

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5804748号  
(P5804748)

(45) 発行日 平成27年11月4日(2015.11.4)

(24) 登録日 平成27年9月11日(2015.9.11)

(51) Int. Cl.		F 1	
<b>F 2 2 G</b>	<b>5/06</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 2 G 5/06
<b>F 2 2 G</b>	<b>5/02</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 2 G 5/02
<b>F 2 2 G</b>	<b>5/12</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 2 G 5/12 C

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2011-80842 (P2011-80842)	(73) 特許権者	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23年3月31日(2011.3.31)	(73) 特許権者	000006655 新日鐵住金株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(65) 公開番号	特開2012-215340 (P2012-215340A)	(73) 特許権者	595060306 戸畑共同火力株式会社 福岡県北九州市戸畑区大字中原字先の浜4番93
(43) 公開日	平成24年11月8日(2012.11.8)	(74) 代理人	100112737 弁理士 藤田 考晴
審査請求日	平成26年3月24日(2014.3.24)	(74) 代理人	100118913 弁理士 上田 邦生

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 蒸気送気システム及び蒸気送気方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

過熱器及び再熱器を有するボイラと、  
前記過熱器にて加熱された蒸気の一部を外部へ送気する送気管と、  
前記過熱器にて加熱された前記蒸気のうち前記送気管へ供給された前記蒸気以外の蒸気によって駆動される第1タービンと、  
前記第1タービンを通し前記再熱器にて再加熱された前記蒸気によって駆動される第2タービンと、  
前記第1タービン及び前記第2タービンの回転出力によって発電する発電機と、  
を備え、  
前記ボイラに投入される燃料の流量が、前記送気管を通過する前記蒸気の送気量の変化幅及び変化率と、前記発電機において要求される発電量の変化幅及び変化率に基づくフィードフォワード制御によって調整され、

前記再熱器において再加熱される前記蒸気の再熱温度が、前記送気管を通過する前記蒸気の送気量と、前記発電機において要求される発電量に基づいて調整される蒸気送気システム。

【請求項2】

前記再熱器における前記蒸気の再熱温度は、前記ボイラにおける燃焼域の位置調整、前記ボイラの排ガスを前記ボイラへ導入する排ガス再循環量の調整及び前記再熱器の入口に設置された過熱低減器によるスプレイ水量の調整の少なくともいずれかによって温度調整

される請求項 1 に記載の蒸気送気システム。

【請求項 3】

前記再熱器の容量は、前記送気管を通過する前記蒸気の送気量と、前記発電機において要求される発電量に基づいて決定される請求項 1 又は 2 に記載の蒸気送気システム。

【請求項 4】

前記送気管には、通過する前記蒸気を大気へ放散する大気放散弁が設けられる請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の蒸気送気システム。

【請求項 5】

ボイラに設けられた過熱器にて加熱された蒸気の一部を、送気管を介して外部へ送気するステップと、

前記過熱器にて加熱された前記蒸気のうち前記送気管へ供給された前記蒸気以外の蒸気によって第 1 タービンが駆動するステップと、

前記第 1 タービンを通し前記ボイラの再熱器にて再加熱された前記蒸気によって第 2 タービンが駆動するステップと、

前記第 1 タービン及び前記第 2 タービンの回転出力によって発電機が発電するステップと、

前記送気管を通過する前記蒸気の送気量の変化幅及び変化率と、前記発電機において要求される発電量の変化幅及び変化率に基づくフィードフォワード制御によって、前記ボイラに投入される燃料の流量を調整するステップと、

前記送気管を通過する前記蒸気の送気量と、前記発電機において要求される発電量に基づいて、前記再熱器において再加熱される前記蒸気の再熱温度を調整するステップと、を備える蒸気送気方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、生成した蒸気を外部へ送気する蒸気送気システム及び蒸気送気方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

工場における製造設備等には、蒸気が用いられるものがある。製造設備等へ供給される蒸気は、専用のボイラ（例えば油焼きボイラ）で生成されたり、蒸気タービン発電システムの蒸気タービンから抽気されたりして、工場へ送気される。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、熱供給ガスタービンコンバインドプラントにおいて、蒸気タービンから蒸気を抽気しつつ、抽気ラインの途中に設けられたボイラからも工場その他のプロセスへ蒸気を供給する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 10 - 266812 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来、蒸気供給のために設けられた専用の油焼きボイラは、重油燃料の価格変動が大きく、また老朽化も進んでおり、単独で運用した場合の熱効率が悪い。

【0006】

また、蒸気タービン発電システムにて、蒸気タービンから抽気される蒸気は、蒸気タービンを通じた後の蒸気であり、ボイラから出た直後の主蒸気に比べて低温低圧である。更に、蒸気タービン発電システムにて、再熱サイクルが採用される場合に、高圧タービンから再熱器へ供給される蒸気が抽気される場合もある。しかし、上記と同様に、抽気され

