

(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2020-3090

(P2020-3090A)

(43) 公開日 令和2年1月9日 (2020. 1. 9)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 2 2 B 1/18 (2006. 01)	F 2 2 B 1/18 J	3 G 0 8 1
F 0 1 K 23/10 (2006. 01)	F 0 1 K 23/10 W	3 L 0 2 1
F 2 2 D 5/26 (2006. 01)	F 2 2 B 1/18 E	
F 2 2 D 1/12 (2006. 01)	F 2 2 B 1/18 C	
	F 2 2 D 5/26 A	
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 16 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2018-120055 (P2018-120055)	(71) 出願人	514030104 三菱日立パワーシステムズ株式会社 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号
(22) 出願日	平成30年6月25日 (2018. 6. 25)	(74) 代理人	110000442 特許業務法人 武和国際特許事務所
		(72) 発明者	武永 和弘 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 社内
		(72) 発明者	竹井 康裕 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 社内
		F ターム (参考)	3G081 BA02 BA11 BC07 DA03 3L021 AA04 BA03 CA01 DA07 FA03

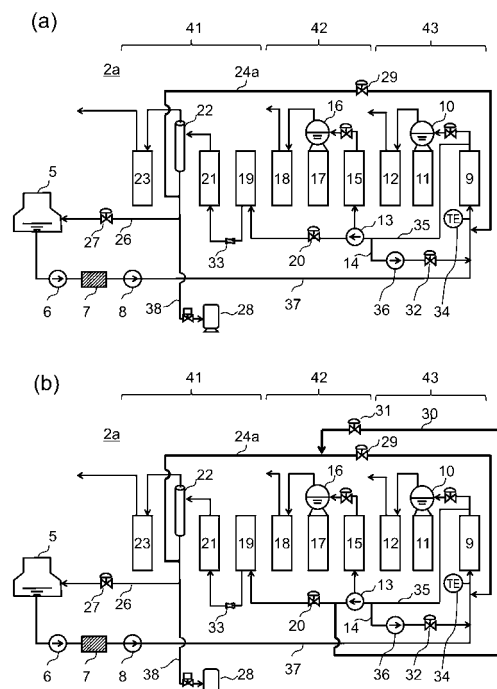
(54) 【発明の名称】 貫流式排熱回収ボイラおよび貫流式排熱回収ボイラの制御システム

(57) 【要約】

【課題】貫流式排熱回収ボイラにおいて、コストの上昇とエネルギーの損失とを抑えつつ、起動時における安定した蒸発器循環運転を実現する。

【解決手段】それぞれ、ガスタービン1からの排ガスが流通する排ガス流路の上流側から下流側に順に過熱器、蒸発器および節炭器を有する高圧系41、中圧系42および低圧系43を備え、中圧系42および低圧系43は、それぞれ蒸気ドラムを備え、高圧系41は、汽水分離器を備える貫流式排熱回収ボイラ2a、2b、2cであって、汽水分離器の飽和水を、中圧系42および低圧系43のいずれかに戻す蒸発器循環ライン24a、24b、24cを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

それぞれ、ガスタービンからの排ガスが流通する排ガス流路の上流側から下流側に順に過熱器、蒸発器および節炭器を有する高圧系、中圧系および低圧系を備え、前記中圧系および前記低圧系は、それぞれ蒸気ドラムを備え、前記高圧系は、汽水分離器を備える貫流式排熱回収ボイラであって、

前記汽水分離器の飽和水を、前記中圧系および前記低圧系のいずれかに戻す蒸発器循環ラインを備えること

を特徴とする貫流式排熱回収ボイラ。

【請求項 2】

請求項 1 記載の貫流式排熱回収ボイラであって、

前記蒸発器循環ラインは、前記汽水分離器の飽和水排出口に接続された下降管から分岐して前記低圧系の節炭器の入口配管に接続されること

を特徴とする貫流式排熱回収ボイラ。

【請求項 3】

請求項 1 記載の貫流式排熱回収ボイラであって、

前記蒸発器循環ラインは、前記汽水分離器の飽和水排出口に接続された下降管から分岐して前記低圧系の蒸気ドラムに接続されること

を特徴とする貫流式排熱回収ボイラ。

【請求項 4】

請求項 1 記載の貫流式排熱回収ボイラであって、

前記蒸発器循環ラインは、前記汽水分離器の飽和水排出口に接続された下降管から分岐して前記中圧系の蒸気ドラムに接続されること

を特徴とする貫流式排熱回収ボイラ。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項記載の貫流式排熱回収ボイラであって、

前記高圧系および前記中圧系へは、前記低圧系の節炭器から給水が供給されること

を特徴とする貫流式排熱回収ボイラ。

【請求項 6】

請求項 2 または 3 記載の貫流式排熱回収ボイラであって、

前記高圧系および前記中圧系へは、前記低圧系の蒸気ドラムから給水が供給されること

を特徴とする貫流式排熱回収ボイラ。

【請求項 7】

請求項 2 記載の貫流式排熱回収ボイラであって、

前記低圧系から前記高圧系および前記中圧系へ給水を供給する高中圧給水ラインから分岐して前記蒸発器循環ラインに接続される循環水減温ラインをさらに備えること

を特徴とする貫流式排熱回収ボイラ。

【請求項 8】

それぞれ、ガスタービンからの排ガスが流通する排ガス流路の上流側から下流側に順に過熱器、蒸発器および節炭器を有する高圧系、中圧系および低圧系を備え、前記中圧系および前記低圧系は、それぞれ蒸気ドラムを備え、前記高圧系は、汽水分離器を備える貫流式排熱回収ボイラの制御システムであって、

前記貫流式排熱回収ボイラは、

前記汽水分離器の飽和水を、前記中圧系および前記低圧系のいずれかに戻す蒸発器循環ラインと、

前記高圧系の蒸発器の管内流量を計測する高圧蒸発器入口給水流量計と、

前記蒸発器循環ライン上に設けられる循環流量調節弁と、を備え、

起動時に、前記高圧蒸発器入口給水流量計で計測された前記管内流量が予め定めた流量規定値となるよう前記循環流量調節弁の開度を制御すること

を特徴とする貫流式排熱回収ボイラの制御システム。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

請求項 8 記載の貫流式排熱回収ボイラの制御システムであって、
前記貫流式排熱回収ボイラは、
前記低圧系の節炭器の出口から入口に水を再循環させる再循環ラインと、
前記再循環ライン上に設けられる入口温度調節弁と、をさらに備え、
前記循環流量調節弁が閉じられた後、前記低圧系の節炭器の給水入口温度が、予め定め
た水温規定値となるよう前記入口温度調節弁の開度を制御すること
を特徴とする貫流式排熱回収ボイラの制御システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

10

【0001】

本発明は、ガスタービンと排熱回収ボイラと蒸気タービンとを備えるコンバインドサイ
クル発電設備の排熱回収ボイラに関し、特に、貫流式排熱回収ボイラに関する。

【背景技術】**【0002】**

ガスタービンの排ガスから熱交換によって蒸気を発生させ、その蒸気を用いて蒸気ター
ビンを駆動して発電する、いわゆるコンバインドサイクル発電設備がある。図 7 (a) は
、一般的なコンバインドサイクル発電設備 100 のプラント構成を示すブロック図である
。

