

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7330690号

(P7330690)

(45)発行日 令和5年8月22日(2023.8.22)

(24)登録日 令和5年8月14日(2023.8.14)

(51)国際特許分類

F I

F 2 2 B 35/00 (2006.01)

F 2 2 B 35/00

J

F 2 2 D 1/18 (2006.01)

F 2 2 D 1/18

請求項の数 13 (全21頁)

(21)出願番号 特願2018-225234(P2018-225234)
(22)出願日 平成30年11月30日(2018.11.30)
(65)公開番号 特開2020-85415(P2020-85415A)
(43)公開日 令和2年6月4日(2020.6.4)
審査請求日 令和3年11月4日(2021.11.4)

(73)特許権者 000006208
三菱重工業株式会社
東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(74)代理人 100112737
弁理士 藤田 考晴
(74)代理人 100140914
弁理士 三苫 貴織
(74)代理人 100136168
弁理士 川上 美紀
(74)代理人 100172524
弁理士 長田 大輔
(72)発明者 槌谷 勇太
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ボイラシステム及び発電プラント並びにボイラシステムの運転方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

バーナで燃料を燃焼することで給水から蒸気を生成するボイラと、

前記ボイラに供給される前記給水が流通する給水流路と、

太陽光を集光させて発生する熱を利用して熱媒を加熱する太陽熱加熱部と、

前記太陽熱加熱部が設けられ、前記熱媒を所定の一定流量で循環させる循環流路と、

前記給水流路を流通する前記給水と、前記循環流路を流通する前記熱媒とを熱交換する
第1熱交換部と、

前記ボイラに設けられ、前記太陽熱加熱部に対する日射量に応じて該ボイラで生成され
る前記蒸気の温度を調整する調整手段と、を備え、

前記ボイラは、前記バーナに燃料を供給する燃料供給路を備え、

前記調整手段は、前記燃料供給路に設けられて前記バーナに供給する燃料の量を調整する
燃料調整手段を有するボイラシステム。

【請求項2】

前記循環流路では、前記太陽熱加熱部で加熱された前記熱媒のすべてが前記第1熱交換
部へ供給され、前記第1熱交換部で熱交換した前記熱媒のすべてが前記太陽熱加熱部へ供
給される請求項1に記載のボイラシステム。

【請求項3】

前記ボイラは、前記蒸気を過熱する下流過熱器と、前記下流過熱器よりも上流側に設け
られ前記蒸気を過熱する上流過熱器と、前記下流過熱器と前記上流過熱器との間に設けら

10

20

れて供給された前記蒸気の温度を低減させる過熱低減器と、前記上流過熱器よりも上流側の前記給水を抽水して前記過熱低減器へ供給するスプレイ水供給流路と、を備え、

前記スプレイ水供給流路には、前記過熱低減器に供給する前記給水の量を調整するスプレイ水調整手段が設けられ、

前記調整手段は、前記スプレイ水調整手段を有する請求項 1 または請求項 2 に記載のボイラシステム。

【請求項 4】

前記ボイラは、前記上流過熱器よりも上流側に設けられて供給された前記給水を加熱する給水加熱部と、前記給水加熱部に供給される前記給水の温度を計測する給水温度計測手段と、を備え、

前記給水温度計測手段が計測する前記給水の温度に基づいて、前記燃料調整手段を制御する請求項 3 に記載のボイラシステム。

【請求項 5】

前記太陽熱加熱部から前記第 1 熱交換部へ供給される前記熱媒の温度を計測する熱媒温度計測手段を備え、

前記熱媒温度計測手段が計測する前記熱媒の温度に基づいて、前記燃料調整手段を制御する請求項 3 または請求項 4 に記載のボイラシステム。

【請求項 6】

前記給水流路からバイパスする第 1 バイパス流路と、

前記給水が前記給水流路を流通するか前記第 1 バイパス流路を流通するかを切り替える切替手段と、

前記太陽熱加熱部から前記第 1 熱交換部へ供給される前記熱媒の温度を計測する熱媒温度計測手段と、を備え、

前記第 1 熱交換部は、前記第 1 バイパス流路に設けられ、

前記熱媒温度計測手段が計測した前記熱媒の温度が所定の値よりも低い場合に、前記給水が前記第 1 バイパス流路に流入しないように、前記切替手段を制御する請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載のボイラシステム。

【請求項 7】

前記給水流路に設けられ、前記ボイラで生成された前記蒸気によって駆動する蒸気タービンから抽気した前記蒸気と前記給水とを熱交換させる第 2 熱交換部と、

前記第 2 熱交換部をバイパスするように設けられ、前記第 1 熱交換部が設けられる第 2 バイパス流路と、を備え、

前記第 2 バイパス流路には、前記ボイラに供給される前記給水の一部が流通する請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載のボイラシステム。

【請求項 8】

前記太陽熱加熱部と前記第 1 熱交換部との間に設けられる気水分離器を備え、

前記熱媒は、水または蒸気であって、

前記気水分離器は、供給された水と蒸気とを分離するとともに、分離した蒸気を前記第 1 熱交換部へ供給する請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載のボイラシステム。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載のボイラシステムと、

前記ボイラで生成した前記蒸気によって発電を行う発電部と、を備えた発電プラント。

【請求項 10】

バーナで燃料を燃焼することで、ボイラにおいて、給水流路を介して供給された給水から蒸気を生成する蒸気生成工程と、

太陽光を集光させて発生する熱を利用して熱媒を加熱する太陽熱加熱部によって、循環流路を所定の一定流量で循環する熱媒を加熱する熱媒加熱工程と、

前記給水流路を流通する前記給水と、前記循環流路を流通する前記熱媒とを熱交換する熱交換工程と、

前記ボイラに設けられた調整手段によって、前記太陽熱加熱部に対する日射量に応じて

10

20

30

40

50

前記ボイラで生成される前記蒸気の温度を調整する調整工程と、を備え、
 前記調整工程は、前記バーナに燃料を供給する燃料供給路に設けられて前記バーナに供給する燃料の量を調整する燃料調整手段によって前記蒸気の温度を調整するボイラシステムの運転方法。

【請求項 1 1】

給水から蒸気を生成するボイラと、
 前記ボイラに供給される前記給水が流通する給水流路と、
 太陽光を集光させて発生する熱を利用して熱媒を加熱する太陽熱加熱部と、
 前記太陽熱加熱部が設けられ、前記熱媒を所定の一定流量で循環させる循環流路と、
 前記給水流路を流通する前記給水と、前記循環流路を流通する前記熱媒とを熱交換する第 1 熱交換部と、

10

前記ボイラに設けられ、前記太陽熱加熱部に対する日射量に応じて該ボイラで生成される前記蒸気の温度を調整する調整手段と、を備え、

前記ボイラは、前記蒸気を過熱する下流過熱器と、前記下流過熱器よりも上流側に設けられ前記蒸気を過熱する上流過熱器と、前記下流過熱器と前記上流過熱器との間に設けられて供給された前記蒸気の温度を低減させる過熱低減器と、前記上流過熱器よりも上流側の前記給水を抽水して前記過熱低減器へ供給するスプレイ水供給流路と、バーナに燃料を供給する燃料供給路と、を備え、

前記スプレイ水供給流路には、前記過熱低減器に供給する前記給水の量を調整するスプレイ水調整手段が設けられ、

20

前記燃料供給路には、前記バーナに供給する燃料の量を調整する燃料調整手段が設けられ、前記調整手段は、前記スプレイ水調整手段及び前記燃料調整手段を有するボイラシステム。

【請求項 1 2】

給水から蒸気を生成するボイラと、
 前記ボイラに供給される前記給水が流通する給水流路と、
 太陽光を集光させて発生する熱を利用して熱媒を加熱する太陽熱加熱部と、
 前記太陽熱加熱部が設けられ、前記熱媒を所定の一定流量で循環させる循環流路と、
 前記給水流路を流通する前記給水と、前記循環流路を流通する前記熱媒とを熱交換する第 1 熱交換部と、

30

前記ボイラに設けられ、前記太陽熱加熱部に対する日射量に応じて該ボイラで生成される前記蒸気の温度を調整する調整手段と、

前記給水流路からバイパスする第 1 バイパス流路と、
 前記給水が前記給水流路を流通するか前記第 1 バイパス流路を流通するかを切り替える切替手段と、

前記太陽熱加熱部から前記第 1 熱交換部へ供給される前記熱媒の温度を計測する熱媒温度計測手段と、を備え、

前記第 1 熱交換部は、前記第 1 バイパス流路に設けられ、

前記熱媒温度計測手段が計測した前記熱媒の温度が所定の値よりも低い場合に、前記給水が前記第 1 バイパス流路に流入しないように、前記切替手段を制御するボイラシステム。

40

【請求項 1 3】

給水から蒸気を生成するボイラと、
 前記ボイラに供給される前記給水が流通する給水流路と、
 太陽光を集光させて発生する熱を利用して熱媒を加熱する太陽熱加熱部と、
 前記太陽熱加熱部が設けられ、前記熱媒を所定の一定流量で循環させる循環流路と、
 前記給水流路を流通する前記給水と、前記循環流路を流通する前記熱媒とを熱交換する第 1 熱交換部と、

前記ボイラに設けられ、前記太陽熱加熱部に対する日射量に応じて該ボイラで生成される前記蒸気の温度を調整する調整手段と、

前記給水流路に設けられ、前記ボイラで生成された前記蒸気によって駆動する蒸気タービンから抽気した前記蒸気と前記給水とを熱交換させる第 2 熱交換部と、

50

前記第 2 熱交換部をバイパスするように設けられ、前記第 1 熱交換部が設けられる第 2 バイパス流路と、を備え、
前記第 2 バイパス流路には、前記ボイラに供給される前記給水の一部が流通するボイラシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ボイラシステム及び発電プラント並びにボイラシステムの運転方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