10

20

30

40

50

る蒸気は、高圧タービンを通じた後の蒸気であり、低温低圧である。

【0007】

また更に、工場へ送気される蒸気量は、製造設備等の使用に応じて変動があるため、蒸気送気システムは、送気量の変動に対応している必要がある。

【0008】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、外部へ送気される蒸気の送気量の変動に適切に対応しながら、高圧蒸気を外部へ送気することが可能な蒸気送気システム及び蒸気送気方法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】

上記課題を解決するために、本発明の蒸気送気システム及び蒸気送気方法は以下の手段を採用する。

すなわち、本発明に係る蒸気送気システムは、過熱器及び再熱器を有するボイラと、過熱器にて加熱された蒸気の一部を外部へ送気する送気管と、過熱器にて加熱された蒸気のうち送気管へ供給された蒸気以外の蒸気によって駆動される第1タービンと、第1タービンを通過し再熱器にて再加熱された蒸気によって駆動される第2タービンと、第1タービン及び第2タービンの回転出力によって発電する発電機とを備え、ボイラに投入される燃料の流量が、送気管を通過する蒸気の送気量の変化幅及び変化率と、発電機において要求される発電量の変化幅及び変化率に基づくフィードフォワード制御によって調整され、再熱器において再加熱される蒸気の再熱温度が、送気管を通過する蒸気の送気量と、発電機において要求される発電量に基づいて調整される。

【0010】

この発明によれば、ボイラには過熱器と再熱器が設けられ、過熱器は、蒸気を所定の温度まで加熱して、加熱した蒸気を送気管と第1タービンへ送る。送気管を通過する蒸気は、外部、例えば工場等に設置された蒸気を使用する各設備へ送気される。また、過熱器にて加熱された蒸気のうち、送気管へ供給された蒸気以外の蒸気は、第1タービンへ供給され、第1タービンを駆動する。そして、第1タービンを通過した蒸気は、ボイラの再熱器へ供給され、再熱器にて再加熱される。再熱器にて再加熱された蒸気は、第2タービンへ供給され、第2タービンを駆動する。第1タービン及び第2タービンが駆動することで生じた回転出力によって、発電機が発電する。

【0011】

このとき、過熱器にて加熱された蒸気のうち送気管へ送気される蒸気の流量は、送気先の外部において必要となる蒸気流量によって変動し、過熱器にて加熱された蒸気のうち第1タービンへ送られる蒸気の流量は、発電機において要求される発電量によって変動する。そのため、再熱器へ供給される蒸気の流量は、送気管を通過する蒸気の送気量と、発電機において要求される発電量によって変動するが、蒸気の再熱温度は、送気管を通過する蒸気の送気量と、発電機において要求される発電量に基づいて調整されるため、再熱器は、流量の変動に対応して適切に蒸気を加熱できる。

【0012】

上記発明において、再熱器における蒸気の再熱温度は、ボイラにおける燃焼域の位置調整、ボイラの排ガスをボイラへ導入する排ガス再循環量の調整及び再熱器の入口に設置された過熱低減器によるスプレイ水量の調整の少なくともいずれかによって温度調整されてもよい。

【0013】

この発明によれば、再熱器にて再加熱される蒸気は、ボイラにおける燃焼域の位置が調整されて、再熱器入口のガス温度が調整されたり、ボイラの排ガスをボイラへ導入する排ガス再循環量が調整されて、再熱器を通過する排ガス量が増減されたり、再熱器の入口に設置された過熱低減器によるスプレイ水量が調整されて、再熱蒸気温度が抑制されたりすることによって、温度調整がされる。

【0014】

上記発明において、再熱器の容量は、送気管を通過する蒸気の送気量と、発電機において要求される発電量に基づいて決定されてもよい。

【0015】

この発明によれば、再熱器へ供給される蒸気の流量は、送気管を通過する蒸気の送気量と、発電機において要求される発電量によって変動するが、再熱器の容量は、送気管を通過する蒸気の送気量と、発電機において要求される発電量に基づいて決定されるため、再熱器は、流量の変動に対応して適切に蒸気を加熱できる。

【0016】

上記発明において、送気管には、通過する蒸気を大気へ放散する大気放散弁が設けられてもよい。

10

【0017】

この発明によれば、送気管に設けられた大気放散弁が、通過する蒸気を大気へ放散することによって、ボイラが過度に昇圧されることを防止できる。また、システム起動時に、外部側から蒸気を逆流させて大気へ放散することによって、外部側までの送気管を暖管させることもできる。

【0018】

また、本発明に係る蒸気送気方法は、ボイラに設けられた過熱器にて加熱された蒸気の一部を、送気管を介して外部へ送気するステップと、過熱器にて加熱された蒸気のうち送気管へ供給された蒸気以外の蒸気によって第1タービンが駆動するステップと、第1タービンを通過しボイラの再熱器にて再加熱された蒸気によって第2タービンが駆動するステップと、第1タービン及び第2タービンの回転出力によって発電機が発電するステップと、送気管を通過する蒸気の送気量の変化幅及び変化率と、発電機において要求される発電量の変化幅及び変化率に基づくフィードフォワード制御によって、ボイラに投入される燃料の流量を調整するステップと、送気管を通過する蒸気の送気量と、発電機において要求される発電量に基づいて、再熱器において再加熱される蒸気の再熱温度を調整するステップを備える。