【0003】

20

図 7 (a) に示すように、コンバインドサイクル発電設備 100 では、発電機 4 と、蒸
気タービン 3 と、ガスタービン 1 とが連続して設けられ、ガスタービン 1 で天然ガス等を
燃焼させて発電機 4 にて発電を行う。

【0004】

ガスタービン 1 から排出される高温の排ガスは、排熱回収ボイラ 2 に送られる。排熱回
収ボイラ 2 では、排ガスからの熱回収により、給水を蒸気に変換する。変換された蒸気は
、蒸気タービン 3 に送られて発電機 4 において発電に用いられる。蒸気タービン 3 にて仕
事をした蒸気は、復水器 5 にて復水され、復水された水は再び排熱回収ボイラ 2 へと送ら
れる。

【0005】

30

大型のコンバインドサイクル発電設備 100 では、例えば、特許文献 1 に開示されてい
るように、この排熱回収ボイラ 2 の蒸気系統を高圧系、中圧系および低圧系の三重圧方式
で構成して排熱回収の効率を向上させている。このような排熱回収ボイラ 2 は、高圧系に
は、汽水分離器を用いる貫流システムを採用し、中、低圧系にはドラムを用いる自然循環
システムを採用し、貫流式排熱回収ボイラ 2 と呼ばれる。

【0006】

従来の貫流式排熱回収ボイラ 2 は、図 7 (b) に示すように、高圧系蒸気系統である高
圧系 41 と、中圧系蒸気系統である中圧系 42 と、低圧系蒸気系統である低圧系 43 と、
を備える。

【0007】

40

各蒸気系統は、それぞれ、ガスタービン 1 からの排ガスが流通する排ガス流路の上流側
から下流側に順に、過熱器と蒸発器と節炭器と、を備える。具体的には、低圧系 43 は、
低圧過熱器 12 と、低圧蒸発器 11 と、低圧ドラム 10 と、低圧節炭器 9 と、を備える。
また、中圧系 42 は、中圧過熱器 18 と、中圧蒸発器 17 と、中圧ドラム 16 と、中圧節
炭器 15 と、を備える。高圧系 41 は、高圧過熱器 23 と、高圧蒸発器 21 と、高圧汽水
分離器 22 と、高圧節炭器 19 と、を備える。

【0008】

高圧汽水分離器 22 の飽和水排出口には、復水器 5 へとつながる起動ブローライン 26
が設置される。起動ブローライン 26 には、起動ブロー弁 27 が設けられる。また、高圧
汽水分離器 22 の飽和水排出口には、ブロータンク 28 へとつながるブローライン 38 も設

50

置される。さらに、高圧汽水分離器 2 2 の飽和水排出口には、高圧汽水分離器 2 2 にて分離された飽和水を高圧蒸発器 2 1 に戻す蒸発器循環ライン 2 4 が設けられる。

【 0 0 0 9 】

ガスタービン 1 からの排ガスは、最初の蒸気系統である高圧系 4 1 の高圧過熱器 2 3 から、最後流部に設置された低圧系 4 3 の低圧節炭器 9 まで送られ、その間、各蒸気系統で排ガスの保有熱の熱回収が行われる。

【 0 0 1 0 】

復水器 5 にて復水された水は、復水ポンプ 6、復水脱塩装置 7、低圧給水ポンプ 8 を経て貫流式排熱回収ボイラ 2 の給水入口へと送られる。貫流式排熱回収ボイラ 2 に供給された給水は、低圧系 4 3、中圧系 4 2、高圧系 4 1 の順に流れる間に排ガスとの熱交換により蒸気となる。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 1 】

【 特許文献 1 】 特表 2 0 1 7 - 5 3 4 8 2 8 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 2 】

上述の貫流式排熱回収ボイラ 2 では、通常運転時は、高圧節炭器 1 9 でさらに加熱された高圧給水は、全て高圧蒸発器 2 1 で蒸気へと変換され、高圧汽水分離器 2 2 を経て高圧過熱器 2 3 へ供給される。このような運転を、貫流運転と呼ぶ。

20

【 0 0 1 3 】

一方、ガスタービン 1 からの入熱量が少なく変動も大きい起動時等は、高圧蒸発器 2 1 の出口の流体は飽和二相流となる。このような状態では、貫流式排熱回収ボイラ 2 では、高圧汽水分離器 2 2 で汽水分離した飽和蒸気のみ高圧過熱器 2 3 へと送り、飽和水は、高圧汽水分離器 2 2 の下部より高圧蒸発器 2 1 の入口へと戻す蒸発器循環運転が行われる。

【 0 0 1 4 】

この蒸発器循環運転中、高圧蒸発器 2 1 を含む蒸発器循環系統内の比容積差により十分な循環力が得られ、豊富な蒸発器管内流量が確保できる場合は、高圧汽水分離器 2 2 で汽水分離された飽和水は、圧力バランスのみで、高圧蒸発器 2 1 の入口側へ自然循環する。従って、高圧汽水分離器 2 2 の下部から高圧蒸発器 2 1 へ飽和水は継続的に供給され、ガスタービン 1 の排ガス入熱量変動等により高圧蒸発器 2 1 へ給水が供給されない運転状態になったとしても、高圧蒸発器 2 1 が異常加熱されることはない。

30

【 0 0 1 5 】

しかしながら、高圧蒸発器 2 1 の圧力損失が大きい場合には自然循環力が得られず、飽和水が蒸発器入口に循環しないため、蒸発器管内流量が著しく低下し、一時的に停滞することもある。このような場合は、蒸発器循環ライン 2 4 に設置された蒸発器循環ポンプ 2 5 を用いて強制循環運転を行って、高圧蒸発器 2 1 の異常加熱を防止する必要がある。この蒸発器循環ポンプ 2 5 は、高圧系 4 1 内に配置されるため、高コストであり、また、蒸発器循環ポンプ 2 5 を駆動させるための補機動力が必要となる。そのため、貫流式排熱回収ボイラ 2 の低コスト化の実現のためには、蒸発器循環ポンプ 2 5 および蒸発器循環ライン 2 4 をなくすことは非常に有効である。

40

【 0 0 1 6 】

蒸発器循環ライン 2 4 を設けずに、高圧蒸発器 2 1 の異常加熱を防止するためには、蒸発量が低下した際にも、高圧蒸発器 2 1 への給水の供給を継続する手法を適用すれば良い。しかし、この手法では、過剰な給水に伴って高圧汽水分離器 2 2 の水位が上昇した際は、高圧汽水分離器 2 2 の飽和水を、起動ブローライン 2 6 を経由して復水器 5 に排出するか、あるいは、ブロータンク 2 8 へ排出することが必要となる。そのため、高圧蒸発器 2 1 までの各部で回収した熱を損失し、貫流式排熱回収ボイラ 2 の起動時間が増加するといった課題や、ブロータンク 2 8 に排水するため、補給水量が増加するといった課題が生じ

50

る。

【 0 0 1 7 】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、貫流式排熱回収ボイラにおいて、コストの上昇とエネルギーの損失とを抑えつつ、起動時における安定した蒸発器循環運転を実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 8 】