自然エネルギーである太陽光の集光熱を利用して熱媒を加熱し、加熱した熱媒を火力発電装置のボイラ給水の加熱に有効利用して、火力発電装置へ供給するボイラ燃料を削減し、二酸化炭素排出量を低減する発電プラントが知られている。

【0003】

このような発電プラントでは、太陽光の集光熱を利用しているため、太陽光の日射量変化が発生すると、ボイラ給水の加熱量も変化し、ボイラに供給される給水の温度も変化してしまうという課題がある。ボイラに供給される給水の温度が変化すると、ボイラから蒸気タービンへ供給される蒸気の温度も変化するため、発電量が変化し、電力を安定して供給できない可能性がある。このため、日射量の変化が発生しても、ボイラに供給される給水の温度が変化しないように対策した発電プラントが考えられている（例えば、特許文献 1 及び特許文献 2）。

【0004】

特許文献 1 に記載されたプラントでは、太陽熱利用の給水加熱器から排出された水の温度を計測する温度計測器を設け、温度計測器により計測される水の温度に基づいて、太陽熱利用の給水加熱器の入口に流入する水の流量を制御している。

【0005】

特許文献 2 に記載されたプラントでは、集熱器で太陽光により加熱された熱媒体と、流入した給水との間において、熱交換が行われる太陽熱加熱器が設けられている。また、熱媒体を流通させるポンプの出力を調整することで、熱媒体の流量調節を行い、ボイラに流入する給水の温度を調整している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特許第 5 7 2 3 2 2 0 号公報

特許第 6 1 7 8 1 6 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献 1 のプラントのように、太陽熱利用の給水加熱器の入口に流入する給水の流量を制御することで、ボイラへの給水の温度を一定に保つ制御を行った場合、給水と熱交換を行う熱媒の温度が変動する。このため、集光器を流通する熱媒による太陽熱の吸収効率が変動して、太陽光エネルギーの利用効率を低下させてしまう可能性がある。このため、ボイラで生成した蒸気を蒸気タービン等へ供給して所定の発電出力を得るためには、太陽光エネルギーの利用効率が低下した分、ボイラで用いられる燃料の量を増加させる必要があるため、ランニングコストが増大してしまう可能性がある。

【0008】

また、特許文献 2 のプラントのように、太陽光により加熱する熱媒の流量調節を行うことでボイラに流入する給水の温度を調整した場合にも、熱媒の量により利用できる太陽光エネルギーが変化するため、太陽光エネルギーの利用効率を低下させてしまう可能性がある。

10

20

30

40

50

このため、特許文献 1 のプラントと同様に、ボイラで生成した蒸気を蒸気タービン等へ供給して所定の発電出力を得るためには、太陽光エネルギーの利用効率が低下した分、ボイラで用いられる燃料の量を増加させる必要があるため、ランニングコストが増大してしまう可能性がある。

【 0 0 0 9 】

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、太陽光の日射量に変化が生じた場合であっても、ボイラで生成される蒸気の温度を所望の温度にすることができるボイラシステム及び発電プラント並びにボイラシステムの運転方法を提供することを目的とする。

また、ボイラにおいて給水を加熱するために用いられる燃料を低減することができるボイラシステム及び発電プラント並びにボイラシステムの運転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】

【 0 0 1 0 】

上記課題を解決するために、本発明のボイラシステム及び発電プラント並びにボイラシステムの運転方法は以下の手段を採用する。

本発明の第 1 態様に係るボイラシステムは、給水から蒸気を生成するボイラと、前記ボイラに供給される前記給水が流通する給水流路と、太陽光を集光させて発生する熱を利用して熱媒を加熱する太陽熱加熱部と、前記太陽熱加熱部が設けられ、前記熱媒を所定の一定流量で循環させる循環流路と、前記給水流路を流通する前記給水と、前記循環流路を流通する前記熱媒とを熱交換する第 1 熱交換部と、前記ボイラに設けられ、該ボイラで生成される前記蒸気の温度を調整する調整手段と、を備える。

【 0 0 1 1 】

太陽光の日射量の変化に応じて、太陽熱加熱部で集光により発生する熱の量は変化する。太陽熱加熱部で発生する熱の量が変化すると、太陽熱加熱部における熱媒の加熱量も変化する。また、熱媒の加熱量が変化することで、循環する熱媒の温度が変化するため、第 1 熱交換部において熱媒と給水とが交換する熱の量も変化する。したがって、給水流路からボイラに供給される給水の温度も変化する。ボイラに供給される給水の温度が変化することで、ボイラで生成される蒸気の温度も変化する。このように、日射量に変化が生じると、それに応じて、ボイラで生成される蒸気の温度も変化する。

【 0 0 1 2 】

上記構成では、ボイラで生成される蒸気の温度を調整する調整手段がボイラに設けられている。これにより、日射量の変化によって、給水の温度が変化した場合であっても、ボイラに設けられた調整手段によって、ボイラで生成される蒸気の温度を調整することができる。したがって、日射量に変化が生じた場合であっても、ボイラで生成される蒸気の温度を所望の温度にすることができる。なお、ボイラで生成される蒸気の温度とは、例えば、ボイラから蒸気タービンへ供給される蒸気の温度が挙げられる。

【 0 0 1 3 】

また、上記構成では、ボイラで生成される蒸気の温度を調整する調整手段が、ボイラに設けられている。すなわち、熱媒を循環させる循環流路には、熱媒の温度を調整する調整手段が設けられていない。これにより、循環流路には、日射量の変化が生じた際に熱媒の加熱後の温度を維持するために熱媒の温度を積極的に低減する構成等の、温度を調整するための構成等が存在しない構成となる。このため、太陽熱加熱部で太陽光を集光させて発生するエネルギーから熱媒を加熱して得た熱の略全部を、ボイラに供給される給水の加熱に利用する構成とすることができる。このように、太陽光の日射量の変化が生じて、太陽光を集光させて発生するエネルギーから熱媒を加熱して得た熱の略全部を給水の加熱に利用することができる。したがって、日射量の変化が生じた際に太陽光から得たエネルギーを積極的に低減させて熱媒の加熱後の温度を維持する構成等を設けるものと比較して、ボイラへ供給する給水への伝熱量を多くして、給水の温度を高くすることができる。よって、太陽光エネルギーの利用効率の低下を抑制して、ボイラにおいて給水を加熱するために用いら

10

20

30

40

50

れる燃料を低減することができる。

なお、太陽光から得た熱を積極的に低減させる装置等を設ける構成とは、例えば、熱媒の循環流量を変化させて熱媒の温度を調整する調整手段を設ける構成や、熱媒と熱交換する給水量を調整する調整手段を設ける構成が挙げられる。

また、上記構成では、熱媒の循環流量が所定の一定流量とされている。所定の一定流量は、例えば、太陽光エネルギーが最も高い条件において、太陽熱加熱部で太陽光を集光させて発生するエネルギーから熱媒を加熱して得た熱媒の温度が、太陽熱加熱部での設計温度になる流量としてもよい。

【 0 0 1 4 】

また、本発明の第 1 態様に係るボイラシステムは、前記循環流路では、前記太陽熱加熱部で加熱された前記熱媒のすべてが前記第 1 熱交換部へ供給され、前記第 1 熱交換部で熱交換した前記熱媒のすべてが前記太陽熱加熱部へ供給されてもよい。

10

【 0 0 1 5 】

上記構成では、太陽熱加熱部で加熱された熱媒のすべてが第 1 熱交換部へ供給され、第 1 熱交換部で熱交換した熱媒のすべてが太陽熱加熱部へ供給される。これにより、確実に、循環流路に、太陽熱加熱部で太陽光を集光させて発生するエネルギーで熱媒を加熱して得た熱を積極的に低減させる構成等が存在しない構成とすることができる。したがって、太陽光エネルギーから太陽熱加熱部で熱媒を加熱して得た熱の略全部を確実に第 1 熱交換部で給水の加熱に利用することができる。

【 0 0 1 6 】

20

また、本発明の第 1 態様に係るボイラシステムは、前記ボイラは、前記蒸気を過熱する下流過熱器と、前記下流過熱器よりも上流側に設けられ前記蒸気を過熱する上流過熱器と、前記下流過熱器と前記上流過熱器との間に設けられて供給された前記蒸気の温度を低減させる過熱低減器と、前記上流過熱器よりも上流側の前記給水を抽水して前記過熱低減器へ供給するスプレイ水供給流路と、バーナに燃料を供給する燃料供給路と、を備え、前記スプレイ水供給流路には、前記過熱低減器に供給する前記給水の量を調整するスプレイ水調整手段が設けられ、前記燃料供給路には、前記バーナに供給する燃料の量を調整する燃料調整手段が設けられ、前記調整手段は、前記スプレイ水調整手段及び前記燃料調整手段を有する。

【 0 0 1 7 】

30

上記構成では、スプレイ水調整手段及び燃料調整手段を制御することで、ボイラで生成される前記蒸気の温度を調整している。これにより、日射量に変化が生じて給水の温度が変化した場合であっても、確実にボイラ内で、ボイラで生成される蒸気の温度を調整することができる。

なお、前記スプレイ水調整手段は、下流過熱器によって加熱された蒸気の温度に基づいて、ボイラで生成される蒸気の温度が所望の温度となるように、制御されるとより好適である。また、燃料調整手段は、過熱低減器に供給される蒸気の温度に基づいて、ボイラで生成される蒸気の温度が所望の温度となるように、制御されるとより好適である。