20

【0019】

この発明によれば、ボイラには過熱器と再熱器が設けられ、過熱器は、蒸気を所定の温度まで加熱して、加熱した蒸気を送気管と第1タービンへ送る。送気管を通過する蒸気は、外部、例えば工場等に設置された蒸気を使用する各設備へ送気される。また、過熱器にて生成された蒸気のうち、送気管へ供給された蒸気以外の蒸気は、第1タービンへ供給され、第1タービンを駆動する。そして、第1タービンを通過した蒸気は、ボイラの再熱器へ供給され、再熱器にて再加熱される。再熱器にて再加熱された蒸気は、第2タービンへ供給され、第2タービンを駆動する。第1タービン及び第2タービンが駆動することで生じた回転出力によって、発電機が発電する。

30

【0020】

このとき、過熱器にて加熱された蒸気のうち送気管へ送気される蒸気の流量は、送気先の外部において必要となる蒸気流量によって変動し、過熱器にて加熱された蒸気のうち第1タービンへ送られる蒸気の流量は、発電機において要求される発電量によって変動する。そのため、再熱器へ供給される蒸気の流量は、送気管を通過する蒸気の送気量と、発電機において要求される発電量によって変動するが、蒸気の再熱温度は、送気管を通過する蒸気の送気量と、発電機において要求される発電量に基づいて調整されるため、再熱器は、流量の変動に対応して適切に蒸気を加熱できる。

40

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、外部へ送気される蒸気の送気量の変動に適切に対応しながら、高圧蒸気を外部へ送気することができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の一実施形態に係る蒸気送気システムを示す構成図である。

50

【図 2】ボイラを示す概略構成図である。

【図 3】蒸気送気システムを示すブロック図である。

【図 4】蒸気送気システムを示すブロック図である。

【図 5】工場送気量とボイラ負荷の関係を示すグラフである。

【図 6】工場送気量とボイラ負荷の関係を示すグラフである。

【図 7】大気放出システムを示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下に、本発明に係る実施形態について、図面を参照して説明する。

まず、本発明の一実施形態に係る蒸気送気システム 1 の構成について、図 1 を用いて説明する。図 1 は、本実施形態に係る蒸気送気システム 1 を示す構成図である。

10

【0024】

蒸気送気システム 1 は、蒸気タービンシステムと、蒸気タービンシステムの主蒸気管 10 から主蒸気を抽気し、工場等の外部へ蒸気を送気する工場送気管 17 を備える。以下、本明細書では、外部へ送気される蒸気を「工場蒸気」ともいう。

【0025】

蒸気タービンシステムは、過熱器 9 及び再熱器 12 を有する石炭焚ボイラ 2 と、蒸気タービン 3 と、発電機 6 と、復水器 7 と、給水ポンプ 8 などからなる。

【0026】

石炭焚ボイラ 2 は、燃料である石炭を燃焼して燃焼ガスを発生させる。石炭焚ボイラ 2 は、図 2 に示すように、パーナ 20、火炉 14、過熱器 9、再熱器 12、エコノマイザ 21、過熱器スプレイ 22、再熱器スプレイ 23、排ガス再循環 (GR: Gas Recirculation) ダンパ 24 などを有する。図 2 は、石炭焚ボイラ 2 を示す概略構成図である。また、蒸気タービン 3 は、図 1 に示すように、高圧タービン 4 と、低圧タービン 5 などからなる。

20

【0027】

蒸気タービンシステムは、高圧タービン 4 から再熱器 12 へ蒸気を供給し、供給された蒸気を再熱器 12 で再加熱し、再加熱された蒸気を低圧タービン 5 に供給し膨張させる再熱サイクルを適用している。

【0028】

石炭焚ボイラ 2 の過熱器 9 は、燃料燃焼によって生じる輻射伝熱によって、給水ポンプ 8 から供給された水を加熱して蒸発器などで生成された蒸気を所定の温度まで加熱する。過熱器 9 によって加熱された蒸気は、主蒸気管 10 を介して高圧タービン 4 と工場送気管 17 へ供給される。

30

【0029】

高圧タービン 4 は、第 1 タービンの一例であり、過熱器 9 から供給された主蒸気によって駆動される。過熱器 9 から高圧タービン 4 へ供給される蒸気は、工場送気管 17 へ供給された蒸気以外の蒸気の一部又は全てである。高圧タービン 4 へ供給される蒸気の流量は、発電機 6 において要求される発電量に応じて変動する。高圧タービン 4 は、高圧タービン 4 を通過し膨張した蒸気を、低温再熱蒸気管 11 を介して再熱器 12 へ供給する。

40

【0030】

再熱器 12 は、燃料の燃焼排ガスによって生じる対流伝熱によって、高圧タービン 4 から供給された蒸気を再加熱して、再加熱した蒸気を、高温再熱蒸気管 13 を介して低圧タービン 5 へ供給する。

