

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-121483

(P2008-121483A)

(43) 公開日 平成20年5月29日(2008.5.29)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>FO1K 23/10 (2006.01)</b>	FO1K 23/10	W 3G081
<b>F24J 2/42 (2006.01)</b>	F24J 2/42	A
<b>FO1K 27/02 (2006.01)</b>	FO1K 27/02	F
<b>FO2C 6/18 (2006.01)</b>	FO1K 27/02	Z
<b>FO3G 6/06 (2006.01)</b>	FO2C 6/18	B

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-304766 (P2006-304766)  
 (22) 出願日 平成18年11月10日 (2006.11.10)

(71) 出願人 000000974  
 川崎重工工業株式会社  
 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号  
 (74) 代理人 100065868  
 弁理士 角田 嘉宏  
 (74) 代理人 100106242  
 弁理士 古川 安航  
 (74) 代理人 100110951  
 弁理士 西谷 俊男  
 (74) 代理人 100114834  
 弁理士 幅 慶司  
 (74) 代理人 100127982  
 弁理士 中尾 優

最終頁に続く

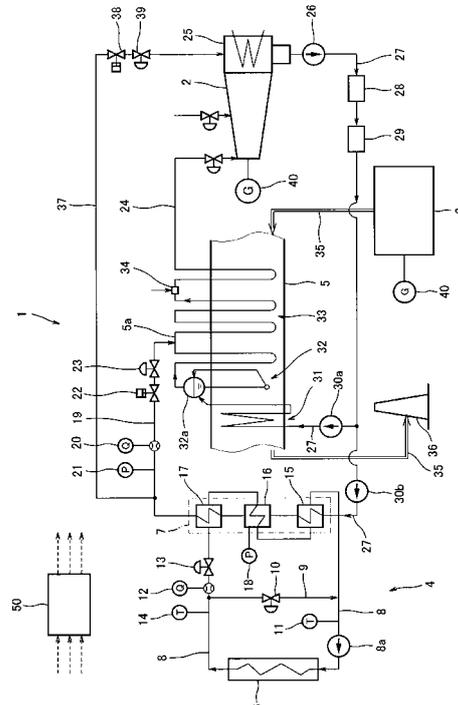
(54) 【発明の名称】 熱媒体供給設備および太陽熱複合発電設備並びにこれらの制御方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 熱媒体が継時的に温度変動を生じたとしても、この変動による熱交換器への熱的な悪影響を防止することができる熱媒体供給設備を提供する。

【解決手段】 太陽光によって液状熱媒体を加熱する加熱設備6と、この加熱設備6から供給された熱媒体によって給水を加熱する熱交換器7と、前記加熱設備6および熱交換器7に熱媒体を循環させるための熱媒体供給配管8と、熱媒体供給配管8における、加熱設備6の出口と熱交換器7の入口との間に設置された、熱媒体温度検出装置14および熱媒体流量検出装置12および熱媒体流量調整弁13と、前記熱媒体温度検出装置14および熱媒体流量検出装置12の検出結果から供給熱エネルギーを算出し、この供給エネルギー値に基づいて、前記熱媒体流量調整弁13の動作を制御することができる制御装置50とを備えている。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

太陽光によって熱媒体を加熱する加熱設備と、  
該加熱設備から供給された熱媒体によって給水を加熱する熱交換器と、  
前記加熱設備および熱交換器に熱媒体を循環させるための熱媒体供給通路と、  
該熱媒体供給通路における、加熱設備の出口と熱交換器の入口との間に設置された、第一熱媒体温度検出装置および熱媒体流量検出装置および第一熱媒体流量調整装置と、  
前記第一熱媒体温度検出装置および熱媒体流量検出装置の検出結果に基づいて前記第一熱媒体流量調整装置の動作を制御することができる制御装置とを備えてなる熱媒体供給設備。

10

**【請求項 2】**

前記熱媒体供給通路に配設された、熱交換器をバイパスして加熱設備に熱媒体を循環させるバイパス通路と、  
該バイパス通路に設置された第二熱媒体流量調整装置と、  
前記熱媒体供給通路における加熱設備の入口側部分に設置された、第二熱媒体温度検出装置とをさらに備えてなる請求項 1 記載の熱媒体供給設備。

**【請求項 3】**

前記熱交換器が、給水を予熱するための予熱部と、予熱された給水を蒸発させるための蒸発部と、該蒸発部において発生した蒸気を加熱して過熱蒸気とするための過熱部とを備えており、

20

前記蒸発部に、発生蒸気の圧力を検出するための圧力検出装置が設置されてなる請求項 1 または 2 記載の熱媒体供給設備。

**【請求項 4】**

蒸気タービンと、  
ガスタービンと、  
ガスタービンの排熱を利用して蒸気を発生させ、該蒸気を蒸気タービンに供給する排熱回収ボイラと、

該蒸気タービンに供給する蒸気を発生させるための熱交換器を有し、収集した太陽熱エネルギーにより該熱交換器において水を加熱するための熱媒体を供給する熱媒体供給設備と、

30

前記熱交換器から前記排熱回収ボイラの蒸気管に接続された、排熱回収ボイラに蒸気を供給するための蒸気供給通路と、

該蒸気供給通路に設置された蒸気流量検出装置および第一蒸気流量調節装置と、  
前記蒸気流量検出装置の検出結果にも基づき、第一蒸気流量調節装置によって蒸気供給通路の蒸気流量を制御することができる制御装置とを備えてなる太陽熱複合発電設備。

**【請求項 5】**

前記蒸気供給通路に設置された蒸気圧力検出装置と、蒸気供給通路における前記蒸気圧力検出装置の上流側から分岐して前記蒸気タービンの出口側に接続されたタービンバイパス通路と、該タービンバイパス通路に設置された第二蒸気流量調節装置とをさらに備えてなる請求項 4 記載の太陽熱複合発電設備。

40

**【請求項 6】**

前記排熱回収ボイラが、給水を予熱するための予熱部と、予熱された給水を蒸発させるための蒸発部と、該蒸発部において発生した蒸気を加熱して過熱蒸気とするための過熱部とを備えており、

前記蒸気供給通路が、排熱回収ボイラの過熱部に接続されてなる請求項 4 または 5 記載の太陽熱複合発電設備。

**【請求項 7】**

前記熱媒体供給設備が、請求項 1 ~ 3 のうちいずれか一の項に記載の熱媒体供給設備から構成されてなる請求項 4 ~ 6 のうちいずれか一の項に記載の太陽熱複合発電設備。

**【請求項 8】**

50

加熱設備において太陽熱エネルギーを吸収した熱媒体が熱交換器において給水に熱エネルギーを供給することによって蒸気を発生させる熱媒体供給設備における、熱媒体の流量を制御する方法であって、

