

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6550659号
(P6550659)

(45) 発行日 令和1年7月31日(2019.7.31)

(24) 登録日 令和1年7月12日(2019.7.12)

(51) Int. Cl.	F 1	
F 2 2 D 1/14 (2006.01)	F 2 2 D	1/14
F 2 2 B 1/18 (2006.01)	F 2 2 B	1/18 E
F O 1 K 23/10 (2006.01)	F O 1 K	23/10 F
F O 2 C 6/00 (2006.01)	F O 1 K	23/10 W
F O 2 C 6/18 (2006.01)	F O 2 C	6/00 B
請求項の数 19 (全 22 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2015-146735 (P2015-146735)	(73) 特許権者	514030104
(22) 出願日	平成27年7月24日 (2015.7.24)		三菱日立パワーシステムズ株式会社
(65) 公開番号	特開2017-26246 (P2017-26246A)		神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号
(43) 公開日	平成29年2月2日 (2017.2.2)	(74) 代理人	100149548
審査請求日	平成30年4月23日 (2018.4.23)		弁理士 松沼 泰史
		(74) 代理人	100162868
			弁理士 伊藤 英輔
		(74) 代理人	100161702
			弁理士 橋本 宏之
		(74) 代理人	100189348
			弁理士 古部 智
		(74) 代理人	100196689
			弁理士 鎌田 康一郎
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 給水方法、この方法を実行する給水系統、給水系統を備える蒸気発生設備

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第一給水が流れる第一給水ラインと、
 前記第一給水よりも圧力の低い第二給水が流れる第二給水ラインと、
 前記第一給水を加熱する第一加熱器と、
 前記第一加熱器で加熱された前記第一給水である第一加熱給水を前記第二給水ラインに導く第一給水導入ラインと、
 前記第一給水導入ライン中に設けられ、前記第一加熱給水と媒体とを熱交換させて、前記第一加熱給水を冷却する一方で、前記媒体を加熱する媒体熱交換器と、
 前記第一給水導入ライン中で前記媒体熱交換器よりも前記第二給水ライン側の位置に、
 前記第一加熱給水よりも温度の低い冷却水を注入する冷却水注入ラインと、
 を備える給水系統。

【請求項2】

請求項1に記載の給水系統において、
 前記冷却水注入ラインは、前記第一給水ライン中であって前記第一加熱器で加熱されていない前記第一給水である第一未加熱給水が流れる部分から分岐しているラインであり、
 前記冷却水注入ラインは、前記冷却水として前記第一未加熱給水を前記第一給水導入ラインに注入する、
 給水系統。

【請求項3】

請求項 1 又は 2 に記載の給水系統において、

前記第一給水導入ライン中で、前記冷却水注入ラインからの前記冷却水が注入される位置よりも前記第二給水ライン側の位置での水の温度を検知する温度計と、

前記温度計で検知される温度が予め定められた温度範囲内に収まるよう、前記冷却水注入ラインを流れる前記冷却水の流量を調節する冷却水流量調節弁と、

を備える給水系統。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の給水系統において、

前記第一給水導入ライン中で、前記冷却水注入ラインからの前記冷却水が注入される位置よりも前記第二給水ライン側の位置に設けられ、前記第一給水導入ラインから前記第二給水ラインに流入する水の流量を調節する流量調節弁を備える、

給水系統。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の給水系統において、

前記第一加熱器は、ガスタービンの圧縮機から抽気された圧縮空気と前記第一給水とを熱交させて、前記圧縮空気を冷却する一方で前記第一給水を加熱する熱交換器である、

給水系統。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の給水系統において、

前記第一給水ラインは、第一給水主ラインと、前記第一給水主ラインから分岐した第一給水分岐ラインとを有し、

前記第一給水主ライン中であって前記第一給水分岐ラインとの分岐位置よりも下流側に設けられ、前記第一給水主ラインを流れる前記第一給水を加熱する第二加熱器を備え、

前記第一加熱器は、前記第一給水分岐ラインに設けられ、前記第一給水分岐ラインを流れる前記第一給水を加熱する、

給水系統。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の給水系統において、

前記第一給水分岐ラインには、前記第一給水導入ラインが接続され、

前記第一加熱器は、前記第一給水分岐ライン中で前記第一給水導入ラインが接続されている位置よりも前記分岐位置側に設けられ、

前記第一給水分岐ラインは、前記第一給水主ライン中であって前記第二加熱器が設けられている位置よりも下流側に接続されている、

給水系統。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の給水系統において、

前記媒体熱交換器である第一媒体熱交換器で前記媒体が加熱される前に、前記媒体を水と熱交換させて、前記媒体を加熱する一方で前記水を冷却する第二媒体熱交換器を備える、

給水系統。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の給水系統において、

前記第二媒体熱交換器は、前記第二給水ライン中で前記第一給水導入ラインが接続されている位置よりも下流側に設けられ、前記第二給水ラインを流れる水と前記媒体とを熱交換する熱交換器である、

給水系統。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の給水系統において、

前記媒体はガスタービンに供給される燃料であり、

前記媒体熱交換器は、前記燃料を加熱する燃料予熱器である、

給水系統。

給水系統。

10

20

30

40

50

給水系統。

【請求項 1 1】

請求項 1 から 1 0 のいずれか一項に記載の給水系統と、
ガスタービンからの排気ガスと前記第一給水ラインを経てきた前記第一給水とを熱交換させて、前記第一給水を加熱して蒸気にする蒸発器と、
を備える蒸気発生設備。

【請求項 1 2】

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の給水系統と、
ガスタービンからの排気ガスと前記第一給水ラインを経てきた前記第一給水とを熱交換させて、前記第一給水を加熱して蒸気にする蒸発器と、
を備え、
前記第一加熱器は、前記排気ガスと前記第一給水とを熱交換させて、前記蒸発器に流入する前記第一給水を加熱する節炭器である、
蒸気発生設備。

10

【請求項 1 3】

請求項 6 又は 7 に記載の給水系統と、
ガスタービンからの排気ガスと前記第一給水ラインを経てきた前記第一給水とを熱交換させて、前記第一給水を加熱して蒸気にする蒸発器と、
を備え、
前記第二加熱器は、前記排気ガスと前記第一給水とを熱交換させて、前記蒸発器に流入する前記第一給水を加熱する節炭器である、
蒸気発生設備。

20

【請求項 1 4】

第一給水を加熱する第一加熱工程と、
前記第一加熱工程で加熱された前記第一給水である第一加熱給水と媒体とを熱交換させて、前記第一加熱給水を冷却する一方で前記媒体を加熱する媒体熱交換工程と、
前記第一給水よりも圧力の低い第二給水中に、前記媒体熱交換工程を経た前記第一加熱給水を導入する第一給水導入工程と、
前記媒体熱交換工程を経た後であって、前記第二給水中に導入される前の前記第一加熱給水中に、前記第一加熱給水よりも温度の低い冷却水を注入する冷却水注入工程と、
を実行する給水方法。

30

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載の給水方法において、
前記冷却水注入工程では、前記第一加熱工程で加熱されていない前記第一給水である第一未加熱給水を、前記冷却水として用いる、
給水方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 4 又は 1 5 に記載の給水方法において、
前記冷却水注入工程では、前記第一加熱給水を含む水が前記第二給水に導入される前に、前記水の温度が予め定められた温度範囲内に収まるよう、前記冷却水の流量を調節する冷却水流量調節工程を含む、
給水方法。

40

【請求項 1 7】

請求項 1 4 から 1 6 のいずれか一項に記載の給水方法において、
前記第二給水中に導入される前記第一加熱給水を含む水の流量を調節する流量調節工程を実行する、
給水方法。

【請求項 1 8】

請求項 1 4 から 1 7 のいずれか一項に記載の給水方法において、
前記第一加熱工程では、ガスタービンの圧縮機から抽気された圧縮空気と前記第一給水

50

とを熱交させて、前記圧縮空気を冷却する一方で前記第一給水を加熱する、
給水方法。

【請求項 19】

請求項 14 から 18 のいずれか一項に記載の給水方法において、
前記媒体熱交換工程では、前記媒体としてガスタービンに供給される燃料を用い、第一加熱給水と前記燃料とを熱交換させて、前記第一加熱給水を冷却する一方で前記燃料を加熱する、
給水方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、給水方法、この方法を実行する給水系統、給水系統を備える蒸気発生設備に関する。

【背景技術】

【0002】

コンバインドサイクルプラントは、ガスタービンと、このタービンからの排気ガスの熱を利用して蒸気を発生させる排熱回収ボイラーと、この排熱回収ボイラーからの蒸気で駆動する蒸気タービンと、蒸気タービンから排気された蒸気を水に戻す復水器と、を備えている。復水器内の水は、給水ラインを介して、排熱回収ボイラーへ送られる。

【0003】

20

以下の特許文献 1 に記載されているコンバインドサイクルプラントでは、排熱回収ボイラーで加熱された水を用いてガスタービンの燃料を予熱している。排熱回収ボイラーは、排熱回収ボイラーに供給された水とガスタービンからの排気ガスとを熱交換させて水を加熱する節炭器と、節炭器で加熱された水と排気ガスとを熱交換させて水を蒸気にする蒸発器と、を有する。節炭器で加熱された水を蒸発器へ送る加熱給水ラインは、途中で分岐している。加熱給水ラインから分岐している分岐ラインは、ガスタービンの燃料を加熱する燃料予熱器に接続されている。燃料予熱器は、燃料と分岐ラインからの水とを熱交換させて、燃料を加熱する。燃料予熱器には、燃料と熱交換した水を戻す回収ラインが接続されている。この回収ラインは、給水ラインに接続されている。