【0031】

低圧タービン 5 は、第 2 タービンの一例であり、再熱器 12 から供給された蒸気によって駆動される。低圧タービン 5 は、低圧タービン 5 を通過し膨張した蒸気を復水器 7 へ排出する。低圧タービン 5 へ供給される蒸気の流量は、高圧タービン 4 にて暖管などのための抽気が無ければ、高圧タービン 4 へ供給される蒸気の流量と等しい。高圧タービン 4 にて抽気がある場合は、低圧タービン 5 へ供給される蒸気の流量は、高圧タービン 4 へ供給

50

される蒸気に比例する。

【 0 0 3 2 】

発電機 6 は、高圧タービン 4 及び低圧タービン 5 と同一軸で接続され、高圧タービン 4 及び低圧タービン 5 の回転出力によって発電する。

【 0 0 3 3 】

復水器 7 は、低圧タービン 5 から排出された蒸気を冷却して水へ戻し、生成した水を給水ポンプ 8 へ供給する。給水ポンプ 8 は、水を圧縮して、圧縮した水を石炭焚ボイラ 2 へ供給する。

【 0 0 3 4 】

工場送気管 1 7 は、主蒸気管 1 0 から分岐された管であり、工場等の外部へ蒸気を送気する。送気された蒸気は、工場等における製造設備、例えば真空装置などに使用される。工場送気管 1 7 へ送気される蒸気の流量（送気量）は、製造設備等の運転状況などに応じて変動する。

10

【 0 0 3 5 】

工場送気管 1 7 には、工場蒸気圧力制御弁 1 5、工場蒸気流量測定部 1 6、大気放出管 1 9 などが設けられる。工場蒸気圧力制御弁 1 5 は、工場へ送気される蒸気の圧力を調整する。工場蒸気流量測定部 1 6 は、工場送気管 1 7 を流れる蒸気の流量を測定する。大気放出管 1 9 には、工場蒸気大気放出弁 1 8 が設けられ、大気放出管 1 9 は、工場蒸気大気放出弁 1 8 の開度に応じて、工場送気管 1 7 を流れる蒸気を大気へ放出する。

【 0 0 3 6 】

20

なお、工場送気管 1 7 には、蒸気送気システム 1 に要求される能力に応じて、工場送気用油焚ボイラ 5 0 が別途設けられてもよい。一方、蒸気タービンシステムから供給される蒸気だけで工場等へ蒸気を十分に供給できる場合は、工場送気用油焚ボイラ 5 0 は不要である。

【 0 0 3 7 】

次に、図 3 を参照して、本実施形態に係る蒸気送気システム 1 における石炭焚ボイラ 2 及び蒸気タービン 3 の制御について説明する。

【 0 0 3 8 】

制御部 3 0 は、例えば CPU やメモリを含むコンピュータ又は制御回路であり、図 3 に示すように、発電機出力指令部 3 1、タービン制御部 3 2、工場送気負荷算出部 3 3、ボイラ負荷算出部 3 4、B I R 信号生成部 3 5 及びボイラ制御部 3 6 等を有する。

30

【 0 0 3 9 】

操作部 2 9 は、例えば中央操作室等に設けられた監視盤に設けられ、ユーザ操作を受け付けて、入力内容に基づいて操作信号を生成する。操作部 2 9 は、ユーザによって入力された発電機 6 に対して要求する出力（発電量）を発電機出力指令部 3 1 に送る。発電機出力指令部 3 1 は、入力された要求出力を目標値として、変化率や最大値・最小値を考慮した出力指令（MWD: Mega Watt Demand）を生成する。発電機出力指令部 3 1 は、生成した出力指令（MWD）をタービン制御部 3 2 及びボイラ負荷算出部 3 4 へ送る。

【 0 0 4 0 】

タービン制御部 3 2 は、発電機出力指令部 3 1 で生成された出力指令（MWD）と、発電機 6 における実際の出力値（実 MW）に基づいて、例えば P I 制御によってタービン制御信号を生成する。タービン制御部 3 2 は、生成したタービン制御信号をガバナ 2 6 へ送り、ガバナ 2 6 は、制御信号に基づいて蒸気タービン 3 の高圧タービン 4 へ流入する主蒸気の流量を調整する。

40

【 0 0 4 1 】

工場送気負荷算出部 3 3 は、工場蒸気流量測定部 1 6 で測定された工場送気管 1 7 における送気量に基づいて、送気量に相当する送気負荷信号を生成する。送気負荷信号は、石炭焚ボイラ 2 を制御するためのボイラマスタ指令（BM）の一部となる。工場送気負荷算出部 3 3 は、生成した送気負荷信号をボイラ負荷算出部 3 4 へ送る。