熱交換器に供給される熱媒体の温度と流量とから、熱媒体が熱交換器に供給する熱エネルギーを継時的に導き出す供給エネルギー導出ステップと、

この供給エネルギーの時間的増加率が所定値を超えないように熱交換器に供給する熱媒体の流量を調整する熱媒体流量調整ステップとを含んでなる、熱媒体供給設備における熱媒体流量の制御方法。

【請求項 9】

前記熱媒体供給設備が、請求項 1 ~ 3 のうちいずれか一の項に記載の熱媒体供給設備から構成されており、

前記供給エネルギー導出ステップにおいて、前記制御装置が、第一熱媒体温度検出装置および熱媒体流量検出装置の検出結果に基づいて、熱媒体が熱交換器に供給する熱エネルギーを継時的に導き出し、

前記熱媒体流量調整ステップにおいて、制御装置が、供給エネルギーの時間的増加率が所定値を超えないように前記第一熱媒体流量調整装置の動作を制御する、請求項 8 記載の熱媒体流量の制御方法。

【請求項 10】

熱交換器において発生する蒸気の飽和温度を導出する飽和蒸気温度導出ステップをさらに含んでおり、

前記熱媒体流量調整ステップにおいて、熱交換器に供給される熱媒体の温度が予め定められた供給開始温度を超えているときに熱交換器へ熱媒体を供給し、熱媒体の温度が上昇するに伴い、供給エネルギーの時間的増加率が所定値を超えない範囲で、熱交換器に供給される熱媒体の流量を増大する、請求項 8 記載の熱媒体流量の制御方法。

【請求項 11】

前記熱媒体供給設備が、請求項 3 に記載の熱媒体供給設備から構成されており、

前記飽和蒸気温度導出ステップにおいて、制御装置が、熱交換器の蒸発部に設置された圧力検出装置の検出結果である蒸気圧力から、蒸発部内の蒸気の飽和温度を導出し、

前記熱媒体流量調整ステップにおいて、前記熱媒体の温度は前記第一熱媒体温度検出装置によって検出し、前記供給開始温度は飽和蒸気温度に予め定められた超過温度を加えたものであり、

熱交換器への熱媒体の供給の開始、および、熱媒体の流量の増大は、制御装置が、前記第一熱媒体流量調整装置の動作を制御することによって行う、請求項 10 記載の熱媒体流量の制御方法。

【請求項 12】

前記熱媒体供給設備が、請求項 2 に記載の熱媒体供給設備から構成されており、

前記第二熱媒体温度検出装置の検出結果である加熱設備へ戻る熱媒体の温度が、予め定められた温度を下回らないように、前記制御装置が、第二熱媒体流量調整装置を制御することによって加熱設備から出た熱媒体の少なくとも一部をバイパス通路を通して加熱設備へ戻る熱媒体に加える、請求項 9 記載の熱媒体流量の制御方法。

【請求項 13】

請求項 4 ~ 7 のうちいずれか一の項に記載の太陽熱複合発電設備における、蒸気供給流量の制御方法であって、

熱交換器から排熱回収ボイラに供給される蒸気の流量を継時的に検出する蒸気流量検出ステップと、

この蒸気流量の時間的増加率が所定値を超えないように、熱交換器から排熱回収ボイラに供給される蒸気流量を調整する蒸気流量調整ステップとを含んでなる、太陽熱複合発電設備における蒸気流量の制御方法。

【請求項 14】

前記太陽熱複合発電設備が請求項 5 記載の太陽熱複合発電設備から構成されており、

10

20

30

40

50

前記蒸気圧力検出装置の検出した蒸気圧力が所定値を超えないように、制御装置が第二蒸気流量調整装置の動作を制御する、請求項 13 記載の蒸気流量の制御方法。

【請求項 15】

請求項 7 記載の太陽熱複合発電設備における熱媒体流量および蒸気流量の制御方法であって、

請求項 8 ~ 12 のうちいずれか一の項に記載の熱媒体流量の制御方法と、請求項 13 または 14 記載の蒸気流量の制御方法とを含んでなる流量制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は熱媒体供給設備および太陽熱複合発電設備、ならびに、これら設備における流体の制御方法に関する。さらに詳しくは、太陽熱エネルギーを収集した熱媒体によって発生させられた蒸気、および、排熱回収ボイラによって発生した蒸気により、蒸気タービンを駆動して発電する太陽熱発電設備、および、この発電設備を含む種々の蒸気使用設備に供給すべき蒸気を発生させるための熱媒体供給設備、ならびに、これらの設備における熱媒体や蒸気の流量制御に関する。

【背景技術】

【0002】

20

図 4 に示す従来の太陽熱発電設備 101 においては、太陽光を集光式集熱装置（以下、単に集熱装置と呼ぶ）102 で集めてこれを熱エネルギーとして熱媒体に吸収させ、この熱媒体を熱交換器 103 に導き、熱媒体の熱によって蒸気を発生させる。熱交換器 103 で発生した飽和蒸気は過熱器（スーパーヒータ）104 によって過熱される。そして、この過熱蒸気によって蒸気タービン 105 を駆動して発電している。図中の符号 106 は発電機であり、符号 107 は復水器である。

【0003】

30

太陽光の集光方式は大別して集中式と分散式とがあり、設置地域の諸条件や使用目的によって選択されるが、多くの場合分散式が採用されている。分散式集熱装置 102 としてはパラボリックトラフ（放物線断面の樋）型の反射板 102a が多用されている。この反射板 102a は X - Y 平面上の放物線で示される断面を有する樋型に形成され、入射してくる太陽光を反射してその焦点に集める。一方、この焦点位置を通して Z 軸に沿って延びる熱吸収パイプ 108 内に熱媒体を流して太陽熱を集熱回収する。この熱媒体は、熱吸収パイプ 108 およびこれに接続された熱媒体供給配管 109 を通して熱交換器と集熱装置とに循環させる。熱媒体としては特殊な作動油が用いられることが多い。熱媒体は、たとえば、太陽熱を吸収して高温状態（395℃程度）となり、熱交換器 103 において熱を放出して蒸気を発生することにより低温状態（295℃程度）となり、再び集熱装置 102 に向かう。符号 110 は熱貯蔵設備である。

【0004】

40

しかしながら、図 5 に示される一日の太陽エネルギー密度の変化からも理解できるように、この太陽熱発電設備 101 は日の出から日の入りまでの時間帯においてのみ稼働が可能であり、夜間は運転が停止され、翌朝に再起動される。図 5 は北部アフリカのある地点における一日の太陽エネルギー密度の変化を示している。代表的に 7 月の平均エネルギー密度と 12 月の平均エネルギー密度とを示しているが、他の月の平均エネルギー密度の変化を示す曲線はほぼこの二本の曲線間に入るであろう。このように、集熱装置 102 に到達する太陽エネルギーの強度は一日のうちでゼロレベルから最大レベルまで変化する。したがって、発電を一日中継続することはできない。