【0004】

30

このコンバインドサイクルプラントでは、燃料の流量が急減した場合、燃料予熱器での燃料と水との熱交換量が急減し、水が燃料によりほとんど冷却されずに、給水ラインに戻ることになる。給水ライン内の圧力は、燃料予熱器に水を送る分岐ライン内の圧力より低い。このため、燃料によりほとんど冷却されていない水は、給水ラインに入った際、又はこの給水ラインに入る過程で減圧されてフラッシュする。ライン内で水がフラッシュすると、ラインやこのラインに接続されている機器等を損傷させるおそれがある。

【0005】

そこで、このコンバインドサイクルプラントでは、燃料予熱器を通過した水の温度が予め定められた温度よりも高い場合には、この水を復水器に放出するようにしている。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2012 - 184735 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記特許文献 1 に記載の技術では、ライン内を流れる水を復水器に放出するため、ライン内を流れる水の流量が急激に減少して、系統の運転状況が急変し、プラントの安定運転に支障をきたすおそれがある、という問題点がある。

【0008】

50

そこで、本発明は、上記問題点に着目し、水と燃料等の媒体との熱交換量が急減した場合でも、この水がフラッシュすることを防ぎつつ、ライン内を流れる水の流量の急減を抑えることができる給水方法、この方法を実行する給水系統、この給水系統を備える蒸気発生設備を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記問題点を解決するための発明に係る一態様としての給水系統は、

第一給水が流れる第一給水ラインと、前記第一給水よりも圧力の低い第二給水が流れる第二給水ラインと、前記第一給水を加熱する第一加熱器と、前記第一加熱器で加熱された前記第一給水である第一加熱給水を前記第二給水ラインに導く第一給水導入ラインと、前記第一給水導入ライン中に設けられ、前記第一加熱給水と媒体とを熱交換させて、前記第一加熱給水を冷却する一方で、前記媒体を加熱する媒体熱交換器と、前記第一給水導入ライン中で前記媒体熱交換器よりも前記第二給水ライン側の位置に、前記第一加熱給水よりも温度の低い冷却水を注入する冷却水注入ラインと、を備える。

10

【0010】

当該給水系統では、媒体熱交換器に流入する媒体の流量が減少して、第一加熱給水に対する冷却量が少なくなっても、冷却水注入ラインから冷却水を第一給水導入ラインに注入することで、第一給水導入ラインから第二給水ラインに水が流入する過程でのフラッシュの発生を防ぐことができる。さらに、当該給水系統では、第一加熱給水を系外に放出しないので、第二給水ラインを流れる水の急減を抑えることができる。

20

【0011】

ここで、前記給水系統において、前記冷却水注入ラインは、前記第一給水ライン中であって前記第一加熱器で加熱されていない前記第一給水である第一未加熱給水が流れる部分から分岐しているラインであり、前記冷却水注入ラインは、前記冷却水として前記第一未加熱給水を前記第一給水導入ラインに注入するものであってもよい。

【0012】

当該給水系統では、媒体熱交換器から流出した直後の第一給水を冷却するための冷却水として、第一加熱器で加熱されていない第一給水である第一未加熱給水を用いる。このため、当該給水系統では、媒体熱交換器から流出した直後の第一給水に冷却水を注入できるように、この冷却水を昇圧する機器を別途設ける必要がない。

30

【0013】

また、以上のいずれかの前記給水系統において、前記第一給水導入ライン中で、前記冷却水注入ラインからの前記冷却水が注入される位置よりも前記第二給水ライン側の位置での水の温度を検知する温度計と、前記温度計で検知される温度が予め定められた温度範囲内に収まるよう、前記冷却水注入ラインを流れる前記冷却水の流量を調節する冷却水流量調節弁と、を備えてもよい。

【0014】

当該給水系統では、第一給水導入ライン中の水の温度に基づいて、冷却水の流量を調節する。このため、当該給水系統では、第一給水導入ラインから第二給水ラインへ導入される水の温度が管理され、この水が第二給水ラインに導入される過程でのフラッシュの発生を的確に防ぐことができる。

40

【0015】

また、以上のいずれかの前記給水系統において、前記第一給水導入ライン中で、前記冷却水注入ラインからの前記冷却水が注入される位置よりも前記第二給水ライン側の位置に設けられ、前記第一給水導入ラインから前記第二給水ラインに流入する水の流量を調節する流量調節弁を備えてもよい。

【0016】

当該給水系統では、第二給水ライン中で、第一給水導入ラインから第二給水ラインに水が導入された後の水の流量を管理することができる。

【0017】

50

また、以上のいずれかの前記給水系統において、前記第一加熱器は、ガスタービンの圧縮機から抽気された圧縮空気と前記第一給水とを熱交させて、前記圧縮空気を冷却する一方で前記第一給水を加熱する熱交換器であってもよい。

【0018】

また、以上のいずれかの前記給水系統において、前記第一給水ラインは、第一給水主ラインと、前記第一給水主ラインから分岐した第一給水分岐ラインとを有し、前記第一給水主ライン中であって前記第一給水分岐ラインとの分岐位置よりも下流側に設けられ、前記第一給水主ラインを流れる前記第一給水を加熱する第二加熱器を備え、前記第一加熱器は、前記第一給水分岐ラインに設けられ、前記第一給水分岐ラインを流れる前記第一給水を加熱してもよい。

10

【0019】

前記第二加熱器を備える前記給水系統において、前記第一給水分岐ラインには、前記第一給水導入ラインが接続され、前記第一加熱器は、前記第一給水分岐ライン中で前記第一給水導入ラインが接続されている位置よりも前記分岐位置側に設けられ、前記第一給水分岐ラインは、前記第一給水主ライン中であって前記第二加熱器が設けられている位置よりも下流側に接続されていてもよい。

【0020】

また、以上のいずれかの前記給水系統において、前記媒体熱交換器である第一媒体熱交換器で前記媒体が加熱される前に、前記媒体を水と熱交換させて、前記媒体を加熱する一方で前記水を冷却する第二媒体熱交換器を備えてもよい。

20

【0021】

前記第二媒体熱交換器を備える前記給水系統において、前記第二媒体熱交換器は、前記第二給水ライン中で前記第一給水導入ラインが接続されている位置よりも下流側に設けられ、前記第二給水ラインを流れる水と前記媒体とを熱交換する熱交換器であってもよい。

【0022】

また、以上のいずれかの前記給水系統において、前記媒体はガスタービンに供給される燃料であり、前記媒体熱交換器は、前記燃料を加熱する燃料予熱器であってもよい。

【0023】

上記問題点を解決するための発明に係る一態様としての蒸気発生設備は、

以上のいずれかの前記給水系統と、ガスタービンからの排気ガスと前記第一給水ラインを経てきた前記第一給水とを熱交換させて、前記第一給水を加熱して蒸気にする蒸発器と、を備える。

30

【0024】

また、上記問題点を解決するための発明に係る他の態様としての蒸気発生設備は、

以上のいずれかの前記給水系統と、ガスタービンからの排気ガスと前記第一給水ラインを経てきた前記第一給水とを熱交換させて、前記第一給水を加熱して蒸気にする蒸発器と、を備え、前記第一加熱器は、前記排気ガスと前記第一給水とを熱交換させて、前記蒸発器に流入する前記第一給水を加熱する節炭器であってもよい。

【0025】

上記問題点を解決するための発明に係るさらに他の態様としての蒸気発生設備は、

前記第二加熱器を備える前記給水系統と、ガスタービンからの排気ガスと前記第一給水ラインを経てきた前記第一給水とを熱交換させて、前記第一給水を加熱して蒸気にする蒸発器と、を備え、前記第二加熱器は、前記排気ガスと前記第一給水とを熱交換させて、前記蒸発器に流入する前記第一給水を加熱する節炭器であってもよい。

40

【0026】

上記問題点を解決するための発明に係る一態様としての給水方法は、

第一給水を加熱する第一加熱工程と、前記第一加熱工程で加熱された前記第一給水である第一加熱給水と媒体とを熱交換させて、前記第一加熱給水を冷却する一方で前記媒体を加熱する媒体熱交換工程と、前記第一給水よりも圧力の低い第二給水中に、前記媒体熱交換工程を経た前記第一加熱給水を導入する第一給水導入工程と、前記媒体熱交換工程を経

50

た後であって、前記第二給水中に導入される前の前記第一加熱給水中に、前記第一加熱給水よりも温度の低い冷却水を注入する冷却水注入工程と、を実行する。

【0027】

当該給水方法では、媒体熱交換工程での第一加熱給水との熱交換対象である媒体の流量が減少して、第一加熱給水に対する冷却量が少なくなっても、冷却水注入工程で、第一加熱給水中に冷却水を注入することで、第二給水中に第一加熱給水が流入する過程でのフラッシュの発生を防ぐことができる。さらに、当該給水方法では、第一加熱給水を系外に放出しないので、第二給水に第一加熱給水が合流した後の水の急減を抑えることができる。

【0028】

ここで、前記給水方法において、前記冷却水注入工程では、前記第一加熱工程で加熱されていない前記第一給水である第一未加熱給水を、前記冷却水として用いてもよい。

10

【0029】

当該給水方法では、媒体熱交換工程を経た直後の第一給水を冷却するための冷却水として、第一加熱工程で加熱されていない第一給水である第一未加熱給水を用いる。このため、当該給水方法では、媒体熱交換工程を経た直後の第一給水に冷却水を注入できるように、この冷却水を昇圧する機器を別途設ける必要がない。

【0030】

また、以上のいずれかの前記給水方法において、前記冷却水注入工程では、前記第一加熱給水を含む水が前記第二給水に導入される前に、前記水の温度が予め定められた温度範囲内に収まるよう、前記冷却水の流量を調節する冷却水流量調節工程を含んでもよい。

20

【0031】

当該給水方法では、前記第一加熱給水を含む水の温度に基づいて、冷却水の流量を調節する。このため、当該給水系方法では、第二給水中に第一加熱給水が流入する過程でのフラッシュの発生を的確に防ぐことができる。

