 73 の冷却に、燃料電池 23 に酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給部であるブロワ 51 を利用することにより、燃料電池システム 1 の構造を簡素化することができる。

[0056] また、原燃料の供給量が初期供給量である場合、ブロワ 51 から燃料電池 23 に供給される酸化剤ガスの流量は、燃料電池システム 1 の定常運転時に比べて（すなわち、原燃料の供給量が定常供給量であるときに比べて）少ない。このため、ブロワ 51 の容量（すなわち、定格流量）を増大させることなく、排ガス燃焼部 73 の冷却にブロワ 51 を利用することができる。

[0057] 図 6 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る燃料電池システム 1a を示す図である。図 6 は、図 2 と同様に、燃料電池システム 1a が設置される施設の電力系統 91 と燃料電池システム 1a との接続の様子を概念的に示す図である。燃料電池システム 1a では、上述の燃料電池システム 1 の各構成に加えて、ガスボンベ 52 と、無停電電源装置 53 とをさらに備える。ガスボンベ 52 は、酸化剤ガスである酸素を含む空気を貯溜する。ガスボンベ 52 には、酸化剤ガスのみが貯溜されていてもよい。図 6 では、ガスボンベ 52 を 1 つの燃料電池 23 に接続して描いているが、実際には、ガスボンベ 52 は複数の燃料電池 23 に接続される。燃料電池システム 1a では、その他の構成は、図 1 に示す燃料電池システム 1 と略同様であり、以下の説明では、対応する構成に同符号を付す。また、燃料電池システム 1a と電力系統 91 等との接続は、図 2 に示す燃料電池システム 1 と電力系統 91 等との接続と同様である。

[0058] 燃料電池システム 1a の起動運転は、上述の燃料電池システム 1 の起動運転と略同様である。燃料電池システム 1a の起動運転時に電力系統 91 に停電が発生した場合、上述と同様に、起動制御部 8 による制御により、複数の燃料電池 23 から補機群 11 に電力が供給され、補機群 11 の駆動を継続す

ることができる。

[0059] 燃料電池システム 1 a では、起動運転時の停電発生の際に、補機群 1 1 への電力の供給源が電力系統 9 1 から複数の燃料電池 2 3 へと切り替えられる間、起動制御部 8 による制御により、補機群 1 1 に含まれる酸化剤ガス供給部であるブロワ 5 1 (図 1 参照) が停止され、ガスポンベ 5 2 から複数の燃料電池 2 3 に酸化剤ガス (を含む空気) が供給される。また、無停電電源装置 5 3 からブロワ 5 1 以外の補機群 1 1 に電力が供給される。ブロワ 5 1 以外の補機群 1 1 とは、補機群 1 1 に含まれる構成のうちブロワ 5 1 を除いたものであり、例えば、原燃料供給部 4 および加熱部 6 1 (図 1 参照) が含まれる。

[0060] これにより、起動運転時の停電の際に、補機群 1 1 への電力供給源の切り替えに少し時間を要し (例えば、数秒間を要し)、タイムラグが発生する場合であっても、補機群 1 1 に安定して電力を供給することができる。換言すれば、起動運転時の停電発生の際に、補機群 1 1 への電力の供給源を電力系統 9 1 から複数の燃料電池 2 3 に安定して切り替えることができる。また、補機群 1 1 の中で電力消費量が比較的大きいブロワ 5 1 を停止してガスポンベ 5 2 で代替することにより、補機群 1 1 に一時的に電力を供給する無停電電源装置 5 3 の容量 (すなわち、定格出力) を小さくすることができる。

[0061] なお、上述の補機群 1 1 への電力供給源の切り替えの間に排ガス燃焼部 7 3 (図 1 参照) の温度が上昇した場合、必要に応じて、ガスポンベ 5 2 から冷却用配管 7 5 1 を介して排ガス燃焼部 7 3 に略常温の空気が供給されることにより、排ガス燃焼部 7 3 の温度が所定の上限温度以下に維持されてもよい。この場合、ガスポンベ 5 2 も冷却部 7 5 に含まれる。

[0062] 上述のように、燃料電池システム 1, 1 a では、起動運転時に電力系統 9 1 において停電が発生した際に、複数の燃料電池 2 3 から補機群 1 1 に電力が供給されるが、補機群 1 1 に加えて施設の重要設備 9 2 にも複数の燃料電池 2 3 から電力が供給されてもよい。ただし、重要設備 9 2 の駆動に必要な重要設備駆動電力は、施設毎に異なり、また、1 つの施設であっても、季節