【 0 0 4 2 】

50

主蒸気管 10 には、主蒸気圧力測定部 27 が設けられる。主蒸気圧力測定部 27 は、例えば圧力トランスミッタであり、主蒸気管 10 を流れる主蒸気の圧力を測定する。ボイラ負荷算出部 34 は、主蒸気圧力測定部 27 で測定された圧力と、予め設定された設定値を比較して、PI 制御によって偏差信号を生成する。蒸気圧力が高ければ、石炭焚ボイラ 2 へ投入する燃料が絞られ、蒸気圧力が低ければ、石炭焚ボイラ 2 へ投入する燃料が増加される。

【0043】

そして、ボイラ負荷算出部 34 は、発電機出力指令部 31 で生成された出力指令 (MWD) と、工場送気負荷算出部 33 で生成された送気負荷信号と、主蒸気圧力測定部 27 で測定された主蒸気の圧力に基づく上述の偏差信号を加算して、ボイラマスタ指令 (BM) を生成する。ボイラ負荷算出部 34 は、生成したボイラマスタ指令 (BM) をボイラ制御部 36 へ送る。ボイラ制御部 36 は、ボイラマスタ指令 (BM) を、石炭焚ボイラ 2 において必要な燃焼量に換算して燃焼量指令 (FRD) を生成する。燃焼量指令 (FRD) は、以上より、要求される発電量、工場への送気量、主蒸気の圧力に基づいている。

10

【0044】

また、ボイラ負荷算出部 34 は、要求される発電量に基づいて、負荷指標 (LD) を生成する。また、工場送気負荷算出部 33 は、蒸気流量測定部 16 で測定された送気管 17 における送気量に基づいて、送気指標 (LNF) を生成する。

【0045】

BIR 信号生成部 35 は、負荷変化中又は工場送気変化中における石炭焚ボイラ 2 に投入する燃料の制御等をフィードフォワード制御するための BIR 信号を生成する。BIR 信号は、例えば負荷指標 (LD) に基づく第 1 BIR 信号と、送気指標 (LNF) に基づく第 2 BIR 信号がある。第 1 BIR 信号は、負荷変化率と予測される発電機 6 の発電量 (負荷) の変化幅が考慮されて生成され、第 2 BIR 信号は、工場送気流量変化率と予測される工場蒸気の送気量変化幅が考慮されて生成される。BIR 信号は、石炭焚ボイラ 2 に投入する燃料の制御以外に、再熱器スプレイ 23 のスプレイ水量の制御、石炭焚ボイラ 2 の排ガス再循環流量の制御、石炭焚ボイラ 2 内の脱硝装置のアンモニア注入量制御などにも使用される。

20

【0046】

ボイラ制御部 36 は、ボイラ負荷算出部 34 で生成されたボイラマスタ指令 (BM) から変換した燃焼量指令 (FRD)、BIR 信号生成部 35 で生成された第 1 BIR 信号、第 2 BIR 信号を加算し、加算結果と石炭焚ボイラ 2 における実際の燃料流量に基づいて、例えば PI 制御によって石炭焚ボイラ 2 に投入する燃料の流量を算出する。

30

【0047】

以上により、要求される発電量に基づいて蒸気タービン 3 が駆動され、発電機 6 が蒸気タービン 3 の回転出力を受けることで、発電機 6 は、要求される発電量を出力するように駆動する。また、要求される発電量と、送気管 17 における送気量と、主蒸気の圧力に基づいて、石炭焚ボイラ 2 に投入される燃料が制御される。また、負荷変化中又は工場送気流量変化中の燃料制御においては、発電機 6 の発電量 (負荷) の変化幅と負荷指標変化率や、予測される工場蒸気の送気量変化幅と工場送気流量変化率に基づくフィードフォワード制御が行われ、フィードバック制御のみによる場合よりも応答性が高い制御が行われる。

40

【0048】

次に、本実施形態に係る蒸気送気システム 1 の蒸気タービンシステム 1 における石炭焚ボイラ 2 の動作について説明する。

【0049】

石炭焚ボイラ 2 は、発電機出力の変化に対応できることに加えて、工場の製造装置等の使用に応じて変化する工場蒸気の送気量の変化に対応可能であることが求められる。石炭焚ボイラ 2 の運用範囲は、例えば図 5 及び図 6 に示すグラフのとおりになる。図 5 及び図 6 のグラフは、横軸をボイラ負荷 (ボイラ最大連続蒸発量 (MCR: Maximum Continuous Ra

50

ting) )を100%とした主蒸気、再熱蒸気の熱吸収量の合計比率)とし、縦軸を工場送気量としたものである。そして、図5及び図6のグラフに、定格出力が100MWである発電機6の運転範囲を重ねて表示した。本実施形態の蒸気送気システム1では、図5及び図6に示すように、ボイラ負荷は、発電機出力だけでなく、工場送気量に応じて変化する。

【0050】

以下、図5及び図6を参照して、実際の運転における工場送気量及び発電機出力と、ボイラ負荷の変動関係について説明する。

【0051】

1) 発電機出力が一定の場合(図5の矢印A)

