

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年11月21日(21.11.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/220786 A1

(51) 国際特許分類:

F01D 25/12 (2006.01) *F01K 13/02* (2006.01)

F01D 17/10 (2006.01) *F01K 23/10* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/013339

(22) 国際出願日: 2019年3月27日(27.03.2019)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2018-093301 2018年5月14日(14.05.2018) JP

(71) 出願人: 三菱日立パワーシステムズ株式会社(MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS,

LTD.) [JP/JP]; 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 Kanagawa (JP).

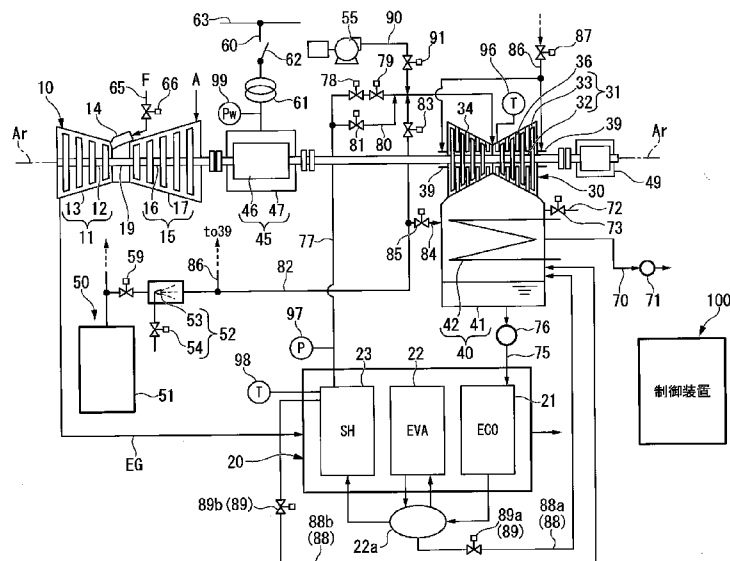
(72) 発明者: 藤村 大輝 (FUJIMURA Daiki); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 関根 奏(SEKINE Susumu); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 松沼 泰史, 外(MATSUNUMA Yasushi et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,

(54) Title: STEAM TURBINE PLANT AND COOLING METHOD FOR SAME

(54) 発明の名称: 蒸気タービンプラント、及びその冷却方法



100 Control device

(57) Abstract: This steam turbine plant is provided with: a boiler (20); a fuel valve (66); a low-temperature steam generation source (50); a steam turbine (30); a main steam line (77) that guides steam generated in the boiler (20) to the steam turbine (30); a main steam adjustment valve (79) that is provided to the main steam line (77); a low-temperature steam line (82) that guides low-temperature steam from the low-temperature generation source (50) to a position closer to the steam turbine-side than to the main steam adjustment valve (79) in the main steam line (77); a low-temperature steam

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

valve (83) provided to the low-temperature steam line (82); and a control device (100). During a stopping process of the steam turbine plant, the control device (100) sends a command to close the fuel valve (66), and then sends a command to open the low-temperature steam valve (83).

(57) 要約: 蒸気タービンプラントは、ボイラー (20) と、燃料弁 (66) と、低温蒸気発生源 (50) と、蒸気タービン (30) と、ボイラー (20) で発生した蒸気を蒸気タービン (30) に導く主蒸気ライン (77) と、主蒸気ライン (77) に設けられている主蒸気調節弁 (79) と、低温蒸気発生源 (50) からの低温蒸気を主蒸気ライン (77) 中で主蒸気調節弁 (79) よりも蒸気タービン側の位置に導く低温蒸気ライン (82) と、低温蒸気ライン (82) に設けられている低温蒸気弁 (83) と、制御装置 (100) と、を備える。制御装置 (100) は、蒸気タービンプラントの停止過程で、燃料弁 (66) への閉指示を送った後に、低温蒸気弁 (83) に関指示を送る。

明 細 書

発明の名称： 蒸気タービンプラント、及びその冷却方法

技術分野

[0001] 本発明は、ボイラーと、ボイラーからの蒸気で駆動する蒸気タービンと、を備える蒸気タービンプラント、及びその冷却方法に関する。

本願は、２０１８年５月１４日に、日本国に出願された特願２０１８－０９３３０１号に基づき優先権を主張し、この内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 蒸気タービンプラントを点検する場合、蒸気タービンの温度が蒸気タービンに対して点検作業可能な温度に低下するまで待つ必要がある。この待ち時間を短くするため、蒸気タービンを冷却する各種方法がある。

[0003] 第一の方法は、蒸気タービンの停止後、この蒸気タービン内に冷却空気を送って、この蒸気タービンを冷却空気で強制冷却する方法である。

[0004] 第二の方法は、以下の特許文献１に記載された方法である。この第二の方法では、蒸気タービンの停止過程で、ボイラーから加減弁に至る前の蒸気の圧力を高める一方で、加減弁の開度を絞って、蒸気タービンに流入する蒸気の温度を低下させ、この蒸気で蒸気タービンを冷却する。この特許文献１では、蒸気タービンの停止後、自然冷却、又は、冷却空気による強制冷却を行って、さらに蒸気タービンの温度を低下させることが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特開平０４－１４０４０３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 蒸気タービンプラントを点検する場合、蒸気タービンに蒸気を供給するボイラーも冷却する必要がある。ボイラーを冷却する一般的な方法では、まず、蒸気の発生のための燃料の供給を断ち、且つ蒸気タービンに流入する蒸気

の流量を調節する加減弁を閉状態にする。その後、復水器内の水をボイラーに供給し、ボイラー内を経由した水をボイラーから排出する。この方法を実行する場合、さび発生を抑制するために、ボイラーに供給する水中の酸素濃度を抑える必要がある。このため、ボイラー冷却中、蒸気タービンに冷却空気を供給しないようにして、この冷却空気が復水器内に流入することを避ける必要がある。

[0007] よって、第一の方法及び第二の方法では、燃料供給を断ってからボイラー冷却が終了するまでの間、蒸気タービンを強制冷却することができず、蒸気タービンの冷却終了が遅くなる、という問題点がある。

[0008] そこで、本発明は、蒸気タービンの冷却終了を早めることができる技術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の蒸気タービンプラントは、

蒸気を発生するボイラーと、前記蒸気の発生のための燃料の流量を調節する燃料弁と、前記ボイラーと独立して、低温蒸気を発生する低温蒸気発生源と、前記ボイラーからの蒸気で駆動する蒸気タービンと、前記ボイラーで発生した蒸気を前記蒸気タービンの蒸気入口に導く主蒸気ラインと、前記主蒸気ラインに設けられ、前記ボイラーから前記蒸気タービンに流入する蒸気流量を調節する主蒸気調節弁と、前記低温蒸気発生源に接続され、前記低温蒸気発生源からの前記低温蒸気を前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記蒸気タービン側の位置に導く低温蒸気ラインと、前記低温蒸気ラインに設けられ、前記低温蒸気ラインを流れる前記低温蒸気の流量を調節する低温蒸気弁と、制御装置と、を備える。前記制御装置は、前記燃料弁への閉指示を送った後に、前記低温蒸気弁に開指示を送る。

[0010] 本態様では、蒸気タービンプラントの停止過程で、燃料の供給を断った後、低温蒸気で蒸気タービンを冷却することができる。このため、本態様では、蒸気タービンからの蒸気を水に戻す復水器内を真空破壊する前に、蒸気タ

ービンの冷却を開始することができる。

[0011] 蒸気タービンでは、その運転中、各段の翼のうち、蒸気流れの下流側の翼より上流側の翼の方が高温の蒸気に晒され、上流側の翼の方が高温になる。このため、本態様のように、低温蒸気を蒸気タービンの蒸気入口から蒸気タービン内に入れることで、上流側の高温の翼を効率的に冷却することができる。

[0012] ここで、前記態様の蒸気タービンプラントにおいて、前記低温蒸気発生源は、前記ボイラーである第一ボイラーとは独立して蒸気を発生する第二ボイラーと、前記第二ボイラーからの蒸気の温度を低下させて、前記低温蒸気を生成する減温器と、を有してもよい。

[0013] 前記減温器を有する態様の蒸気タービンプラントにおいて、前記制御装置は、前記低温蒸気弁に開指示を送った後、予め定められた条件を満たすと、前記減温器に対して、前記低温蒸気の温度をさらに低下するよう指示してもよい。