【0005】

50

この問題を解消するために、前記太陽熱による蒸気タービン発電にガスタービン発電を組み合わせた太陽熱複合発電方式が提案されている（たとえば、特許文献 1 および特許文献 2）。これらの複合発電設備は、太陽熱を利用することができない夜間や曇天の日であっても、ガスタービンによる発電と、排熱回収ボイラの蒸気を利用した蒸気タービンによ

る発電とを行おうというものである。こうすることによって昼夜発電の継続が期待できる。この複合発電設備の集熱装置においては、特別な熱媒体や熱交換器を用いずに直接水から飽和蒸気を発生させて蒸気タービンに供給している。特許文献1の発電設備では、集熱装置で発生した飽和蒸気が、これを過熱するために高圧タービンから排出される蒸気と混合してから蒸気タービンに送っている。一方、特許文献2の発電設備では、飽和蒸気は、高圧タービンから排出される蒸気と混合した後に排熱回収ボイラの再熱器によって過熱してから蒸気タービンに送っている。

【0006】

ところが、その太陽熱発電設備が上記した複合発電設備か否かに拘わらず、避けがたい問題がある。それは、日中の地表における日照状態の継時的（経時的）な変動である。集熱装置における太陽から蒸気やその他の熱媒体への熱伝達はほとんど輻射によるものである。したがって、自然現象として地表における日照状態が変動すると、その変動に应答するように、太陽熱を吸収する蒸気やその他の熱媒体の温度も変動する。この変動の様子は自然発生的であるので、発生する時点も発生の程度も正確に予測することは困難である。その結果、図4の太陽熱発電設備では、熱交換器103に供給される熱媒体の温度等の条件が変動し、熱交換器103には熱応力が繰り返し負荷されることになる。また、特許文献1の太陽熱複合発電設備では、蒸気タービンに供給される蒸気の条件（温度、圧力、湿度、乾き度等）が変動し、蒸気タービンに種々の問題が生じる虞がある。特許文献2の太陽熱複合発電設備では、排熱回収ボイラ等に供給される蒸気の条件が変動し、排熱回収ボイラに熱応力が繰り返し負荷されることになる。

10

20

【0007】

前述した日照状態の変動は、たとえば雲や砂嵐等が原因となり、その結果集熱量が急減する。さらに、風によって前記反射板が撓んだときには前記熱吸収パイプに対して十分な太陽光を集中させることができない。このことも熱媒体等の温度低下の原因となる。

【特許文献1】欧州特許出願公開公報 第0750730号公報

【特許文献2】欧州特許出願公開公報 第0526816号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は前述した課題を解決するためになされたものであり、たとえば太陽熱発電設備において供給される熱媒体が温度変動を生じたとしても、そのときの急激な温度上昇による熱交換器への影響を緩和することができる熱媒体供給設備、および、その熱媒体流量の制御方法を提供することを目的とする。さらに、上記熱媒体の温度変動に起因して供給蒸気流量が変動したとしても、その影響を緩和することができる太陽熱複合発電設備、および、その蒸気流量の制御方法を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記目的のために本発明の熱媒体供給設備は、  
太陽光によって熱媒体を加熱する加熱設備と、  
この加熱設備から供給された熱媒体によって給水を加熱する熱交換器と、  
前記加熱設備および熱交換器に熱媒体を循環させるための熱媒体供給通路と、  
この熱媒体供給通路における、加熱設備の出口と熱交換器の入口との間に設置された、  
第一熱媒体温度検出装置および熱媒体流量検出装置および第一熱媒体流量調整装置と、  
前記第一熱媒体温度検出装置および熱媒体流量検出装置の検出結果に基づいて前記第一熱媒体流量調整装置の動作を制御することができる制御装置とを備えている。

40

【0010】

かかる構成の熱媒体供給設備によれば、制御装置が熱媒体の温度と熱交換器への供給量とから供給熱エネルギーを算出することが可能となる。したがって、前記第一熱媒体流量調整装置の動作を制御することによって熱交換器への供給熱エネルギーを目標どおり制御することが可能となる。

50

## 【0011】

この熱媒体供給設備には、前記熱媒体供給通路に配設された、熱交換器をバイパスして加熱設備に熱媒体を循環させるバイパス通路と、このバイパス通路に設置された第二熱媒体流量調整装置と、前記熱媒体供給通路における加熱設備の入口側部分に設置された、第二熱媒体温度検出装置とをさらに備えることができる。このようにすれば、第二熱媒体温度検出装置によって加熱設備に戻される熱媒体の温度を検出することができるので、この検出された熱媒体の温度に応じて、加熱設備の入口側からバイパス通路を通して高温の熱媒体を混合させることにより熱媒体を適正な温度にしてから加熱設備に戻すことができる。

## 【0012】

前記熱交換器に、給水を予熱するための予熱部と、予熱された給水を蒸発させるための蒸発部と、この蒸発部において発生した蒸気を加熱して過熱蒸気とするための過熱部とを備え、前記蒸発部に、発生蒸気の圧力を検出するための圧力検出装置を設置することができる。かかる構成によれば、前記圧力検出装置によって検出される蒸発部の内圧である飽和蒸気圧力から蒸発部内部の飽和蒸気温度を知ることができるので、この熱交換器の過熱部に前記飽和蒸気温度よりも高い温度の熱媒体を供給して過熱蒸気を発生させることが容易となる。

## 【0013】

本発明の太陽熱複合発電設備は、  
蒸気タービンと、

ガスタービンと、  
ガスタービンの排熱を利用して蒸気を発生させ、この蒸気を蒸気タービンに供給する排熱回収ボイラと、

この蒸気タービンに供給する蒸気を発生させるための熱交換器を有し、収集した太陽熱エネルギーによりこの熱交換器において水を加熱するための熱媒体を供給する熱媒体供給設備と、

前記熱交換器から前記排熱回収ボイラの蒸気管に接続された、排熱回収ボイラに蒸気を供給するための蒸気供給通路と、

この蒸気供給通路に設置された蒸気流量検出装置および第一蒸気流量調節装置と、

前記蒸気流量検出装置の検出結果に基づき、第一蒸気流量調節装置によって蒸気供給通路の蒸気流量を制御することができる制御装置とを備えている。

## 【0014】

かかる構成の発電設備によれば、熱媒体の温度変動等に起因して熱交換器の蒸気発生量が増減したとしても、排熱回収ボイラへの供給蒸気流量を効果的に制御することが可能となる。

## 【0015】

この太陽熱複合発電設備には、前記蒸気供給通路に設置された蒸気圧力検出装置と、蒸気供給通路における前記蒸気圧力検出装置の上流側から分岐して前記蒸気タービンの出口側に接続されたタービンバイパス通路と、このタービンバイパス通路に設置された第二蒸気流量調節装置とをさらに備えることができる。かかる構成によれば、蒸気圧力検出装置によって蒸気供給通路の内圧を検出することができるので、たとえば前述の第一蒸気流量調節装置によって排熱回収ボイラへの供給蒸気流量を調整したときに蒸気供給通路の内圧が上昇しようとしても、第二蒸気流量調節装置の調整によって前記圧力上昇を回避することができる。