【 0 0 1 8 】

また、本発明の第 1 態様に係るボイラシステムは、前記ボイラは、前記上流過熱器よりも上流側に設けられて供給された前記給水を加熱する給水加熱部と、前記給水加熱部に供給される前記給水の温度を計測する給水温度計側手段と、を備え、前記給水温度計側手段が計測する前記給水の温度に基づいて、前記燃料調整手段を制御してもよい。

40

【 0 0 1 9 】

上記構成では、給水加熱部に供給される給水の温度を計測する給水温度計側手段が設けられ、給水温度計側手段が計測する給水の温度に基づいて、燃料調整手段を制御している。給水加熱部は、下流過熱器や上流過熱器等よりも、上流側に設けられている。すなわち、給水加熱部は、下流過熱器や上流過熱器等よりも、第 1 熱交換部に近い位置に設けられている。これにより、給水加熱部に供給される給水は、日射量に変化した際に、上流側過熱器 3 4 等の下流側に設けられた構成よりも、早く温度変化が発生する。したがって、給

50

水加熱部に供給される給水の温度に基づいて燃料調整手段を制御することで、より迅速に日射量の変化に対応することができる。よって、より正確に、ボイラで生成される蒸気の温度が所望の温度となるように燃料調整手段を制御することができる。

【 0 0 2 0 】

また、本発明の第 1 態様に係るボイラシステムは、前記太陽熱加熱部から前記第 1 熱交換部へ供給される前記熱媒の温度を計測する熱媒温度計測手段を備え、前記熱媒温度計測手段が計測する前記熱媒の温度に基づいて、前記燃料調整手段を制御してもよい。

【 0 0 2 1 】

上記構成では、太陽熱加熱部から第 1 熱交換部へ供給される熱媒の温度を計測する熱媒温度計測手段が設けられ、熱媒温度計測手段が計測する熱媒の温度に基づいて、燃料調整手段を制御している。日射量が変化すると、太陽熱加熱部で太陽光を集光させて発生する熱での熱媒の加熱量が変化する。このため、太陽熱加熱部から第 1 熱交換部へと供給される熱媒の温度も変化する。よって、太陽熱加熱部から第 1 熱交換部へ供給される熱媒の温度は、日射量の変化に対して迅速に変化する。したがって、太陽熱加熱部から第 1 熱交換部へ供給される熱媒の温度に基づいて燃料調整手段を制御することで、より迅速に日射量の変化に対応することができる。よって、より正確に、ボイラで生成される蒸気の温度が所望の温度となるように燃料調整手段を制御することができる。

10

【 0 0 2 2 】

また、本発明の第 1 態様に係るボイラシステムは、前記給水流路からバイパスする第 1 バイパス流路と、前記給水が前記給水流路を流通するか前記第 1 バイパス流路を流通するかを切り替える切替手段と、前記太陽熱加熱部から前記第 1 熱交換部へとの供給される前記熱媒の温度を計測する熱媒温度計測手段と、を備え、前記第 1 熱交換部は、前記第 1 バイパス流路に設けられ、前記熱媒温度計測手段が計測した前記熱媒の温度が所定の値よりも低い場合に、前記給水が前記第 1 バイパス流路に流入しないように、前記切替手段を制御してもよい。

20

【 0 0 2 3 】

上記構成では、第 1 熱交換部へとの供給される熱媒の温度が所定の値よりも低い場合に、第 1 バイパス流路に給水が流入しないように切替手段を制御している。すなわち、熱媒の温度が所定の値よりも低い場合には、第 1 熱交換部へと給水が供給されなくなっている。これにより、熱媒の温度が所定の値よりも低く、熱媒により好適に給水を加熱できない場合に、第 1 熱交換部へと給水が供給されないようにすることができる。なお、所定の値としては、例えば、第 1 熱交換部へと供給される給水の温度が挙げられる。第 1 熱交換部へとの供給される熱媒の温度が、第 1 熱交換部へとの供給される給水の温度よりも低い場合には、熱媒により給水が冷却されてしまう可能性があるため、このような場合に第 1 熱交換部へ給水が供給されないようにすることで、給水の冷却を抑制することができる。

30

【 0 0 2 4 】

また、本発明の第 1 態様に係るボイラシステムは、前記給水流路に設けられ、前記ボイラで生成された前記蒸気によって駆動する蒸気タービンから抽気した前記蒸気と前記給水とを熱交換させる第 2 熱交換部と、前記第 2 熱交換部をバイパスするように設けられ、前記第 1 熱交換部が設けられる第 2 バイパス流路と、を備え、前記第 2 バイパス流路には、前記ボイラに供給される前記給水の一部が流通してもよい。

40

【 0 0 2 5 】

上記構成では、蒸気タービンから抽気した蒸気によって給水を加熱する第 2 熱交換部をバイパスするように設けられた第 2 バイパス流路に、第 1 熱交換部が設けられ、第 2 バイパス流路には給水の一部が流通している。すなわち、第 1 熱交換部と、第 1 熱交換部と並列に設けられた第 2 熱交換部とによって給水を加熱している。これにより、第 2 熱交換部で加熱する給水量を低減させることができるので、蒸気タービンから抽気する蒸気の量を低減させることができる。したがって、蒸気タービンで得られるエネルギーを増加させることができる。

50

【 0 0 2 6 】

また、本発明の第 1 態様に係るボイラシステムは、前記太陽熱加熱部と前記第 1 熱交換部との間に設けられる気水分離器を備え、前記熱媒は、水または蒸気であって、前記気水分離器は、供給された水と蒸気とを分離するとともに、分離した蒸気を前記第 1 熱交換部へ供給してもよい。

【 0 0 2 7 】

上記構成では、熱媒として安価な水または蒸気を用いている。したがって、熱媒のコストを低減することができる。

また、気水分離器を設け、気水分離器から蒸気のみを第 1 熱交換部へ供給している。これにより、第 1 熱交換部で、高温の蒸気のみによって給水を加熱することができるので、好適に給水を加熱することができる。

10

【 0 0 2 8 】

本発明の第 1 態様に係る発電プラントは、上記いずれかに記載のボイラシステムと、前記ボイラで生成した前記蒸気によって発電を行う発電部と、を備えている。

【 0 0 2 9 】

上記構成では、ボイラで生成される蒸気の温度を所望の温度にすることができるので、発電部で発電する発電量を所望の発電量とすることができる。また、ボイラで生成される蒸気の温度を一定とした場合には、発電部での発電量を一定とすることができるので、電力を安定的に供給することができる。

【 0 0 3 0 】

20

本発明の第 1 態様に係るボイラシステムの運転方法は、ボイラにおいて、給水流路を介して供給された給水から蒸気を生成する蒸気生成工程と、太陽光を集光させて発生する熱を利用して、循環流路を所定の一定流量で循環する熱媒を加熱する熱媒加熱工程と、前記給水流路を流通する前記給水と、前記循環流路を流通する前記熱媒とを熱交換する熱交換工程と、前記ボイラに設けられた調整手段によって、前記ボイラで生成される前記蒸気の温度を調整する調整工程と、を備えている。

【 発明の効果 】

【 0 0 3 1 】

本発明によれば、太陽光の日射量に変化が生じた場合であっても、ボイラで生成される蒸気の温度を所望の温度にすることができる。

30

また、ボイラにおいて給水を加熱するために用いられる燃料を低減することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 2 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施形態に係る発電プラントの概略構成図である。

【 図 2 】 本発明の第 1 実施形態に係る発電プラントに設けられる制御装置が行う処理を示すフローチャートである。

【 図 3 】 本発明の第 1 実施形態に係る発電プラントに設けられる制御装置が行う処理を示すフローチャートであって、図 2 の続きを示すフローチャートである。

【 図 4 】 本発明の第 2 実施形態に係る発電プラントの概略構成図である。

【 図 5 】 本発明の第 3 実施形態に係る発電プラントに設けられる太陽熱利用給水加熱器の概略構成図である。

40

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 3 3 】

以下に、本発明に係るボイラシステム及び発電プラント並びにボイラシステムの運転方法の一実施形態について、図面を参照して説明する。

【 0 0 3 4 】

〔 第 1 実施形態 〕

以下、本発明の第 1 実施形態について、図 1 から図 3 を用いて説明する。

発電プラント 100 は、蒸気を生成するボイラシステム 1 と、ボイラシステム 1 で生成された蒸気によって蒸気タービン 7 を回転させることで発電を行う発電部 2 と、を備えて

50

いる。

ボイラシステム 1 は、給水から蒸気を生成するボイラ 3 と、ボイラ 3 へ供給する給水を後述する蒸気タービン 7 から抽気した蒸気によって加熱する給水予熱部（第 2 熱交換部）4 と、太陽光を集光させて発生するエネルギーを利用して加熱した熱媒と熱交換することで、ボイラ 3 へ供給する給水を加熱する太陽熱利用加熱部 5 と、各種装置を制御する制御装置（図示省略）と、を備えている。

発電部 2 は、ボイラ 3 で生成した蒸気によって回転駆動する蒸気タービン 7 と、蒸気タービン 7 の回転駆動力によって発電する発電機 8 と、を備えている。

【0035】

ボイラ 3 は、火炉 30 と、火炉 30 の壁部に設けられたバーナ 31 と、火炉 30 で生成された燃焼ガスが流通する煙道 32 と、を備えている。

10

バーナ 31 は、燃料配管（燃料供給路）33 を介して供給される燃料を燃焼させることで、火炉 30 内で火炎を形成する。燃料配管 33 には、内部を流通する燃料の流量を調整する燃料流量調整弁（燃料調整手段）33a が設けられている。燃料流量調整弁 33a は、開度を調整することで、バーナ 31 に供給する燃料の流量を調整することができる。