【0032】

また、以上のいずれかの前記給水方法において、前記第二給水中に導入される前記第一加熱給水を含む水の流量を調節する流量調節工程を実行してもよい。

【0033】

当該給水方法では、第二給水中に第一給水が導入された後の水の流量を管理することができる。

30

【0034】

また、以上のいずれかの前記給水方法において、前記第一加熱工程では、ガスタービンの圧縮機から抽気された圧縮空気と前記第一給水とを熱交させて、前記圧縮空気を冷却する一方で前記第一給水を加熱してもよい。

【0035】

また、以上のいずれかの前記給水方法において、前記媒体熱交換工程では、前記媒体としてガスタービンに供給される燃料を用い、第一加熱給水と前記燃料とを熱交換させて、前記第一加熱給水を冷却する一方で前記燃料を加熱してもよい。

【発明の効果】

【0036】

本発明の一態様では、水と媒体との熱交換量が急減した場合でも、この水がフラッシュすることを防ぎつつ、系統の運転状況の変化を抑えることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明に係る第一実施形態におけるコンバインドサイクルプラントの系統図である。

【図2】本発明に係る第一実施形態における給水系統の系統図（ガスタービンの定常運転時）である。

【図3】本発明に係る第一実施形態における給水系統の系統図（ガスタービンへの燃料が急減したとき）である。

50

【図4】本発明に係る第一実施形態における給水系統の動作を示すフローチャートである。

【図5】本発明に係る第二実施形態におけるコンバインドサイクルプラントの系統図である。

【図6】本発明に係る第二実施形態における第二給水系統の系統図である。

【発明を実施するための形態】

【0038】

以下、本発明に係る各種実施形態について、図面を用いて説明する。

【0039】

「第一実施形態」

本発明に係る給水系統を備えるコンバインドサイクルプラントの第一実施形態について、図1～図4を参照して説明する。

【0040】

本実施形態のコンバインドサイクルプラントは、図1に示すように、ガスタービン設備1と、ガスタービン設備1からの排気ガスEGの熱を回収する排熱回収設備100と、を備える。

【0041】

ガスタービン設備1は、ガスタービン10と、ガスタービン10に燃料Fを供給する燃料供給系統20と、ガスタービン10を構成する部品のうちで高温部品を冷却する部品冷却系統30と、を備える。

【0042】

ガスタービン10は、空気Aを圧縮する圧縮機11と、圧縮機11で圧縮された空気中で燃料Fを燃焼させて燃焼ガスを生成する燃焼器19と、高温高压の燃焼ガスにより駆動するタービン14と、を備える。圧縮機11は、軸線Arを中心として回転する圧縮機ロータ12と、この圧縮機ロータ12を覆う圧縮機ケーシング13と、を有する。タービン14は、軸線Arを中心として回転するタービンロータ15と、このタービンロータ15を覆うタービンケーシング16と、を有する。タービンロータ15は、ロータ軸15aと、ロータ軸15aの外周に取り付けられている複数の動翼列15bと、を有する。タービンケーシング16の内周には、各動翼列15bの上流側に配置されている静翼列17が固定されている。圧縮機ロータ12とタービンロータ15とは、同一の軸線Arを中心として回転するもので、相互に連結されて、ガスタービンロータを成している。このガスタービンロータには、例えば、発電機Gのロータが接続されている。圧縮機ケーシング13とタービンケーシング16とは、相互に連結されて、ガスタービンケーシングを成している。

【0043】

燃料供給系統20は、ガスタービン10の燃焼器19に燃料Fを供給する燃料供給ライン21と、燃料供給ライン21から燃焼器19に供給される燃料Fの流量を調節する燃料流量調節弁22と、燃料供給ライン21を流れる燃料Fを加熱する第一燃料予熱器23及び第二燃料予熱器24と、を備える。

【0044】

部品冷却系統30は、圧縮機11で圧縮された空気を抽気して、この空気をタービン14の高温部品に導く抽気ライン31と、抽気ライン31を通る空気を冷却する空気冷却器32と、を備える。ここでの高温部品とは、燃焼器19で生成された燃焼ガスに曝される部品である。例えば、この燃焼器19、タービンロータ15の動翼列15b、及び静翼列17等が高温部品に該当する。

【0045】

排熱回収設備100は、タービン14を駆動させた燃焼ガス、つまりガスタービン10から排気された排気ガスEGの熱で蒸気を発生させる排熱回収ボイラー110と、排熱回収ボイラー110を通過した排気ガスEGを大気に放出する煙突119と、排熱回収ボイラー110で発生した蒸気で駆動する蒸気タービン121a, 121b, 121cと、蒸

10

20

30

40

50

気タービン121aを駆動させた蒸気を水に戻す復水器123と、復水器123中の水を排熱回収ボイラー110に戻す給水ポンプ124と、を備える。

【0046】

排熱回収設備100は、蒸気タービン121a, 121b, 121cとして、低圧蒸気タービン121a、中圧蒸気タービン121b、高圧蒸気タービン121cを有する。各蒸気タービン121a, 121b, 121cのロータは互いに連結されている。このロータには、例えば、発電機Gのロータが接続されている。なお、ここでは、蒸気タービン121a, 121b, 121cの駆動で発電する発電機Gと、ガスタービン10の駆動で発電する発電機Gとは、別体の発電機であるが、一つの発電機であってもよい。

【0047】

排熱回収ボイラー110は、低圧蒸気LSを発生する低圧蒸気発生部111aと、中圧蒸気ISを発生する中圧蒸気発生部111bと、高圧蒸気HSを発生する高圧蒸気発生部111cと、高圧蒸気タービン121cを駆動させた蒸気を加熱する再熱器115と、を有する。低圧蒸気発生部111a、中圧蒸気発生部111b、及び高圧蒸気発生部111cは、いずれも、水を加熱する節炭器112a, 112b, 112cと、節炭器112a, 112b, 112cで加熱された水を蒸気にする蒸発器113a, 113b, 113cと、蒸発器113a, 113b, 113cで発生した蒸気を過熱する過熱器114a, 114b, 114cと、を有する。中圧蒸気発生部111b及び高圧蒸気発生部111cは、節炭器112b, 112c、蒸発器113b, 113c及び過熱器114b, 114c
20

【0048】

なお、以下では、高圧蒸気発生部111cの節炭器112cを高圧節炭器112c、高圧蒸気発生部111cの蒸発器113cを高圧蒸発器113c、高圧蒸気発生部111cの過熱器114cを高圧過熱器114cとする。また、中圧蒸気発生部111bの節炭器112bを中圧節炭器112b、中圧蒸気発生部111bの蒸発器113bを中圧蒸発器113b、中圧蒸気発生部111bの過熱器114bを中圧過熱器114bとする。また、低圧蒸気発生部111aの節炭器112aを低圧節炭器112a、低圧蒸気発生部111aの蒸発器113aを低圧蒸発器113a、低圧蒸気発生部111aの過熱器114aを低圧過熱器114aとする。また、中圧蒸気発生部111bのポンプ116bを中圧ポンプ116bとし、高圧蒸気発生部111cのポンプ116cを高圧ポンプ116cとする。
30

【0049】

再熱器115、高圧過熱器114c、高圧蒸発器113c、高圧節炭器112c、中圧過熱器114b、中圧蒸発器113b、中圧節炭器112b、低圧過熱器114a、低圧蒸発器113a、及び低圧節炭器112aは、この順序で、タービン14から煙突119に向かう排気ガスEGの下流側に向かって並んでいる。なお、この順序は、例示であり、他の順序でもよい。

【0050】

復水器123と低圧節炭器112aとは、給水ライン131で接続されている。この給水ライン131には、前述の給水ポンプ124が設けられている。低圧過熱器114aと低圧蒸気タービン121aの蒸気入口とは、低圧過熱器114aからの低圧蒸気LSを低圧蒸気タービン121aに送る低圧蒸気ライン132で接続されている。低圧蒸気タービン121aの蒸気出口と復水器123とは、低圧蒸気タービン121aを駆動させた低圧蒸気LSが復水器123に供給されるよう互いに接続されている。高圧過熱器114cと高圧蒸気タービン121cの蒸気入口とは、高圧過熱器114cからの高圧蒸気HSを高圧蒸気タービン121cに送る高圧蒸気ライン138で接続されている。高圧蒸気タービン121cの蒸気出口と再熱器115の蒸気入口とは、高圧蒸気タービン121cからの高圧蒸気HSを再熱器115に送る高圧蒸気回収ライン139で接続されている。再熱器115の蒸気出口と中圧蒸気タービン121bの蒸気入口とは、再熱器115で過熱され
40
50

た高圧蒸気HSを再熱蒸気RHSとして中圧蒸気タービン121bに送る再熱蒸気ライン136で接続されている。中圧蒸気タービン121bの蒸気出口には、中圧蒸気回収ライン137が接続されている。この中圧蒸気回収ライン137は、低圧蒸気ライン132に接続されている。

【0051】

中圧過熱器114bの蒸気出口には、中圧蒸気ライン133が接続されている。この中圧蒸気ライン133は、高圧蒸気回収ライン139に接続されている。中圧ポンプ116bの吐出口と中圧節炭器112bの水入口とは、中圧水ライン141で接続されている。中圧節炭器112bの水出口と中圧蒸発器114bの水入口とは、中圧加熱水ライン142で接続されている。高圧ポンプ116cの吐出口と高圧節炭器112cの水入口とは、高圧水ライン143で接続されている。高圧節炭器112cの水出口と高圧蒸発器113cの水入口とは、高圧加熱水ライン144で接続されている。

10

【0052】

排熱回収設備100は、さらに、前述の空気冷却器32、第一燃料予熱器23及び第二燃料予熱器24と、空気冷却器32、第一燃料予熱器23及び第二燃料予熱器24に排熱回収ボイラー110で加熱された水を送る各種ラインと、を備える。このように、空気冷却器32、第一燃料予熱器23及び第二燃料予熱器24は、排熱回収設備100の一部を構成すると共に、ガスタービン設備1の一部も構成する。