## 【0016】

前記排熱回収ボイラに、給水を予熱するための予熱部と、予熱された給水を蒸発させるための蒸発部と、この蒸発部において発生した蒸気を加熱して過熱蒸気とするための過熱部とを備え、前記蒸気供給通路を排熱回収ボイラの過熱部に接続することができる。このようにすれば、熱交換器からの蒸気によって、排熱回収ボイラの過熱部における過熱蒸気（一般的に前記熱交換器で発生した蒸気に比較して過熱度が高い）の過熱度を調整するこ

10

20

30

40

50

とが可能となる。その結果、排熱回収ボイラを熱バランス的に無理のない運転状態とすることが可能となる。

【0017】

以上の太陽熱複合発電設備において、その熱媒体供給設備を前述したうちいずれか一の熱媒体供給設備から構成するのが好ましい。

【0018】

本発明の熱媒体流量の制御方法は、加熱設備において太陽熱エネルギーを吸収した熱媒体が熱交換器において給水に熱エネルギーを供給することによって蒸気を発生させる熱媒体供給設備における、熱媒体の流量を制御する方法であって、

熱交換器に供給される熱媒体の温度と流量とから、熱媒体が熱交換器に供給する熱エネルギーを継時的に導き出す供給エネルギー導出ステップと、

この供給エネルギーの時間的増加率が所定値を超えないように熱交換器に供給する熱媒体の流量を調整する熱媒体流量調整ステップとを含んでいる。

【0019】

かかる熱媒体流量の制御方法であって、

前記熱媒体供給設備を前述したうちいずれか一の熱媒体供給設備から構成し、

前記供給エネルギー導出ステップにおいて、前記制御装置が、第一熱媒体温度検出装置および熱媒体流量検出装置の検出結果に基づいて、熱媒体が熱交換器に供給する熱エネルギーを継時的に導き出し、

前記熱媒体流量調整ステップにおいて、制御装置が、予め定められた前記供給エネルギーの許容増加率を超えないように前記第一熱媒体流量調整装置の動作を制御することができる。

【0020】

前記熱媒体流量の制御方法であって、

熱交換器において発生する蒸気の飽和温度を導出する飽和蒸気温度導出ステップをさらに含み、

前記熱媒体流量調整ステップにおいて、熱交換器に供給される熱媒体の温度が予め定められた供給開始温度を超えているときに熱交換器へ熱媒体を供給し、熱媒体の温度が上昇するに伴い、供給エネルギーの時間的増加率が所定値を超えない範囲で、熱交換器に供給される熱媒体の流量を増大することができる。

【0021】

前記熱媒体流量の制御方法であって、

前記熱媒体供給設備が、前述したように、予熱部と蒸発部と過熱部とを有する熱交換器を備えたものであるとき、

前記飽和蒸気温度導出ステップにおいて、制御装置が、熱交換器の蒸発部に設置された圧力検出装置の検出結果である蒸気圧力から、蒸発部内の蒸気の飽和温度を導出し、

前記熱媒体流量調整ステップにおいて、前記熱媒体の温度は前記第一熱媒体温度検出装置によって検出し、前記供給開始温度は飽和蒸気温度に予め定められた超過温度を加えたものであり、

熱交換器への熱媒体の供給の開始、および、熱媒体の流量の増大は、制御装置が、前記第一熱媒体流量調整装置の動作を制御することによって行うことができる。

【0022】

前記熱媒体流量の制御方法であって、

前記熱媒体供給設備が、前述したように、熱交換器をバイパスして加熱設備に熱媒体を循環させるバイパス通路を有したものであるとき、

前記第二熱媒体温度検出装置の検出結果である加熱設備へ戻る熱媒体の温度が、予め定められた温度を下回らないように、前記制御装置が、第二熱媒体流量調整装置を制御することによって加熱設備から出た熱媒体の少なくとも一部をバイパス通路を通して加熱設備へ戻る熱媒体に加えることができる。

【0023】

10

20

30

40

50

本発明の蒸気流量の制御方法は、

前述したうちいずれか一の太陽熱複合発電設備における、蒸気供給流量の制御方法であって、

熱交換器から排熱回収ボイラに供給される蒸気の流量を継時的に検出する蒸気流量検出ステップと、

この蒸気流量の時間的増加率が所定値を超えないように、熱交換器から排熱回収ボイラに供給される蒸気流量を調整する蒸気流量調整ステップとを含んでいる。

【0024】

前記蒸気流量の制御方法であって、

太陽熱複合発電設備が前述したタービンバイパス通路を有するものであるとき、前記蒸気圧力検出装置の検出した蒸気圧力が所定値を超えないように、制御装置が第二蒸気流量調整装置の動作を制御することができる。

【0025】

また、前述したいずれかの熱媒体流量の制御方法と、前述したいずれかの蒸気流量の制御方法とを組み合わせることもできる。

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、太陽熱発電設備におけるように、熱交換器へ供給される熱媒体が温度変動している場合でも、そのときの急激な温度上昇による熱交換器への熱的な影響を緩和することができる。また、熱媒体の温度変動に起因して供給蒸気流量が変動したとしても、太陽熱複合発電設備の廃熱ボイラへの影響を緩和することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

添付の図面を参照しながら、本発明にかかる太陽熱複合発電設備および熱媒体供給設備の実施形態、ならびに、熱媒体の流量制御方法および蒸気流量の制御方法の実施形態を説明する。

【0028】

図1には、天然ガス等の種々のガス体燃料や液体燃料を燃焼させて前記ガスタービン3を駆動することにより発電するガスタービン発電と、太陽熱および前記ガスタービン3の排熱を用いて発生させた蒸気によって蒸気タービン2を駆動して発電する蒸気タービン発電とを組み合わせた太陽熱複合発電設備1が示されている。蒸気タービン2およびガスタービン3にはそれぞれ発電機40が接続されている。この発電設備1では、蒸気タービン2に供給する蒸気は、太陽熱を収集した液状の熱媒体を供給する設備(熱媒体供給設備と呼ぶ)4中の熱交換器7、および、前記ガスタービン3の排熱を利用する排熱回収ボイラ5において発生させられる。この発電設備1には、熱媒体の供給流量および蒸気の供給流量を適切に調節するための制御装置50が備えられている。これら流量制御については後述する。なお、熱媒体は液状には限定されない。

【0029】

前記熱媒体供給設備4は、熱媒体に太陽熱エネルギーを収集させるための加熱設備6と、この加熱された熱媒体が給水を加熱して蒸気を発生させるための前記熱交換器7と、加熱設備6および熱交換器7に熱媒体を循環させる熱媒体供給配管8とを備えている。熱交換器7は、熱媒体と給水との向流式を採用している。加熱設備6では、集熱装置として従来技術と同様のパラボリックトラフ型の反射板およびこの反射板の焦点位置を通る熱吸収パイプを用いてもよい。この場合、熱吸収パイプの出入口に前記熱媒体供給配管8が接続される。