、曜日および時間帯等によって異なる場合がある。このため、燃料電池システム 1, 1 a が設置される施設の重要設備駆動電力が予め取得され、燃料電池システム 1, 1 a の起動制御部 8 に記憶される。重要設備駆動電力が季節、曜日および時間帯等によって異なる施設では、季節、曜日および時間帯等毎の重要設備駆動電力が取得され、起動制御部 8 に記憶される。あるいは、重要設備駆動電力を継続的に測定するセンサ等が施設に設けられ、停電発生に備えて重要設備駆動電力を予め継続的に取得し、重要設備駆動電力の測定値を起動制御部 8 に記憶させておいてもよい。

[0063] 燃料電池システム 1, 1 a の起動運転時に電力系統 9 1 において停電が発生した際には、負荷取り中の燃料電池 2 3 からの出力と、補機駆動電力および重要設備駆動電力の合計とが比較される。そして、複数の燃料電池 2 3 からの出力が、補機駆動電力と重要設備駆動電力との合計以上である場合、起動制御部 8 による制御により、燃料電池 2 3 から補機群 1 1 および重要設備 9 2 に電力が供給される。これにより、電力系統 9 1 の停電時においても、起動運転中の燃料電池システム 1, 1 a、および、施設の重要設備 9 2 が停止することを抑制することができる。換言すれば、燃料電池システム 1, 1 a および重要設備 9 2 の自立運転を行うことができる。

[0064] また、燃料電池 2 3 からの出力が、補機駆動電力と重要設備駆動電力との合計よりも大きい場合、電力系統 9 1 が停電している間、原燃料供給部 4 からの原燃料の供給量は、補機駆動電力と重要設備駆動電力との合計に対応する原燃料の供給量とおおよそ等しくなるまで減少される。この場合、電力系統 9 1 の停電中における重要設備駆動電力の変動を考慮し、原燃料供給部 4 からの原燃料の供給量は、補機駆動電力と重要設備駆動電力との合計に対応する原燃料の供給量の約 105% とされることが好ましい。なお、電力系統 9 1 の停電中に重要設備駆動電力が大きく増大した場合、複数の燃料電池 2 3 から補機群 1 1 への電力供給は維持された状態で、複数の燃料電池 2 3 から重要設備 9 2 への電力供給が停止される。

[0065] 一方、燃料電池 2 3 からの出力が、補機駆動電力と重要設備駆動電力との

合計未満である場合、起動制御部 8 による制御により、複数の燃料電池 2 3 から重要設備 9 2 には電力は供給されず、補機群 1 1 に電力が供給される。これにより、電力系統 9 1 の停電時においても、起動運転中の燃料電池システム 1, 1 a が停止することを抑制することができる。また、燃料電池システム 1, 1 a では、電力系統 9 1 の停電時における自立運転の対象に、施設の重要設備 9 2 を含める否かを自動的に判断することができる。

[0066] 上述の例では、燃料電池システム 1, 1 a の起動運転における原燃料の初期供給量は、補機駆動電力に対応する原燃料の供給量である第 1 供給量に等しいが、初期供給量は第 1 供給量以上であれば様々に変更されてよい。例えば、初期供給量は、補機駆動電力と重要設備駆動電力との合計に対応する原燃料の供給量である第 2 供給量以上であってもよい。

[0067] 一方で、燃料電池システム 1, 1 a の起動運転における原燃料の供給開始時には、上述のように、燃料電池 2 3 で発電が行われていないため、初期供給量にて供給された原燃料から生成される燃料ガスのおよそ全量が、未利用燃料ガスとして排ガス燃焼部 7 3 へと送出される可能性がある。したがって、排ガス燃焼部 7 3 の温度を所定の上限温度以下に維持するためには、原燃料供給部 4 から供給される原燃料の初期供給量が、排ガス燃焼部 7 3 にて燃焼可能な未利用燃料ガスの上限量に対応する原燃料の供給量以下とされることが好ましい。換言すれば、初期供給量にて供給される原燃料から生成される燃料ガスの量が、排ガス燃焼部 7 3 にて燃焼可能な未利用燃料ガスの上限量以下とされることが好ましい。