【0053】

中圧加熱水ライン142には、中圧加熱水分岐ライン145が接続されている。この中圧加熱水分岐ライン145は、第一燃料予熱器23の水入口に接続されている。第一燃料予熱器23は、中圧加熱水分岐ライン145からの中圧加熱水と燃料Fとを熱交換させて、燃料Fを加熱する一方で、中圧加熱水を冷却する。中圧加熱水分岐ライン145には、ここを流れる中圧加熱水の流量を検知する流量計166が設けられている。第一燃料予熱器23の水出口には、中圧水回収ライン146が接続されている。中圧水回収ライン146は、給水ライン131に接続されている。中圧水回収ライン146には、回収水流量調節弁165が設けられている。回収水流量調節弁165は、中圧加熱水分岐ライン145に設けられている流量計166で検知される流量が目的の流量になるよう、弁開度を調節する。目的の流量は、例えば、ガスタービン10に供給される燃料流量やガスタービン出力等に応じて定められる流量である。

20

30

【0054】

高圧水ライン143は、途中で二つのラインに分岐し、一方のラインが高圧節炭器112cに接続されている高圧水主ライン147を成し、他方のラインが高圧水分岐ライン148を成す。高圧水分岐ライン148は、高圧加熱水ライン144に接続されている。この高圧水分岐ライン148には、空気冷却器32が設けられている。この空気冷却器32は、高圧水分岐ライン148からの高圧水とガスタービン10の圧縮機11から抽気された空気Acとを熱交換させて、空気Acを冷却する一方で高圧水を加熱する。

【0055】

高圧水分岐ライン148中で、高圧加熱水ライン144との接続位置と空気冷却器32との間には、高圧水導入ライン149が接続されている。この高圧水導入ライン149は、中圧加熱水分岐ライン145に接続されている。この高圧水導入ライン149には、第二燃料予熱器24が設けられている。第二燃料予熱器24は、高圧水導入ライン149からの高圧加熱水と第一燃料予熱器23で加熱された燃料Fとを熱交換させて、燃料Fを加熱する一方で、高圧加熱水を冷却する。第二燃料予熱器24で冷却された高圧加熱水は、高圧回収水として高圧水導入ライン149及び中圧加熱水分岐ライン145を経て、第一燃料予熱器23に送られる。

40

【0056】

高圧水主ライン147中で、高圧水分岐ライン148の分岐位置よりも高圧ポンプ116c側の位置には、冷却水注入ライン151が接続されている。この冷却水注入ライン151は、高圧水導入ライン149中で、第二燃料予熱器24よりも中圧加熱水分岐ライン

50

145側の位置に接続されている。冷却水注入ライン151には、ここを流れる冷却水としての高圧水の流量を調節する冷却水流量調節弁152と、この冷却水注入ライン151中に高圧水導入ライン149からの水が流れ込むのを防ぐ逆止弁153と、が設けられている。

【0057】

高圧水導入ライン149中で、高圧水分岐ライン148との接続位置と第二燃料予熱器24との接続位置との間には、ここを流れる高圧加熱水の流量を検知する流量計156、166が設けられている。高圧水導入ライン149中で、冷却水注入ライン151との接続位置よりも中圧加熱水分岐ライン145側には、ここを流れる水の温度を検知する温度計154と、ここを流れる水の流量を調節する回収水流量調節弁155とが設けられている。

10

【0058】

本実施形態では、排熱回収設備100から、蒸気タービン121a、121b、121c及び復水器123を除いたものが蒸気発生設備を成す。すなわち、蒸気発生設備は、排熱回収ボイラー110と、空気冷却器32と、第一燃料予熱器23と、第二燃料予熱器24と、を備えると共に、排熱回収ボイラー110、各蒸気タービン121a、121b、121c、空気冷却器32、第一燃料予熱器23、第二燃料予熱器24を相互に接続する各種ライン、各種ラインに設けられている弁、給水ライン131等を備える。この蒸気発生設備は、給水系統を備える。この給水系統については後述する。

【0059】

20

次に、以上で説明した本実施形態のコンバインドサイクルプラントの動作について説明する。

【0060】

ガスタービン10の圧縮機11は、大気中の空気Aを圧縮し、圧縮した空気Aを燃焼器19に供給する。また、燃焼器19には、燃料供給ライン21からの燃料Fも供給される。燃焼器19内では、圧縮された空気A中で燃料Fが燃焼して、高温高圧の燃焼ガスが生成される。この燃焼ガスは、タービン14に送られ、このタービンロータ15を回転させる。このタービンロータ15の回転で、ガスタービン10に接続されている発電機Gは発電する。

【0061】

30

タービンロータ15を回転させた燃焼ガスは、排気ガスEGとしてガスタービン10から排気され、排熱回収ボイラー110を介して、煙突119から大気に放出される。排熱回収設備100は、ガスタービン10からの排気ガスEGが排熱回収ボイラー110を通る過程で、この排気ガスEGに含まれている熱を回収する。

【0062】

排熱回収ボイラー110の低圧節炭器112aには、復水器123からの水が給水ライン131を介して供給される。低圧節炭器112aは、この水を排気ガスEGと熱交換させて加熱する。低圧節炭器112aで加熱された水の一部は、低圧蒸発器113aでさらに加熱されて蒸気になる。この蒸気は、低圧過熱器114aでさらに過熱されて低圧蒸気LSとして、低圧蒸気ライン132を介して低圧蒸気タービン121aに供給される。低圧蒸気タービン121aを駆動させた蒸気は、復水器123で水に戻る。この水は、復水器123から給水ライン131を介して再び低圧節炭器112aに供給される。

40

【0063】

低圧節炭器112aで加熱された水の他の一部は、中圧ポンプ116bで加圧され、中圧水ライン141を経て、中圧水として中圧節炭器112bに送られる。また、低圧節炭器112aで加熱された残りの水は、高圧ポンプ116cで加圧され、高圧水ライン143を経て、高圧水として高圧節炭器112cに送られる。

【0064】

高圧節炭器112cは、高圧ポンプ116cから送られてきた高圧水を排気ガスEGと熱交換させて加熱する。高圧節炭器112cで加熱された高圧水は、高圧加熱水ライン1

50

44を経て、高圧加熱水として高圧蒸発器113cに送られる。高圧蒸発器113cは、高圧加熱水を排気ガスEGと熱交換させて、この高圧加熱水を蒸気にする。この蒸気は、高圧過熱器114cでさらに過熱されて高圧蒸気HSとして、高圧蒸気ライン138を介して高圧蒸気タービン121cに供給される。

【0065】

中圧節炭器112bは、中圧ポンプ116bから送られてきた中圧水を排気ガスEGと熱交換させて加熱する。中圧節炭器112bで加熱された中圧水は、中圧加熱水ライン142を経て、中圧加熱水として中圧蒸発器113bに送られる。中圧蒸発器113bは、中圧加熱水と排気ガスEGとを熱交換させて、この中圧加熱水を蒸気にする。この蒸気は、中圧過熱器114bでさらに過熱されて、中圧蒸気ISとして、中圧蒸気ライン133及び高圧蒸気回収ライン139を介して、排熱回収ボイラー110中で最も上流側（ガスタービン10側）の再熱器115に送られる。

10

【0066】

高圧蒸気タービン121cを駆動させた高圧蒸気HS及び中圧過熱器114bからの中圧蒸気ISは、高圧蒸気回収ライン139を介して、排熱回収ボイラー110中で最も上流側（ガスタービン10側）の再熱器115に送られる。再熱器115は、この蒸気を排気ガスEGと熱交換させて過熱し、再熱蒸気RHSとして、再熱蒸気ライン136を介して、中圧蒸気タービン121bに供給する。

【0067】

中圧蒸気タービン121bを駆動させた再熱蒸気RHSは、中圧蒸気回収ライン137及び低圧蒸気ライン132を介して、低圧蒸気タービン121aに供給される。

20

【0068】

中圧節炭器112bで加熱された中圧水である中圧加熱水の一部は、中圧加熱水分岐ライン145を経て、第一燃料予熱器23に送られる。第一燃料予熱器23では、燃料供給ライン21を経てきた燃料Fと中圧加熱水とが熱交換され、燃料Fが加熱される一方で、中圧加熱水が冷却される。第一燃料予熱器23で冷却された中圧加熱水は、中圧回収水として中圧水回収ライン146を経て給水ライン131に戻る。また、第一燃料予熱器23で加熱された燃料Fは、燃料供給ライン21を経て、第二燃料予熱器24に送られる。

【0069】

高圧水主ライン147を流れる高圧水の一部は、高圧水分岐ライン148を経て、空気冷却器32に送られる。空気冷却器32では、高圧水とガスタービン10の圧縮機11から抽気された空気Acとが熱交換され、空気Acが冷却される一方で高圧水が加熱される。空気冷却器32で冷却された空気Acは、抽気ライン31を経て、タービン14の高温部品に送られる。また、空気冷却器32で加熱された高圧水の一部は、高圧加熱水として、高圧水分岐ライン148及び高圧加熱水ライン144を経て、高圧蒸発器113cに送られる。

30

【0070】

高圧水分岐ライン148を流れる高圧加熱水の残りの一部は、高圧水導入ライン149を経て、第二燃料予熱器24に送られる。第二燃料予熱器24では、第一燃料予熱器23で加熱された燃料Fと高圧加熱水とが熱交換され、燃料Fが加熱される一方で、高圧加熱水が冷却される。第二燃料予熱器24で冷却された高圧加熱水は、高圧回収水として高圧水導入ライン149を経て中圧加熱水分岐ライン145に流入する。中圧加熱水分岐ライン145に流入した高圧回収水は、中圧加熱水分岐ライン145を流れる中圧加熱水と合流して、第一燃料予熱器23に流入する。また、第二燃料予熱器24で加熱された燃料Fは、燃料供給ライン21を経て、燃焼器19に送られる。