本発明は、それぞれ、ガスタービンからの排ガスが流通する排ガス流路の上流側から下流側に順に過熱器、蒸発器および節炭器を有する高压系、中圧系および低压系を備え、前記中圧系および前記低压系は、それぞれ蒸気ドラムを備え、前記高压系は、汽水分離器を備える貫流式排熱回収ボイラであって、前記汽水分離器の飽和水を、前記中圧系および前記低压系のいずれかに戻す蒸発器循環ラインを備えることを特徴とする。

10

【 0 0 1 9 】

また、本発明は、それぞれ、ガスタービンからの排ガスが流通する排ガス流路の上流側から下流側に順に過熱器、蒸発器および節炭器を有する高压系、中圧系および低压系を備え、前記中圧系および前記低压系は、それぞれ蒸気ドラムを備え、前記高压系は、汽水分離器を備える貫流式排熱回収ボイラの制御システムであって、前記貫流式排熱回収ボイラは、前記汽水分離器の飽和水を、前記中圧系および前記低压系のいずれかに戻す蒸発器循環ラインと、前記高压系の蒸発器の管内流量を計測する高压蒸発器入口給水流量計と、前記蒸発器循環ライン上に設けられる循環流量調節弁と、を備え、起動時に、前記高压蒸発器入口給水流量計で計測された前記管内流量が予め定めた流量規定値となるよう前記循環流量調節弁の開度を制御することを特徴とする。

20

【発明の効果】

【 0 0 2 0 】

本発明によれば、貫流式排熱回収ボイラにおいて、コストの上昇とエネルギーの損失とを抑えつつ、起動時における安定した蒸発器循環運転状態を実現できる。上記した以外の課題、構成および効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図 1】(a) は、第一の実施形態の貫流式排熱回収ボイラの系統構成を、(b) は、第一の実施形態の変形例 1 の貫流式排熱回収ボイラの系統構成を、それぞれ示す図である。

30

【図 2】第一の実施形態のコントローラの機能ブロック図である。

【図 3】(a) は、第一の実施形態と従来との調節弁開度を比較して示す図であり、(b) は、本発明の第一および第三の実施形態と従来との起動時の低压節炭器給水入口温度特性を比較して示す図である。

【図 4】第一の実施形態の変形例 2 の貫流式排熱回収ボイラの系統構成を示す図である。

【図 5】第二の実施形態の貫流式排熱回収ボイラの系統構成を示す図である。

【図 6】(a) は、第三の実施形態の貫流式排熱回収ボイラの系統構成を、(b) は、第三の実施形態の変形例の貫流式排熱回収ボイラの系統構成を、それぞれ示す図である。

【図 7】(a) は、コンバインドサイクル発電設備のプラント構成を、(b) は、従来の貫流式排熱回収ボイラの系統構成を、それぞれ示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

本発明の実施形態に係る貫流式排熱回収ボイラについて説明する。本発明の実施形態の貫流式排熱回収ボイラは、図 7 (a) に示すコンバインドサイクル発電設備 100 で用いられる。

【 0 0 2 3 】

本発明の実施形態に係る貫流式排熱回収ボイラは、図 7 (b) に示す従来の貫流式排熱回収ボイラ 2 における蒸発器循環ポンプ 25 および蒸発器循環ライン 24 を設けていない点に構成上の特徴がある。

50

【 0 0 2 4 】

具体的には、本発明の実施形態に係る貫流式排熱回収ボイラは、蒸発器循環ポンプ 2 5 および蒸発器循環ライン 2 4 の代わりに、高圧汽水分離器 2 2 の飽和水を、中圧系 4 2 および低圧系 4 3 のいずれかに戻す蒸発器循環ライン 2 4 a , 2 4 b , 2 4 c を備えている。そして、起動時等における蒸発器循環運転の際には、蒸発器循環ライン 2 4 a , 2 4 b , 2 4 c を流れる高圧汽水分離器 2 2 からの飽和水の戻り流量を調整することで、高圧蒸発器 2 1 への給水の供給を継続し、高圧蒸発器 2 1 の異常加熱を防止している。以下、本発明の各実施形態について詳しく説明するが、各実施形態において、図 7 (b) に示す従来の貫流式排熱回収ボイラ 2 と同一の構成については同一の符号を付して詳しい説明を省略する。

10

【 0 0 2 5 】

< 第一の実施形態 >

本発明の第一の実施形態を説明する。図 1 (a) に、本実施形態の貫流式排熱回収ボイラ 2 a の一例を示す。

【 0 0 2 6 】

本実施形態の貫流式排熱回収ボイラ 2 a において、蒸発器循環ライン 2 4 a は、高圧汽水分離器 2 2 の飽和水排出口に接続された下降管から分岐し、低圧系 4 3 の低圧節炭器 9 の入口配管に接続される。また、蒸発器循環ライン 2 4 a には、蒸発器循環流量調節弁 2 9 が設けられる。

【 0 0 2 7 】

低圧節炭器 9 の入口には、復水器 5 からの給水を低圧節炭器 9 に供給する復水ライン 3 7 が接続される。復水ライン 3 7 には、復水ポンプ 6 と、復水脱塩装置 7 と、低圧給水ポンプ 8 と、が設けられる。また復水ライン 3 7 の、低圧節炭器 9 の入口近傍には、低圧節炭器 9 に供給される給水の温度を計測する低圧節炭器入口給水温度計 3 4 が設けられる。

20

【 0 0 2 8 】

低圧節炭器 9 の出口には、低圧節炭器 9 で加熱された給水を中圧節炭器 1 5 および高圧節炭器 1 9 へと供給する高中圧給水ライン 3 5 が設けられる。この高中圧給水ライン 3 5 には、高中圧給水ポンプ 1 3 と、高圧給水調節弁 2 0 とが設けられる。

【 0 0 2 9 】

低圧節炭器 9 の出口には、さらに、低圧節炭器 9 で加熱された給水を、低圧節炭器 9 の入口に再循環させる節炭器再循環ライン 1 4 が設けられる。節炭器再循環ライン 1 4 には、節炭器再循環ポンプ 3 6 と、低圧節炭器入口温度調節弁 3 2 とが設けられる。

30

【 0 0 3 0 】

また、本実施形態の貫流式排熱回収ボイラ 2 a は、コントローラ 2 0 0 を備え、低圧節炭器 9 の給水入口温度、高圧蒸発器 2 1 の管内流量、各蒸気系統の運転圧力、高圧汽水分離器 2 2 の水位等をモニタし、モニタ結果に応じて各調節弁の開閉を制御する。

【 0 0 3 1 】

次に、本実施形態のコントローラ 2 0 0 による制御を説明する。図 2 は、本実施形態のコントローラ 2 0 0 の機能ブロック図である。

【 0 0 3 2 】

本実施形態のコントローラ 2 0 0 は、高圧蒸発器 2 1 の入口に設けられた高圧蒸発器入口給水流量計 3 3 の出力をモニタし、予め定めた規定値 (流量規定値) となるよう、蒸発器循環流量調節弁 2 9 に対し、指令信号を出力する。これを実現するため、本実施形態のコントローラ 2 0 0 は、流量検出部 2 1 1 と、循環流量調節弁開閉制御部 2 1 2 と、を備える。