[0068] 燃料電池システム 1, 1 a では、上記と同様に、燃料電池システム 1, 1 a が設置される施設の重要設備駆動電力が予め取得され、燃料電池システム 1, 1 a の起動制御部 8 に記憶される。そして、上述の第 2 供給量が、排ガス燃焼部 7 3 にて燃焼可能な未利用燃料ガスの上限量に対応する供給量以下である場合、原燃料供給部 4 から供給される原燃料の初期供給量が、起動制御部 8 により、第 2 供給量以上かつ当該上限量に対応する供給量以下の範囲で決定される。また、第 2 供給量が当該上限量に対応する供給量よりも大き

い場合、起動制御部 8 により、初期供給量が第 1 供給量以上かつ当該上限量に対応する供給量以下の範囲で決定される。これにより、燃料電池システム 1, 1 a の起動運転の際に、電力系統 9 1 の停電発生時における自立運転の対象となる構成をできるだけ多くしつつ、排ガス燃焼部 7 3 が過剰な高温となって停止することを抑制することができる。

- [0069] 上述の燃料電池システム 1, 1 a では、様々な変更が可能である。
- [0070] 燃料電池システム 1, 1 a は、必ずしも複数の燃料電池 2 3 を備える必要はなく、ハウジング 2 1 内に收容される燃料電池 2 3 は 1 つであってもよい。
- [0071] 燃料電池システム 1, 1 a の起動運転では、原燃料が初期供給量以外の設定供給量にて供給されている間も、起動制御部 8 が、上記と同様に、温度測定部 7 4 からの出力に基づいて冷却部 7 5 を制御することにより、排ガス燃焼部 7 3 の温度が所定の上限温度以下に維持されてもよい。これにより、燃料電池システム 1, 1 a の起動運転の際に、排ガス燃焼部 7 3 が過剰な高温となって停止することを抑制することができる。
- [0072] 冷却部 7 5 は、排ガス燃焼部 7 3 の冷却に、必ずしもブロウ 5 1 から送出された空気を利用する必要はない。冷却部 7 5 は、例えば、水または水蒸気を利用して排ガス燃焼部 7 3 を冷却してもよい。
- [0073] 加熱部 6 1 は、原燃料供給源 4 1 およびブロウ 5 1 とは異なる他の原燃料供給源および他のブロウに接続されてもよい。この場合、他の原燃料供給源から加熱部 6 1 に供給される原燃料は、原燃料供給源 4 1 から改質器 2 2 に供給される原燃料とは異なる種類のものであってもよい。加熱部 6 1 は必ずしもガスバーナである必要はなく、例えば、触媒燃焼器または電気ヒータが加熱部 6 1 として利用されてもよい。
- [0074] 燃料電池システム 1, 1 a では、負極排ガス中に含まれる水蒸気を、凝縮部 3 3 にて水として取り出した上で、水供給部 3 1 を介して水蒸気生成部 3 2 に供給しているが、水蒸気を含む当該負極排ガスの一部が、ガス状のまま改質器 2 2 へと供給されてもよい。この場合であっても、定常運転時の水自

立運転の実現が可能である。

[0075] 燃料電池システム 1, 1 a では、定常運転の際に、必ずしも熱自立運転が行われる必要はなく、加熱部 6 1 からハウジング 2 1 の内部空間 2 1 0 に昇温ガスが継続的に供給されてもよい。また、燃料電池システム 1, 1 a では、定常運転の際に、必ずしも水自立運転は行われる必要はなく、例えば、凝縮部 3 3 から水貯溜部 3 1 1 へと送られる水に加えて、装置外部から水貯溜部 3 1 1 へと供給される水が、水蒸気生成部 3 2 に継続的に供給されてもよい。

[0076] 上記実施の形態および各変形例における構成は、相互に矛盾しない限り適宜組み合わせられてよい。

[0077] 発明を詳細に描写して説明したが、既述の説明は例示的であって限定的なものではない。したがって、本発明の範囲を逸脱しない限り、多数の変形や態様が可能であるといえる。

## 符号の説明

- [0078] 1, 1 a 燃料電池システム
- 4 原燃料供給部
  - 8 起動制御部
  - 1 1 補機群
  - 2 1 ハウジング
  - 2 2 改質器
  - 2 3 燃料電池
  - 5 1 ブロワ
  - 5 2 ガスポンペ
  - 5 3 無停電電源装置
  - 6 1 加熱部
  - 7 3 排ガス燃焼部
  - 7 4 温度測定部
  - 7 5 冷却部