【0036】

煙道 32 内には、本実施形態の例では、燃焼ガス流れの上流側から順番に、少なくとも上流側過熱器（上流過熱器）34、最終過熱低減器（過熱低減器）35、最終過熱器（下流過熱器）36、再熱器 37 及び節炭器（給水加熱部）38 が設けられている。なお、これ以外の熱交換器が適宜位置に設けられていてもよい。上流側過熱器 34、最終過熱器 36、再熱器 37 及び節炭器 38 は、燃焼ガスから回収した熱を用いて、内部を流通する給水（または、蒸気）を加熱する熱交換器として機能する。

20

【0037】

給水または蒸気流れにおいて、節炭器 38 は、ボイラ 3 内に設けられる熱交換器の中で最も上流側に設けられている。節炭器 38 の下流端は、第 5 給水配管 24 を介して、上流側過熱器 34 の上流端と接続されている。第 5 給水配管 24 内を流通する給水は火炉 30 からの熱により飽和蒸気となり、上流側過熱器 34 に供給される。第 5 給水配管 24 には、第 5 給水配管 24 内を流通する給水の温度 T_e を計測する第 2 給水温度計測器 24a が設けられている。第 2 給水温度計測器 24a は、計測した温度を制御装置へ送信する。第 5 給水配管 24 の途中位置からは、スプレイ水配管（スプレイ水供給流路）39 が分岐している。スプレイ水配管 39 は、第 5 給水配管 24 を流通する給水の一部を抽水して、抽水した水を最終過熱低減器 35 内に供給する。スプレイ水配管 39 には、内部を流通する水の流量を調整するスプレイ水量調整弁（スプレイ水調整手段）39a が設けられている。スプレイ水量調整弁 39a は、開度を調整することで、最終過熱低減器 35 内に供給する水の量を調整することができる。なお、第 5 給水配管 24 の途中には図示しない熱交換器（蒸発器）を設け、火炉 30 からの熱により給水を蒸発させてもよい。また、スプレイ水配管 39 は、抽水した水を、最終過熱低減器 35 の上流側の配管（すなわち、第 1 蒸気配管 11）へ供給してもよい。

30

【0038】

上流側過熱器 34 の下流端は、第 1 蒸気配管 11 を介して、最終過熱低減器 35 と接続されている。第 1 蒸気配管 11 には、第 1 蒸気配管 11 内を流通する蒸気の温度 T_s を計測する第 1 蒸気温度計測器 11a が設けられている。第 1 蒸気温度計測器 11a は、計測した温度を制御装置へ送信する。

40

【0039】

最終過熱低減器 35 は、第 2 蒸気配管 12 を介して、最終過熱器 36 の上流端と接続されている。最終過熱器 36 の下流端は、第 3 蒸気配管 13 を介して、後述する高圧蒸気タービン（蒸気タービン）70 と接続されている。第 3 蒸気配管 13 には、第 3 蒸気配管 13 内を流通する蒸気の温度 T_m を計測する第 3 蒸気温度計測器 13a が設けられている。また、第 3 蒸気配管 13 には、第 3 蒸気配管 13 内を流通する蒸気の圧力 P_m を計測する蒸気圧力計測器 13b が設けられている。第 3 蒸気温度計測器 13a 及び蒸気圧力計測器

50

13bは、計測した温度または圧力を制御装置へ送信する。また、第3蒸気配管13には、第3蒸気温度計測器13a及び蒸気圧力計測器13bよりも下流側に、蒸気流量調整弁13cが設けられている。蒸気流量調整弁13cは、開度を調整することで、内部を流通して高圧蒸気タービン70に供給する蒸気の流量を調整する。

【0040】

再熱器37の上流端は、第4蒸気配管14を介して、高圧蒸気タービン70の下流端部と接続されている。また、再熱器37の下流端は、第5蒸気配管15を介して、後述する中圧蒸気タービン71と接続されている。

【0041】

蒸気タービン7は、本実施形態では例えば、同軸で連結された高圧蒸気タービン70、中圧蒸気タービン71及び低圧蒸気タービン72を有する。高圧蒸気タービン70、中圧蒸気タービン71及び低圧蒸気タービン72は、各々、ボイラ3から供給された蒸気によって回転駆動する。中圧蒸気タービン71の下流端部は、第6蒸気配管16を介して、低圧蒸気タービン72と接続されている。また、低圧蒸気タービン72の下流端部は、第7蒸気配管17を介して、復水器73と接続されている。復水器73では、供給された蒸気を凝縮させて復水としている。

【0042】

発電機8は、高圧蒸気タービン70、中圧蒸気タービン71及び低圧蒸気タービン72が共有する回転軸74と連結されている。発電機8は、各蒸気タービンから回転軸74を介して伝達される回転駆動力を電力に変換することで発電を行う。

【0043】

給水予熱部4は、低圧蒸気タービン72から抽気した蒸気で給水を加熱する低圧給水ヒータ40と、中圧蒸気タービン71から抽気した蒸気で給水を加熱する中圧給水ヒータ41と、高圧蒸気タービン70から抽気した蒸気で給水を加熱する高圧給水ヒータ42と、を備えている。

【0044】

低圧給水ヒータ40は、3つの給水ヒータ40、41、42の中で、給水流れにおける最も上流に配置されている。低圧給水ヒータ40の上流端部は、第1給水配管20を介して、復水器73と接続されている。第1給水配管20には、給水を流通させる復水ポンプ20aが設けられている。また、低圧給水ヒータ40は、第1抽気配管25を介して、低圧蒸気タービン72と接続されている。低圧給水ヒータ40では、給水と、第1抽気配管25を介して供給された蒸気とを熱交換している。

【0045】

低圧給水ヒータ40と中圧給水ヒータ41とは、第2給水配管21を介して接続されている。第2給水配管21には、給水を昇圧して流通させる給水ポンプ21aが設けられている。中圧給水ヒータ41と高圧給水ヒータ42とは、第3給水配管22を介して接続されている。また、中圧給水ヒータ41は、第2抽気配管26を介して、中圧蒸気タービン71と接続されている。中圧給水ヒータ41では、給水と、第2抽気配管26を介して供給された蒸気とを熱交換している。

【0046】

高圧給水ヒータ42の下流端部は、第4給水配管（給水流路）23を介して節炭器38の上流端に接続されている。第4給水配管23の途中位置には、第1給水開閉弁（切替手段）23aが設けられている。第1給水開閉弁23aは、開閉弁である。また、第4給水配管23の途中位置からは、第1給水開閉弁23aをバイパスするように、バイパス配管（第1バイパス流路）43が設けられている。すなわち、バイパス配管43の上流端は、第4給水配管23の第1給水開閉弁23aの上流側に接続されている。また、バイパス配管43の下流端は、第4給水配管23の第1給水開閉弁23aの下流側に接続されている。バイパス配管43には、第2給水開閉弁（切替手段）43aが設けられている。第2給水開閉弁43aは、開閉弁である。また、第4給水配管23には、第1給水温度計測器（給水温度計側手段）23bが設けられている。第1給水温度計測器23bは、第4給水配

10

20

30

40

50

管 2 3 のうち、バイパス配管 4 3 の下流端との接続部分よりも下流側に設けられている。第 1 給水温度計測器 2 3 b は、第 4 給水配管 2 3 の内部を流通する給水のうち、バイパス配管 4 3 の下流端との接続部分よりも下流側を流通する給水の温度 T_h を計測する。すなわち、節炭器 3 8 へ供給される直前の給水の温度を計測している。第 1 給水温度計測器 2 3 b は、計測した温度を制御装置へ送信する。

また、高圧給水ヒータ 4 2 は、第 3 抽気配管 2 7 を介して、高圧蒸気タービン 7 0 と接続されている。高圧給水ヒータ 4 2 では、給水と、第 3 抽気配管 2 7 を介して供給された蒸気とを熱交換している。

【 0 0 4 7 】

太陽熱利用加熱部 5 は、熱媒が循環する循環流路 5 0 と、循環流路 5 0 に設けられる太陽熱集熱器（太陽熱加熱部）5 1 と、循環流路 5 0 に設けられる太陽熱利用給水加熱器（第 1 熱交換部）5 2 と、を備えている。また、循環流路 5 0 には、熱媒を循環させる熱媒ポンプ 5 3 及び太陽熱利用給水加熱器 5 2 の下流端と太陽熱集熱器 5 1 との間に設けられる熱媒温度計測器（熱媒温度計測手段）5 4 が設けられている。熱媒温度計測器 5 4 は、計測した温度を制御装置へ送信する。循環流路 5 0 を循環する熱媒として、本実施形態では、例えば温度上昇しても液相を維持し相変化し難い油系熱媒を用いている。なお、熱媒はこれに限定されず、例えば、熔融塩系熱媒等であってもよい。

10

【 0 0 4 8 】

太陽熱集熱器 5 1 は、太陽光を集光させて発生するエネルギーを利用して熱媒を加熱する。太陽熱集熱器 5 1 は、例えば、フレネル式（平面または少曲面反射鏡で熱媒を加熱する方式）であってもよく、トラフ式（曲面反射鏡で熱媒を加熱する方式）であってもよい。また、タワー式であってもよい。本実施形態では、太陽熱集熱器 5 1 が例えば並列的に複数設けられており、3 台設けたものを図示している。なお、太陽熱集熱器 5 1 の台数はこれに限定されない。1 台であってもよく、2 台であってもよい。また、4 台以上の複数台であってもよい。