図5の矢印Aのように、発電機出力を保ちながら工場送気量を増減させる場合、工場送気量の増減に関わらず、発電機出力が一定であるため、蒸気タービン3の入口における蒸気流量は一定である。一方、工場送気量が増減することによって、石炭焚ボイラ2出口の主蒸気流量が増減する。ここで、低圧タービン5の入口における再熱蒸気流量も一定であるため、ボイラ負荷は、再熱器12による変化はなく、過熱器9の主蒸気の熱吸収量の増減分だけ変化する。

10

【0052】

2) 発電機出力と送気蒸気流量が共に変化する場合(図5の矢印B)

図5の矢印Bのように、発電機出力を増加させつつ工場送気量を増加させる場合、発電機出力の増加によって、蒸気タービン3の入口における蒸気流量が増加すると共に、工場送気量の増加によって、石炭焚ボイラ2出口の主蒸気流量が増加する。このとき、低圧タービン5の入口における再熱蒸気流量は、高圧タービン4の入口における主蒸気流量の増加に合わせて増加する。ボイラ負荷は、過熱器9の主蒸気の熱吸収量と再熱器12の再熱蒸気量の熱吸収量の合計の増加分が増えることになる。

20

反対に、発電機出力を減少させつつ工場送気量を減少させる場合、逆の動きになり、ボイラ負荷は、過熱器9の主蒸気の熱吸収量と再熱器12の再熱蒸気量の熱吸収量の合計の減少分が減ることになる。

【0053】

3) 工場送気量が無く一定の場合(図5の矢印C)

図5の矢印Cのように、工場送気を0にして一定を保ちながら発電機出力を増減させる場合、発電機出力の増減によって、蒸気タービン3の入口における蒸気流量が増減する。このとき、低圧タービン5の入口における再熱蒸気流量は、高圧タービン4の入口における主蒸気流量の増減に合わせて増減する。

30

【0054】

4) ボイラ負荷を一定を保ちながら工場送気量を増加させる場合(図6の矢印D)

図6の矢印Dのように、ボイラ負荷を一定を保ちながら工場送気量を増加させ発電機出力を減少させる場合、石炭焚ボイラ2出口の主蒸気流量は一定である。しかし、工場送気量が増加するため、高圧タービン4の入口における主蒸気流量と低圧タービン5の入口における再熱蒸気流量は減少する。

このとき、ボイラ負荷は一定であるが、再熱器12に流れる再熱蒸気流量が減少するため、再熱蒸気温度が上昇する。

40

【0055】

5) 工場送気量を一定を保ちながら発電機出力を減少させる場合(図6の矢印E)

図6の矢印Eのように、工場送気量を0以外の値で一定を保ちながら発電機出力を減少させる場合、発電機出力の減少に合わせて、高圧タービン4の入口における主蒸気流量と低圧タービン5の入口における再熱蒸気流量が減少する。しかし、工場送気量は一定のため、高圧タービン4の入口における主蒸気流量の減少率よりも、低圧タービン5の入口における再熱蒸気流量の減少率のほうが大きい。その結果、再熱器12における再熱蒸気温度が上昇する。

【0056】

以上、4)と5)によれば、再熱蒸気温度は、工場送気量が多く発電機出力が低い場合

50

(図5及び図6の網掛け範囲内の左上部分)において、高くなる傾向にあることが分かる。したがって、本実施形態の蒸気送気システム1における再熱器12は、再熱蒸気温度の上昇を考慮して容量や伝熱面積、材料などが決定されることで、運用範囲全てに耐えうる性能を確保できる。

【0057】

従来、蒸気タービン発電システムのボイラの再熱器は、工場送気量を考慮する必要が無いため、上記3)の場合における再熱蒸気温度の変化を予測すればよい。一方、本実施形態の再熱器12は、工場送気量を考慮しなければならない。そのため、図5及び図6の網掛け範囲に示すように、2次元的に運用範囲の全てにおいて、再熱蒸気温度の変化を予測する必要があり、再熱器12がその範囲で適正な性能を確保できるか否かを検討する必要がある。

10

【0058】

次に、図4を参照して、再熱器12における再熱蒸気温度の調整について説明する。

再熱器12は、容量や伝熱面積、材料などの決定に加えて、再熱器12における温度制御によって再熱蒸気温度を調整して、再熱器12が運用範囲全てに耐えうる性能を確保できるようにしてもよい。

【0059】

再熱蒸気温度は、例えばバーナ20のバーナ角度調整、排ガス再循環ダンパ24による排ガス再循環量調整、再熱器スプレイ23からのスプレイ水投入、風箱AAダンパ25の開度調整などによって制御される。

20

【0060】

高温再熱蒸気管13には、再熱蒸気温度測定部38が設けられており、再熱蒸気温度測定部38は、高温再熱蒸気管13を流れる再熱蒸気の温度を測定する。そして、再熱蒸気温度は、制御部30にて、高温再熱蒸気管13を流れる再熱蒸気の温度と、工場送気管17を流れる工場蒸気の送気量に基づいて調整される。例えば、図6の矢印Dのように、工場送気量が増加して発電機出力が低下し、再熱蒸気流量が減少することによって、再熱蒸気温度が上昇するような場合、再熱器12は、再熱蒸気温度を低下させるように制御される。