- 9 1 電力系統
- 9 2 重要設備
- 7 5 1 冷却用配管
- 7 5 2 流量調節部
- S 1 1, S 1 2 ステップ

## 請求の範囲

### [請求項1]

燃料電池システムであって、  
原燃料を改質して燃料ガスを生成する改質器と、  
前記燃料ガスおよび酸化剤ガスを用いて発電を行う固体酸化物形の燃料電池と、  
内部空間に前記改質器および前記燃料電池を収容するハウジングと、  
、  
前記改質器に前記原燃料を供給する原燃料供給部と、  
前記燃料電池に前記酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給部と、  
前記燃料電池から未利用の状態にて排出される未利用燃料ガスを燃焼させる排ガス燃焼部と、  
前記原燃料供給部を制御し、前記燃料電池の出力が定常運転出力に到達するまでの起動運転の際に、前記原燃料供給部からの前記原燃料の供給量を段階的に増大させる起動制御部と、  
前記起動運転の際に前記ハウジングの内部を加熱する加熱部と、  
を備え、  
前記起動運転時における前記原燃料供給部からの前記原燃料の供給量について、前記定常運転出力に対応する定常供給量以下の範囲で、複数の設定供給量が予め段階的に設定されており、  
前記起動制御部が前記原燃料供給部を制御することにより、前記原燃料供給部からの前記原燃料の供給量を、前記複数の設定供給量のうち小さい方から順に一の設定供給量に維持し、前記燃料電池からの出力が前記一の設定供給量に対応する設定出力に到達した後、前記一の設定供給量の次に大きい設定供給量へと増大することを繰り返し、  
前記複数の設定供給量のうち最小の設定供給量である初期供給量が、前記原燃料供給部と前記酸化剤ガス供給部と前記加熱部とを含む補機群の駆動に必要な補機駆動電力に対応する前記原燃料の供給量である第1供給量以上であり、

前記起動運転の際、前記燃料電池システムが設置される施設の電力系統から前記補機群に電力が供給され、

前記起動運転時に前記電力系統において停電が発生した場合、前記起動制御部による制御により、前記燃料電池から前記補機群に電力が供給される。

[請求項2]

請求項1に記載の燃料電池システムであって、  
前記酸化剤ガスを貯溜するガスボンベと、  
無停電電源装置と、  
をさらに備え、

前記起動運転時の停電発生の際に、前記補機群への電力の供給源が前記電力系統から前記燃料電池へと切り替えられる間、前記酸化剤ガス供給部が停止されて前記ガスボンベから前記燃料電池に前記酸化剤ガスが供給され、前記無停電電源装置から前記酸化剤ガス供給部以外の前記補機群に電力が供給される。

[請求項3]

請求項1または2に記載の燃料電池システムであって、  
前記燃料電池システムが設置される前記施設の重要設備の駆動に必要な重要設備駆動電力が予め取得され、  
前記起動運転時に前記電力系統において停電が発生した際に、前記燃料電池からの出力が前記補機駆動電力と前記重要設備駆動電力との合計以上である場合、前記起動制御部による制御により、前記燃料電池から前記補機群および前記重要設備に電力が供給される。

[請求項4]

請求項1ないし3のいずれかに記載の燃料電池システムであって、  
前記燃料電池システムが設置される前記施設の重要設備の駆動に必要な重要設備駆動電力が予め取得され、  
前記補機駆動電力と前記重要設備駆動電力との合計に対応する前記原燃料の供給量である第2供給量が、前記排ガス燃焼部にて燃焼可能な前記未利用燃料ガスの上限量に対応する供給量以下である場合、前記初期供給量が前記第2供給量以上かつ前記上限量に対応する供給量

以下とされ、

前記第2供給量が前記上限量に対応する供給量よりも大きい場合、前記初期供給量が前記第1供給量以上かつ前記上限量に対応する供給量以下とされる。

[請求項5]

請求項1ないし4のいずれかに記載の燃料電池システムであって、前記排ガス燃焼部の温度を測定する温度測定部と、前記排ガス燃焼部を冷却する冷却部と、

をさらに備え、

前記起動運転において前記原燃料が前記初期供給量にて供給されている間、前記起動制御部が、前記温度測定部からの出力に基づいて前記冷却部を制御することにより、前記排ガス燃焼部の温度を所定の上限温度以下に維持する。

[請求項6]