20

【 0 0 4 9 】

太陽熱利用給水加熱器 5 2 は、太陽熱集熱器 5 1 と熱媒ポンプ 5 3 との間に設けられている。太陽熱利用給水加熱器 5 2 は、太陽熱集熱器 5 1 で加熱された熱媒と、バイパス配管 4 3 を流通する給水とを熱交換させる。

熱媒温度計測器 5 4 は、循環流路 5 0 を循環する熱媒のうち、太陽熱集熱器 5 1 で加熱された直後の熱媒の温度 T を計測している。

30

【 0 0 5 0 】

循環流路 5 0 には、熱媒の流量を調整するような装置は設けられていない。循環流路 5 0 では、太陽熱集熱器 5 1 で加熱された熱媒のすべてが太陽熱利用給水加熱器 5 2 へ供給されて所定の一定流量で循環している。また、太陽熱利用給水加熱器 5 2 で熱交換した熱媒のすべてが熱媒ポンプ 5 3 に導入されている。また、熱媒ポンプ 5 3 から吐出されたすべての熱媒が、太陽熱集熱器 5 1 へ供給されている。すなわち、循環流路 5 0 は、閉回路となっている。

【 0 0 5 1 】

制御装置は、例えば、CPU（Central Processing Unit）、RAM（Random Access Memory）、ROM（Read Only Memory）、及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体等から構成されている。そして、各種機能を実現するための一連の処理は、一例として、プログラムの形式で記憶媒体等に記憶されており、このプログラムを CPU が RAM 等に読み出して、情報の加工・演算処理を実行することにより、各種機能が実現される。なお、プログラムは、ROM やその他の記憶媒体に予めインストールしておく形態や、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体に記憶された状態で提供される形態、有線又は無線による通信手段を介して配信される形態等が適用されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記憶媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等である。

40

【 0 0 5 2 】

50

制御装置は、各弁の開閉状態または開度を制御する。制御装置は、各ポンプの駆動及び停止を制御する。制御装置は、各温度計測器が計測する温度に基づいて、最終過熱器 36 から高圧蒸気タービン 70 へと供給される蒸気の温度が所定の温度となるように、蒸気温度制御処理を行う。

【0053】

以下に、制御装置が行う蒸気温度制御処理について、図 2 及び図 3 のフローチャートを用いて説明する。

蒸気温度制御処理を開始すると、制御装置はまず、最終過熱器 36 から排出される蒸気（すなわち、ボイラ 3 から排出される蒸気）の蒸気温度 T_m の目標温度及び、最終過熱器 36 から排出される蒸気（すなわち、ボイラ 3 から排出される蒸気）の蒸気圧力 P_m の目標圧力を設定する（S1）。蒸気温度 T_m の目標温度及び蒸気圧力 P_m の目標圧力は、例えば、高圧蒸気タービン 70 が定格で回転する際の温度及び圧力等に設定される。次に、制御装置は、S2 に進み、節炭器 38 へ供給される直前の給水の温度 T_h が変化しているか否かを判断するとともに、太陽熱集熱器 51 で加熱された直後の熱媒の温度 T が変化しているか否かを判断する。どちらか一方でも変化していると判断した場合には、制御装置は日射量に変化があったと判断し S3 に進む。どちらの値も変化していないと判断した場合には、日射量に変化がないと判断し、所定時間後に再度 S2 を繰り返す。

【0054】

S3 では、制御装置は、給水温度 T_h が第 1 所定値よりも小さいか否かを判断するとともに、熱媒温度 T が第 2 所定値よりも小さいか否かを判断する。どちらか一方でも所定値よりも小さいと判断した場合には、日射量が低減し、熱媒による給水の加熱が好適に行われていないと判断し、S4 に進む。どちらも所定の値よりも大きいと判断した場合には、制御装置は、熱媒による給水の加熱が好適に行われていると判断し、S7 に進む。なお、第 1 所定値及び第 2 所定値は、例えばそれぞれ、太陽熱利用給水加熱器 52 で熱交換を行い、発電部 2 が所定の最小発電出力（例えば 25% 負荷など）を行う場合の、節炭器 38 へ供給される直前の給水の温度 T_h と、太陽熱集熱器 51 で加熱された直後の熱媒の温度 T とを用いることができる。また、太陽熱利用給水加熱器 52 で熱媒による給水の冷却を抑制するために、第 1 所定値及び第 2 所定値は、例えば、太陽熱利用給水加熱器 52 で熱交換を行う直前の給水の温度を用いてもよい。

【0055】

S4 では、制御装置は、第 1 給水開閉弁 23a を閉状態から開状態とするとともに、第 2 給水開閉弁 43a を開状態から閉状態とする。次に、制御装置は、熱媒ポンプ 53 を停止させる（S5）。熱媒ポンプ 53 を停止させると、次に制御装置は、S6 に進み、熱媒温度 T が第 2 所定値よりも 分高い温度（第 2 所定値 + ）以上か否かを判断する。第 2 所定値 + 以上であると判断すると、日射量が増大して、熱媒による給水の加熱が好適に行える日射量となったと判断する。そして、まず、熱媒ポンプ 53 を起動する。次に、第 2 給水開閉弁 43a を閉状態から開状態とするとともに、第 1 給水開閉弁 23a を開状態から閉状態とする。そして、S7 へ進む。S6 で、第 2 所定値 + よりも小さいと判断すると、熱媒による給水の加熱が好適に行える日射量となっていないと判断し、所定時間後に再度 S6 を繰り返す。なお、このように、熱媒による給水の加熱を再開する温度を、第 2 所定値よりも 分高い温度とすることで、ヒステリシスを持たせることができるので、チャタリングを抑制することができる。例えば、 は、0.5 ~ 1.0 の間の適当な値を用いてもよい。

【0056】

S7 に進むと、制御装置は、給水温度 T_h に基づいて、ボイラ 3 に投入する燃料の流量の推定量を算出する。次に S8 に進み、先行制御として S7 で推定した燃料の流量となるように、燃料流量調整弁 33a の開度を制御し、バーナ 31 に供給される燃料の流量を調整する。ボイラ 3 に投入する燃料の流量の推定量は、例えば高圧蒸気タービン 70 への蒸気供給流量（もしくは発電部 2 の発電出力）や給水温度 T_h に基づいて、内部関数として設定されていてもよい。なお、燃料流量調整弁 33a の開度は、後述する S10 でも制御

10

20

30

40

50

するため、S 8で行う燃料流量調整弁 3 3 aの開度の制御は、S 1 0での制御に対する先行制御である。

【 0 0 5 7 】

燃料流量調整弁 3 3 aの先行制御が終了すると、制御装置は、ボイラ 3 内における蒸気の温度の制御処理を実行する（調整工程）。具体的には、まず S 9で、スプレイ水量調整弁 3 9 aの開度を制御し、最終過熱低減器 3 5に供給されるスプレイ水の量を調整する。詳細には、S 9で制御装置は、蒸気温度 T mが目標温度となるように、スプレイ水量調整弁 3 9 aの開度を制御する。

次に、制御装置は、S 1 0に進み、燃料流量調整弁 3 3 aの開度を制御し、バーナ 3 1に供給される燃料の流量を調整する。詳細には、S 1 0で制御装置は、最終過熱低減器 3 5直前の蒸気温度 T sが所定の温度となるように、燃料流量調整弁 3 3 aの開度を制御する。

10

【 0 0 5 8 】

次に、制御装置は、S 1 1に進み、ボイラ 3から出力する蒸気温度 T mが目標の蒸気温度か否かを判断する。蒸気温度 T mが目標の蒸気温度であると判断した場合には、S 1 2に進む。蒸気温度 T mが目標の蒸気温度ではないと判断した場合には、S 9に戻る。S 1 2では、制御装置は、給水温度 T hが第3所定値よりも小さいか否かを判断する。第3所定値は、例えば、節炭器 3 8内において給水が蒸発する温度の値に設定される。第3所定値以上であると判断した場合には、節炭器 3 8内において給水が蒸気化していると判断し S 3に戻り、給水温度 T hが第1所定値よりも小さいか否か、熱媒温度 T が第2所定値よりも小さいか否かを再度判断して必要なステップを実施する。第3所定値よりも小さいと判断した場合には、S 1 3へ進む。S 1 3では、蒸気温度 T m及び蒸気圧力 P mを維持されているため、蒸気流量調整弁 1 3 cの開度を変化させないように維持することができる。蒸気流量調整弁 1 3 cの開度を維持すると、制御装置は、本処理を終了する。

20

【 0 0 5 9 】

次に、本実施形態における水及び蒸気の流れについて説明する。

復水器 7 3から排出された給水は、復水ポンプ 2 0 aへ供給される。復水ポンプ 2 0 aから吐出された給水は、まず低圧給水ヒータ 4 0に導入される。低圧給水ヒータ 4 0では、第1給水配管 2 0を介して導入された給水と、低圧タービンから第1抽気配管 2 5を介して導入された蒸気とが熱交換することで、給水が加熱される。低圧給水ヒータ 4 0で加熱された給水は、低圧給水ヒータ 4 0から排出され、給水ポンプ 2 1 aへ供給されて昇圧する。給水ポンプ 2 1 aから吐出された給水は、中圧給水ヒータ 4 1に導入される。中圧給水ヒータ 4 1では、第2給水配管 2 1を介して導入された給水と、中圧タービンから第2抽気配管 2 6を介して導入された蒸気とが熱交換することで、給水が加熱される。中圧給水ヒータ 4 1で加熱された給水は、中圧給水ヒータ 4 1から排出され、高圧給水ヒータ 4 2へ導入される。高圧給水ヒータ 4 2では、第3給水配管 2 2を介して導入された給水と、高圧タービンから第3抽気配管 2 7を介して導入された蒸気とが熱交換することで、給水が加熱される。高圧給水ヒータ 4 2で加熱された給水は、高圧給水ヒータ 4 2から第4給水配管 2 3へ排出される。第4給水配管 2 3内を流通する給水は、2 9 0 ~ 3 0 0 程度（温度は本実施形態での一例であり、これに限定されない）まで昇温されている。