40

【 0 0 3 3 】

また、本実施形態のコントローラ 2 0 0 は、低圧節炭器入口温度調節弁 3 2 の開閉も制御する。コントローラ 2 0 0 は、蒸発器循環流量調節弁 2 9 が開いている間は、低圧節炭器入口温度調節弁 3 2 を閉じる。一方、蒸発器循環運転が終了し、蒸発器循環流量調節弁 2 9 が閉じられると、コントローラ 2 0 0 は、低圧節炭器 9 の給水入口温度が、規定値 (

50

水温規定値)となるよう、低圧節炭器入口温度調節弁32の開度を調整する。これを実現するため、本実施形態のコントローラ200は、水温検出部213と、入口温度調節弁開閉制御部214と、を備える。

【0034】

流量検出部211は、高圧蒸発器入口給水流量計33をモニタし、モニタ結果、すなわち、検出流量を、循環流量調節弁開閉制御部212に出力する。モニタは、例えば、ガスタービン1が点火された後、所定の時間間隔で行う。

【0035】

循環流量調節弁開閉制御部212は、高圧蒸発器21の管内流量が、流量規定値となるよう、蒸発器循環流量調節弁29の開度を調整する。本実施形態では、循環流量調節弁開閉制御部212は、流量検出部211から受信した高圧蒸発器21の管内流量に応じて、蒸発器循環流量調節弁29の開度を指示する指令信号(開度信号)を出力する。循環流量調節弁開閉制御部212は、流量検出部211から検出流量を受信する毎に開度を決定し、開度信号を出力する。なお、開度を0とする開度信号、すなわち、閉指令は、蒸発器循環流量調節弁29だけでなく、入口温度調節弁開閉制御部214にも出力する。

10

【0036】

循環流量調節弁開閉制御部212は、例えば、流量規定値を目標値、管内流量を制御量、蒸発器循環流量調節弁29の開度を操作量とするPID(Proportional-Integral-Differential)制御を行う比例積分調節器等で実現される。

20

【0037】

蒸発器循環流量調節弁29の開度の時間的な変化の一例を図3(a)上段のグラフ301に示す。ここでは、ガスタービン(GT)点火直前から、蒸発器循環運転終了直後までの変化の様子を示す。

【0038】

水温検出部213は、低圧節炭器入口給水温度計34をモニタし、モニタ結果、すなわち、検出水温を、入口温度調節弁開閉制御部214に出力する。モニタは、例えば、ガスタービン1が点火された後、所定の時間間隔で行う。

【0039】

入口温度調節弁開閉制御部214は、蒸発器循環流量調節弁29が閉じられている間、低圧節炭器9の給水入口温度が、水温規定値となるよう、低圧節炭器入口温度調節弁32の開度を調整する。

30

【0040】

本実施形態では、入口温度調節弁開閉制御部214は、循環流量調節弁開閉制御部212から閉指令を受信している間、水温検出部213から受信した水温に応じて、低圧節炭器入口温度調節弁32の開度信号を出力する。入口温度調節弁開閉制御部214も、循環流量調節弁開閉制御部212同様、例えば、比例積分調節器等で実現される。

【0041】

低圧節炭器入口温度調節弁32の開度の時間的な変化の一例を図3(a)下段のグラフ302に示す。ここでは、ガスタービン(GT)1点火直前から、循環運転終了直後までの変化の様子を示す。

40

【0042】

図3(a)に示すように、本実施形態では、蒸発器循環運転が終了し、蒸発器循環流量調節弁29が閉じてくると(303)、低圧節炭器入口温度調節弁32が開き、低圧節炭器9の給水入口温度の制御が開始される。

【0043】

例えば、上述の従来の貫流式排熱回収ボイラ2では、本実施形態のように、低圧節炭器9の入口に接続される蒸発器循環ライン24aと、蒸発器循環流量調節弁29と、を備えない。従って、ガスタービン1の点火後から、低圧節炭器入口温度調節弁32を開くよう制御される。

50

【 0 0 4 4 】

このときの、低圧節炭器入口温度調節弁 3 2 の開度の時間的な変化の一例をグラフ 3 1 1 に示す。

【 0 0 4 5 】

本図に示すように、ガスタービン 1 点火後、低圧節炭器入口温度調節弁 3 2 は開かれる (3 1 2)。しかし、低圧節炭器 9 の給水出口温度が低いため、低圧節炭器入口温度調節弁 3 2 が全開となっても、低圧節炭器 9 の給水入口温度は水温規定値まで上昇しない状態が継続する (3 1 3)。

【 0 0 4 6 】

低圧節炭器 9 内の給水が加熱され、低圧節炭器 9 の給水出口温度が上昇し、低圧節炭器 9 の給水入口温度が水温規定値に達した場合、低圧節炭器入口温度調節弁 3 2 の開度を絞り (3 1 4)、低圧節炭器 9 の給水入口温度が水温規定値になるよう制御する。

【 0 0 4 7 】

本実施形態の貫流式排熱回収ボイラ 2 a および従来の貫流式排熱回収ボイラ 2 の低圧節炭器 9 の給水入口温度の変化の様子を、図 3 (b) に示す。図 3 (b) において、グラフ 3 2 1 は、本実施形態の貫流式排熱回収ボイラ 2 a の給水入口温度の変化を示すグラフであり、グラフ 3 3 1 は、従来の貫流式排熱回収ボイラ 2 の給水入口温度の変化を示すグラフである。なお、グラフ 3 4 1 は、後述の第三の実施形態の貫流式排熱回収ボイラ 2 c の給水入口温度の変化を示すグラフである。

【 0 0 4 8 】

本実施形態では、高圧汽水分離器 2 2 からの飽和水を低圧節炭器 9 の入口配管へ循環させる。従って、低圧節炭器 9 の給水出口温度よりも高温の給水が、起動初期より低圧節炭器 9 に供給される。このため、図 3 (b) に示すように、低圧節炭器 9 にて加熱された給水のみにより低圧節炭器 9 の給水入口温度を上昇させる従来の貫流式排熱回収ボイラ 2 に比べて、低圧節炭器 9 の給水入口温度を早く上昇させることができる。

【 0 0 4 9 】

なお、上記例では、本実施形態の入口温度調節弁開閉制御部 2 1 4 は、蒸発器循環流量調節弁 2 9 が閉じられている間のみ、低圧節炭器入口温度調節弁 3 2 の開度を制御しているが、これに限定されない。例えば、蒸発器循環流量が低下し、低圧節炭器 9 の給水入口温度が水温規定値まで低下した場合、蒸発器循環流量調節弁 2 9 を開いている間であっても、低圧節炭器入口温度調節弁 3 2 を開くよう制御してもよい。

【 0 0 5 0 】

本実施形態のコントローラ 2 0 0 は、さらに、運転圧力判別部 2 1 5、水位検出部 2 1 6、および、高圧給水調節弁制御部 2 1 7 を備える。

【 0 0 5 1 】

運転圧力判別部 2 1 5 は、高圧蒸発器 2 1 の蒸気出口圧力が低圧節炭器 9 の給水入口圧力より高いか否かを判別する。運転圧力判別部 2 1 5 は、高圧蒸発器 2 1 の蒸気出口、低圧節炭器 9 の給水入口にそれぞれ設けられた圧力センサ 3 9 からの出力を用い、この判別を行う。運転圧力判別部 2 1 5 は、ガスタービン 1 に点火後、各圧力をモニタし、上記条件を満たした場合、循環流量調節弁開閉制御部 2 1 2 に、制御信号を出力する。