【0030】

熱媒体供給配管8には、熱媒体の流れが前記熱交換器7をバイパスして加熱設備6のみを循環するようにバイパス配管9が接続されている。バイパス配管9には第二熱媒体流量調整装置としての流量調整弁10が設置されている。熱媒体供給配管8におけるこのバイパス配管9の出口接続部と加熱設備6の入口との間には循環ポンプ8aと第二熱媒体温度

10

20

30

40

50

検出装置としての温度検出装置 11 とが設置されている。前記制御装置 50 は、この温度検出装置 11 の検出結果に基づいて前記流量調整弁 10 の開閉制御を行い、バイパス配管 9 を通して高温の熱媒体を加熱設備 6 に戻す熱媒体に適宜加える。この制御により、熱交換器 7 において放熱して温度低下した熱媒体を、目標温度に上昇させた上で加熱設備 6 に戻すことが可能となる。

#### 【0031】

また、熱媒体供給配管 8 における、バイパス配管 9 の入口接続部と熱交換器 7 の入口との間には流量検出装置 12 と第一熱媒体流量調整装置としての流量調整弁 13 とが設置されており、加熱設備 6 の出口と熱交換器 7 の入口との間の部分には第一熱媒体温度検出装置としての温度検出装置 14 が設置されている。制御装置 50 は、流量検出装置 12 および温度検出装置 14 の検出結果から熱媒体が熱交換器 7 に持ち込む熱エネルギー値を算出することができる。そして、熱交換器 7 への搬入熱エネルギーの増減を監視しつつ、急激な変動を抑制するように前記流量調整弁 13 の開閉制御を行うことができる。

10

#### 【0032】

前記熱交換器 7 は、その給水配管 27 に沿って、給水を予熱するための予熱部（エコノマイザ）15 と、予熱された給水を蒸発させるための蒸発部（エバポレータ）16 と、蒸発部 16 において発生した蒸気を加熱して過熱蒸気とするための過熱部（スーパーヒータ）17 とを備えており、蒸発部 16 に、発生蒸気の圧力を検出するための圧力検出装置 18 が設置されている。制御装置 50 は、この圧力検出装置 18 が検出した蒸発部 16 における飽和蒸気圧力から、飽和蒸気温度を算出することができる。そして、この熱交換器 7 内の飽和蒸気温度と熱媒体の温度とを比較しつつ前記流量調整弁 13 の開閉動作を調節を制御することができる。たとえば、熱交換器 7 によって発生した蒸気を過熱状態にするためにもこのような制御が行われる。熱交換器 7 は過熱部 17 を備えているので、この制御により、熱交換器 7 内の飽和蒸気温度よりも高い温度（たとえば、前記飽和蒸気温度に約 20℃ 等の所定の超過温度を加えた温度、または、前記飽和蒸気温度の約 107% 等の所定率を乗じて得た温度）の熱媒体を熱交換器 7 の過熱部 17 に供給することができる。かかる熱媒体を供給することにより、たとえば、熱交換器 7 において発生した飽和蒸気が約 25 ± 15℃ の範囲の乾き蒸気となるように過熱される。

20

#### 【0033】

熱交換器 7 の蒸気出口から前記排熱回収ボイラ 5 の蒸気管 5a に蒸気供給配管 19 が接続されている。この蒸気供給配管 19 には、蒸気流量検出装置 20、蒸気圧力検出装置 21、遮断弁 22 および第一蒸気流量調整装置としての蒸気流量調整弁 23 が設置されている。制御装置 50 は、熱交換器 7 から排熱回収ボイラ 7 へ供給される蒸気流量を監視しつつ、蒸気流量調整弁 23 の開度を調節することによって蒸気供給量を増減したり、流量変化率を調節したりすることができる。

30

#### 【0034】

排熱回収ボイラ 5 で発生した蒸気と熱交換器で発生した蒸気とを合流させて蒸気タービン 2 に供給するために、排熱回収ボイラ 5 から蒸気タービン 2 に統合蒸気供給管 24 が接続されている。蒸気タービン 2 を駆動した蒸気は復水器 25 において復水した後、給水ポンプ 26 によって給水配管 27 内を圧送される。まず給水加熱器 28 によって加熱され、続いて脱気器 29 によって脱気される。その後分岐して、ポンプ 30a、30b によって排熱回収ボイラ 5 および熱交換器 7 に送られる。排熱回収ボイラ 5 への給水と熱交換器 7 への給水との流量配分は、発電設備の建設計画時に決められた発生蒸気量に基づき、実際の要求発電量と太陽熱の収集量とに従って調整される。日没から日の出までの間（夜間）は熱媒体供給設備 4 の稼働が停止されるため、これに伴って熱交換器 7 への給水も停止される。

40

#### 【0035】

排熱回収ボイラ 5 は、基本構成の一例として、その蒸気管 5a に沿って予熱器（エコノマイザ）31 と、蒸気ドラム 32a を備えた蒸発器（エバポレータ）32 と、過熱器（スーパーヒータ）33 とを備えている。過熱部 33 は複数段（本実施形態は四段）に構成さ

50

れている。すなわち、ガスタービン3からの排ガスとの熱交換部が複数箇所形成され、これらが直列に接続されている。もちろん、四段に限定されることはなく、熱交換器7からの蒸気による供給熱量とガスタービン3からの排ガスによる供給熱量との比率等に応じて、三段以下または五段以上にしてもよい。

#### 【0036】

前記熱交換器7において発生した蒸気は過熱状態である。そして、この過熱蒸気を排熱回収ボイラ5の過熱部33に供給するために、前記蒸気供給配管19は熱交換器7の蒸気出口から過熱部33の一段目と二段目との間に接続されている。この蒸気供給配管19を通して過熱部33に供給される熱交換器7からの過熱蒸気は、この過熱部33において、排熱回収ボイラ5の蒸発部32で発生した蒸気と混合される。また、熱交換器7からの蒸気を、一段目と二段目との間に供給することにより、排熱回収ボイラ5を熱バランス的に無理のない運転状態とすることを可能にしている。過熱部33（本実施形態では三段目と四段目との間）には、蒸気温度を許容最高温度以下に保持するために減温器34が設置されている。

10

#### 【0037】

蒸気供給配管19の過熱部33への接続部として、四段構成の過熱部33の一段目と二段目との間を例示したが、かかる構成には限定されない。過熱部33の段数が異なれば前記接続部を変更することが望ましい場合もある。また、蒸気流量調整弁23の下流で蒸気供給配管19を分岐することにより、一段目と二段目との間に加えて二段目と三段目との間にも接続してもよい。さらに、隣接各段同士の間それぞれに蒸気供給配管19の分岐管を接続しておき、供給先を切り替えるようにし、過熱部33内の蒸気温度に応じて供給先を選択するようにしてもよい。また、減温器34の設置箇所も過熱部33の三段目と四段目との間に限定されることはない。