[0014] 本態様では、蒸気タービンに対する熱衝撃を抑えることができると共に、蒸気タービンを効率的に冷却することができる。

[0015] 以上のいずれかの態様の蒸気タービンプラントにおいて、前記低温蒸気ライン中で、前記低温蒸気弁よりも前記低温蒸気発生源側に接続され、前記低温蒸気ライン中の前記低温蒸気及び前記低温蒸気のドレンを排出するドレン排出ラインと、前記ドレン排出ライン中に設けられているドレン弁と、を備えてもよい。この場合、前記制御装置は、前記燃料弁に対して閉指示を送った後に、前記ドレン弁に開指示を送り、前記ドレン弁に開指示を送ってから所定時間経過すると、前記ドレン弁に閉指示を送ると共に前記低温蒸気弁に開指示を送る。

[0016] 本態様では、低温蒸気を蒸気タービンに供給する前に低温蒸気ラインを低温蒸気で温めることができる。このため、本態様では、低温蒸気の蒸気タービンへの供給開始時、低温蒸気が低温蒸気ラインを通る過程で、一部が液化する抑制することができる。つまり、本態様では、低温蒸気の蒸気タービン

への供給開始時、蒸気タービンに流入する低温蒸気のドレン量を抑えることができる。

[0017] また、以上のいずれかの態様の蒸気タービンプラントにおいて、前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記ボイラー側の位置から分岐し、前記ボイラーから蒸気を、前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記蒸気タービン側の位置に導くバイパスラインと、前記バイパスラインを流れる蒸気の流量を調節する余剰蒸気弁と、前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記ボイラー側の位置での圧力を検知する圧力検知器と、を備えてもよい。この場合、前記制御装置は、前記燃料弁への閉指示の送信に伴って前記主蒸気調節弁に閉指示を送ると共に、前記余剰蒸気弁に開指示を送り、前記圧力検知器で検知された圧力が予め定められた圧力以下になると、前記低温蒸気弁に開指示を送る。

[0018] 本態様では、蒸気タービンに低温蒸気を供給される前に、燃料供給が断たれた後のボイラーからの蒸気を蒸気タービンに供給し、この蒸気で蒸気タービンを冷却する。燃料供給を断つ直前直後で、ボイラーから発生する蒸気の温度はほとんど変わらない。このため、本態様では、燃料供給を断つ前後で、蒸気タービンに与える熱衝撃を最小限に抑えることができる。

[0019] また、以上のいずれかの態様の蒸気タービンプラントにおいて、前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記ボイラー側の位置での圧力を検知する圧力検知器を備えてもよい。この場合、前記制御装置は、前記燃料弁への閉指示の送信に伴って前記主蒸気調節弁に弁開度を小さくする旨を示す微開指示を送り、前記圧力検知器で検知された圧力が予め定められた圧力以下になると、前記低温蒸気弁に開指示を送る。

[0020] 本態様でも、蒸気タービンに低温蒸気を供給される前に、燃料供給が断たれた後のボイラーからの蒸気を蒸気タービンに供給し、この蒸気で蒸気タービンを冷却する。このため、本態様でも、燃料供給を断つ直前直後で、蒸気タービンに与える熱衝撃を最小限に抑えることができる。

[0021] 以上のいずれかの態様の蒸気タービンプラントにおいて、前記蒸気タービ

ンからの蒸気を水に戻す復水器と、前記復水器内の水を前記ボイラーに導く給水ラインと、前記給水ラインに設けられ、前記前記復水器内の水をボイラーに送るポンプと、前記ボイラーで水又は蒸気を通る管又はドラムに接続され、前記管又はドラム内の水又は蒸気をボイラー外に排出するボイラー水排出ラインと、前記ボイラー水排出ラインに設けられ、前記ボイラー水排出ラインを流れる流体の流量を調節するボイラー水排出弁と、を備えてもよい。この場合、前記制御装置は、前記燃料弁に対して閉指示を送った後に、前記ポンプの駆動を継続した状態で、前記ボイラー水排出弁に開指示を送る。

[0022] 本態様では、燃料供給が断たれた後に、復水器内に水をボイラーの管等に供給するので、この水でボイラーを冷却することができる。

[0023] 前記復水器を備える態様の蒸気タービンプラントにおいて、前記ボイラー水排出ラインは、前記復水器に接続されていてもよい。

[0024] 本態様では、復水器からのボイラーに供給した水が、ボイラー水排出ラインを介して、復水器内に戻る。よって、本態様では、復水器内の水を有効利用することができる。

[0025] 前記復水器を備える態様の蒸気タービンプラントにおいて、前記制御装置は、前記低温蒸気弁が開いている時間帯の少なくとも一部が、前記ボイラー水排出弁が開いている時間帯に重なるよう、前記ボイラー水排出弁に対して開指示を送ってもよい。

[0026] 本態様では、低温蒸気を蒸気タービンに供給して、蒸気タービンを冷却する蒸気タービン冷却工程と、復水器からの水をボイラーに供給してボイラーを冷却するボイラー冷却工程とを並行して実行することになる。このため、本態様では、ボイラー冷却工程と蒸気タービン冷却工程とのいずれもが完了するタイミングを早めることができる。

[0027] 以上のいずれかの態様の蒸気タービンプラントにおいて、前記蒸気タービンで、前記ボイラーからの蒸気が接する箇所の温度を検知する温度検知器を備えてもよい。この場合、前記制御装置は、前記温度検知器で検知された温度が予め定められた温度以下になると、前記低温蒸気弁に閉指示を送る。

[0028] 前記復水器を備える、以上のいずれかの態様の蒸気タービンプラントにおいて、前記蒸気タービンで、前記ボイラーからの蒸気が接する箇所の温度を検知する温度検知器と、前記蒸気タービンを冷却するための冷却空気を前記蒸気タービン内に送る冷却空気供給機と、前記冷却空気供給機に接続され、前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記蒸気タービン側の位置に前記冷却空気を導く冷却空気ラインと、を備えてもよい。この場合、前記制御装置は、前記温度検知器で検知された温度が予め定められた温度以下になる前に、前記ボイラーの冷却が完了したと判断すると、前記低温蒸気弁に閉指示を送った後に前記冷却空気供給機に供給指示を送り、前記ボイラーの冷却が完了する前に前記温度検知器で検知された温度が予め定められた温度以下になったと判断すると、前記低温蒸気弁に閉指示を送る。

[0029] 本態様では、低温蒸気で蒸気タービンを冷却する蒸気タービン冷却工程中に、ボイラーの冷却が完了すれば、この蒸気タービン冷却工程を中止して、冷却空気ファンからの冷却空気で蒸気タービンを冷却することができる。

[0030] 以上のいずれかの態様の蒸気タービンプラントにおいて、燃料を燃焼させて駆動するガスタービンを備えてもよい。この場合、前記ボイラーは、前記ガスタービンから排気された燃焼ガスの熱で蒸気を発生させる排熱回収ボイラーである。また、前記燃料弁は、前記ガスタービンに供給する燃料の流量を調節する弁である。

[0031] 前記ガスタービンを備える態様の蒸気タービンプラントにおいて、前記ガスタービンのガスタービンロータを回転させるモータを備えてもよい。この場合、前記制御装置は、前記ガスタービンの定格回転数より低い回転数で前記ガスタービンロータを回転させるスピン運転を実行するよう、前記燃料弁に対して閉指示を送った後であって、前記低温蒸気弁が開いている時間帯の少なくとも一部が、前記スピン運転の実行時間帯に重なるタイミングで、前記モータにスピン運転指示を送る。

[0032] 本態様では、ガスタービンを冷却することができる。

[0033] 上記問題点を解決するための発明に係る一態様の蒸気タービンプラントの

冷却方法は、

蒸気を発生するボイラーと、前記ボイラーからの蒸気で駆動する蒸気タービンと、前記ボイラーで発生した蒸気を前記蒸気タービンの蒸気入口に導く主蒸気ラインと、前記主蒸気ラインに設けられ、前記ボイラーから前記蒸気タービンに流入する蒸気流量を調節する主蒸気調節弁と、を備える蒸気タービンプラントの冷却方法である。この冷却方法は、前記ボイラーで蒸気の発生のための燃料供給を停止する燃料停止工程と、前記燃料停止工程後に、前記ボイラーと独立して、低温蒸気を発生する低温蒸気発生源からの低温蒸気を、前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記蒸気タービン側の位置に導く低温蒸気供給工程と、を実行する。