40

【0071】

次に、本実施形態の給水系統について、図2及び図3を用いて説明する。

【0072】

図2に示すように、本実施形態の給水系統50は、図2に示すように、以上で説明した、高圧水ライン143、高圧加熱水ライン144、中圧加熱水分岐ライン145、高圧水

50

導入ライン 1 4 9、冷却水注入ライン 1 5 1、これらのラインに設けられている弁や計器、空気冷却器 3 2、第二燃料予熱器 2 4、高圧節炭器 1 1 2 c を備える。

【 0 0 7 3 】

ここで、以下の説明の都合上、高圧水ライン 1 4 3 と高圧加熱水ライン 1 4 4 とで構成されるラインを第一給水ライン 5 1 とする。第一給水ライン 5 1 は、第一給水主ライン 5 1 a と第一給水分岐ライン 5 1 b とを有する。第一給水主ライン 5 1 a は、高圧加熱水ライン 1 4 4 と高圧水ライン 1 4 3 の一部を構成する高圧水主ライン 1 4 7 とで構成される。第一給水分岐ライン 5 1 b は、高圧水分岐ライン 1 4 8 で構成される。

【 0 0 7 4 】

また、中圧加熱水分岐ライン 1 4 5 を第二給水ライン 5 2 とする。高圧水導入ライン 1 4 9 を第一給水導入ライン 5 3 とする。さらに、空気冷却器 3 2 を第一加熱器 3 2 とし、高圧節炭器 1 1 2 c を第二加熱器 1 1 2 c とする。また、第一燃料予熱器 2 3 を第二媒体熱交換器 2 3 とし、第二燃料予熱器 2 4 を第一媒体熱交換器 2 4 とする。

【 0 0 7 5 】

図 1 を用いて前述したように、低圧節炭器 1 1 2 a で加熱された低圧水である低圧加熱水の一部は、中圧ポンプ 1 1 6 b で昇圧され、中圧水として中圧節炭器 1 1 2 b に送られる。この中圧水は、中圧節炭器 1 1 2 b で加熱されて中圧加熱水となる。この中圧加熱水は、図 2 に示すように、中圧加熱水ライン 1 4 2、及び中圧加熱水分岐ライン 1 4 5 である第二給水ライン 5 2 を経て、第二給水として、第一燃料予熱器 2 3 である第二媒体熱交換器 2 3 に送られる。第二媒体熱交換器 2 3 では、媒体としての燃料 F と第二給水（中圧加熱水）とが熱交換され、媒体が加熱される一方で、第二給水が冷却される。

【 0 0 7 6 】

図 1 を用いて前述したように、低圧節炭器 1 1 2 a で加熱された低圧水である低圧加熱水の他の一部は、高圧ポンプ 1 1 6 c で昇圧され、高圧水になる。この高圧水は、図 2 に示すように、第一給水として、高圧水ライン 1 4 3 と高圧加熱水ライン 1 4 4 とで構成される第一給水ライン 5 1 内を流れる。この第一給水は、第二給水ライン 5 2 を流れる第二給水より圧力が高い。言い換えると、第二給水ライン 5 2 を流れる第二給水は、第一給水ライン 5 1 を流れる第一給水よりも圧力が低い。一方、第一給水ライン 5 1 を流れる第一給水で、第一加熱器 3 2 及び第二加熱器 1 1 2 c に至っていない第一給水は、第二給水ライン 5 2 を流れる第二給水より温度が低い。第一給水の一部は、第一給水主ライン 5 1 a を経て、高圧節炭器 1 1 2 c である第二加熱器 1 1 2 c へ送られる。第二加熱器 1 1 2 c では、第一給水が加熱される。第二加熱器 1 1 2 c で加熱された第一給水は、第一給水主ライン 5 1 a を経て、高圧蒸発器 1 1 3 c へ送られる。第一給水の他の一部は、第一給水分岐ライン 5 1 b を経て、空気冷却器 3 2 である第一加熱器 3 2 へ送れる。

【 0 0 7 7 】

以下、本実施形態の給水系統 5 0 での処理について、図 4 に示すフローチャートに従って説明する。

【 0 0 7 8 】

第一加熱器 3 2 では、第一給水が加熱される（S 1：第一加熱工程）。第一加熱器 3 2 で加熱された第一給水の一部は、第一給水分岐ライン 5 1 b を経て、第一給水主ライン 5 1 a 内に流入する。第一加熱器 3 2 で加熱された第一給水は、第二加熱器 1 1 2 c で加熱された第一給水と共に、高圧蒸発器 1 1 3 c へ送られる。

【 0 0 7 9 】

第一加熱器 3 2 で加熱された第一給水の他の一部は、高圧水導入ライン 1 4 9 である第一給水導入ライン 5 3 を経て、第二燃料予熱器 2 4 である第一媒体熱交換器 2 4 に送られる。第一媒体熱交換器 2 4 では、媒体としての燃料 F と第一給水とが熱交換され、媒体が加熱される一方で、第一給水が冷却される（S 2：媒体熱交換工程）。第一媒体熱交換器 2 4 で第一給水と熱交換される媒体としての燃料 F は、第二媒体熱交換器 2 3 で加熱された燃料 F である。媒体熱交換工程（S 2）で冷却された第一給水は、第一給水導入ライン 5 3 を経て、第二給水ライン 5 2 内に導入される（S 3：第一給水導入工程）。この第一

10

20

30

40

50

給水は、第二給水と共に、第二媒体熱交換器 2 3 に送られる。

【 0 0 8 0 】

第一給水導入ライン 5 3 を流れる第一給水の流量は、流量計 1 5 6 により検知される。回収水流量調節弁 1 5 5 は、この流量計 1 5 6 で検知される流量が目的の流量になるようよう、自身の弁開度を調節する（S 4：流量調節工程）。この目的の流量は、ガスタービン 1 0 の出力やガスタービン 1 0 に供給される燃料の流量に応じて定められる。例えば、ガスタービン 1 0 の出力やガスタービン 1 0 に供給される燃料の流量が増大した場合には、目的の流量も増大する。

【 0 0 8 1 】

第一媒体熱交換器 2 4 から流出した直後の第一給水の温度は、第一加熱器 3 2 で加熱される前の第一給水の温度よりも高く、第二給水ライン 5 2 を流れる第二給水の温度に近い温度である。第一給水は、第一給水導入ライン 5 3 に設けられている回収水流量調節弁 1 5 5 を通過する過程で、減圧されて、第二給水ライン 5 2 内の圧力とほぼ同じ圧力になる。

10

【 0 0 8 2 】

本実施形態の給水系統 5 0 では、以上の工程と並行して、冷却水注入工程（S 5）も実行される。冷却水注入工程（S 5）では、温度計 1 5 4 により、第一給水導入ライン 5 3 中で、冷却水注入ライン 1 5 1 との接続位置と第一媒体熱交換器 2 4 との間を流れる水の温度が検知される（S 6：温度検知工程）。冷却水注入工程（S 5）では、温度検知工程（S 6）で検知された温度 T 1 が予め定められている設定温度 T 0 より大きくない場合、温度検知工程（S 6）に戻る（S 7 で N O）。一方、温度検知工程（S 6）で検知された温度 T 1 が設定温度 T 0 より大きい場合、冷却水流量調節工程（S 8）進む。冷却水注入工程（S 5）における冷却水流量調節工程（S 8）では、温度計 1 5 4 で検知される温度 T 1 が設定温度 T 0 になるよう、図 3 に示すように、冷却水流量調節弁 1 5 2 の開度が制御されて、冷却水注入ライン 1 5 1 から第一給水導入ライン 5 3 に注入される冷却水の流量が調節される。この冷却水は、第一加熱器 3 2 で加熱されていない第一給水である第一未加熱給水である。具体的に、例えば、温度計 1 5 4 で検知された温度 T 1 が設定温度 T 0 よりも高い場合、冷却水流量調節弁 1 5 2 が開く。この際、冷却水流量調節弁 1 5 2 の開度は、例えば、温度計 1 5 4 で検知された温度 T 1 と設定温度 T 0 との偏差に応じた開度である。温度計 1 5 4 で検知された温度 T 1 が設定温度 T 0 よりも高い場合、冷却水流量調節弁 1 5 2 が開き、冷却水が第一給水導入ライン 5 3 に注入される結果、第一給水導入ライン 5 3 中で、冷却水注入ライン 1 5 1 よりも第二給水ライン 5 2 側の温度が低下して、温度計 1 5 4 で検知される温度が設定温度 T 0 になる。

20

30

【 0 0 8 3 】

この冷却水と第一給水とは、両者が混ざり合っ、回収水流量調節弁 1 5 5 を経て、第二給水ライン 5 2 に導入される。冷却水と第一給水とが混ざり合った水の流量は、回収水流量調節弁 1 5 5 で流量調節されてから（S 4：流量調節工程）、第二給水ライン 5 2 に導入される。

【 0 0 8 4 】

仮に、設定温度 T 0 が、ガスタービン 1 0 の定常運転時に第一媒体熱交換器 2 4 から流出する第一給水の温度よりも多少高い温度である場合について考える。

40

【 0 0 8 5 】

この場合、ガスタービン 1 0 の定常運転時、冷却水注入ライン 1 5 1 に設けられている冷却水流量調節弁 1 5 2 は、図 2 に示すように、閉じている。このため、ガスタービン 1 0 の定常運転時、第一加熱器 3 2 で加熱される前の高圧水である第一給水は、冷却水注入ライン 1 5 1 を経て、冷却水として、第一給水導入ライン 5 3 中に注入されない。

【 0 0 8 6 】

ガスタービン 1 0 を緊急停止させる場合や、ガスタービン 1 0 の出力を急激に減少させる場合、燃料供給ライン 2 1 に設けられている燃料流量調節弁 2 2 の弁開度は、急激に、完全閉又は微開に変わる。この場合、燃料供給ライン 2 1 を流れる燃料 F の流量が急激に