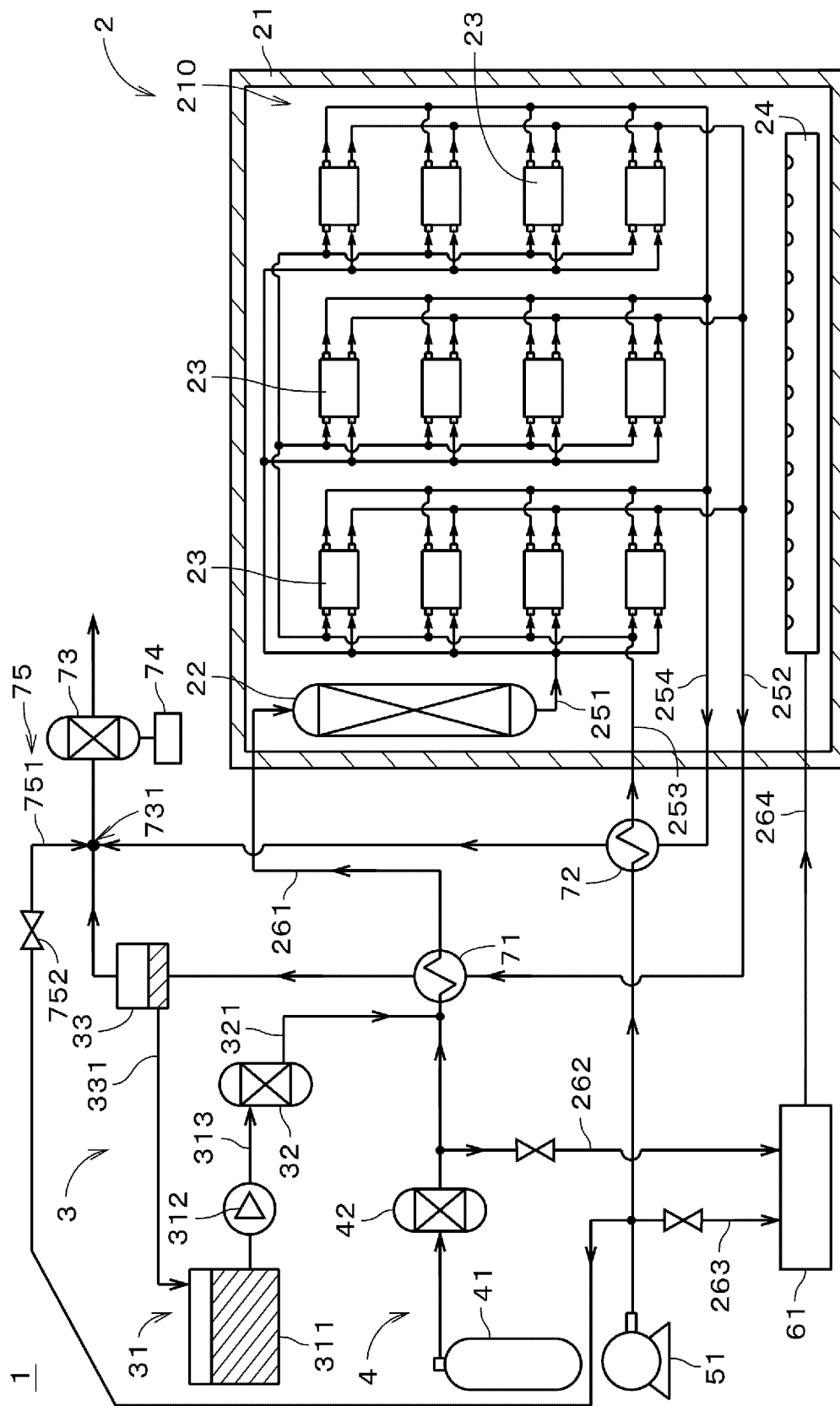
請求項5に記載の燃料電池システムであって、前記冷却部が、

前記酸化剤ガス供給部から送出された前記酸化剤ガスを前記排ガス燃焼部へと導く冷却用配管と、