[0034] ここで、前記態様の蒸気タービンプラントの冷却方法において、前記低温蒸気発生源は、前記ボイラーである第一ボイラーとは独立した第二ボイラーからの蒸気を減温して、前記低温蒸気を生成してもよい。

[0035] 前記第二ボイラーからの蒸気を減温する態様の蒸気タービンプラントの冷却方法において、前記低温蒸気供給工程では、前記低温蒸気供給工程中に予め定められた条件を満たすと、前記低温蒸気の温度をさらに低下させてもよい。

[0036] 以上のいずれかの態様の蒸気タービンプラントの冷却方法において、前記蒸気タービンプラントは、前記低温蒸気発生源に接続され、前記低温蒸気発生源からの前記低温蒸気を前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記蒸気タービン側の位置に導く低温蒸気ラインと、前記低温蒸気ラインに設けられ、前記低温蒸気ラインを流れる前記低温蒸気の流量を調節する低温蒸気弁と、を備える。この場合、前記燃料停止工程後に、前記低温蒸気ライン中で前記低温蒸気弁よりも前記低温蒸気発生源側の前記低温蒸気及び前記低温蒸気のドレンを排出するドレン排出工程を実行し、前記ドレン排出工程後に、前記低温蒸気弁を開けて前記低温蒸気供給工程を実行してもよい。

[0037] 以上のいずれかの態様の蒸気タービンプラントの冷却方法において、前記燃料停止工程に伴って前記主蒸気調節弁を閉じる主蒸気停止工程と、前記燃

料停止工程及び前記主蒸気停止工程後に、前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記ボイラー側の蒸気を、前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記ボイラー側に供給する余剰蒸気供給工程と、を実行してもよい。この場合、前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記ボイラー側の位置での圧力が予め定められた圧力以下になると、前記低温蒸気供給工程を実行する。

[0038] 以上のいずれかの態様の蒸気タービンプラントの冷却方法において、前記燃料停止工程に伴って前記主蒸気調節弁の開度を小さくして、前記ボイラーからの蒸気から前記蒸気タービンに流入する蒸気流量を抑える余剰蒸気供給工程を実行してもよい。この場合、前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記ボイラー側の位置での圧力が予め定められた圧力以下になると、前記低温蒸気供給工程を実行してもよい。

[0039] 以上のいずれかの態様の蒸気タービンプラントの冷却方法において、前記蒸気タービンプラントは、前記蒸気タービンからの蒸気を水に戻す復水器と、前記復水器内の水を前記ボイラーに導く給水ラインと、前記給水ラインに設けられ、前記前記復水器内の水をボイラーに送るポンプと、を備えてもよい。この場合、前記燃料停止工程後に、前記ポンプの駆動を継続した状態で、前記ボイラーで水又は蒸気が通る管内の前記水又は前記蒸気を前記ボイラー外に排出するボイラー冷却工程を実行してもよい。

[0040] 前記ボイラー冷却工程を実行する態様の蒸気タービンプラントの冷却方法において、前記ボイラー冷却工程では、ボイラー外に排出した前記管内の前記水又は前記蒸気を前記復水器に戻してもよい。

[0041] 前記ボイラー冷却工程を実行する、いずれかの態様の蒸気タービンプラントの冷却方法において、前記低温蒸気供給工程の実行時間帯の少なくとも一部が、前記ボイラー冷却工程の実行時間帯に重なってもよい。

[0042] 以上のいずれかの態様の蒸気タービンプラントの冷却方法において、前記蒸気タービンで、前記低温蒸気供給工程の実行後、前記ボイラーからの蒸気が接する箇所の温度が予め定められた温度以下になると、前記低温蒸気供給

工程を終了してもよい。

[0043] 前記ボイラー冷却工程を実行する、以上のいずれかの態様の蒸気タービンプラントの冷却方法において、前記蒸気タービンで、前記低温蒸気供給工程の実行後、前記ボイラーからの蒸気が接する箇所の温度が予め定められた温度以下になる前に、前記ボイラーの冷却が完了すると、前記低温蒸気供給工程を終了する一方で、前記蒸気タービン内に冷却空気を送る冷却空気供給工程を実行し、前記ボイラーの冷却が完了する前に、前記ボイラーからの蒸気が接する箇所の温度が予め定められた温度以下になると、前記低温蒸気供給工程を終了してもよい。

[0044] 以上のいずれかの態様の蒸気タービンプラントの冷却方法において、前記蒸気タービンプラントは、燃料を燃焼させて駆動するガスタービンを備えてもよい。この場合、前記ボイラーは、前記ガスタービンから排気された燃焼ガスの熱で蒸気を発生させる。また、前記燃料は、前記ガスタービンに供給する燃料である。

[0045] 前記ガスタービンを備える態様の蒸気タービンプラントの冷却方法において、前記蒸気タービンプラントは、前記ガスタービンのガスタービンロータを回転させるモータを備えてもよい。この場合、前記燃料停止工程後に、前記モータに、前記ガスタービンの定格回転数より低い回転数で前記ガスタービンロータを回転させるガスタービン冷却工程を実行してもよい。

[0046] 前記ガスタービン冷却工程を実行する態様の蒸気タービンプラントの冷却方法において、前記低温蒸気供給工程の実行時間帯の少なくとも一部が、前記ガスタービン冷却工程の実行時間帯に重なってもよい。

発明の効果

[0047] 本発明の一態様では、蒸気タービンを駆動させるための蒸気を発生するボイラーに対して独立した低温蒸気発生源からの低温蒸気で蒸気タービンを冷却する。このため、本発明の一態様によれば、燃料供給を断った後のボイラー冷却中でも、蒸気タービンを強制冷却でき、蒸気タービンの冷却終了を早めることができる。

図面の簡単な説明

[0048] [図1]本発明に係る第一実施形態における蒸気タービン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蒸気タービンプラントの停止手順を示すフローチャート（その１）である。

[図3]本発明に係る第一実施形態における蒸気タービンプラントの停止手順を示すフローチャート（その２）である。

[図4]本発明に係る第一実施形態における時間経過に伴う、発電機出力、ロータ回転数、及び蒸気タービンのメタル温度の変化を示すグラフである。

[図5]比較例の蒸気タービンプラントにおける時間経過に伴う、発電機出力、ロータ回転数、及び蒸気タービンのメタル温度の変化を示すグラフである。

[図6]本発明に係る第二実施形態における蒸気タービンプラントの系統図である。

[図7]本発明に係る第二実施形態における蒸気タービンプラントの停止手順を示すフローチャート（その１）である。

[図8]本発明に係る第二実施形態における蒸気タービンプラントの停止手順を示すフローチャート（その２）である。

発明を実施するための形態

[0049] 以下、本発明に係る蒸気タービンプラントの各種実施形態について、図面を用いて説明する。

[0050] 「第一実施形態」

本発明に係る蒸気タービンプラントの第一実施形態について、図１～図５を参照して説明する。

[0051] 本実施形態の蒸気タービンプラントは、図１に示すように、ガスタービン１０と、ガスタービン１０からの排気ガスＥＧで蒸気を発生する排熱回収ボイラー２０と、排熱回収ボイラー２０からの蒸気で駆動する蒸気タービン３０と、蒸気タービン３０からの蒸気を水に戻す復水器４０と、復水器４０内の水を排熱回収ボイラー２０に送る給水ポンプ７６と、発電機４５と、起動

モータ４９と、を備える。よって、本実施形態の蒸気タービンプラントは、コンバインドサイクルプラントである。

[0052] 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１４と、高温高圧の燃焼ガスにより駆動するタービン１５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１５は、軸線Ａｒを中心として回転するタービンロータ１６と、このタービンロータ１６を覆うタービンケーシング１７と、を有する。圧縮機ロータ１２とタービンロータ１６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１９を成している。燃焼器１４には、燃焼器１４に燃料Ｆを供給する燃料供給ライン６５が接続されている。この燃料供給ライン６５には、燃焼器１４に供給する燃料Ｆの流量を調節する燃料弁６６が設けられている。