【 0 0 5 2 】

本実施形態では、循環流量調節弁開閉制御部 2 1 2 は、運転圧力判別部 2 1 5 から、制御信号を受信後、蒸発器循環流量調節弁 2 9 を開く、開度信号の出力を開始する。すなわち、本実施形態の循環流量調節弁開閉制御部 2 1 2 は、起動後、高圧蒸発器 2 1 の蒸気出口圧力が、低圧節炭器 9 の給水入口圧力よりも高くなったことを確認後、蒸発器循環流量調節弁 2 9 に対し、開指示を与える。

【 0 0 5 3 】

水位検出部 2 1 6 は、高圧汽水分離器 2 2 の水位を検出する。水位検出部 2 1 6 は、高圧汽水分離器 2 2 の水位センサ 4 0 の出力をモニタし、モニタ結果を、高圧給水調節弁制御部 2 1 7 に出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

高圧給水調節弁制御部 2 1 7 は、高圧汽水分離器 2 2 の水位が予め定めた規定値（水位規定値）となるよう、高圧給水調節弁 2 0 の開度を制御し、高中圧給水ライン 3 5 の流量を調整する。高圧給水調節弁制御部 2 1 7 は、例えば、循環流量調節弁開閉制御部 2 1 2 同様、比例積分調節器等で実現される。

【 0 0 5 5 】

なお、蒸発器循環運転時に高圧汽水分離器 2 2 の水位が水位設定値よりも上昇した場合は、起動ブロー弁 2 7 を開き、高圧汽水分離器 2 2 内の飽和水を、復水器 5 へと排水するように制御する。なお、このとき、ブローライン 3 8 を介して、高圧汽水分離器 2 2 内の飽和水を、ブロータンク 2 8 へ排水するように制御してもよい。

10

【 0 0 5 6 】

また、コントローラ 2 0 0 は、CPU とメモリ と記憶装置とを備えた情報処理装置で実現されてもよい。この場合、コントローラ 2 0 0 が実現する各機能は、記憶装置に格納されたプログラムを、CPU がメモリ にロードして実行することにより、実現される。

【 0 0 5 7 】

各処理に必要なデータは、処理途中および処理後に生成されるデータ等は、RAM 等のメモリ または ROM 等の記憶装置に格納される。上記例では、各規定値は、ROM 等に予め記憶される。また、流量、水温、水位等のモニタ結果は、RAM 等に一時的に記憶されてもよいし、ROM 等に記憶されてもよい。

【 0 0 5 8 】

また、コントローラ 2 0 0 の各機能は、比例積分調節器等、加算器、減算器、比較器、積分微分器、関数発生器等のハードウェアの組み合わせで実現されてもよい。

20

【 0 0 5 9 】

このように、本実施形態によれば、高圧汽水分離器 2 2 の飽和水を、低圧節炭器 9 の入口に戻す蒸発器循環ライン 2 4 a を備える。そして、蒸発器循環ライン 2 4 a に設けられた蒸発器循環流量調節弁 2 9 の開閉を、高圧蒸発器 2 1 の入口に設けられた高圧蒸発器入口給水流量計 3 3 が検出した流量に応じて制御する。

【 0 0 6 0 】

高圧系 4 1 内の圧力は、低圧系 4 3 内の圧力よりも十分に高い。このため、飽和水量が不足するような場合であっても、圧力差で高圧汽水分離器 2 2 内の飽和水を前流側の系統へと循環させることができる。すなわち、高圧系 4 1 内で自然循環バランスが成立しない状態であっても、低圧系 4 3 を経由して高圧蒸発器 2 1 への給水を継続できる。これにより、本実施形態によれば、どのような状態であっても、高圧蒸発器 2 1 が異常加熱することがなく、安定した蒸発器循環運転を維持できる。従って、本実施形態によれば、強制的に飽和水を循環させるための蒸発器循環ポンプ 2 5（図 7（b）参照）が不要になり、コストを抑えられる。

30

【 0 0 6 1 】

また、本実施形態によれば、高圧汽水分離器 2 2 の飽和水が、低圧節炭器 9 に給水される。すなわち、高圧汽水分離器 2 2 の飽和水の熱エネルギーが低圧系 4 3 の熱エネルギーとして置き換わる。このため、熱の損失を抑制でき、補給水が増加することもない。

40

【 0 0 6 2 】

また、一般に、排ガス入熱のない停止時には低圧節炭器 9 の管内給水の温度は低下する。このため、起動初期は低圧節炭器 9 の給水入口温度が露点温度以下となり、排ガス中の水分が低圧節炭器 9 の管外面で結露する。

【 0 0 6 3 】

上述のように、従来の貫流式排熱回収ボイラ 2 では、起動初期から、節炭器再循環ライン 1 4 により、低圧節炭器 9 の出口の給水を入口側へ再循環させる。これにより、低圧節炭器 9 の給水入口温度が上昇し、排ガス中の水分の結露による低圧節炭器 9 の外面の腐食の発生を抑制している。

【 0 0 6 4 】

50

しかし、このような手法では、排ガスの最低温部に設置された低圧節炭器 9 の出口給水温度が上昇するまでには時間がかかる。例えば、図 3 (b) に示すように、従来の貫流式排熱回収ボイラ 2 では、水分露点温度に到達するまで、T 1 の時間がかかる。この間の結露の発生は避けられない。

【 0 0 6 5 】

しかしながら、本実施形態では、起動初期から、高圧汽水分離器 2 2 の飽和水が、低圧節炭器 9 に給水される。このため、低圧節炭器出口給水のみを加温に使用する従来の貫流式排熱回収ボイラ 2 に比べて、低圧節炭器 9 の給水入口温度を早く上昇させることができる。例えば、図 3 (b) の例では、T 1 より大幅に短い時間 T 3 で水分露点温度に到達する。

10

【 0 0 6 6 】

その結果、本実施形態によれば、低圧節炭器 9 の管外面で排ガス中の水分が結露する時間が大幅に減少し、それに伴い、低圧節炭器 9 の管外面の腐食を低減できる。

【 0 0 6 7 】

従って、本実施形態によれば、貫流式排熱回収ボイラ 2 a において、コストの上昇とエネルギーの損失とを抑えつつ、起動時における安定した蒸発器循環運転を実現できる。これにより、貫流式排熱回収ボイラ 2 a の経済性と信頼性とが向上する。

【 0 0 6 8 】

< 変形例 1 >

なお、図 1 (b) に示すように、高中圧給水ライン 3 5 から蒸発器循環ライン 2 4 a へ給水を供給する、循環水減温ライン 3 0 をさらに備えてもよい。循環水減温ライン 3 0 は、高中圧給水ライン 3 5 の高中圧給水ポンプ 1 3 の出口と、高圧給水調節弁 2 0 との間で高中圧給水ライン 3 5 から分岐し、蒸発器循環流量調節弁 2 9 の手前で蒸発器循環ライン 2 4 a に接続される。循環水減温ライン 3 0 には、蒸発器循環水減温水調節弁 3 1 が設けられる。