30

40

【 0 0 6 0 】

第4給水配管 2 3を流通する給水は、第1給水開閉弁 2 3 aが開状態であって、第2給水開閉弁 4 3 aが閉状態の場合には、そのままボイラ 3に設けられた節炭器 3 8へ供給される。一方、第4給水配管 2 3を流通する給水は、第1給水開閉弁 2 3 aが閉状態であって、第2給水開閉弁 4 3 aが開状態の場合には、全流量がバイパス配管 4 3へ流入する。バイパス配管 4 3を流通する給水は、太陽熱利用給水加熱器 5 2に導入される。太陽熱利用給水加熱器 5 2では、給水と循環流路 5 0を流通する熱媒とが熱交換することで、給水が加熱される（熱交換工程）。太陽熱利用給水加熱器 5 2で加熱された給水は、太陽熱利用給水加熱器 5 2から排出され、バイパス配管 4 3を介して、再度第4給水配管 2 3に流入する。第4配管に流入した給水は、ボイラ 3に設けられた節炭器 3 8へ供給される。こ

50

の時の給水温度 T_h は、 $300 \sim 310$ 程度（温度は本実施形態での一例であり、これに限定されない）まで昇温されている。

【0061】

節炭器 38 へ供給された給水は、節炭器 38 において、ボイラ 3 内で燃焼ガスと熱交換を行い、加熱される。節炭器 38 で加熱された給水は、節炭器 38 から排出され、第 5 給水配管 24 を介して、上流側過熱器 34 へ供給される。なお、第 5 給水配管 24 内を流通する給水は火炉 30 からの熱により飽和蒸気となり、上流側過熱器 34 に供給される。第 5 給水配管 24 の途中には図示しない熱交換器（蒸発器）があり給水を蒸発させてもよい。上流側過熱器 34 では、第 5 給水配管 24 を介して導入された蒸気と、燃焼ガスとが熱交換することで、蒸気が過熱される。上流側過熱器 34 で過熱された蒸気は、上流側過熱器 34 から排出され、最終過熱低減器 35 へ導入される。最終過熱低減器 35 では、第 5 給水配管 24 から抽水されたスプレイ水を、蒸気へ噴霧することで、蒸気の温度を調整する。最終過熱低減器 35 から排出された蒸気は、第 2 蒸気配管 12 を介して、最終過熱器 36 へ導入される。最終過熱器 36 では、第 2 蒸気配管 12 を介して導入された蒸気と、燃焼ガスとが熱交換することで、蒸気が過熱される。最終過熱器 36 で過熱された蒸気は、最終過熱器 36 から排出されるとともに、ボイラ 3 から出力される（蒸気生成工程）。

10

【0062】

最終過熱器 36 から排出される蒸気は、第 3 蒸気配管 13 を介して、高圧蒸気タービン 70 へ供給される。高圧蒸気タービン 70 へ供給された蒸気は、高圧蒸気タービン 70 を回転させ、高圧蒸気タービン 70 から排出される。高圧蒸気タービン 70 から排出された蒸気は、第 4 蒸気配管 14 を介して再熱器 37 へ供給される。すなわち、再度にボイラ 3 へ導入される。再熱器 37 では、第 4 蒸気配管 14 を介して導入された蒸気と、燃焼ガスとが熱交換することで、蒸気が加熱される。再熱器 37 で加熱された蒸気は、再熱器 37 から排出されるとともに、ボイラ 3 から再度に出力される。

20

【0063】

再熱器 37 から出力される蒸気は、第 5 蒸気配管 15 を介して、中圧蒸気タービン 71 へ供給される。中圧蒸気タービン 71 へ供給された蒸気は、中圧蒸気タービン 71 を回転駆動させ、中圧蒸気タービン 71 から排出される。中圧蒸気タービン 71 から排出された蒸気は、第 6 蒸気配管 16 を介して低圧蒸気タービン 72 へ供給される。低圧蒸気タービン 72 へ供給された蒸気は、低圧蒸気タービン 72 を回転させ、低圧蒸気タービン 72 から排出される。低圧蒸気タービン 72 から排出された蒸気は、第 7 蒸気配管 17 を介して復水器 73 へ供給される。復水器 73 へ供給された蒸気は、冷却されることで凝縮する。凝縮した蒸気（すなわち水）は給水となって、復水ポンプ 20a へ導入される。

30

【0064】

次に、本実施形態における熱媒の流れについて説明する。

熱媒ポンプ 53 から吐出された熱媒は、循環流路 50 を流通し、太陽熱集熱器 51 へ導入される。太陽熱集熱器 51 では、太陽光を集光することにより発生するエネルギーから、熱媒を加熱する（熱媒加熱工程）。太陽熱集熱器 51 から排出された熱媒は、循環流路 50 を流通し、太陽熱利用給水加熱器 52 へ導入される。太陽熱利用給水加熱器 52 では、熱媒と給水とを熱交換する（熱交換工程）。この時の熱媒温度 T_o は、 $320 \sim 350$ 程度（温度は本実施形態での一例であり、これに限定されない）まで昇温されている。太陽熱利用給水加熱器 52 から排出された熱媒は、熱媒ポンプ 53 へ供給される。

40

【0065】

本実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

【0066】

日射量の変化に応じて、太陽熱集熱器 51 で集光することにより発生するエネルギーの量は変化する。太陽熱集熱器 51 で発生するエネルギーの量が変化すると、太陽熱集熱器 51 における熱媒の加熱量も変化する。また、熱媒の加熱量が変化することで、循環する熱媒の温度が変化するため、太陽熱利用給水加熱器 52 において熱媒と給水とが交換する熱の量も変化する。したがって、第 4 給水配管 23 からボイラ 3 に供給される給水の温度も変

50

化する。従来のボイラでは、ボイラ 3 に供給される給水の温度が変化することで、ボイラ 3 で生成される蒸気の温度も変化する。このように、日射量に変化が生じると、それに応じて、従来のボイラ 3 では、生成される蒸気の温度も変化する。

【 0 0 6 7 】

本実施形態では、制御装置によって、最終過熱低減器 3 5 に供給されるスプレイ水の量及びボイラ 3 に投入される燃料の供給量の両方を調整することで、ボイラ 3 で生成される蒸気の温度を時間遅れの発生を抑制して調整している。

ボイラ 3 で生成される蒸気の温度は、最終過熱低減器 3 5 に供給されるスプレイ水の量による制御で、時間遅れが少なく応答性に優れて制御される。スプレイ水の量が増加すると、上流側過熱器 3 4 へ導入される蒸気流量が減少して最終過熱低減器 3 5 入口の蒸気温度も変動するため、最終的にはボイラ 3 に投入される燃料の供給量の調整を行うことで、ボイラ 3 での本質的な熱バランスが行なわれ、生成される蒸気温度を長期的なバランス変動を制御して実施することができる。

10

これにより、日射量に変化が生じて、ボイラ 3 に供給される給水の温度が変化した場合であっても、ボイラ 3 で生成される蒸気の温度を迅速に所望の温度にして、ボイラ 3 から出力することができる。また、蒸気の温度を所望の温度とすることができるので、ボイラ 3 で生成される蒸気の圧力も所望の圧力で安定させることができる。

また、本実施形態では、ボイラ 3 で生成される蒸気の温度及び圧力を所望の温度及び圧力にすることができるので、発電機 8 で発電する発電量を所望の発電量とすることができる。また、発電機 8 での発電量を一定とすることができるので、電力を安定的に供給することができる。すなわち、太陽光の日射量の変化が発生しても、発電プラント 1 0 0 から出力する電力を所望の電力量で安定して供給することができる。

20

【 0 0 6 8 】

また、本実施形態では、最終過熱低減器 3 5 に供給されるスプレイ水の量及びボイラ 3 に投入される燃料の供給量を調整することで、ボイラ 3 で生成される蒸気の温度を調整している。すなわち、ボイラ 3 で生成される蒸気の温度を調整する調整手段が、ボイラ 3 に設けられている。換言すれば、太陽熱利用加熱部 5 には、熱媒の温度を調整する調整手段が設けられていなく、熱媒の循環流量は所定の一定流量としてもよい。これにより、太陽熱利用加熱部 5 には、太陽光を集光させて発生するエネルギーで熱媒を加熱して、熱媒の温度を積極的に低減させるなど調整する構成等が存在しない構成となるため、太陽光から得た熱の略全部をボイラ 3 へ供給される給水の加熱に利用することができる。このように、太陽光の日射量の変化が生じて、太陽光を集光させて発生するエネルギーから熱媒を加熱して得た熱の略全部を給水の加熱に利用することができる。このため、太陽光から得た熱を積極的に低減させる装置等を設ける構成等の、温度を調整する構成等を設ける構成と比較して、ボイラ 3 へ供給する給水への伝熱量を多くして、給水の温度を高くすることができる。よって、ボイラ 3 において給水を加熱するために用いられる燃料を低減することができる。