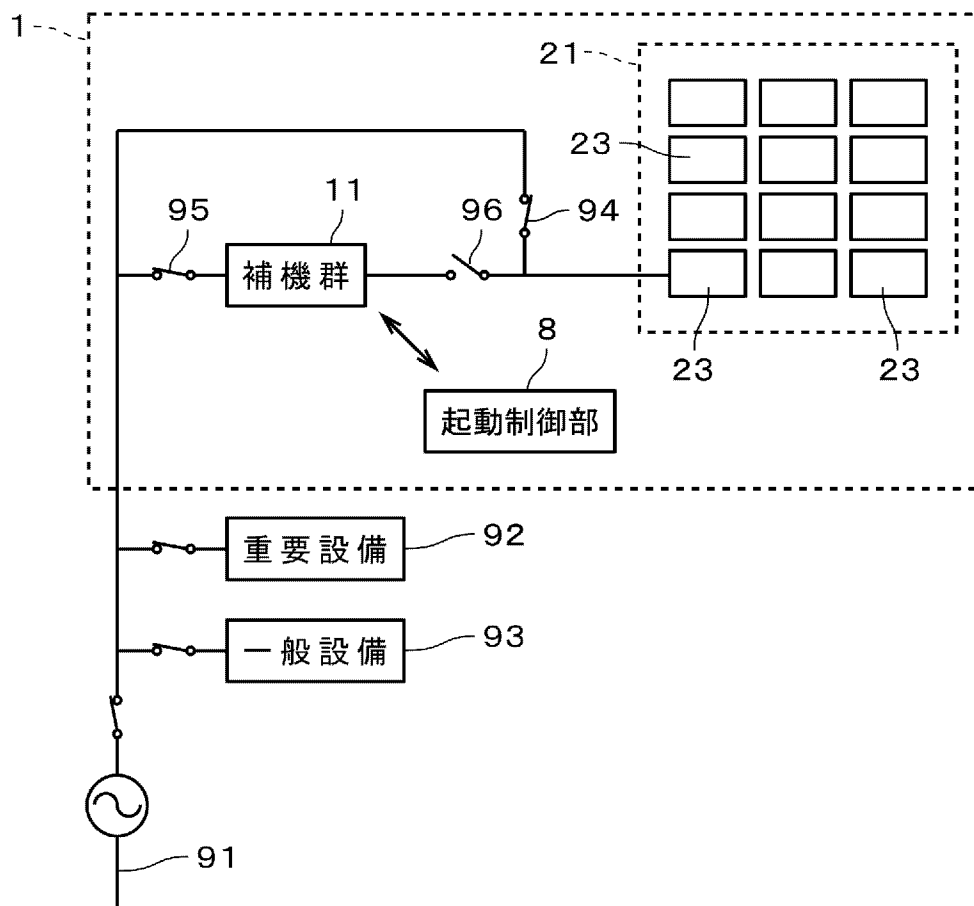
前記冷却用配管上に設けられて前記酸化剤ガスの流量を調節する流量調節部と、

を備える。

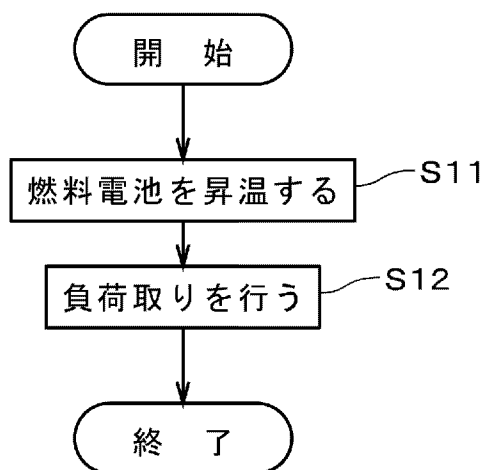
[図1]