20

【 0 0 6 9 】

高圧汽水分離器 2 2 内の飽和水の温度の変動が大きい場合、蒸発器循環流量調節弁 2 9 での減圧により、蒸発器循環ライン 2 4 内の飽和水が気液二相流体となる可能性がある。気液二相流体となった場合、接続先の低圧節炭器 9 の入口の低温水と混合されることにより、ウォータハンマ現象が発生する。

30

【 0 0 7 0 】

本変形例では、循環水減温ライン 3 0 を設け、高圧汽水分離器 2 2 からの飽和水に高中圧給水ポンプ 1 3 の出口の給水を混合する。これにより、高圧汽水分離器 2 2 からの飽和水は低圧節炭器 9 の入口給水の飽和温度未満まで減温される。このように、本変形例によれば、蒸発器循環流量調節弁 2 9 により減圧されても、蒸発器循環ライン 2 4 内の飽和水が気液二相流体となる可能性は減り、ウォータハンマ現象の発生を低減できる。

【 0 0 7 1 】

< 変形例 2 >

なお、本実施形態では、低圧節炭器 9 の出口に高中圧給水ライン 3 5 を設け、低圧節炭器 9 から高圧系 4 1 および中圧系 4 2 へ給水を供給している。しかし、高圧系および中圧系への給水の供給は、これに限定されない。例えば、図 4 に示すように、低圧ドラム 1 0 に高中圧給水ライン 3 5 を接続し、低圧ドラム 1 0 から供給してもよい。なお、図 4 では、循環水減温ライン 3 0 と蒸発器循環水減温水調節弁 3 1 とを備える場合を例示するが、上記実施形態同様、これらはなくてもよい。

40

【 0 0 7 2 】

< 第二の実施形態 >

次に、本発明の第二の実施形態を説明する。本実施形態では、蒸発器循環ライン 2 4 を、高圧汽水分離器 2 2 から高圧系 4 1 よりも低圧となる系に設置された蒸気ドラムに接続する。本実施形態では、特に、中圧系 4 2 の蒸気ドラムである中圧ドラム 1 6 に接続する。

50

【 0 0 7 3 】

図 5 は、本実施形態の貫流式排熱回収ボイラ 2 b の一例を示す図である。本実施形態の貫流式排熱回収ボイラ 2 b において、蒸発器循環ライン 2 4 b は、高圧汽水分離器 2 2 の出口に接続された下降管から分岐し、中圧ドラム 1 6 に接続される。また、蒸発器循環ライン 2 4 b には、蒸発器循環流量調節弁 2 9 が設けられる。

【 0 0 7 4 】

本実施形態の貫流式排熱回収ボイラ 2 b も、コントローラ 2 0 0 を備える。本実施形態のコントローラ 2 0 0 による、蒸発器循環流量調節弁 2 9 および高圧給水調節弁 2 0 の開閉制御については、第一の実施形態と同様である。

【 0 0 7 5 】

また、本実施形態のコントローラ 2 0 0 による低圧節炭器入口温度調節弁 3 2 の開閉制御も、基本的には、第一の実施形態と同様である。しかし、本実施形態では、蒸発器循環ライン 2 4 b の接続先が、中圧ドラム 1 6 である。このため、低圧節炭器入口温度調節弁 3 2 の開閉は、蒸発器循環流量調節弁 2 9 の開閉制御とは、独立に制御してもよい。

【 0 0 7 6 】

このように、本実施形態では、高圧汽水分離器 2 2 の飽和水を、中圧ドラム 1 6 に戻す蒸発器循環ライン 2 4 b を備える。そして、蒸発器循環ライン 2 4 b に設けられた蒸発器循環流量調節弁 2 9 の開閉を、高圧蒸発器 2 1 の入口に設けられた高圧蒸発器入口給水流量計 3 3 が検出した流量に応じて制御する。

【 0 0 7 7 】

高圧系 4 1 内の圧力は、中圧ドラム 1 6 内の圧力より十分に高い。このため、本実施形態においても、圧力差で高圧汽水分離器 2 2 内の飽和水を前流側の系統へと循環させることができる。すなわち、高圧系 4 1 内で自然循環バランスが成立しない状態であっても、中圧系 4 2 を経由して高圧蒸発器 2 1 への給水を継続できる。これにより、本実施形態によれば、どのような状態であっても、高圧蒸発器 2 1 が異常加熱することがなく、安定した蒸発器循環運転を実現できる。従って、本実施形態によれば、強制的に飽和水を循環させるための蒸発器循環ポンプ 2 5 の設置が不要になり、コストを抑えられる。

【 0 0 7 8 】

また、本実施形態の貫流式排熱回収ボイラ 2 b では、高圧蒸発器系の給水を、中圧系 4 2 に循環させる。中圧系 4 2 は、低圧系 4 3 より運転圧力が高く、ガス前流側に設置される。このため、低圧系 4 3 に循環させる構成に比べて、減圧による回収熱の損失を抑制することができる。

【 0 0 7 9 】

また、接続先が、気液分離可能な蒸気ドラムであるため、蒸発器循環流量調節弁 2 9 での減圧により気液二相状態となった流体であっても、そのままの状態を受け入れることができ、循環を継続できる。このため、本実施形態では、第一の実施形態のような循環水減温ライン 3 0 の設置は不要となる。

【 0 0 8 0 】

なお、本実施形態においても、第一の実施形態同様、高圧系 4 1 および中圧系 4 2 への給水を、低圧ドラム 1 0 から行うよう構成してもよい。すなわち、低圧ドラム 1 0 に高中圧給水ライン 3 5 を接続してもよい。

【 0 0 8 1 】

< < 第三の実施形態 > >

次に、本発明の第三の実施形態を説明する。本実施形態でも、蒸発器循環ライン 2 4 を、高圧汽水分離器 2 2 から高圧系 4 1 よりも低圧となる系に設置された蒸気ドラムに接続する。本実施形態では、特に、低圧系 4 3 の蒸気ドラムである低圧ドラム 1 0 に接続する。

【 0 0 8 2 】

図 6 (a) は、本実施形態の貫流式排熱回収ボイラ 2 c の一例を示す図である。本実施形態の貫流式排熱回収ボイラ 2 c において、蒸発器循環ライン 2 4 c は、高圧汽水分離器

10

20

30

40

50

22の出口に接続された下降管から分岐し、低圧ドラム10に接続される。また、蒸発器循環ライン24cは、蒸発器循環流量調節弁29を備える。

【0083】

また、本実施形態のコントローラ200による、蒸発器循環流量調節弁29および高圧給水調節弁20の開閉制御についても、第一の実施形態と同様である。

【0084】

また、本実施形態のコントローラ200による低圧節炭器入口温度調節弁32の開閉制御も、基本的には、第一の実施形態と同様である。しかし、本実施形態では、蒸発器循環ライン24cの接続先が、低圧ドラム10である。このため、低圧節炭器入口温度調節弁32の開閉は、蒸発器循環流量調節弁29の開閉制御とは、独立に制御してもよい。

10

【0085】

このように、本実施形態では、高圧汽水分離器22の飽和水を、低圧ドラム10に戻す蒸発器循環ライン24cを備える。そして、蒸発器循環ライン24cに設けられた蒸発器循環流量調節弁29の開閉を、高圧蒸発器21の入口に設けられた高圧蒸発器入口給水流量計33が検出した流量に応じて制御する。