50

少なくなる。燃料Fの流量が急激に少なくなると、第一媒体熱交換器24で、媒体としての燃料Fと水との熱交換量が急激に少なくなる。この結果、第一媒体熱交換器24に流入する水の冷却量が急激に少なくなり、第一媒体熱交換器24から流出した直後の第一給水の温度がガスタービン10の定常運転時と比べて高くなる。

【0087】

第二給水ライン52に導入される第一給水の温度がガスタービン10の定常運転時と比べて高くなると、この第一給水は、第二給水ライン52に流入する過程でフラッシュするおそれがある。ライン内で水がフラッシュすると、ラインを構成する配管や、このラインに設けられている各種機器が損傷するおそれがある。

【0088】

そこで、本実施形態では、温度計154で検知される温度T1が設定温度T0より大きくなると、前述したように、冷却水注入工程(S5)における冷却水流量調節工程(S8)が実行される。この冷却水流量調節工程(S8)が実行されると、図3に示すように、冷却水流量調節弁152が開き、冷却水注入ライン151から第一給水導入ライン53に冷却水が注入され、第一給水導入ライン53中で冷却水注入ライン151よりも第二給水ライン52側の水の温度が低下して、温度計154で検知される温度T1が設定温度T0になる。

【0089】

よって、本実施形態では、第一媒体熱交換器24に流入する媒体としての燃料Fと水との熱交換量が急激に減少しても、第一給水導入ライン53から第二給水ライン52に水が導入される過程でのフラッシュを防ぐことができる。また、本実施形態では、第一媒体熱交換器24から流出した直後の第一給水の温度がガスタービン10の定常運転時と比べて高くなった場合、背景技術の欄で説明した特許文献1に記載の技術のように、第一給水を復水器に放出せずに、第一給水中に冷却水を注入する。このため、本実施形態では、特許文献1に記載の技術に比べて、第二給水ライン52に流入する水の流量の急激な減少を抑えることができ、給水系統50、ひいては、排熱回収設備100を安定運転することができる。

【0090】

なお、以上では、設定温度T0が、ガスタービン10の定常運転時に第一媒体熱交換器24から流出する第一給水の温度よりも多少高い温度である。しかしながら、設定温度T0は、例えば、ガスタービン10の定常運転時に第一媒体熱交換器24から流出する第一給水の温度よりも多少低い温度であってもよい。この場合、ガスタービン10の定常運転時、第一媒体熱交換器24から流出した直後の第一給水の温度は、設定温度T0よりも多少高い。このため、この場合、ガスタービン10の定常運転時においても、冷却水流量調節弁152が僅かに開いており、冷却水注入ライン151から第一給水導入ライン53に冷却水が注入され、温度計154で検知される温度T1が設定温度T0になる。また、前述したように、ガスタービン10を緊急停止させた場合や、ガスタービン10の出力を急激に減少させた場合等で、第一媒体熱交換器24から流出した直後の第一給水の温度がガスタービン10の定常運転時と比べて高くなった場合には、冷却水流量調節弁152の開度が定常運転時より大きくなる。この結果、この場合、冷却水注入ライン151から第一給水導入ライン53に冷却水が定常運転時よりも多く注入され、温度計154で検知される温度T1が設定温度T0になる。

【0091】

「第二実施形態」

本発明に係る給水系統を備えるコンバインドサイクルプラントの第二実施形態について、図5及び図6を参照して説明する。

【0092】

本実施形態のコンバインドサイクルプラントは、図5に示すように、第一実施形態のコンバインドサイクルプラントに、冷却水注入ライン161、冷却水流量調節弁162、逆止弁163及び温度計164を追加したもので、その他の構成は基本的に同一である。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 3 】

冷却水注入ライン 1 6 1 の一端は、中圧水ライン 1 4 1 に接続され、冷却水注入ライン 1 6 1 の他端は、中圧水回収ライン 1 4 6 中で、第一燃料予熱器 2 3 と回収水流量調節弁 1 6 5 との間の位置に接続されている。冷却水流量調節弁 1 6 2 及び逆止弁 1 6 3 は、いずれも、この冷却水注入ライン 1 6 1 に設けられている。温度計 1 6 4 は、中圧水回収ライン 1 4 6 中で、冷却水注入ライン 1 6 1 との接続位置と回収水流量調節弁 1 6 5 との間の位置に設けられている。

【 0 0 9 4 】

本実施形態のコンバインドサイクルプラントは、以上のように、第一実施形態のコンバインドサイクルプラントに冷却水注入ライン 1 6 1 等を追加したものである。よって、本実施形態のコンバインドサイクルプラントも、第一実施形態のコンバインドサイクルプラントと同様、空気冷却器 3 2 を第一加熱器 3 2 とする給水系統 5 0 (以下、第一給水系統 5 0 とする) を備える。さらに、本実施形態のコンバインドサイクルプラントは、中圧節炭器 1 1 2 b を第一加熱器 1 1 2 b とする給水系統 (以下、第二給水系統 6 0 とする) を備える。

10

【 0 0 9 5 】

次に、本実施形態の第二給水系統 6 0 について、図 6 を用いて説明する。

【 0 0 9 6 】

本実施形態の第二給水系統 6 0 は、中圧水ライン 1 4 1、中圧加熱水ライン 1 4 2、中圧加熱水分岐ライン 1 4 5、中圧水回収ライン 1 4 6、冷却水注入ライン 1 6 1、これらのラインに設けられている弁や計器、中圧節炭器 1 1 2 b、第一燃料予熱器 2 3 を備える。

20

【 0 0 9 7 】

ここで、以下の説明の都合上、中圧水ライン 1 4 1 と中圧加熱水ライン 1 4 2 とで構成されるラインを第一給水ライン 6 1 とする。復水器 1 2 3 と排熱回収ボイラー 1 1 0 (図 5 参照) の低圧節炭器 1 1 2 a とを接続する給水ライン 1 3 1 を第二給水ライン 6 2 とする。中圧加熱水分岐ライン 1 4 5 と中圧水回収ライン 1 4 6 とで構成されるラインを第一給水導入ライン 6 3 とする。中圧節炭器 1 1 2 b を第一加熱器 1 1 2 b とし、第一燃料予熱器 2 3 を媒体熱交換器 2 3 とする。

【 0 0 9 8 】

第一実施形態において、図 1 を用いて前述したように、復水器 1 2 3 からの水は、給水ポンプ 1 2 4 で昇圧されて、第二給水として、給水ライン 1 3 1 である第二給水ライン 6 2 を経て、排熱回収ボイラー 1 1 0 の低圧節炭器 1 1 2 a に送れる。低圧節炭器 1 1 2 a で加熱された低圧水である低圧加熱水の一部は、中圧ポンプ 1 1 6 b で昇圧され、中圧水として、中圧水ライン 1 4 1 を経て中圧節炭器 1 1 2 b に送られる。この中圧水は、中圧節炭器 1 1 2 b で加熱されて中圧加熱水となる。すなわち、図 6 に示すように、中圧水である第一給水が、中圧水ライン 1 4 1 である第一給水ライン 6 1 を経て、第一加熱器 1 1 2 b である中圧節炭器 1 1 2 b に送られる。この第一給水は、第二給水より圧力が高い。この第一給水は、この第一加熱器 1 1 2 b で加熱される (S 1 : 第一加熱工程 (図 4 参照))。

30

40

【 0 0 9 9 】

第一加熱器 1 1 2 b で加熱された第一給水の一部は、中圧加熱水分岐ライン 1 4 5 と中圧水回収ライン 1 4 6 とで構成される第一給水導入ライン 6 3 を経て、第一燃料予熱器 2 3 である媒体熱交換器 2 3 に送られる。媒体熱交換器 2 3 では、媒体としての燃料 F と第一給水とが熱交換され、媒体が加熱される一方で、第一給水が冷却される (S 2 : 媒体熱交換工程)。この第一給水は、第一給水導入ライン 6 3 を経て、第二給水ライン 6 2 内に導入される (S 3 : 第一給水導入工程)。この第一給水は、給水ポンプ 1 2 4 からの水である第二給水と共に、第二給水ライン 6 2 を経て、排熱回収ボイラーの低圧節炭器 1 1 2 a に送れる。

【 0 1 0 0 】

50

第一給水導入ライン 6 3 を流れる第一給水の流量は、流量計 1 6 6 により検知される。回収水流量調節弁 1 6 5 は、この流量計 1 6 6 で検知される流量が目的の流量になるようよう、自身の弁開度を調節する（S 4：流量調節工程）。この目的の流量は、ガスタービン 1 0 の出力やガスタービン 1 0 に供給される燃料の流量に応じて定められる。

【 0 1 0 1 】

媒体熱交換器 2 3 から流出した直後の第一給水の温度は、第一加熱器 1 1 2 b で加熱された直後の第一給水の温度よりも低く、第二給水の温度に近い温度である。第一給水は、第一給水導入ライン 6 3 に設けられている回収水流量調節弁 1 6 5 を通過する過程で、減圧されて、第二給水ライン 6 2 内の圧力とほぼ同じ圧力になる。