30

なお、太陽光から得た熱を積極的に低減させる装置等を設ける構成等の、温度を調整する構成等を設ける構成とは、例えば、日射量の変化が生じた際に太陽光から得たエネルギーを積極的に低減させて熱媒の加熱後の温度を維持する構成等を設けて太陽光から得た熱を積極的に低減させる構成等が挙げられる。また、例えば、熱媒の循環流量を変化させて熱媒の温度を調整する調整手段を設ける構成や、熱媒と熱交換する給水量を調整する調整手段を設ける構成が挙げられる。

40

【 0 0 6 9 】

本実施形態では、節炭器 3 8 へ供給される直前の給水の温度 T_h に基づいて、燃料の供給量を先行制御している。節炭器 3 8 は、最終過熱器 3 6 や上流側過熱器 3 4 よりも、上記流れにおいて、上流側に設けられている。すなわち、節炭器 3 8 は、最終過熱器 3 6 や上流側過熱器 3 4 よりも、太陽熱利用給水加熱器 5 2 に近い位置に設けられている。これにより、節炭器 3 8 に供給される給水は、日射量が変化した場合に、下流側に設けられた熱交換器に供給される給水や蒸気よりも、早く温度変化が発生する。したがって、節炭器 3

50

8へ供給される直前の給水の温度 T_h に基づいて燃料の供給量を先行制御することで、より迅速に日射量の変化に対応することができる。よって、最終過熱低減器35に供給されるスプレイ水の量及びボイラ3に投入される燃料の供給量の両方を調整することで、ボイラ3で生成される蒸気の温度を調整する前に燃料の供給量を先行制御することができる。したがって、より正確かつ迅速に、全体制御系の時定数による整定への時間遅れを抑制して、ボイラ3で生成される蒸気温度 T_m が所望の温度となるように燃料の供給量を制御することができる。

【0070】

なお、燃料の供給量の先行制御は、太陽熱集熱器51から太陽熱利用給水加熱器52へ供給される熱媒の温度 T に基づいて行ってもよい。

10

太陽光の日射量が変化すると、太陽熱集熱器51での熱媒の加熱量が変化する。このため、太陽熱集熱器51から太陽熱利用給水加熱器52へ供給される熱媒温度 T も変化する。よって、熱媒温度 T_o は、日射量の変化に対して迅速に変化する。したがって、熱媒温度 T に基づいて燃料の供給量を先行制御することで、さらに迅速に日射量の変化に対応することができる。よって、全体制御系の時定数による整定にさらに時間的余裕を持たせることができるので、さらに正確に、整定への時間遅れを抑制してボイラ3で生成される蒸気温度 T_m が所望の温度となるように燃料の供給量を制御することができる。

【0071】

本実施形態では、給水温度 T_h が第1所定値よりも低い場合、または、熱媒温度 T が第2所定値よりも低い場合に、バイパス配管43に給水が流入しないように第1給水開閉弁23a及び第2給水開閉弁43aを制御している。すなわち、給水温度 T_h または熱媒温度 T が所定値よりも低い場合には、太陽熱利用給水加熱器52へ給水が供給されないようになっている。これにより、熱媒により好適に給水を加熱できない場合に、太陽熱利用給水加熱器52へと給水が供給されないようにすることができる。したがって、太陽熱利用給水加熱器52で熱媒による給水の冷却を抑制することができる。なお、バイパス配管43に給水が流入しないようにしても、給水ヒータ40、41、42において、給水の加熱を行うとともに、ボイラ3にて出力される蒸気の温度制御を行うことができるので、ボイラ3の運転を継続することができる。

20

【0072】

また、本実施形態では、太陽熱利用部を循環する熱媒として、温度上昇しても液相を維持し相変化し難い熱媒として、例えば油系熱媒を用いている。これにより、熱媒の循環加圧を低くすることができるので、太陽熱集熱器51の集熱管などの耐圧要求が低くなるため、太陽熱集熱器51等の製造コストを抑制することができる。

30

【0073】

〔第2実施形態〕

次に、本実施形態に係る第2実施形態について図4を用いて説明する。

第2実施形態に係る発電プラント200は、バイパス配管を設ける位置等が第1実施形態と相違している。したがって、第1実施形態と同様の構成については、同一の符号を付してその詳細な説明は省略する。

【0074】

40

本実施形態に係るボイラシステム81のバイパス配管(第2バイパス流路)82は、上流端が、給水ポンプ21aと中圧給水ヒータ41との間の第2給水配管21に接続されている。すなわち、バイパス配管82は、給水ポンプ21aの後流側から中圧給水ヒータ(第2熱交換部)41及び高圧給水ヒータ(第2熱交換部)42をバイパスするように設けられている。

【0075】

また、本実施形態では、第1給水開閉弁83が、バイパス配管82の分岐部分と中圧給水ヒータ41との間に設けられている。また、第1給水開閉弁83は、開閉弁である。また、バイパス配管82には、開閉弁である第2給水開閉弁43aと、流量調整弁である第3給水流量調整弁84とが設けられている。第3給水流量調整弁84は、第2給水開閉弁

50

43aよりも下流側に設けられている。また、第3給水流量調整弁84は、開度を調整することで、バイパス配管82の内部を流通する給水の流量を調整することができる。

第3給水流量調整弁84の開度は、バイパス配管82に流入する給水の量が、全体給水の流量に対して、本実施形態では例えば、10%から50%程度となるように設定されている。すなわち、本実施形態では、中圧給水ヒータ41及び高圧給水ヒータ42と、太陽熱利用給水加熱器52とが並列に設けられており、どちらでも給水を加熱している。

【0076】

本実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

本実施形態では、中圧給水ヒータ41及び高圧給水ヒータ42と、太陽熱利用給水加熱器52とが並列に設けられており、どちらでも給水を加熱している。これにより、中圧給水ヒータ41及び高圧給水ヒータ42で加熱する給水量を低減させることができるので、中圧蒸気タービン71の第2抽気配管26を介して抽気する蒸気量及び高圧蒸気タービン70の第3抽気配管27を介して抽気する蒸気量を低減させることができる。したがって、蒸気タービン7で得られるエネルギーを増加させることができ、蒸気タービン7へ供給する蒸気量を減少させることができ、ボイラ3において給水を加熱するために用いられる燃料を低減することができる。

【0077】

〔第3実施形態〕

次に、本発明に係る第3実施形態について図5を用いて説明する。

第3実施形態に係る発電プラント300では、太陽熱利用加熱部の構成が第1実施形態と相違している。したがって、第1実施形態と同様の構成については、同一の符号を付してその詳細な説明は省略する。

【0078】

本実施形態に係る太陽熱利用加熱部91は、熱媒として水を用いている。また、太陽熱利用加熱部91は、太陽熱集熱器51及び太陽熱利用給水加熱器52のほかに、太陽熱集熱器51と太陽熱利用給水加熱器52との間に設けられる気水分離器92と、太陽熱利用給水加熱器52と熱媒ポンプ53（以下、「第1熱媒ポンプ53」という。）との間に設けられる凝縮器93と、気水分離器92と循環流路50とを接続する水配管94と、を備えている。水配管94には、第2熱媒ポンプ95が設けられている。

気水分離器92は、太陽熱集熱器51で加熱されて気液二相となった熱媒を水と蒸気とに分離する。また、分離した蒸気を、循環流路50を介して太陽熱利用給水加熱器52へ供給する。また、分離した水を、水配管94を介して、第1熱媒ポンプ53と太陽熱集熱器51との間の循環流路50へ供給する。凝縮器93は、太陽熱利用給水加熱器52で給水を加熱した熱媒（蒸気）を凝縮させて、水にする。

【0079】

本実施形態によれば以下の作用効果を奏する。

本実施形態では、熱媒として安価な水または蒸気を用いている。したがって、熱媒のコストを低減することができる。また、気水分離器92を設け、気水分離器92から蒸気のみを太陽熱利用給水加熱器52へ供給している。これにより、太陽熱利用給水加熱器52で、高温の蒸気のみによって給水を加熱することができるので、好適にバイパス配管43から供給する給水を加熱することができる。

【0080】

なお、本発明は、上記各実施形態にかかる発明に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において、適宜変形が可能である。

例えば、上記各実施形態では、節炭器38へ供給される直前の給水の温度 T_h の温度変化に基づいて、燃料供給量の先行制御を行ったが、本発明はこれに限定されない。例えば、節炭器38から排出された給水の温度 T_e の温度変化に基づいて、燃料供給量の先行制御を行ってもよい。