【0086】

本実施形態においても、高圧系41内の圧力は、低圧ドラム10内の圧力より十分に高い。このため、圧力差で高圧汽水分離器22内の飽和水を、前流側の系統へと循環させることができる。すなわち、高圧系41内で自然循環バランスが成立しない状態であっても、低圧系43を経由して高圧蒸発器21への給水を継続できる。これにより、本実施形態によれば、どのような状態であっても、高圧蒸発器21の異常加熱も発生することがなく、安定した蒸発器循環運転を実現できる。従って、本実施形態によれば、強制的に飽和水を循環させるための蒸発器循環ポンプ25が不要になり、コストを抑えられる。

20

【0087】

また、低圧ドラム10へ循環する高圧汽水分離器22の飽和水は、低圧ドラム10の缶水よりも高エンタルピである。起動時にこの飽和水を受け入れることにより、低圧ドラム10の圧力および飽和温度は早く上昇する。その結果、低圧節炭器9の入口側ガス温度の上昇も早くなり、低圧節炭器9での熱吸収量が急速に増加するため、低圧節炭器9の給水出口温度も早く上昇する。

【0088】

30

そして、このような低圧節炭器9の出口給水を、節炭器再循環ライン14により低圧節炭器9の入口側へ再循環させることで、低圧節炭器9の給水入口温度を早く上昇させることができる。

【0089】

例えば、本実施形態の貫流式排熱回収ボイラ2aでは、図3(b)のグラフ341で示すように低圧節炭器9の給水入口温度が変化する。図3(b)の例では、時間T2で水分露点温度に到達する。このように、本実施形態によれば、低圧節炭器出口給水のみを加熱に使用する従来の貫流式排熱回収ボイラ2に比べて、低圧節炭器9の給水入口温度が早く上昇する。その結果、本実施形態によれば、低圧節炭器9の管外面で排ガス中の水分が結露する時間が減少し、それに伴い、低圧節炭器9の管外面の腐食を低減できる。

40

【0090】

<変形例>

なお、本実施形態においても、図6(b)に示すように、第一の実施形態同様、高圧系41および中圧系42への給水を、低圧ドラム10から行うよう構成してもよい。すなわち、低圧ドラム10に高中圧給水ライン35を接続してもよい。

【0091】

特に、本変形例によれば、低圧ドラム10内の水温が上昇する。このため、中圧系42および高圧系41へ供給される給水温度が上昇する。これにより、中圧系42および高圧系41が温められ、起動時の急激な温度変化に伴う熱疲労等の発生が低減する。

【0092】

50

さらに、第三の実施形態と同様に、低圧節炭器 9 の給水入口温度の上昇も早くなり、低圧節炭器 9 の管外面の腐食を低減できる。

【 0 0 9 3 】

以上説明したように、各実施形態および変形例によれば、高圧汽水分離器 2 2 からの蒸発器循環ライン 2 4 (2 4 a ~ 2 4 c) の接続先を、中圧系 4 2 および低圧系 4 3 のいずれかの構成にする。これにより、起動時等であっても、回収熱や補給水の損失なしに、蒸発器循環ポンプ 2 5 を設置することなく、高圧蒸発器 2 1 への給水を継続でき、安定した蒸発器循環運転を行うことができる。従って、経済性に優れた貫流式排熱回収ボイラを提供できる。また、接続先によっては、低圧節炭器 9 の入口側での結露による外面腐食の発生を抑制し、信頼性も向上する。

10

【符号の説明】

【 0 0 9 4 】

1 : ガスタービン、2 : 貫流式排熱回収ボイラ、2 a : 貫流式排熱回収ボイラ、2 b : 貫流式排熱回収ボイラ、2 c : 貫流式排熱回収ボイラ、3 : 蒸気タービン、4 : 発電機、5 : 復水器、6 : 復水ポンプ、7 : 復水脱塩装置、8 : 低圧給水ポンプ、9 : 低圧節炭器、10 : 低圧ドラム、11 : 低圧蒸発器、12 : 低圧過熱器、13 : 高中圧給水ポンプ、14 : 節炭器再循環ライン、15 : 中圧節炭器、16 : 中圧ドラム、17 : 中圧蒸発器、18 : 中圧過熱器、19 : 高圧節炭器、20 : 高圧給水調節弁、21 : 高圧蒸発器、22 : 高圧汽水分離器、23 : 高圧過熱器、24 : 蒸発器循環ライン、24 a : 蒸発器循環ライン、24 b : 蒸発器循環ライン、24 c : 蒸発器循環ライン、25 : 蒸発器循環ポンプ、26 : 起動ブローライン、27 : 起動ブロー弁、28 : ブロータンク、29 : 蒸発器循環流量調節弁、30 : 循環水減温ライン、31 : 蒸発器循環水減温水調節弁、32 : 低圧節炭器入口温度調節弁、33 : 高圧蒸発器入口給水流量計、34 : 低圧節炭器入口給水温度計、35 : 高中圧給水ライン、36 : 節炭器再循環ポンプ、37 : 復水ライン、38 : ブローライン、39 : 圧力センサ、40 : 水位センサ、41 : 高圧系、42 : 中圧系、43 : 低圧系、

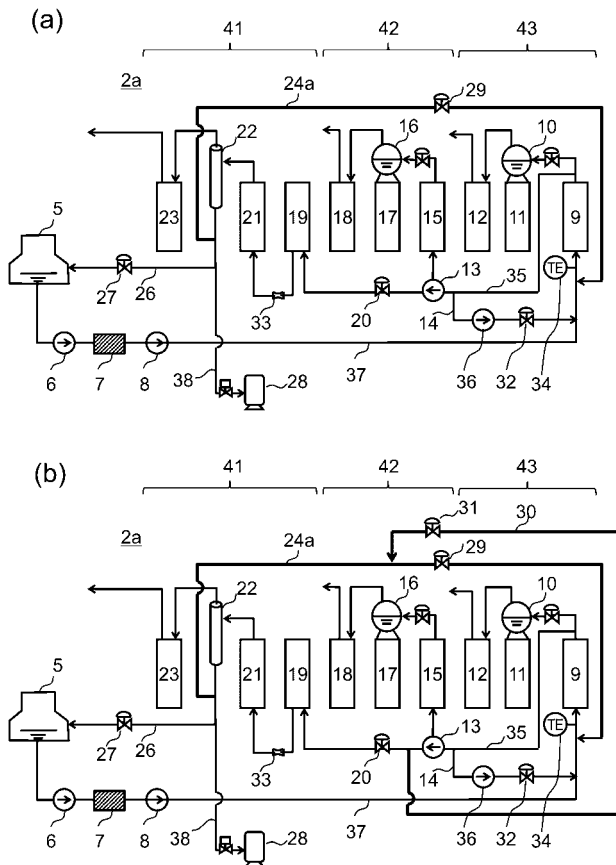
20

100 : コンバインドサイクル発電設備、200 : コントローラ、211 : 流量検出部、212 : 循環流量調節弁開閉制御部、213 : 水温検出部、214 : 入口温度調節弁開閉制御部、215 : 運転圧力判別部、216 : 水位検出部、217 : 高圧給水調節弁制御部、