【 0 1 0 2 】

本実施形態の第二給水系統 6 0 でも、第一給水系統 5 0 と同様、以上の工程と並行して、冷却水注入工程（S 5）も実行される。冷却水注入工程（S 5）では、温度計 1 6 4 により、第一給水導入ライン 6 3 中で、冷却水注入ライン 1 6 1 との接続位置と媒体熱交換器 2 3 との間を流れる水の温度が検知される（S 6：温度検知工程）。冷却水注入工程（S 5）では、温度検知工程（S 6）で検知された温度 $T 1 a$ が予め定められている設定温度 $T 0 a$ より大きくない場合、温度検知工程（S 6）に戻る（S 7でNO）。一方、温度検知工程（S 6）で検知された温度 $T 1 a$ が設定温度 $T 0 a$ より大きい場合、冷却水流量調節工程（S 8）進む。冷却水注入工程（S 5）における冷却水流量調節工程（S 8）では、第一実施形態の場合と同様、温度計 1 6 4 で検知される温度が設定温度 $T 0 a$ になるよう、冷却水流量調節弁 1 6 2 の開度が制御されて、冷却水注入ライン 1 6 1 から第一給水導入ライン 6 3 に流入する冷却水の流量が調節される。この冷却水は、第一加熱器 1 1 2 b で加熱されていない第一給水である第一未加熱給水である。この結果、第一給水導入ライン 6 3 中で、冷却水注入ライン 1 6 1 との接続位置よりも第二給水ライン 6 2 側の水の温度が低下して、温度計 1 6 4 で検知される温度が設定温度 $T 0 a$ になる。

【 0 1 0 3 】

仮に、設定温度 $T 0 a$ が、ガスタービン 1 0 の定常運転時に媒体熱交換器 2 3 から流出する第一給水の温度よりも多少高い温度である場合について考える。

【 0 1 0 4 】

この場合、ガスタービン 1 0 の定常運転時、冷却水注入ライン 1 6 1 に設けられている冷却水流量調節弁 1 6 2 は、閉じている。このため、ガスタービン 1 0 の定常運転時、第一加熱器 1 1 2 b で加熱される前の中圧水である第一給水は、冷却水注入ライン 1 6 1 を経て、第一給水導入ライン 6 3 中に注入されない。

【 0 1 0 5 】

前述したように、ガスタービン 1 0 を緊急停止させる場合や、ガスタービン 1 0 の出力を急激に減少させる場合、燃料供給ライン 2 1 を流れる燃料の流量が急激に少なくなる。燃料の流量が急激に少なくなると、媒体熱交換器 2 3 で、媒体としての燃料 F と水との熱交換量が急激に少なくなる。この結果、媒体熱交換器 2 3 に流入する水の冷却量が急激に少なくなり、媒体熱交換器 2 3 から流出した直後の第一給水の温度がガスタービン 1 0 の定常運転時と比べて高くなる。

【 0 1 0 6 】

第二給水ライン 6 2 に導入される第一給水の温度がガスタービン 1 0 の定常運転時と比べて高くなると、この第一給水は、第二給水ライン 6 2 に流入する過程でフラッシュするおそれがある。

【 0 1 0 7 】

そこで、本実施形態では、温度計 1 6 4 で検知される温度 $T 1 a$ が予め定められている温度 $T 0 a$ より大きくなると、前述したように、冷却水注入工程（S 5）における冷却水流量調節工程（S 8）が実行される。

【 0 1 0 8 】

よって、本実施形態の第二給水系統 6 0 でも、第一給水系統 5 0 と同様、ライン内でのフラッシュを防ぐことができると共に、第二給水ライン 6 2 に流入する水の流量の急激な

10

20

30

40

50

減少を抑えることができる。

【 0 1 0 9 】

以上のように、本実施形態のコンバインドサイクルプラントは、第一給水系統 5 0 と第二給水系統 6 0 とを備えている。しかしながら、例えば、第一給水系統 5 0 における第一給水導入ライン 5 3 で、水の温度や圧力の関係等から、第一給水導入ライン 5 3 内でフラッシュ発生のおそれがない場合には、この第一給水系統 5 0 に冷却水注入ライン 1 5 1 を設けなくてもよい。また、第二給水系統 6 0 における第一給水導入ライン 6 3 で、水の温度や圧力の関係等から、第一給水導入ライン 6 3 内でフラッシュ発生のおそれがない場合には、第一実施形態と同様、この第二給水系統 6 0 に冷却水注入ライン 1 6 1 を設けなくてもよい。

10

【 0 1 1 0 】

なお、本実施形態でも、第一実施形態で説明したように、設定温度 T_{0a} は、例えば、ガスタービン 1 0 の定常運転時に媒体熱交換器 2 3 から流出する第一給水の温度よりも多少低い温度であってもよい。

【 0 1 1 1 】

「変形例」

以上の実施形態における各給水系統 5 0 , 6 0 では、流量計 1 5 6 , 1 6 6 で水の流量を検知し、この流量計 1 5 6 , 1 6 6 で検知された流量が目的の流量になるようフィードバック制御を実行する。しかしながら、流量計 1 5 6 , 1 6 6 で水の流量を検知しなくてもよい。この場合、例えば、ガスタービン 1 0 の負荷等、ガスタービン 1 0 の運転状況に

20

応じて、目的の水流量を定め、実際の水流量がこの目的の水流量になるようフィードフォワード制御を実行する。

【 0 1 1 2 】

上記実施形態における給水系統 5 0 では、冷却水注入ライン 1 5 1 が、第一給水主ライン 5 1 a 中で、第一給水分岐ライン 5 1 b の分岐位置よりも高圧ポンプ 1 1 6 c 側の位置に接続されている。しかしながら、この冷却水注入ライン 1 5 1 は、第一給水分岐ライン 5 1 b 中で、第一加熱器 3 2 よりも第一給水主ライン 5 1 a 側の位置に接続してもよい。また、この冷却水注入ライン 1 5 1 は、第一給水主ライン 5 1 a 中で、第一給水分岐ライン 5 1 b の分岐位置と第二加熱器 1 1 2 c との間の位置に接続してもよい。すなわち、冷却水注入ライン 1 5 1 は、第一給水ライン 5 1 を流れる第一給水で、第一加熱器 3 2 及び

30

第二加熱器 1 1 2 c に至る前の第一給水が冷却水注入ライン 1 5 1 に流入し得る位置であれば、如何なる位置に接続してもよい。

【 0 1 1 3 】

上記実施形態における給水系統 5 0 では、中圧加熱水分岐ライン 1 4 5 に第一給水導入ライン 5 3 を接続し、この中圧加熱水分岐ライン 1 4 5 を第二給水ライン 5 2 としている。しかしながら、中圧加熱水ライン 1 4 2 中で中圧加熱水分岐ライン 1 4 5 の分岐位置よりも中圧節炭器 1 1 2 b 側の位置に、第一給水導入ライン 5 3 を接続し、中圧加熱水ライン 1 4 2 中で中圧加熱水分岐ライン 1 4 5 の分岐位置よりも中圧節炭器 1 1 2 b 側の部分を第二給水ラインとしてもよい。すなわち、第二給水ラインは、第一給水ライン 5 1 を流れる第一給水よりも圧力の低い水が流れるラインであれば、上記実施形態の第二給水ライン 5 3 に限定されない。

40

【 0 1 1 4 】

また、以上の実施形態における各給水系統では、媒体熱交換器から流出した直後の第一給水を冷却するための冷却水として、第一加熱器で加熱される前の第一給水を用いる。しかしながら、冷却水は、第一加熱器で加熱される前の第一給水を用いなくても、媒体熱交換器から流出した直後の第一給水を冷却することができれば、他の水を用いてもよい。但し、他の水を用いる場合、媒体熱交換器から流出した直後の第一給水に水を注入できるように、この他の水を昇圧する機器が別途必用になる。一方、以上の各実施形態のように、冷却水として、第一加熱器で加熱される前の第一給水を用いると、冷却水を昇圧する機器を別途設ける必要がない。

50

【 0 1 1 5 】

以上の実施形態の媒体熱交換器は、いずれも、水と媒体としての燃料Fとを熱交換させている。しかしながら、媒体熱交換器における媒体は、燃料Fである必要性はなく、他の媒体であってもよい。

【 0 1 1 6 】

以上の実施形態は、いずれも、ガスタービンと蒸気タービンとを組み合わせたプラントであるコンバインドサイクルプラントに、本発明を適用した例である。しかしながら、コンバインドサイクルプラントを除くプラントに本発明を適用してもよい。例えば、ガスタービン及び排熱回収ボイラーを備えているものの、蒸気タービンを備えていないプラントに本発明を適用してもよい。さらに、ボイラーを備えているものの、ガスタービンも蒸気タービンも備えていないプラントに本発明を適用してもよい。すなわち、媒体と水とを熱交換させる媒体熱交換器を通った水がフラッシュし得る環境を有するプラントであれば、本発明を適用してもよい。