20

#### 【0038】

この過熱部33は、熱交換器7からの過熱蒸気と蒸発部32からの飽和蒸気とを合わせた全量を所定の過熱温度まで加熱することができる性能（伝熱面積）を有するように設計製造されているので、排熱回収ボイラ5は安定した性状の過熱蒸気を蒸気タービン2に供給することができる。なお、ガスタービン3から排ガス配管35通って排熱回収ボイラ5に供給された排ガスは、給水を加熱して蒸気を発生させた後、排ガス配管35を通して煙突36から大気放散される。

30

#### 【0039】

本発電設備1では、熱交換器7で発生した蒸気の少なくとも一部を蒸気タービン2の出口側に逃がすように構成されている。具体的には、前記蒸気供給配管19の熱交換器7の出口接続部近傍から分岐して、排熱回収ボイラ5および蒸気タービン2をバイパスして、前記復水器25にタービンバイパス配管37が接続されている。このタービンバイパス配管37には遮断弁38および第二蒸気流量調整装置としての蒸気流量調整弁39が設置されている。制御装置50は、前述した蒸気供給配管19の蒸気圧力検出装置21の検出結果に基づいて、タービンバイパス配管37の蒸気流量調整弁23の開度調節を行うことにより、蒸気タービン2への供給蒸気圧力を安定させることができる。

40

#### 【0040】

つぎに、以上説明した太陽熱複合発電設備1における、日照状態の変化等に起因して生じる熱媒体の温度変動が前述の熱交換器に及ぼす影響を緩和するための熱媒体流量の制御方法、および、熱媒体の温度変動等に起因して生じる蒸気供給流量の変動が前述の排熱回収ボイラに及ぼす影響を緩和するための蒸気供給流量の制御方法を説明する。

#### 【0041】

日没から停止していた熱媒体供給設備4が日の出後に稼働し始めると熱媒体が熱交換器7に送られる。しかし、このとき、熱媒体の温度は大幅に低下しているが、断熱処理が施された熱交換器7の蒸発部16の内部に残留している蒸気の圧力および温度はそれほど低下していない。この蒸発部16に残留している飽和蒸気を過熱部17において熱媒体で過熱させるために、供給する熱媒体の温度はこの飽和蒸気温度より所定値だけ高くしておく

50

のが望ましい。そこで、熱交換器 7 において太陽熱による蒸気発生を効率的に行うため、熱媒体はその温度が所定温度（前記飽和蒸気温度より高い）まで上昇してから熱交換器に供給するように流量調整弁 13、10 の制御がなされる。以下にその制御の具体例を示す。

#### 【0042】

制御装置 50 は、前記蒸発部 16 に設置された圧力検出装置 18 によって検出された蒸発部 16 内部の飽和蒸気圧力（たとえば 100 bar）から、飽和蒸気温度（たとえば 310°C）を算出する。そして、熱媒体供給配管 8 に設置された温度検出装置 14 によって検出される熱媒体の温度が、この飽和蒸気温度（310°C）より所定超過温度（たとえば 20°C）だけ高い供給開始温度（ $310 + 20 = 330$ °C）になったとき、それまで閉弁していた流量調整弁 13 を開弁し始める。熱媒体が 330°C になるまでは、前記流量調整弁 13 を閉弁し、バイパス配管 9 の流量調整弁 10 を開弁しておくことにより、熱交換器 7 をバイパスするように熱媒体を加熱設備 6 に循環させて太陽熱エネルギーを吸収させる。この制御の過程を図 2 のグラフに示す。このグラフの横軸は熱媒体の温度を示し、縦軸は流量調整弁 13 の開度を示す。もちろん、この供給開始温度より高い温度になってから熱媒体の供給を開始してもよい。以上の制御により、熱交換器 7 から供給される蒸気が必ず乾き蒸気の状態であるようにする。

10

#### 【0043】

これらの圧力値および温度値は例示であり、これらに限定されるものではない。この例では、供給が開始される時の熱媒体温度を、飽和蒸気温度に所定の超過温度を加算したものとしたが、この算定法に限定されない。たとえば、飽和蒸気温度に所定倍率（たとえば 107%）を乗じた温度値としてもよい。また、図 2 に示すように、熱交換器 7 に供給しうる熱媒体の許容最低温度は加熱設備 6 に戻される熱媒体の温度（たとえば 293°C）と同程度の温度とする。

20

#### 【0044】

熱媒体の温度が供給開始温度に達して、流量調整弁 13 を開弁するときには、図 2 に示すように、熱媒体の計画最高温度（たとえば 393°C）になったときに全開することを前提条件として、そこに至るまでは熱媒体温度の上昇に伴って（たとえば一次比例させて）弁開度を増大させるようにしてもよい。すなわち、流量調整弁 13 は図 2 の傾斜直線 A に沿って開弁する。

30

#### 【0045】

このときには並行してバイパス配管 9 の流量調整弁 10 を閉弁していてもよい。このように、熱媒体の温度が所定温度にまで上昇してから供給することにより、熱交換器 7 内に残留している飽和蒸気の熱エネルギーを無駄にすることを防止することができる。また、流量調整弁 13 を徐々に開弁することにより、熱交換器 7 への熱衝撃を軽減することができる。その結果、熱交換器 7 の安定操業を図ることができる。

#### 【0046】

前記制御に代えて、または、前記制御に組み合わせて、熱交換器 7 への熱媒体の供給速度に対する別の制御を行うことができる。熱媒体供給設備 4 の稼働開始時には熱媒体が加熱設備 6 に循環させられることによって熱媒体温度が上昇するが、このとき、たとえば、熱媒体を介して熱交換器 7 に搬入される熱エネルギーの増加率が所定値を超えないように制御するのである。すなわち、制御装置 50 が、熱媒体供給配管 8 に設置された流量検出装置 12 および温度検出装置 14 が連続して検出した結果から、熱媒体が熱交換器 7 に持ち込む熱エネルギー値を連続して算出する。そして、得られた搬入熱エネルギーの時間的な増加率が、図 3 のグラフに示す予め定めた搬入熱エネルギーの許容最大増加率を超えないように、前記流量調整弁 13 の開閉制御が実行される。すなわち、実際の搬入熱エネルギーの増加曲線が図 3 の傾斜直線 B よりも緩やかな傾斜となるように弁開度を制御する。このグラフの横軸は経過時間を示し、縦軸は熱交換器 7 への搬入熱エネルギー値を示す。このように、熱交換器 7 へ搬入される熱エネルギーの増加率を制限することにより、熱交換器 7 への熱衝撃を軽減することができ、その結果、熱交換器 7 の安定操業を図ることができる。