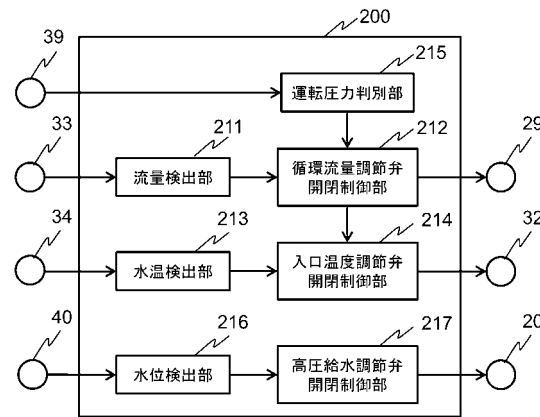
30

301 : グラフ、302 : グラフ、311 : グラフ、321 : グラフ、331 : グラフ、341 : グラフ

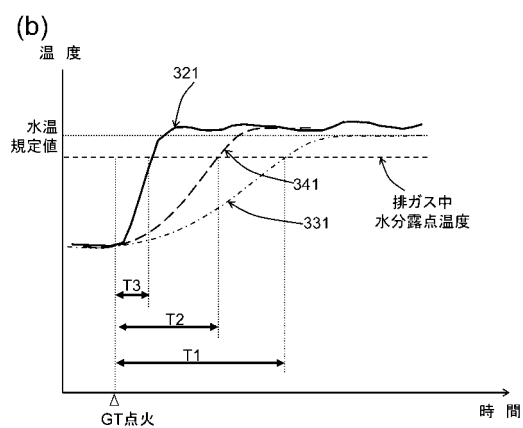
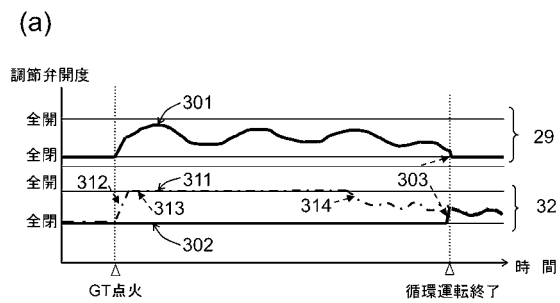
【図 1】



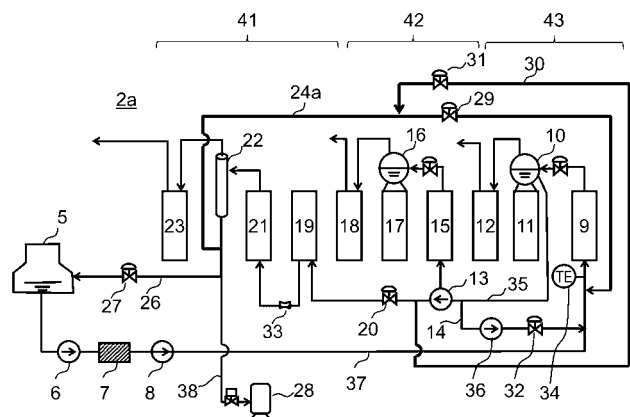
【図 2】



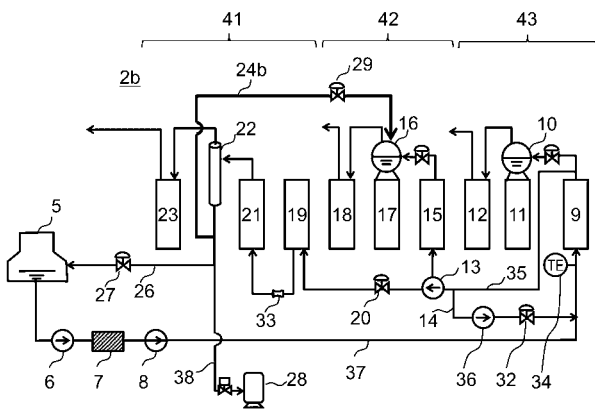
【図 3】



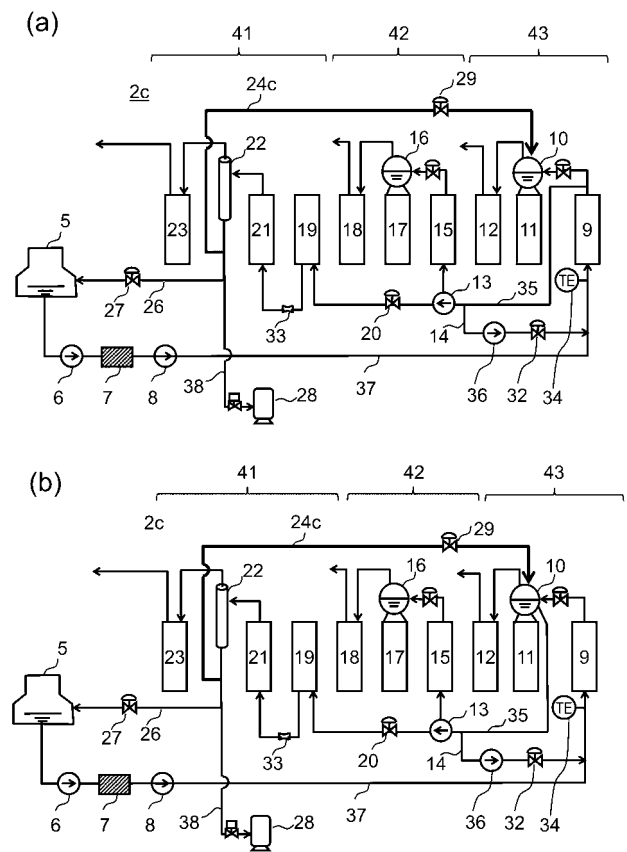
【図 4】



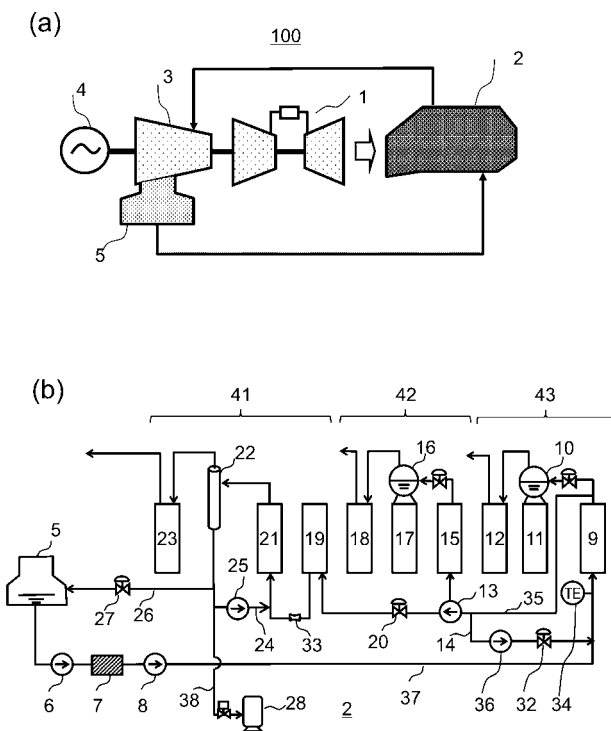
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
	F 2 2 D 5/26	C
	F 2 2 D 5/26	B
	F 2 2 D 1/12	