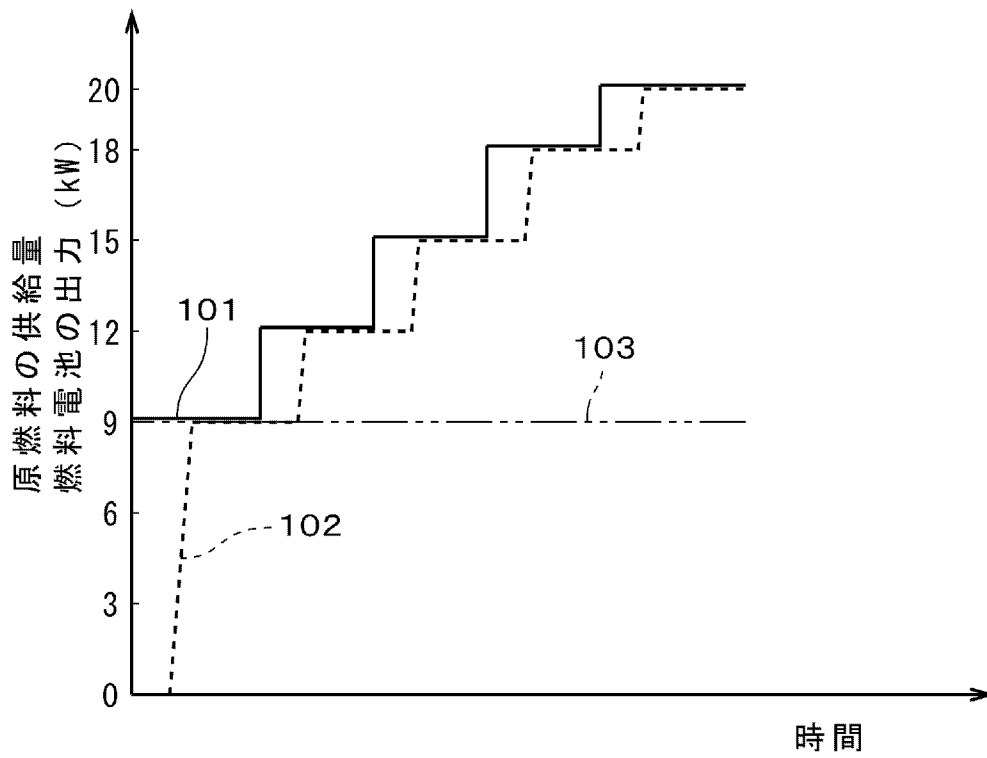
[図2]



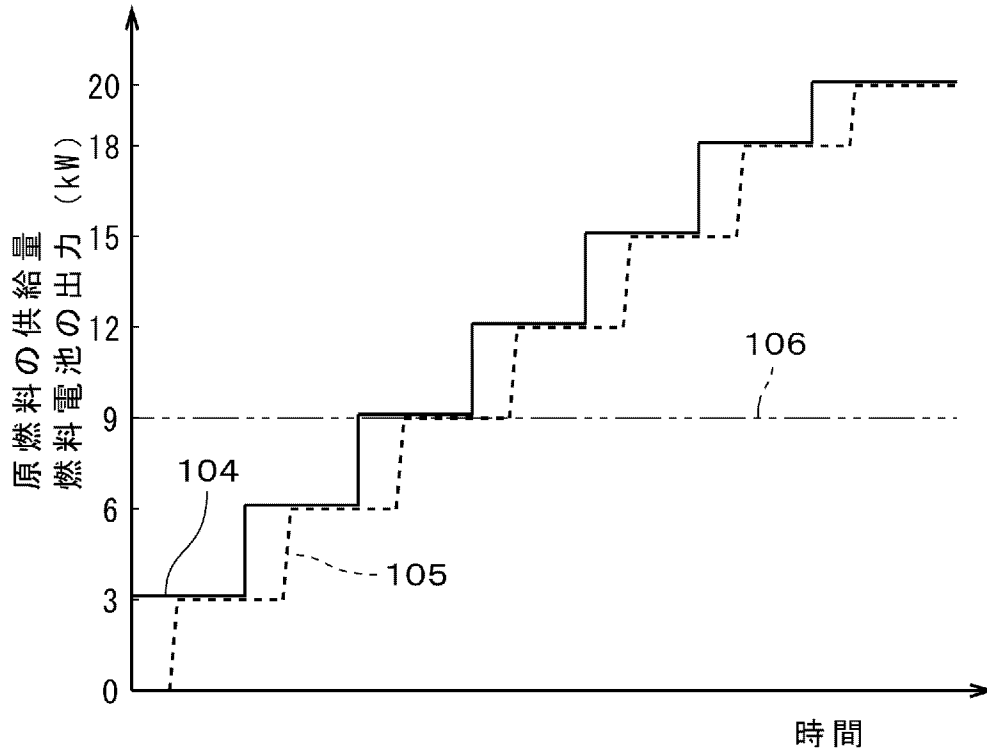
[図3]