40

50

## 【 0 0 4 7 】

また、図 2 に示した熱媒体の供給流量の制御と、図 3 に示した熱媒体による搬入熱エネルギーの増加率の制御とを、後者（図 3）を優先して組み合わせた制御を説明する。前述したように、熱媒体が供給開始温度に至って熱交換器 7 へ供給され始めると、原則は図 2 に示す許容最大開度直線 A またはこれを超えない傾斜の開度直線に沿って開弁するのであるが、その開弁速度によれば、図 3 に示す搬入熱エネルギーの許容最大増加率を超えてしまう場合には、この許容最大増加率による制限を優先してこれを超えないように流量調整弁 13 の弁開度を調整する。一方、図 2 に示す許容最大開度直線 A に沿って開弁する場合に、図 3 に示す搬入熱エネルギーの許容最大増加率を超えない場合には、この図 2 に示す許容最大開度直線 A に沿って開弁する。

10

## 【 0 0 4 8 】

以上説明した熱媒体の熱交換器 7 への供給流量の制御がなされるのは、とくに熱媒体供給設備 4 の稼働開始時に限定されるものではない。たとえば、日中の日照状態の変動に伴って熱媒体の温度が上昇する場合にも前述の制御を適用することが可能である。

## 【 0 0 4 9 】

つぎに、熱交換器 7 で熱エネルギーを消費したあと加熱設備 6 に戻される熱媒体の温度をできるだけ一定に保持するため、少なくとも許容最低温度を下回らないようにする制御を説明する。自然現象である太陽熱エネルギーの強度は自在に調節することができない。したがって、加熱設備 6 に戻される熱媒体の温度が低ければ加熱設備 6 から出て熱交換器 7 に供給される熱媒体の温度も低くなる。そこで、このような熱媒体の温度の大幅な変動を抑制するために、以下のごとき制御を行う。

20

## 【 0 0 5 0 】

制御装置 50 は、加熱設備 6 の入口側の熱媒体供給配管 8 に設置された温度検出装置 11 の検出結果を監視している。そして、検出温度と所定の基準温度（許容最低温度より高い温度）とを比較し、検出温度がこの基準温度を下回ったときには、バイパス配管 9 の流量調整弁 10 の開度を増加してバイパス配管 9 を通して高温の熱媒体を加熱設備 6 に戻される熱媒体に適宜加える。このようにして、加熱設備 6 に戻される熱媒体が前記基準温度より低い許容最低温度を下回らないように制御する。

## 【 0 0 5 1 】

以上説明した熱媒体の温度や流量の制御により、熱交換器 7 への熱的な悪影響および蒸気発生量への悪影響を防止する。

30

## 【 0 0 5 2 】

つぎに、熱交換器 7 における蒸気発生量に変動が生じている場合に、この変動が排熱回収ボイラ 5 へ悪影響を及ぼすことを防止するために実施される蒸気供給流量の制御方法を説明する。たとえば、前述した熱媒体に関する種々の制御がなされた上で熱交換器 7 から蒸気が排熱回収ボイラ 5 に供給される場合であっても、その蒸気供給流量が排熱回収ボイラ 5 に対して予め定めている蒸気供給量の許容最大増加率を超える事態も考えられる。かかる事態は前記蒸気流量検出装置 20 が検出する。制御装置 50 は蒸気流量検出装置 20 からの検出信号を連続的に受信しつつ蒸気供給量の前記許容最大増加率を超えないように蒸気流量調整弁 23 の開閉動作を制御する。または、許容最大増加率より低い基準増加率を設定しておき、この基準増加率と蒸気流量検出装置 20 の検出結果とを比較してその偏差を埋めるべく蒸気流量調整弁 23 の開閉動作を制御するようにしてもよい。

40

## 【 0 0 5 3 】

前記蒸気流量調整弁 23 の開度が減少するとその上流側の配管内圧が上昇するので、制御装置 50 は、前記蒸気流量調整弁 23 の制御と並行して、蒸気供給配管 19 の蒸気圧力検出装置 21 の検出圧力が許容圧力値を超えないようにタービンバイパス配管 37 の蒸気流量調整弁 23 の開度制御をも行う。または、前記許容圧力値より低い基準圧力値を設定しておき、この基準圧力値と蒸気流量検出装置 20 の検出結果とを比較し、その偏差を埋めるべく蒸気流量調整弁 23 の開閉動作を制御するようにしてもよい。

## 【 0 0 5 4 】

50

前述した熱交換器 7 への熱媒体の供給開始の制御および供給流量の制御、ならびに、排熱回収ボイラ 7 への蒸気供給流量の制御は一体的に行われる。

【 0 0 5 5 】

以上説明した実施形態では、ガスタービン 3 および蒸気タービン 2 を用いた複合発電設備 1 を例にとっているが、熱媒体供給設備 4 については、とくにガスタービンを併用した複合発電設備に限定されることはなく、ガスタービンを併用しない蒸気タービン発電にも適用することができる。さらには、これらの発電設備以外でも、熱媒体の温度変動を避けることができない設備に対しても適用することができる。

【 0 0 5 6 】

また、熱媒体の加熱設備 6 としては、前述したパラボリックトラフ型の反射板に限らず、パラボリックトラフ型以外の形状の反射板を用いた集熱装置や、いわゆるタワー形集中式の集熱装置を採用することも可能である。

【 0 0 5 7 】

前述した実施形態は一例を示しており、本発明の要旨を損なわない範囲での種々の変更は可能であり、本発明は前述した実施形態に限定されるものではない。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 8 】

本発明によれば、太陽熱発電設備におけるように熱媒体が温度変動しつつ熱交換器へ供給される場合であっても、熱交換器に対する熱的な影響を緩和することができる。したがって、その熱媒体が必然的に温度変動を避け得ないような熱交換器を有する熱媒体供給設備やこれを含んだ発電設備にとって有用である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 9 】

【図 1】本発明の一実施形態である太陽熱複合発電設備の概略を示す配管図である。

【図 2】図 1 の太陽熱複合発電設備において実行される熱交換器への熱媒体の供給開始温度および流量調整弁の開弁動作を示すグラフである。

【図 3】図 1 の太陽熱複合発電設備において熱媒体が熱交換器へ搬入する熱エネルギーの許容最大増加率を示すグラフである。

【図 4】従来の太陽熱発電設備の一例を概略的に示す配管図である。

【図 5】一日の太陽エネルギー密度の時間的変化の一例を示すグラフである。

【符号の説明】

【 0 0 6 0 】

- 1 . . . . . 発電設備
- 2 . . . . . 蒸気タービン
- 3 . . . . . ガスタービン
- 4 . . . . . 熱媒体供給設備
- 5 . . . . . 排熱回収ボイラ
- 5 a . . . . . 蒸気管
- 6 . . . . . 加熱設備
- 7 . . . . . 熱交換器
- 8 . . . . . 熱媒体供給配管
- 8 a . . . . . 循環ポンプ
- 9 . . . . . バイパス配管
- 1 0 . . . . . 流量調整弁
- 1 1 . . . . . 温度検出装置
- 1 2 . . . . . 流量検出装置
- 1 3 . . . . . 流量調整弁
- 1 4 . . . . . 温度検出装置
- 1 5 . . . . . 予熱部
- 1 6 . . . . . 蒸発部