【0061】

制御部30は、図4に示すように、バーナ角度調整部40、排ガス再循環流量調整部41、スプレイ量調整部42、開度調整部43などを有する。

30

【0062】

バーナ角度調整部40は、例えばボイラ負荷(LD)と工場蒸気の送気量に基づいて、バーナ20の角度を調整する。バーナ20の角度が調整されることによって、石炭焚ボイラ2における主燃焼域が火炉14上部側又は火炉14下部側へ移動されて、火炉14出口におけるガス温度が調整される。これによって、再熱器12入口側のガス温度が調整され、再熱蒸気温度を調整できる。

【0063】

排ガス再循環流量調整部41は、例えばボイラ負荷(LD)と再熱蒸気の温度と工場蒸気の送気量に基づいて、エコマイザ(節炭器)21から排出された排ガスを火炉14底部から石炭焚ボイラ2内へ再導入する量(排ガス再循環流量)を調整する。排ガス再循環ダンパ24は、開度によって排ガス再循環流量を調整する。排ガス再循環流量が調整されることによって、再熱器12を通過する排ガス量を増減でき、再熱蒸気温度を調整できる。

40

【0064】

スプレイ量調整部42は、例えばボイラ負荷(LD)と再熱蒸気の温度と工場蒸気の送気量に基づいて、再熱器スプレイ23による再熱器12へのスプレイ水の投入を調整する。再熱蒸気温度が規定の温度を上回る場合にスプレイ水が投入されることによって、再熱蒸気温度を抑制できる。

【0065】

開度調整部43は、例えばボイラ負荷(LD)に基づいて、風箱AAダンパ25の開度を

50

調整する。風箱 A A ダンパ 25 の開度が調整されることによって、火炉 14 出口におけるガス温度が調整される。これによって、再熱器 12 入口側のガス温度が調整され、再熱蒸気温度を調整できる。

【0066】

以上、本実施形態によれば、工場送気管 17 を流れる蒸気の送気量を参照しながら、再熱蒸気温度が調整される。その結果、再熱器 12 は、再熱蒸気温度を過度に上昇させることなく、工場送気量の変動に対応して適切に蒸気を加熱できる。

【0067】

次に、図 4 に示すように、主蒸気温度の調整について説明する。

主蒸気温度は、過熱器スプレイ 22 からのスプレイ水の投入などによって制御される。主蒸気管 10 には、主蒸気温度測定部 37 が設けられており、主蒸気温度測定部 37 は、主蒸気管 10 を流れる主蒸気の温度を測定する。主蒸気温度は、制御部 30 にて、主蒸気管 10 を流れる主蒸気の温度に基づいて調整される。

【0068】

スプレイ量調整部 39 は、過熱器スプレイ 22 による過熱器 9 間へのスプレイ水の投入を調整する。過熱器 9 間にスプレイ水が常時投入されることによって、主蒸気温度が調整される。主蒸気温度が低くなる場合には、スプレイ水投入量を減少させ、主蒸気温度が高くなる場合には、スプレイ水投入量を増加させて温度調整をする。

【0069】

次に、図 7 を参照して、大気放出弁 18 の制御について説明する。

石炭焚ボイラ 2 には、ボイラ圧測定部 44 が設けられ、ボイラ圧測定部 44 は、石炭焚ボイラ 2 内の圧力を測定する。大気放出弁制御部 45 は、測定された圧力に基づいて、工場蒸気大気放出弁 18 の開度を調整する。大気放出管 19 には、放出量測定部 46 が設けられて、大気放出管 19 を通過する蒸気流量を測定するようにしてもよい。大気放出弁制御部 45 は、放出量測定部 46 によって測定された蒸気流量に基づいて、工場蒸気大気放出弁 18 の開度を調整する。

【0070】

これによって、工場蒸気大気放出弁 18 が、工場送気管 17 を通過する蒸気を大気へ放散することによって、石炭焚ボイラ 2 が過度に昇圧されることを防止できる。また、システム起動時に、外部側から蒸気を逆流させて大気へ放散することによって、外部側までの工場送気管 17 を暖管させることもできる。

【0071】

以上、本発明の実施形態によれば、工場蒸気として、石炭焚ボイラ 2 に接続された主蒸気管 10 から主蒸気を抽気することで、高圧高温の条件が良い蒸気を工場等へ供給することができる。また、蒸気タービン発電システムで使用される石炭焚ボイラ 2 が使用されることで、工場送気用油焚ボイラ 50 に比べて、高効率で蒸気を工場等へ供給できる。

【0072】

更に、従来の石炭焚ボイラは、圧力や温度等の蒸気条件の変動性に対する追従性が悪く、動特性の面での制御も困難であったが、本実施形態では、発電機出力や工場送気の運用を考慮することによって、再熱器 12 における再熱蒸気温度が適正になり、発電機 6 による発電量や工場送気量を同時に変化させることが可能である。