10

【 符号の説明 】

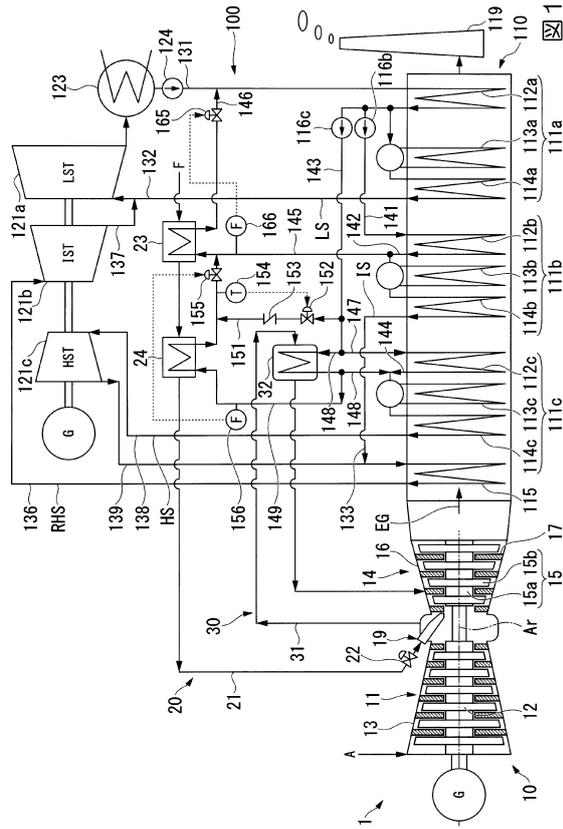
【 0 1 1 7 】

1 : ガスタービン設備、 10 : ガスタービン、 11 : 圧縮機、 12 : 圧縮機ロータ、 14 : タービン、 15 : タービンロータ、 15 a : ロータ軸、 15 b : 動翼列、 16 : タービンケーシング、 19 : 燃焼器、 20 : 燃料供給系統、 21 : 燃料供給ライン、 22 : 燃料流量調節弁、 23 : 第一燃料予熱器 (媒体熱交換器又は第二媒体熱交換器)、 24 : 第二燃料予熱器 (媒体熱交換器又は第一媒体熱交換器)、 30 : 部品冷却系統、 31 : 抽気ライン、 32 : 空気冷却器 (第一加熱器)、 50 : 給水系統 (第一給水系統)、 51, 61 : 第一給水ライン、 51 a : 第一給水主ライン、 51 b : 第一給水分岐ライン、 52, 62 : 第二給水ライン、 53, 63 : 第一給水導入ライン、 60 : 第二給水系統、 100 : 排熱回収装置、 110 : 排熱回収ボイラー、 111 a : 低圧蒸気発生部、 111 b : 中圧蒸気発生部、 111 c : 高圧蒸気発生部、 112 a : 低圧節炭器、 113 a : 低圧蒸発器、 114 a : 低圧過熱器、 112 b : 中圧節炭器 (第一加熱器)、 113 b : 中圧蒸発器、 114 b : 中圧過熱器、 112 c : 高圧節炭器 (第二加熱器)、 113 c : 高圧蒸発器、 114 c : 高圧過熱器、 116 b : 中圧ポンプ、 116 c : 高圧ポンプ、 119 : 煙突、 121 a : 低圧蒸気タービン、 121 b : 中圧蒸気タービン、 121 c : 高圧蒸気タービン、 123 : 復水器、 124 : 給水ポンプ、 131 : 給水ライン、 132 : 低圧蒸気ライン、 133 : 中圧蒸気ライン、 136 : 再熱蒸気ライン、 137 : 中圧蒸気回収ライン、 138 : 高圧蒸気ライン、 139 : 高圧蒸気回収ライン、 141 : 中圧水ライン、 142 : 中圧加熱水ライン、 143 : 高圧水ライン、 144 : 高圧加熱水ライン、 145 : 中圧加熱水分岐ライン、 146 : 中圧水回収ライン、 147 : 高圧水主ライン、 148 : 高圧水分岐ライン、 149 : 高圧水導入ライン、 151, 161 : 冷却水注入ライン、 152, 162 : 冷却水流量調節弁、 153, 163 : 逆止弁、 154, 164 : 温度計、 155, 156 : 回収水流量調節弁、 156, 166 : 流量計

20

30

【図1】



【図2】

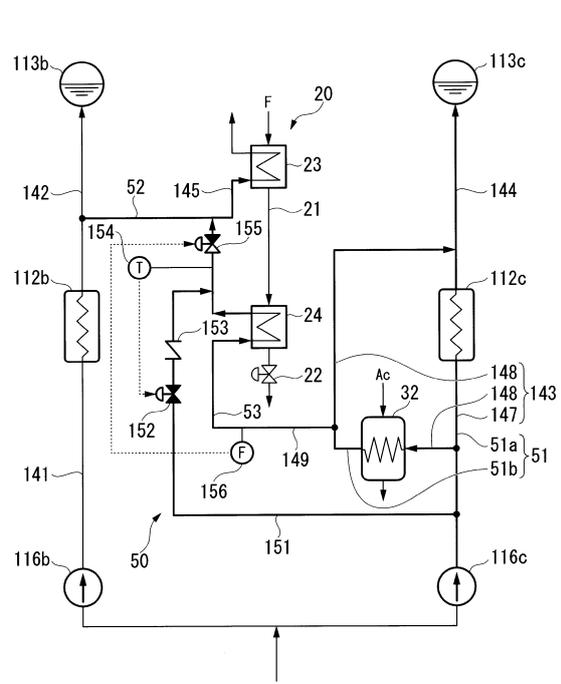


図2

【図3】

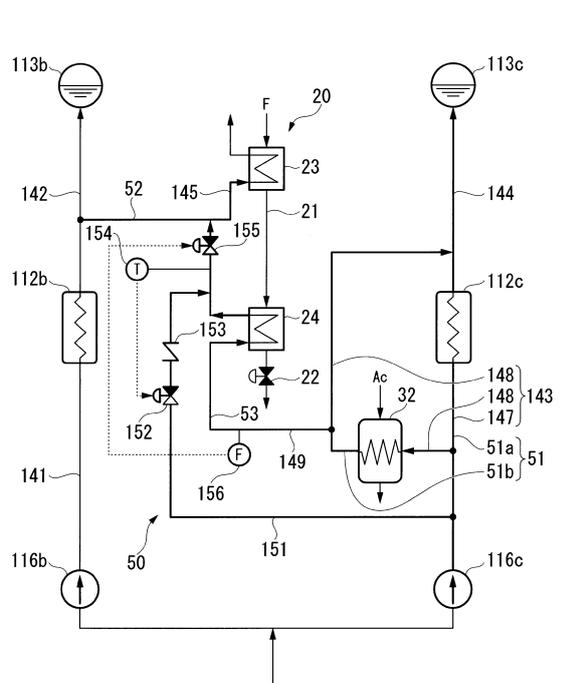


図3

【図4】

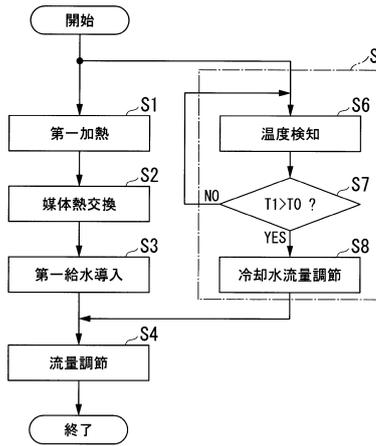
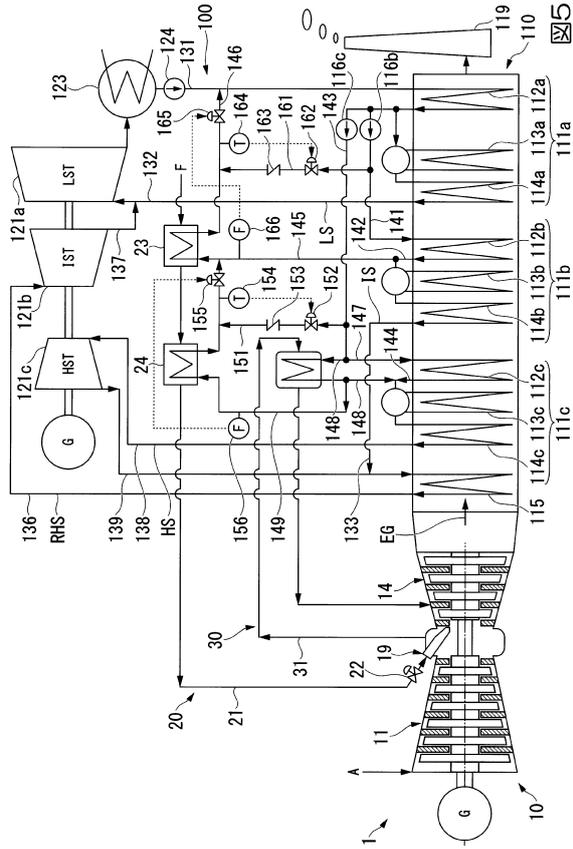


図4

【 図 5 】



【 図 6 】

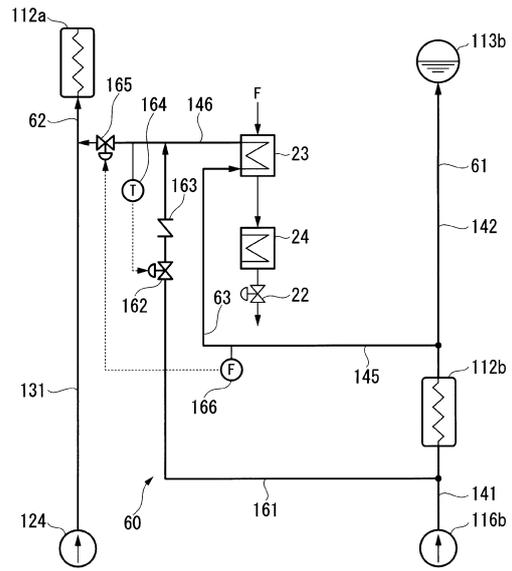


図 6

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
<i>F 0 2 C</i>	<i>7/141</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 C</i>	<i>6/00</i> D
<i>F 0 2 C</i>	<i>7/224</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 C</i>	<i>6/18</i> A
<i>F 0 2 C</i>	<i>9/28</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 C</i>	<i>7/141</i>
			<i>F 0 2 C</i>	<i>7/224</i>
			<i>F 0 2 C</i>	<i>9/28</i> C

(74)代理人 100210572
弁理士 長谷川 太一

(74)代理人 100134544
弁理士 森 隆一郎

(74)代理人 100064908
弁理士 志賀 正武

(74)代理人 100108578
弁理士 高橋 詔男

(74)代理人 100126893
弁理士 山崎 哲男

(72)発明者 澄村 尚宏
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内

(72)発明者 山崎 正章
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内

(72)発明者 村上 雅幸
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内

審査官 柳本 幸雄

(56)参考文献 特開2012-184735(JP,A)
特開2001-329806(JP,A)
米国特許出願公開第2004/0105518(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 2 2 D 1 / 1 4
F 0 1 K 2 3 / 1 0
F 0 2 C 6 / 0 0
F 0 2 C 6 / 1 8
F 0 2 C 7 / 1 4 1
F 0 2 C 7 / 2 2 4
F 0 2 C 9 / 2 8
F 2 2 B 1 / 1 8