10

20

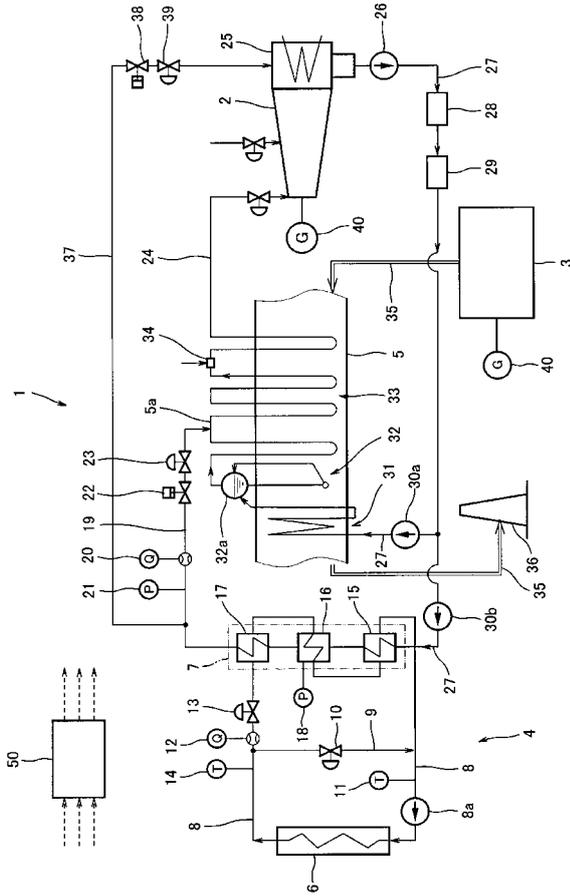
30

40

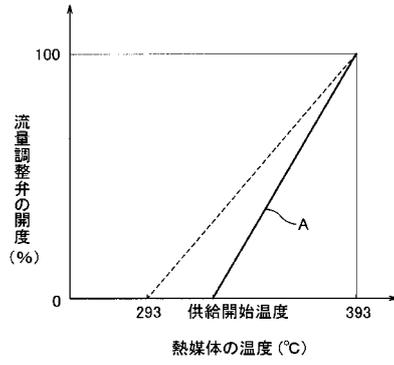
50

17	過熱部	
18	圧力検出装置	
19	蒸気供給配管	
20	蒸気流量検出装置	
21	蒸気圧力検出装置	
22	遮断弁	
23	蒸気流量調整弁	
24	統合蒸気供給管	
25	復水器	
26	給水ポンプ	10
27	給水配管	
28	給水加熱器	
29	脱気器	
30 a、30 b	ポンプ	
31	予熱部	
32	蒸発部	
32 a	蒸気ドラム	
33	過熱部	
34	減温器	
35	排ガス配管	20
36	煙突	
37	タービンバイパス配管	
38	遮断弁	
39	蒸気流量調整弁	
40	発電機	
50	制御装置	
101	太陽熱発電設備	
102	集熱装置	
102 a	反射板	
103	熱交換器	30
104	加熱器	
105	蒸気タービン	
106	発電機	
107	復水器	
108	熱吸収パイプ	
109	熱媒体供給配管	
110	熱貯蔵設備	

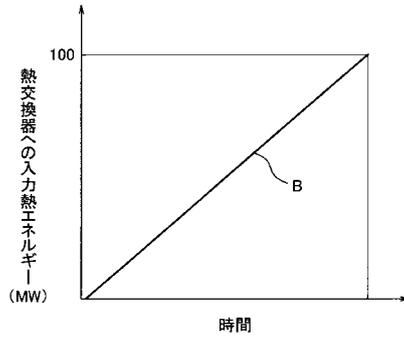
【図1】



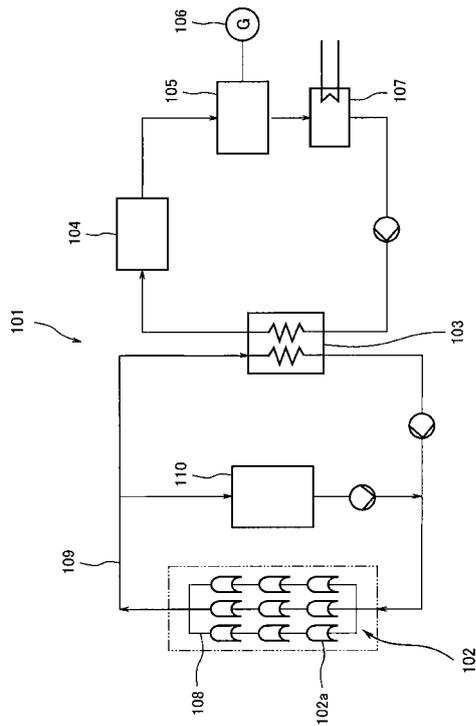
【図2】



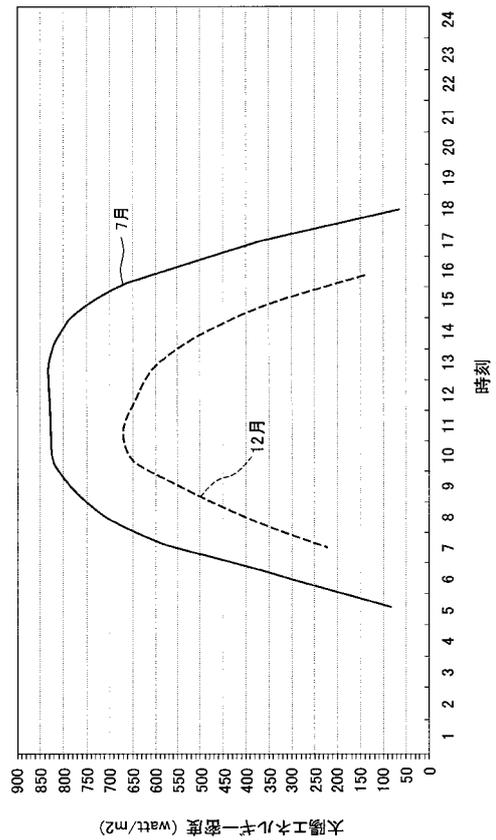
【図3】



【図4】



【図5】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
F 0 1 K 3/18 (2006.01) F 0 3 G 6/06  
F 0 1 K 3/18

(72)発明者 瀧瀬 雅彦

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社神戸工場内

(72)発明者 大田 秀明

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社神戸工場内

Fターム(参考) 3G081 BA01 BA11 BB10 BC07 BC17