[0053] 排熱回収ボイラー２０は、復水器４０からの水を排気ガスＥＧの熱で加熱する節炭器２１と、節炭器２１で加熱された水を排気ガスＥＧの熱で加熱して蒸気を発生させる蒸発器２２と、この蒸気を排気ガスＥＧの熱でさらに過熱する過熱器２３と、を有する。節炭器２１、蒸発器２２、及び過熱器２３は、いずれも、内部を水又は蒸気が通り、この水又は蒸気と排気ガスＥＧとを熱交換させるための伝熱管を有する。蒸発器２２は、伝熱管の他、ドラム２２ａを有する。過熱器２３が有する伝熱管の出口近傍には、この伝熱管の温度を検知する伝熱管温度検知器９８が設けられている。

[0054] 蒸気タービン３０は、軸線Ａｒを中心として回転する蒸気タービンロータ３１と、この蒸気タービンロータ３１を覆う蒸気タービンケーシング３４と、軸封装置３９と、を有する。蒸気タービンロータ３１は、軸線Ａｒを中心として回転するロータ軸３２と、このロータ軸３２に固定されている複数の動翼列３３と、を有する。複数の動翼列３３は、軸線Ａｒが延びている軸線方向に並んでいる。蒸気タービンケーシング３４の内周面には、複数の静翼

列 3 6 が固定されている。複数の静翼列 3 6 は、軸線方向が延びている方向に並んでいる。複数の静翼列 3 6 のそれぞれは、複数の動翼列 3 3 のうちのいずれか一の動翼列 3 3 に対して、蒸気流れの上流側に配置されている。複数の静翼列 3 6 のうち、蒸気流れの最も上流側に配置されている第一段静翼列には、第一段静翼列を構成する静翼の温度を検知するメタル温度検知器 9 6 が設けられている。軸封装置 3 9 は、外部からの蒸気で、蒸気タービンロータ 3 1 の端部と蒸気タービンケーシング 3 4 との隙間から蒸気タービンケーシング 3 4 内の蒸気流出を抑える装置である。なお、図 1 に示す蒸気タービン 3 0 は、流入した蒸気を二方向に分流する二分流排気型の蒸気タービンである。しかしながら、本実施形態の蒸気タービン 3 0 は、流入した蒸気を分流しない型の蒸気タービンであってもよい。

[0055] 復水器 4 0 は、水等の冷却媒体が流れる伝熱管 4 2 と、この伝熱管 4 2 を覆う復水器ケーシング 4 1 と、を有する。蒸気タービン 3 0 からの蒸気は、復水器ケーシング 4 1 内に流入し、伝熱管 4 2 内の冷却媒体との熱交換で冷却されて水になる。復水器ケーシング 4 1 には、復水器ケーシング 4 1 内の気体を外部に排気して、復水器ケーシング 4 1 内の圧力を低下させる排気ライン 7 0 が設けられている。この排気ライン 7 0 には、復水器ケーシング 4 1 内の気体を吸引する真空ポンプ 7 1 が設けられている。この復水器ケーシング 4 1 には、さらに、外気を復水器ケーシング 4 1 内に導く外気ライン 7 2 が設けられている。この外気ライン 7 2 には、真空破壊弁 7 3 が設けられている。

[0056] 発電機 4 5 は、軸線 A r を中心として回転する発電機ロータ 4 6 と、この発電機ロータ 4 6 を覆う発電機ケーシング 4 7 と、を有する。この発電機 4 5 は、接続線 6 0 により外部系統 6 3 と電氣的に接続されている。この接続線 6 0 には、変圧器 6 1、及び遮断器 6 2 が設けられている。さらに、この接続線 6 0 には、遮断器 6 2 よりも発電機 4 5 側の位置に電力検知器（出力検知器） 9 9 が設けられている。

[0057] ガスタービンロータ 1 9 と、蒸気タービンロータ 3 1 と、発電機ロータ 4

6とは、同一軸線A r上に位置し、互いに機械的に連結されている。よって、本実施形態のコンバインドサイクルプラントは、一軸型コンバインドサイクルプラントと呼ばれる。起動モータ49は、軸線A rを中心として、これらのロータを回転させる。発電機ロータ46は、以上のように、ガスタービンロータ19にも蒸気タービンロータ31にも接続されているため、発電機45での発電量、つまり発電機出力は、ガスタービン出力と蒸気タービン出力とを合わせた出力になる。

[0058] 本実施形態の蒸気タービンプラントは、以上の他、排熱回収ボイラー20とは独立して低温蒸気を発生する低温蒸気発生源50と、冷却空気ファン（冷却空気供給機）55と、制御装置100と、を備える。低温蒸気発生源50は、排熱回収ボイラー20とは独立して蒸気を発生する補助ボイラー（第二ボイラー）51と、補助ボイラー51で発生した蒸気の圧力を低下させる圧力制御弁59と、補助ボイラー51で発生した蒸気の温度を下げる減温器52と、を有する。減温器52は、補助ボイラー51で発生した蒸気中に減温用の水を噴霧するノズル53と、このノズル53に供給する減温用の水の流量を調節する減温水調節弁54と、を有する。この減温器52は、補助ボイラー51で発生した蒸気の温度を低下させて、この蒸気を低温蒸気にする。この低温蒸気の温度は、例えば、140℃である。冷却空気ファン55は、例えば、外気を吸い込んで、この外気を冷却空気として蒸気タービンケーシング34内に送る。

[0059] 本実施形態の蒸気タービンプラントは、さらに、給水ライン75と、主蒸気ライン77と、遮断弁78と、加減弁79と、余剰蒸気バイパスライン80（以下、単にバイパスライン80とする）と、余剰蒸気バイパス弁81（以下、単に余剰蒸気弁81とする）と、低温蒸気ライン82と、低温蒸気弁83と、ドレン排出ライン84と、ドレン弁85と、軸封蒸気ライン86と、軸封蒸気弁87と、複数のボイラー水排出ライン88と、複数のボイラー水排出弁89と、冷却空気ライン90と、冷却空気弁91と、を備える。

[0060] 給水ライン75は、復水器ケーシング41と節炭器21とを接続する。こ

の給水ライン 75 中に給水ポンプ 76 が設けられている。主蒸気ライン 77 は、過熱器 23 と蒸気タービンケーシング 34 の蒸気入口とを接続する。この主蒸気ライン 77 に、遮断弁 78 及び加減弁（主蒸気調節弁）79 が設けられている。さらに、この主蒸気ライン 77 中で、遮断弁 78 及び加減弁 79 よりも過熱器 23 側には、蒸気の圧力を検知する蒸気圧力検知器 97 が設けられている。バイパスライン 80 の第一端は、主蒸気ライン 77 中で遮断弁 78 及び加減弁 79 よりも過熱器 23 側の位置に接続されている。また、このバイパスライン 80 の第二端は、主蒸気ライン 77 中で遮断弁 78 及び加減弁 79 よりも蒸気入口側の位置に接続されている。すなわち、このバイパスライン 80 は、遮断弁 78 及び加減弁 79 に対して、過熱器 23 からの蒸気を迂回させるラインである。余剰蒸気弁 81 は、このバイパスライン 80 に設けられている。

[0061] 低温蒸気ライン 82 の第一端は、減温器 52 に接続され、この低温蒸気ライン 82 の第二端は、主蒸気ライン 77 中で遮断弁 78 及び加減弁 79 よりも蒸気入口側の位置に接続されている。低温蒸気弁 83 は、この低温蒸気ライン 82 に設けられている。ドレン排出ライン 84 の第一端は、低温蒸気ライン 82 中で低温蒸気弁 83 よりも減温器 52 側の位置に接続され、ドレン排出ライン 84 の第二端は、復水器ケーシング 41 に接続されている。ドレン弁 85 は、このドレン排出ライン 84 に設けられている。軸封蒸気ライン 86 の第一端は、低温蒸気ライン 82 中でドレン排出ライン 84 との接続位置よりも減温器 52 側の位置に接続されている。軸封蒸気ライン 86 の第二端は、蒸気タービン 30 の軸封装置 39 に接続されている。軸封蒸気弁 87 は、この軸封蒸気ライン 86 に設けられている。