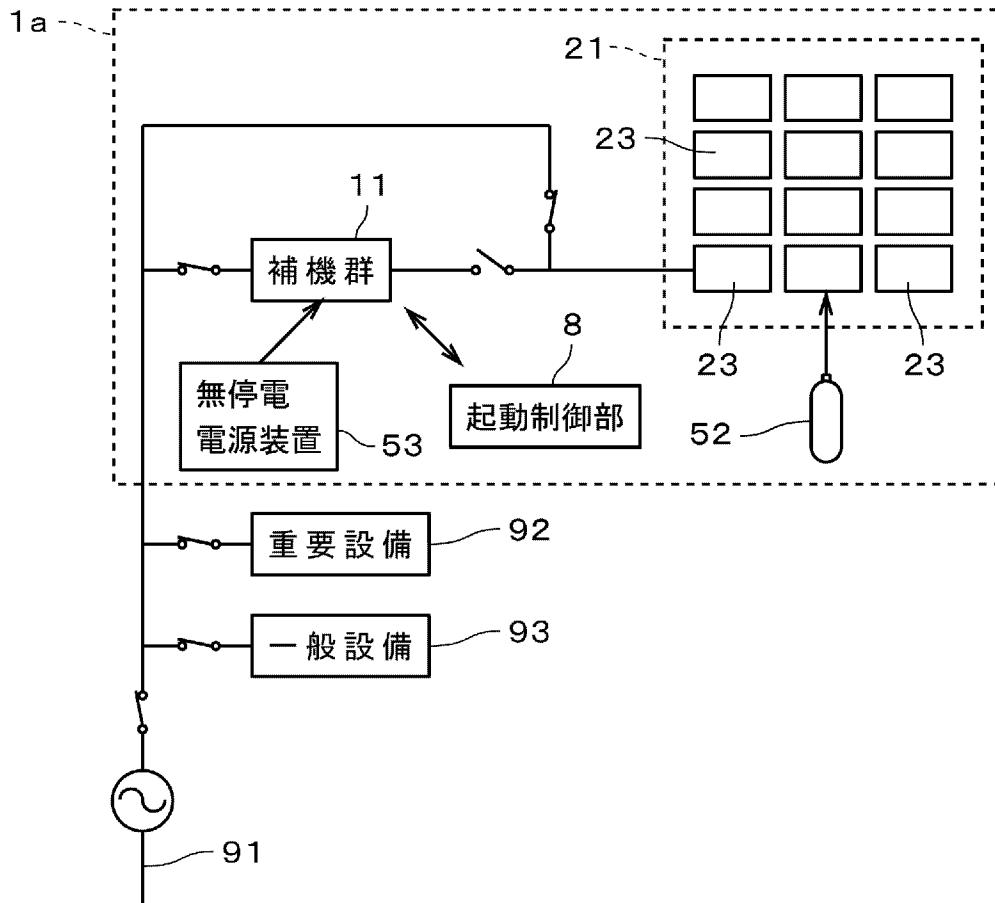
[図4]



[図5]



[図6]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2017/020085

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
H01M8/04(2016.01)i, H01M8/04858(2016.01)i, H01M8/12(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, 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.
Y	JP 2016-46982 A (Noritz Corp.), 04 April 2016 (04.04.2016), paragraphs [0018] to [0020], [0038] to [0044]; fig. 1 (Family: none)	1-6
Y	JP 2008-218276 A (Mitsubishi Materials Corp.), 18 September 2008 (18.09.2008), paragraph [0008] (Family: none)	1-6
Y	JP 11-106204 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 20 April 1999 (20.04.1999), paragraphs [0034] to [0035] (Family: none)	1-6

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

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

Date of the actual completion of the international search 30 June 2017 (30.06.17)	Date of mailing of the international search report 18 July 2017 (18.07.17)
--	---

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/JP2017/020085

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 2011-204600 A (Mitsubishi Materials Corp.), 13 October 2011 (13.10.2011), paragraph [0040] (Family: none)	2-6
Y	JP 2004-71312 A (Tokyo Gas Co., Ltd.), 04 March 2004 (04.03.2004), paragraph [0030] (Family: none)	5-6

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, 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, 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
Y	JP 2016-46982 A（株式会社ノーリツ）2016.04.04, 段落[0018]-[0020], [0038]-[0044], 図1（ファミリーなし）	1-6
Y	JP 2008-218276 A（三菱マテリアル株式会社）2008.09.18, 段落[0008]（ファミリーなし）	1-6
Y	JP 11-106204 A（三洋電機株式会社）1999.04.20, 段落[0034]-[0035]（ファミリーなし）	1-6

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 30.06.2017	国際調査報告の発送日 18.07.2017
--------------------------	--------------------------

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） 大内 俊彦 電話番号 03-3581-1101 内線 3316	3H	9824
--	---	----	------

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	JP 2011-204600 A (三菱マテリアル株式会社) 2011.10.13, 段落 [0040] (ファミリーなし)	2 - 6
Y	JP 2004-71312 A (東京瓦斯株式会社) 2004.03.04, 段落[0030] (フ ァミリーなし)	5 - 6