【符号の説明】

【0073】

- 1 蒸気送気システム
- 2 石炭焚ボイラ (ボイラ)
- 3 蒸気タービン
- 4 高圧タービン (第 1 タービン)
- 5 低圧タービン (第 2 タービン)
- 6 発電機
- 7 復水器

10

20

30

40

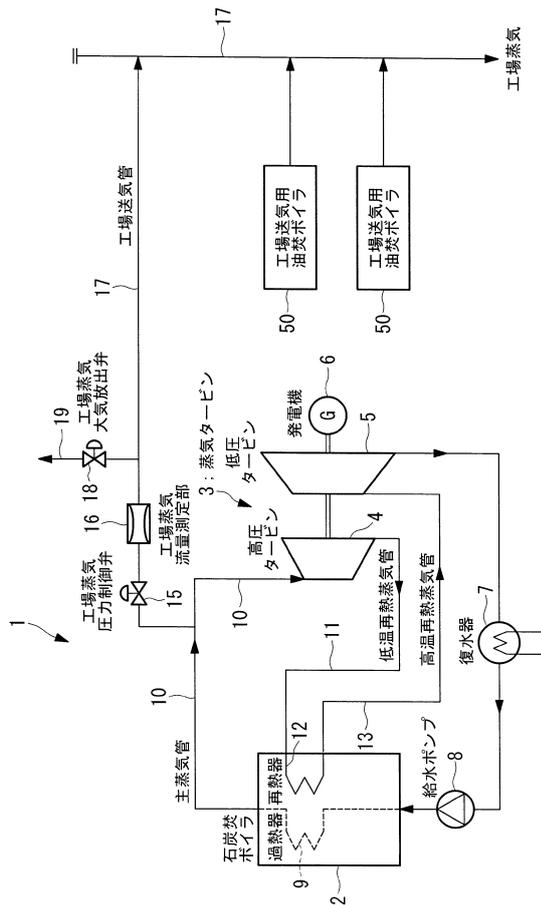
50

- 8 給水ポンプ
- 9 過熱器
- 10 主蒸気管
- 11 低温再熱蒸気管
- 12 再熱器
- 13 高温再熱蒸気管
- 14 火炉
- 15 工場蒸気圧力制御弁
- 16 工場蒸気流量測定部
- 17 工場送気管 (送気管)
- 18 工場蒸気大気放出弁
- 19 大気放出管
- 20 バーナ
- 21 エコノマイザ
- 22 過熱器スプレイ
- 23 再熱器スプレイ (過熱低減器)
- 24 排ガス再循環ダンパ
- 25 風箱 A A ダンパ
- 26 ガバナ
- 27 主蒸気圧力測定部
- 29 操作部
- 30 制御部
- 50 工場送気用油焚ボイラ

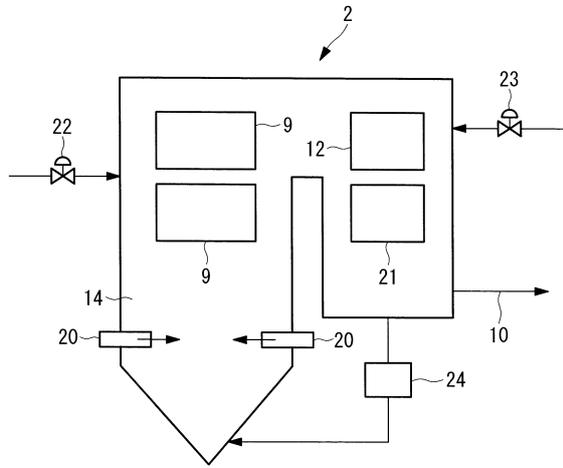
10

20

【図 1】

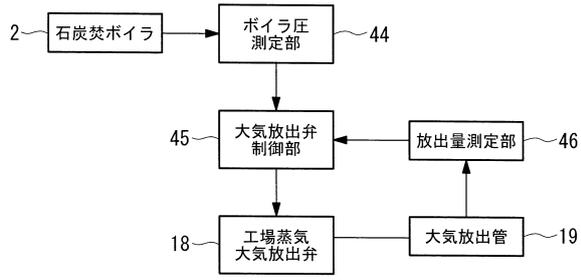


【図 2】





【図7】



## フロントページの続き

- (72)発明者 柳本 陽太郎  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 坂井 俊之  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 矢野 桂志  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 三田 尚  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 前川 宏明  
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 山口 敦史  
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 伊豆川 大士  
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 高木 輝政  
福岡県北九州市戸畑区大字中原字先の浜46番93 戸畑共同火力株式会社内

審査官 渡邊 洋

- (56)参考文献 特開2002-004809(JP,A)  
特開2007-218478(JP,A)  
特開平11-270806(JP,A)  
特開2003-042406(JP,A)  
特開2000-314504(JP,A)  
特開2002-147711(JP,A)  
特開2000-111003(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F22G 5/00 - 5/20

F22B35/00 - 35/18