[0062] 複数のボイラー水排出ライン 88 のうち、第一ボイラー水排出ライン 88 a の第一端は、蒸発器 22 のドラム 22 a に接続されている。この第一ボイラー水排出ライン 88 a の第二端は、復水器ケーシング 41 に接続されている。複数のボイラー水排出弁 89 のうち、第一ボイラー水排出弁 89 a は、この第一ボイラー水排出ライン 88 a に設けられている。複数のボイラー水

排出ライン 88 のうち、第二ボイラー水排出ライン 88 b の第一端は、過熱器 23 を構成する伝熱管の出口近傍に接続されている。第二ボイラー水排出ライン 88 b の第二端は、復水器ケーシング 41 に接続されている。複数のボイラー水排出弁 89 のうち、第二ボイラー水排出弁 89 b は、この第二ボイラー水排出ライン 88 b に設けられている。

[0063] 冷却空気ライン 90 の第一端は、冷却空気ファン 55 の吐出口に接続されている。冷却空気ライン 90 の第二端は、主蒸気ライン 77 中で遮断弁 78 及び加減弁 79 よりも蒸気入口側の位置に接続されている。冷却空気弁 91 は、この冷却空気ライン 90 に設けられている。

[0064] 制御装置 100 は、以上で説明した各弁の動作や、各種ポンプ等の動作を制御する。

[0065] 次に、以上で説明した本実施形態の蒸気タービンプラントの動作について説明する。

[0066] 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 14 に供給する。また、燃焼器 14 には、燃料供給ライン 65 からの燃料 F も供給される。燃焼器 14 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 15 に送られ、タービンロータ 16 を回転させる。

[0067] タービンロータ 16 を回転させた燃焼ガスは、排気ガス E G としてガスタービン 10 から排気され、排熱回収ボイラー 20 を経て、外部に放出される。排熱回収ボイラー 20 の節炭器 21 には、復水器 40 からの水が給水ライン 75 を介して供給される。節炭器 21 は、この水を排気ガス E G と熱交換させて加熱する。節炭器 21 で加熱された水は、蒸発器 22 でさらに加熱されて蒸気になる。この蒸気は、過熱器 23 でさらに過熱され、主蒸気として、主蒸気ライン 77 を介して蒸気タービン 30 に供給される。蒸気タービン 30 を駆動させた蒸気は、復水器 40 で水に戻る。この水は、復水器 40 から給水ライン 75 を介して再び節炭器 21 に供給される。

[0068] 発電機ロータ 46 は、ガスタービンロータ 19 及び蒸気タービンロータ 3

1の回転で回転する。発電機45は、この発電機ロータ46の回転で発電する。発電機45が発電した電力は、変圧器61及び遮断器62を介して、外部系統63へ供給される。

[0069] 次に、図2及び図3に示すフローチャートと図4に示すグラフとに従って、本実施形態の蒸気タービンプラントの停止過程における動作について説明する。

[0070] 制御装置100は、外部からプラント停止指令を受け付けると、燃料弁66に対して、開度を徐々に小さくするよう指示を送り、燃焼器14に供給される燃料の流量を徐々に少なくする（S1:燃料減少工程）。燃焼器14に供給される燃料の流量が徐々に少なくなると、ガスタービン出力が徐々に低下する。また、燃焼器14に供給される燃料の流量が徐々に少なくなると、ガスタービン10から排気される排気ガスEGに含まれる熱エネルギーも徐々に低下するため、排熱回収ボイラー20から発生する蒸気の流量が徐々に少なくなると共に、この蒸気の温度も、徐々に低下する。このため、燃焼器14に供給される燃料の流量が徐々に少なくなると、蒸気タービン出力も徐々に低下する。よって、燃焼器14に供給される燃料の流量が徐々に少なくなると、図4中破線で示すように、発電機出力が徐々に低下すると共に、同図中実線で示すように、メタル温度検知器96で検知される蒸気タービン30のメタル温度も徐々に低下する。

[0071] なお、この燃料減少工程（S1）中でも、発電機45は、外部系統63と電氣的に接続されているため、発電機ロータ46及びガスタービンロータ19等は、図4中一点鎖線で示すように、外部系統63の周波数に対応した回転数を維持し続ける。例えば、外部系統63の周波数が60Hzの場合、発電機ロータ46及びガスタービンロータ19等は、この60Hzに対応した回転数である3600rpmを維持し続ける。

[0072] 制御装置100は、出力検知器99で検知された発電機出力が予め定められた出力以下になると、遮断器62に開放指示を送り、遮断器62を開放させて、発電機45を外部系統63から解列させる。さらに、制御装置100

は、遮断弁 7 8 及び加減弁 7 9 に閉指示を送り、遮断弁 7 8 及び加減弁 7 9 を閉じさせると共に、燃料弁 6 6 に閉指示を送り、燃料弁 6 6 を閉じさせる（S 2：解列／遮断弁及び加減弁閉／燃料停止工程）。なお、この解列／遮断弁及び加減弁閉／燃料停止工程（S 2）における遮断弁 7 8 及び加減弁 7 9 への閉指示の送信は、主蒸気停止工程である。また、この時点で、メタル温度検知器 9 6 により検知される第一段静翼の温度は、例えば、300℃である。

[0073] 制御装置 100 は、解列／遮断弁及び加減弁閉／燃料停止工程（S 2）が完了すると、図 4 に示すように、ガスタービン冷却工程（S g t）、ボイラー冷却工程（S b）、及び蒸気タービン冷却工程（S s t）を並行して実行する。

[0074] ガスタービン冷却工程（S g t）で、制御装置 100 は、起動モータ 4 9 でガスタービンロータ 1 9 を定格回転数（例えば、3600 r p m）より低い回転数で回転させる。すなわち、制御装置 100 は、起動モータ 4 9 でガスタービン 10 のスピン運転を間欠的に複数回実行させる。制御装置 100 は、解列／遮断弁及び加減弁閉／燃料停止工程（S 2）後、ガスタービンロータ 1 9 等の回転数が予め定めたターニング回転数になると（S g t 1）、起動モータ 4 9 でガスタービン 10 のスピン運転を実行させる（S g t 2）。制御装置 100 は、その後、起動モータ 4 9 にスピン運転を中止させる。制御装置 100 は、スピン運転の停止後、ガスタービンロータ 1 9 等の回転数が再びターニング回転数になると（S g t 3）、起動モータ 4 9 でガスタービン 10 のスピン運転を実行させる（S g t 4）。制御装置 100 は、その後、起動モータ 4 9 にスピン運転を中止させる。制御装置 100 は、以下、同様に、ガスタービンロータ 1 9 等の回転数がターニング回転数になったか否かを判断すると共に（S g t 5, S g t 7）、及び起動モータ 4 9 にスピン運転を実行させる（S g t 6, S g t 8）。

[0075] 以上のスピン運転の実行により、ガスタービン 10 の圧縮機ケーシング 13 内、燃焼器 14 内及びタービンケーシング 17 内には、外気が通る。この

結果、ガスタービン 10 の圧縮機 11、燃焼器 14 及びタービン 15 は、外気により冷却される。本実施形態では、複数回のスピン運転のうち、最初の方のスピン運転の実行時間を後の方のスピン運転の実行時間よりも短くする。圧縮機ケーシング 13 内及びタービンケーシング 17 内を外気が通ると、圧縮機ケーシング 13、圧縮機ロータ 12、タービンケーシング 17、及びタービンロータ 16 が外気により冷却される。この際、圧縮機ケーシング 13 の熱容量と圧縮機ロータ 12 と熱容量との差から、圧縮機ケーシング 13 の収縮量と圧縮機ロータ 12 の収縮量とに差が生じる。同様に、タービンケーシング 17 の収縮量とタービンロータ 16 の収縮量とも差が生じる。このため、外気による冷却過程では、圧縮機ロータ 12 の動翼と圧縮機ケーシング 13 とが接触するおそれ、及びタービンロータ 16 の動翼とタービンケーシング 17 とが接触するおそれが生じる。そこで、本実施形態では、複数回のスピン運転のうち、最初の方のスピン運転の実行時間を短くしている。一方、複数回のスピン運転で、ガスタービン 10 の圧縮機 11、燃焼器 14 及びタービン 15 がある程度冷却されると、圧縮機ロータ 12 の動翼と圧縮機ケーシング 13 とが接触するおそれ、及びタービンロータ 16 の動翼とタービンケーシング 17 とが接触するおそれがなくなる。このため、本実施形態では、複数回のスピン運転のうち、後の方のスピン運転では、ガスタービン 10 の冷却を促進するために、スピン運転の実行時間を長くする。