【符号の説明】

【0081】

10

20

30

40

50

1	: ボイラシステム	
2	: 発電部	
3	: ボイラ	
4	: 給水予熱部 (第2熱交換部)	
5	: 太陽熱利用加熱部	
7	: 蒸気タービン	
8	: 発電機	
1 1	: 第1蒸気配管	
1 1 a	: 第1蒸気温度計測器	
1 2	: 第2蒸気配管	10
1 3	: 第3蒸気配管	
1 3 a	: 第3蒸気温度計測器	
1 3 b	: 蒸気圧力計測器	
1 3 c	: 蒸気流量調整弁	
1 4	: 第4蒸気配管	
1 5	: 第5蒸気配管	
1 6	: 第6蒸気配管	
1 7	: 第7蒸気配管	
2 0	: 第1給水配管	
2 0 a	: 復水ポンプ	20
2 1	: 第2給水配管	
2 1 a	: 給水ポンプ	
2 2	: 第3給水配管	
2 3	: 第4給水配管 (給水流路)	
2 3 a	: 第1給水開閉弁 (切替手段)	
2 3 b	: 第1給水温度計測器 (給水温度計側手段)	
2 4	: 第5給水配管	
2 4 a	: 第2給水温度計測器	
2 5	: 第1抽気配管	
2 6	: 第2抽気配管	30
2 7	: 第3抽気配管	
3 0	: 火炉	
3 1	: バーナ	
3 2	: 煙道	
3 3	: 燃料配管 (燃料供給路)	
3 3 a	: 燃料流量調整弁 (燃料調整手段)	
3 4	: 上流側過熱器 (上流過熱器)	
3 5	: 最終過熱低減器 (過熱低減器)	
3 6	: 最終過熱器 (下流過熱器)	
3 7	: 再熱器	40
3 8	: 節炭器 (給水加熱器)	
3 9	: スプレイ水配管 (スプレイ水供給流路)	
3 9 a	: スプレイ水量調整弁 (スプレイ水調整手段)	
4 0	: 低圧給水ヒータ	
4 1	: 中圧給水ヒータ	
4 2	: 高圧給水ヒータ	
4 3	: バイパス配管 (第1バイパス流路)	
4 3 a	: 第2給水開閉弁 (切替手段)	
5 0	: 循環流路	
5 1	: 太陽熱集熱器 (太陽熱加熱部)	50

- 5 2 : 太陽熱利用給水加熱器 (第 1 熱交換部)
- 5 3 : 熱媒ポンプ
- 5 4 : 熱媒温度計測器 (熱媒温度計測手段)
- 7 0 : 高圧蒸気タービン (蒸気タービン)
- 7 1 : 中圧蒸気タービン
- 7 2 : 低圧蒸気タービン
- 7 3 : 復水器
- 7 4 : 回転軸
- 8 1 : ボイラシステム
- 8 2 : バイパス配管 (第 2 バイパス流路)
- 8 3 : 第 1 給水開閉弁
- 8 4 : 第 3 給水流量調整弁
- 9 1 : 太陽熱利用加熱部
- 9 2 : 気水分離器
- 9 3 : 凝縮器
- 9 4 : 水配管
- 9 5 : 第 2 熱媒ポンプ
- 1 0 0 : 発電プラント
- 2 0 0 : 発電プラント
- 3 0 0 : 発電プラント

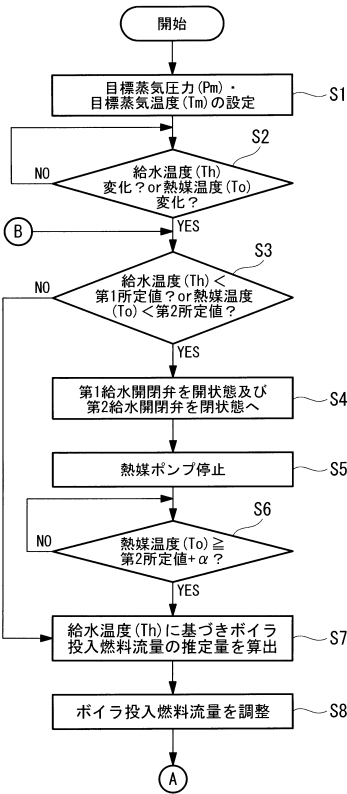
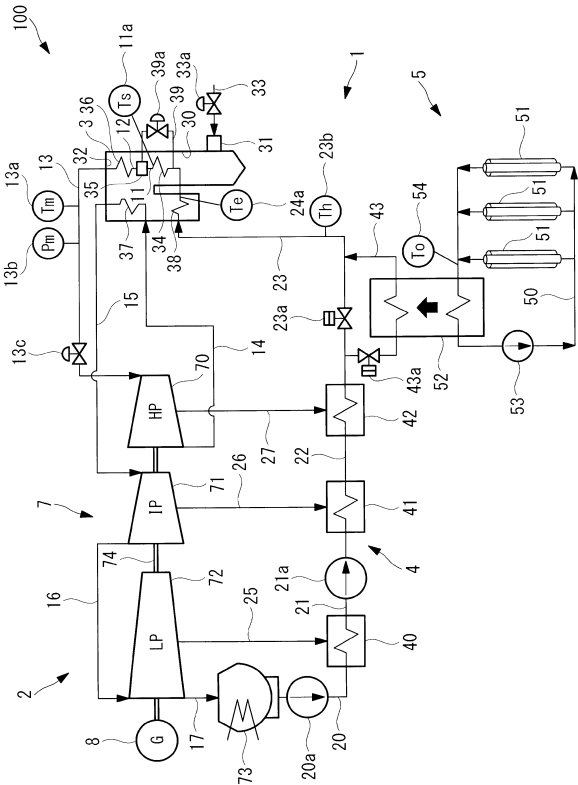
10

20

【 図 面 】

【 図 1 】

【 図 2 】

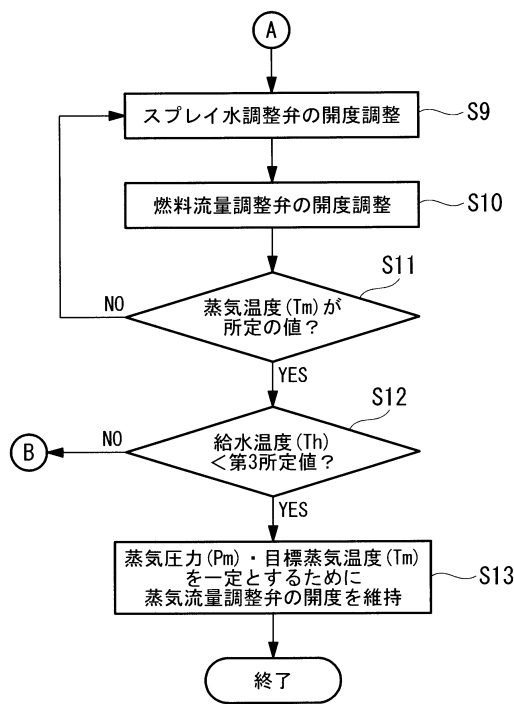


30

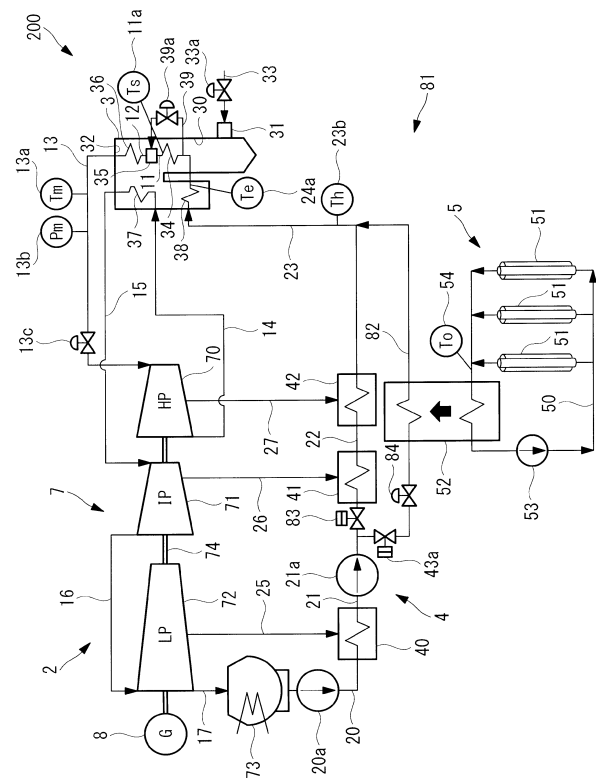
40

50

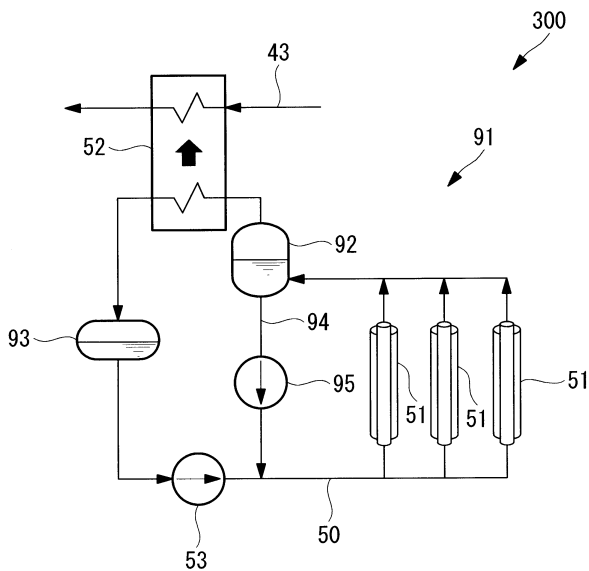
【図 3】



【図 4】



【図 5】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 堂本 和宏
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 當房 誠
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 古川 雄一郎
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 伊藤 紀史
- (56)参考文献 特開2013-124853(JP,A)
中国特許出願公開第103437968(CN,A)
特表2017-520722(JP,A)
中国実用新案第205825455(CN,U)
特開平04-251102(JP,A)
特開2014-055716(JP,A)
特開昭63-183346(JP,A)
特開2008-039367(JP,A)
特開2018-155448(JP,A)
特開2018-189276(JP,A)
特開2004-190989(JP,A)
特開2014-047638(JP,A)
特開2016-160775(JP,A)
米国特許出願公開第2006/0266039(US,A1)
特開2013-204468(JP,A)
中国特許出願公開第101787906(CN,A)
特開2015-045303(JP,A)
特開2012-251670(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F22B
F22D 1/18
F24S