[0076] 制御装置 100 は、予め定められた回数のスピン運転を起動モータ 49 で実行させると、ガスタービン 10 の冷却が完了したとして、ガスタービン冷却工程 (S g t) を終了する。なお、ガスタービン 10 の一部の温度を検知する温度検知を設けておき、温度検知器で検知される温度が予め定められた温度以下になるまで、スピン運転を繰り返し実行し、この温度検知器で検知される温度が予め定められた温度以下になると、ガスタービン冷却工程 (S g t) を終了するようにしてもよい。

[0077] ボイラー冷却工程 (S b) は、以上で説明したガスタービン冷却工程 (S g t) と並行して実行される。なお、本実施形態で二つの工程が並行して実

行されるとは、二つの工程のうちの第一の工程の実行時間帯の一部が第二の工程の実行時間帯とが重なるように、二つの工程が実行されることである。

[0078] このボイラー冷却工程（S b）で、制御装置１００は、排熱回収ボイラー２０の伝熱管内に復水器ケーシング４１内の水を流す。具体的に、制御装置１００は、給水ポンプ７６を駆動させた状態を維持しつつ、ボイラー水排出弁８９に開指示を送り、このボイラー水排出弁８９を開ける（S b １：ボイラー水排出弁開工程）。この結果、復水器ケーシング４１内の水は、排熱回収ボイラー２０の伝熱管内に供給される。排熱回収ボイラー２０の伝熱管内に供給された水は、この伝熱管と熱交換して、この伝熱管を冷却する。その後、この水は、ボイラー水排出ライン８８を経て、復水器ケーシング４１内に戻る。具体的に、排熱回収ボイラー２０の供給された水は、節炭器２１から蒸発器２２のドラム２２ aに供給され、その一部が第一ボイラー水排出弁８９ a及び第一ボイラー水排出ライン８８ aを経て、復水器ケーシング４１内に戻る。また、蒸発器２２のドラム２２ aに供給された水のうちの他の一部は、過熱器２３、第二ボイラー水排出弁８９ b及び第二ボイラー水排出ライン８８ bを経て、復水器ケーシング４１内に戻る。

[0079] 制御装置１００は、ボイラー水排出弁開工程（S b １）を実行すると、ボイラー冷却が完了したか否かを判断する（S b ２：冷却完了判断工程）。制御装置１００は、ボイラー冷却が完了したか否かを、例えば、伝熱管温度検知器９８により検知された温度が予め定められた温度以下になったか否かにより判断する。なお、制御装置１００は、ボイラー水排出弁開工程（S b １）の開始から予め定められた時間が経過したか否か、又は、ボイラー水排出弁開工程（S b １）の開始から予め定められた流量の復水を排熱回収ボイラー２０に供給したか否か等に応じて、ボイラー冷却が完了したか否かを判断してもよい。

[0080] 制御装置１００は、ボイラー冷却が完了したと判断すると、給水ポンプ７６に停止指示を送ると共に、ボイラー水排出弁８９に閉指示を送る。この結果、給水ポンプ７６が停止し（S b ３：給水ポンプ停止工程）、ボイラー水

排出弁 89 が閉じられる (S b 4 : ボイラー水排出弁閉工程)。

[0081] 以上で、ボイラー冷却工程 (S b) が終了する。

[0082] 制御装置 100 は、ボイラー冷却工程 (S b) の終了後、メタル温度検知器 96 で検知された蒸気タービン 30 の第一段静翼の温度 T_m が予め定められた温度 T_{ms} 以下になったか否かを判断する (S x 5 : メタル温度判断工程)。制御装置 100 は、第一段静翼の温度 T_m が予め定められた温度 T_{ms} 以下になったと判断すると、蒸気タービン 30 の冷却が完了したとして、復水器 40 の真空破壊弁 73 に開指示を送ると共に、真空ポンプ 71 に停止指示を送る。なお、ここでの予め定められた温度 T_{ms} は、例えば、170℃である。この結果、復水器ケーシング 41 内に外気が流入し、復水器ケーシング 41 内の真空状態が破壊される (S x 6 : 真空破壊工程)。また、制御装置 100 は、メタル温度判断工程 (S x 5) で、第一段静翼の温度 T_m が予め定められた温度 T_{ms} 以下になっていないと判断した場合は、図 3 に示す真空破壊工程 (S s t 10) を実行する。

[0083] ボイラー冷却工程 (S b) では、前述したように、復水器ケーシング 41 内の水を排熱回収ボイラー 20 の伝熱管内に供給する。この水中に酸素が多く含まれていると、伝熱管の内面が酸素によりさびるおそれがある。このため、排熱回収ボイラー 20 の伝熱管に供給する水中の酸素濃度を抑える必要がある。そこで、本実施形態では、ボイラー冷却工程 (S b) 中、復水器ケーシング 41 内に外気を流入させず、ボイラー冷却工程 (S b) の完了後に、真空破壊工程 (S x 5) を実行し、復水器ケーシング 41 内に外気を導入している。

[0084] 蒸気タービン冷却工程 (S s t) は、図 4 に示すように、余剰蒸気供給工程 (S s t a) と、低温蒸気供給工程 (S s t c) と、低温蒸気供給工程 (S s t c) 前に実行するドレン排出工程 (S s t b) と、を含む。さらに、この蒸気タービン冷却工程 (S s t) は、冷却空気供給工程 (S s t d) を含む場合がある。

[0085] 蒸気タービン冷却工程 (S s t) で、制御装置 100 は、まず、余剰蒸気

弁 8 1 に開指示を送る（S s t 1：余剰蒸気弁開工程）。この時点で、遮断弁 7 8 及び加減弁 7 9 が閉じているため、排熱回収ボイラー 2 0 からの蒸気は、遮断弁 7 8 及び加減弁 7 9 を経て、蒸気タービン 3 0 に流入しない。排熱回収ボイラー 2 0 からの蒸気は、主蒸気ライン 7 7 に対するバイパスライン 8 0、及びこのバイパスライン 8 0 に設けられている余剰蒸気弁 8 1 を経て、蒸気タービン 3 0 に流入する。排熱回収ボイラー 2 0 から発生する蒸気の温度は、この時点で燃焼器 1 4 への燃料供給が停止しているため、燃焼器 1 4 への燃料供給停止前よりも低い。しかも、この蒸気の温度は、時間経過に伴って徐々に低くなる。さらに、この時点で、ボイラー冷却工程（S b）が開始されていれば、排熱回収ボイラー 2 0 の伝熱管が冷却されるので、排熱回収ボイラー 2 0 から発生する蒸気の温度は、より低くなる。また、排熱回収ボイラー 2 0 から発生する蒸気の流量が時間経過に伴って徐々に少なくなると共に、この蒸気の圧力も時間経過に伴って徐々に低下する。よって、蒸気タービン 3 0 は、余剰蒸気弁 8 1 を経て流入する蒸気により、徐々に冷却される。

[0086] 制御装置 1 0 0 は、余剰蒸気弁開工程（S s t 1）後、主蒸気ライン 7 7 に設けられている蒸気圧力検知器 9 7 により検知された圧力 P_b が予め定められた圧力 P_s 以下になったか否かを判断する（S s t 2：蒸気圧力判断工程）。制御装置 1 0 0 は、蒸気圧力検知器 9 7 により検知された圧力 P_b が予め定められた圧力 P_s 以下になっていないと判断すると、余剰蒸気弁 8 1 を介して、排熱回収ボイラー 2 0 からの蒸気を蒸気タービン 3 0 に供給し続ける。一方、制御装置 1 0 0 は、蒸気圧力検知器 9 7 により検知された圧力 P_b が予め定められた圧力 P_s 以下になったと判断すると、ドレン排出ライン 8 4 に設けられているドレン弁 8 5 に開指示を送る（S s t 3：ドレン弁開工程）。この結果、ドレン弁 8 5 が開き、減温器 5 2 からの低温蒸気が、低温蒸気ライン 8 2 及びドレン排出ライン 8 4 を経て、復水器 4 0 に流入する。減温器 5 2 からの低温蒸気は、低温蒸気ライン 8 2 を通る過程で、この低温蒸気ライン 8 2 を加熱する一方で、冷却され、一部が水になる。この水

は、前述したように、蒸気と共に、ドレン排出ライン 84 を経て、復水器 40 に流入する。

[0087] 制御装置 100 は、ドレン弁開工程 (S s t 3) 後、ドレン弁開工程 (S s t 3) の開始時点から現時点までの時間 T_t が予め定められた時間 T_{ts} 以上経過したか否かを判断する (S s t 4 : 加熱完了判断工程)。制御装置 100 は、この時間 T_t が予め定められた時間 T_{ts} 以上経過していなければ、この時間 T_t が予め定められた時間 T_{ts} になるまで待つ。制御装置 100 は、この時間 T_t が予め定められた時間 T_{ts} 以上経過したと判断すると、低温蒸気ライン 82 が十分に温められたとして、余剰蒸気弁 81 及びドレン弁 85 に閉指示を送る一方で、低温蒸気弁 83 に開指示を送る (S s t 5 : 余剰蒸気弁閉／ドレン弁閉／低温蒸気弁開工程)。この結果、余剰蒸気弁 81 及びドレン弁 85 が閉じられる一方で、低温蒸気弁 83 が開かれる。ドレン弁 85 が閉じられて、低温蒸気弁 83 が開けられることで、減温器 52 からの低温蒸気は、低温蒸気ライン 82 を経て、蒸気タービン 30 に供給される。このため、蒸気タービン 30 は、この低温蒸気で冷却される。

[0088] 余剰蒸気供給工程 (S s t a) は、以上で説明した余剰蒸気弁開工程 (S s t 1) で開始され、S s t 5 における余剰蒸気弁閉で終了する。また、ドレン排出工程 (S s t b) は、ドレン弁開工程 (S s t 3) で開始され、S s t 5 におけるドレン弁閉で終了する。また、低温蒸気供給工程 (S s t c) は、S s t 5 における低温蒸気弁開で開始される。

[0089] 低温蒸気供給工程 (S s t c) の実行前に、ドレン排出工程 (S s t b) が実行され、低温蒸気ライン 82 が低温蒸気で温められる。このため、低温蒸気供給工程 (S s t c) の開始時に、低温蒸気が低温蒸気ライン 82 を通る過程で、一部が液化するのを抑制することができる。つまり、低温蒸気供給工程 (S s t c) の開始時に、蒸気タービン 30 に流入する低温蒸気のドレン量を抑えることができる。

[0090] この低温蒸気供給工程 (S s t c) では、低温蒸気を蒸気タービン 30 の蒸気入口から蒸気タービン 30 内に入れる。蒸気タービン 30 では、その運

転中、各段の翼のうち、蒸気流れの下流側の翼より上流側の翼の方が高温の蒸気に晒され、上流側の翼の方が高温になる。このため、本実施形態のように、低温蒸気を蒸気タービン30の蒸気入口から蒸気タービン30内に入れることで、上流側の高温の翼を効率的に冷却することができる。

[0091] 制御装置100は、低温蒸気弁83に閉指示を送った後、前述の冷却完了判断工程（S b 2）と同様に、ボイラー冷却が完了したか否かを判断する（S s t 6：冷却完了判断工程）。制御装置100は、ボイラー冷却が完了していないと判断すると、前述のメタル温度判断工程（S x 5）と同様に、メタル温度検知器96で検知された第一段静翼の温度 T_m が予め定められた温度 T_{ms} 以下になったか否かを判断する（S s t 7：メタル温度判断工程）。制御装置100は、第一段静翼の温度 T_m が予め定められた温度 T_{ms} 以下になっていないと判断すると、冷却完了判断工程（S s t 6）に戻る。一方、制御装置100は、第一段静翼の温度 T_m が予め定められた温度 T_{ms} 以下になったと判断すると、蒸気タービン30の冷却が完了したとして、低温蒸気弁83に閉指示を送る（S s t 8：低温蒸気弁閉工程）。この結果、蒸気タービン30には、低温蒸気が流入しなくなり、低温蒸気供給工程（S s t c）及び蒸気タービン冷却工程（S s t）が終了する。

[0092] 制御装置100は、冷却完了判断工程（S s t 6）で、ボイラー冷却が完了していると判断すると、前述の真空破壊工程（S x 6）と同様に、復水器40の真空破壊弁73に閉指示を送ると共に、真空ポンプ71に停止指示を送る。さらに、制御装置100は、低温蒸気弁83に閉指示を送る（S s t 10：真空破壊工程（図3に示す））。この結果、復水器ケーシング41内に外気が流入し、復水器ケーシング41内の真空状態が破壊される。さらに、低温蒸気弁83が閉じられ、低温蒸気供給工程（S s t c）が終了する。

[0093] 制御装置100は、真空破壊工程（S s t 10）を実行すると、冷却空気弁91に閉指示を送ると共に、冷却空気ファン55に駆動指示（又は供給指示）を送る（S s t 11：冷却空気弁開／冷却空気ファン駆動工程）。この結果、冷却空気ファン55からの冷却空気が冷却空気ライン90を介して蒸

気タービン30に供給される。このため、蒸気タービン30は、この冷却空気で冷却される。以上のように、冷却空気供給工程（S s t d）は、冷却空気弁開／冷却空気ファン駆動工程（S s t 1 1）の実行で開始される。

[0094] 制御装置100は、冷却空気弁開／冷却空気ファン駆動工程（S s t 1 1）を実行すると、前述のメタル温度判断工程（S x 5, S s t 7）と同様に、メタル温度検知器96で検知された第一段静翼の温度 T_m が予め定められた温度 T_{ms} 以下になったか否かを判断する（S s t 1 2：メタル温度判断工程）。制御装置100は、第一段静翼の温度 T_m が予め定められた温度 T_{ms} 以下になっていないと判断すると、第一段静翼の温度 T_m が予め定められた温度 T_{ms} 以下になるまで待つ。一方、制御装置100は、第一段静翼の温度 T_m が予め定められた温度 T_{ms} 以下になったと判断すると、蒸気タービン30の冷却が完了したとして、冷却空気ファン55に停止指示を送ると共に、冷却空気弁91に閉指示を送る（S s t 1 3：冷却空気ファン停止／冷却空気弁閉工程）。この結果、蒸気タービン30には、冷却空気が流入しなくなり、冷却空気供給工程（S s t d）及び蒸気タービン冷却工程（S s t）が終了する。

[0095] 以上で、蒸気タービンプラントの停止処理が完了する。

[0096] ここで、本実施形態における蒸気タービンプラントの効果について説明する前に、比較例における蒸気タービンプラントについて、説明する。

[0097] 比較例の蒸気タービンプラントでは、専ら、冷却空気ファン55からの冷却空気で蒸気タービン30を冷却する。よって、比較例の蒸気タービンプラントは、本実施形態における蒸気タービンプラントから、低温蒸気ライン82、バイパスライン80を省いたものである。

[0098] 比較例の蒸気タービンプラントでも、図5に示すように、本実施形態の蒸気タービンプラントと同様に、比較例の制御装置が外部からプラント停止指令を受け付けると、燃料弁66に対して、開度を徐々に小さくするよう指示を送る（S 1：燃料減少工程）。

[0099] 燃焼器14に供給される燃料の流量が徐々に少なくなることで、発電機出

力が徐々に低下し、この発電機出力が予め定められた出力以下になると、制御装置は、遮断器 6 2 に開放指示を送り、遮断器 6 2 を開放させて、発電機 4 5 を外部系統 6 3 から解列する。さらに、制御装置は、遮断弁 7 8 及び加減弁 7 9 に閉指示を送り、遮断弁 7 8 及び加減弁 7 9 を閉じさせると共に、燃料弁 6 6 に閉指示を送り、燃料弁 6 6 を閉じさせる（S 2：解列／遮断弁及び加減弁閉／燃料停止工程）。

[0100] 制御装置は、解列／遮断弁及び加減弁閉／燃料停止工程（S 2）が完了すると、本実施形態の蒸気タービンプラントと同様に、ガスタービン冷却工程（S g t）、及びボイラー冷却工程（S b）を実行する。但し、比較例では、解列／遮断弁及び加減弁閉／燃料停止工程（S 2）後に、直ちに蒸気タービン冷却工程（S s t z）を実行しない。

[0101] 比較例での蒸気タービン冷却工程（S s t z）では、前述したように、専ら、冷却空気ファン 5 5 からの冷却空気で蒸気タービン 3 0 を冷却する。蒸気タービン 3 0 に冷却空気が流入すると、復水器 4 0 内にも、この冷却空気が流入する。ボイラー冷却工程（S b）では、前述したように、排熱回収ボイラー 2 0 の伝熱管に供給する水中の酸素濃度を抑える必要があるため、このボイラー冷却工程（S b）中、基本的に、復水器ケーシング 4 1 内に空気を流入させない。よって、比較例では、ボイラー冷却工程（S b）の完了後に、復水器 4 0 に対する真空破壊工程を実行した後、蒸気タービン冷却工程（S s b z）を実行する。

[0102] 一方、本実施形態における蒸気タービン冷却工程（S s t）の余剰蒸気供給工程（S s t a）及び低温蒸気供給工程（S s t c）では、蒸気タービン 3 0 に蒸気を供給して、この蒸気で蒸気タービン 3 0 を冷却する。このため、余剰蒸気供給工程（S s t a）及び低温蒸気供給工程（S s t c）の実行では、復水器ケーシング 4 1 内に空気が流入しない。そこで、本実施形態では、図 4 に示すように、蒸気タービン冷却工程（S s t）の余剰蒸気供給工程（S s t a）及び低温蒸気供給工程（S s t c）をボイラー冷却工程（S b）に並行して実行する。よって、本実施形態では、蒸気タービン 3 0 の冷

却開始タイミングを早めることができ、結果として、蒸気タービン30及び蒸気タービンプラントの冷却完了タイミングを早めることができる。

[0103] 蒸気は、空気に比べて、熱容量が大きい。このため、蒸気タービン30の温度が高く、この蒸気タービン30の温度と低温蒸気の温度との温度差が大きい段階では、本実施形態における低温蒸気の流量にもよるが、単位時間当たりの蒸気タービン30の降下温度を大きくすることができる。よって、本実施形態では、この観点からも、蒸気タービン30の冷却完了タイミングを早めることができる。

[0104] また、本実施形態では、低温蒸気の供給により、蒸気タービン30の温度が低下し、蒸気タービン30の温度と低温蒸気の温度との温度差が小さくなった段階で、ボイラー冷却工程（S b）が完了していれば、この蒸気タービン30の温度に対して温度差が大きい冷却空気、蒸気タービン30を冷却する。このため、本実施形態では、ボイラー冷却工程（S b）が完了していれば、蒸気タービン30の温度と低温蒸気の温度との温度差が小さくなった以降における、単位時間当たりの蒸気タービン30の降下温度を大きくすることができる。よって、本実施形態では、この観点からも、蒸気タービン30の冷却完了タイミングを早めることができる。

[0105] 本実施形態では、蒸気タービン冷却工程（S s t）で、余剰蒸気供給工程（S s t a）を実行してから低温蒸気供給工程（S s t c）を実行する。余剰蒸気供給工程（S s t a）では、解列／遮断弁及び加減弁閉／燃料停止工程（S 2）の前と同様に、過熱器23で発生した蒸気を蒸気タービン30に供給する。このため、本実施形態では、解列／遮断弁及び加減弁閉／燃料停止工程（S 2）の直前直後で、蒸気タービン30に供給する蒸気の温度はほとんど変わらない。よって、本実施形態では、蒸気タービン冷却工程（S s t）の開始直後における蒸気タービン30に与える熱衝撃を最小限に抑えることができる。

[0106] 本実施形態の蒸気タービン30は、低温蒸気供給工程（S s t c）を実現するために、補助ボイラー51及び減温器52と、低温蒸気ライン82と、

を備えている。仮に、既設の蒸気タービンプラントが、補助ボイラー 51 と、減温器 52 と、減温器 52 からの低温蒸気を蒸気タービン 30 の軸封装置 39 に導く軸封蒸気ライン 86 と、を備えていれば、この軸封蒸気ライン 86 にから分岐し、主蒸気ライン 77 につながる低温蒸気ライン 82 を設ければ、低温蒸気供給工程 (S s t c) を実現することができる。よって、既設の蒸気タービンプラントが、以上のようなプラントであれば、設備の改造コストを抑えつつ、低温蒸気供給工程 (S s t c) を実現することができる。

[0107] 「第二実施形態」

本発明に係る蒸気タービンプラントの第二実施形態について、図 6 及び図 7 を参照して説明する。

[0108] 本実施形態の蒸気タービンプラントも、第一実施形態の蒸気タービンプラントと同様、図 6 に示すように、ガスタービン 10 と、ガスタービン 10 からの排気ガス E G で蒸気を発生する排熱回収ボイラー 20 x と、排熱回収ボイラー 20 x からの蒸気で駆動する蒸気タービンと、蒸気タービンからの蒸気を水に戻す復水器 40 と、復水器 40 内の水を排熱回収ボイラー 20 x に送る給水ポンプ 76 と、発電機 45 と、起動モータ 49 と、を備える。よって、本実施形態の蒸気タービンプラントも、第一実施形態の蒸気タービンプラントと同様、コンバインドサイクルプラントである。

[0109] 本実施形態のガスタービン 10 は、第一実施形態のガスタービン 10 と同じである。よって、本実施形態のガスタービン 10 も、圧縮機 11 と、燃焼器 14 と、タービン 15 と、を備える。本実施形態でも、燃焼器 14 には、燃焼器 14 に燃料 F を供給する燃料供給ライン 65 が接続されている。この燃料供給ライン 65 には、燃焼器 14 に供給する燃料 F の流量を調節する燃料弁 66 が設けられている。

[0110] 本実施形態の蒸気タービンプラントは、蒸気タービンとして、高圧蒸気タービン 30 a と、中圧蒸気タービン 30 b と、低圧蒸気タービン 30 c と、を備える。高圧蒸気タービン 30 a、中圧蒸気タービン 30 b、及び低圧蒸気タービン 30 c は、いずれも、第一実施形態の蒸気タービン 30 と同様、

蒸気タービンロータ 31 と、蒸気タービンケーシング 34 と、複数の静翼列 36 と、軸封装置と、を有する。なお、図 6 では、低圧蒸気タービン 30c の軸封装置 39c のみを描き、高圧蒸気タービン 30a 及び中圧蒸気タービン 30b の軸封装置を省略している。高圧蒸気タービン 30a の第一段静翼には、この第一段静翼の温度を検知するメタル温度検知器 96 が設けられている。

[0111] 本実施形態の排熱回収ボイラー 20x は、第一実施形態の排熱回収ボイラー 20 と同様、節炭器 21 と、蒸発器 22 と、過熱器 23 と、を有する。本実施形態の排熱回収ボイラー 20x は、さらに、中圧蒸気タービン 30b から排気された蒸気を加熱する再熱器 24 を有する。節炭器 21、蒸発器 22、再熱器 24、及び過熱器 23 は、いずれも、内部を水又は蒸気が通り、この水又は蒸気と排気ガス EG とを熱交換させるための伝熱管を有する。本実施形態の蒸発器 22 も、第一実施形態の蒸発器 22 と同様、伝熱管の他、ドラム 22a を有する。過熱器 23 が有する伝熱管の出口近傍には、この伝熱管の温度を検知する伝熱管温度検知器 98 が設けられている。また、排熱回収ボイラー 20x は、節炭器 21 に供給された水を昇圧する一以上の昇圧ポンプ（不図示）を備える。

[0112] 本実施形態の復水器 40 は、第一実施形態の復水器 40 と同じである。よって、本実施形態の復水器 40 も、水等の冷却媒体が流れる伝熱管と、この伝熱管を覆う復水器ケーシング 41 と、を有する。低圧蒸気タービン 30c からの蒸気は、復水器ケーシング 41 内に流入し、伝熱管内の冷却媒体との熱交換で冷却されて水になる。復水器ケーシング 41 には、第一実施形態の復水器 40 と同様、排気ライン 70 が設けられている。この排気ライン 70 には、復水器ケーシング 41 内の気体を吸引する真空ポンプ 71 が設けられている。この復水器ケーシング 41 には、さらに、外気を復水器ケーシング 41 内に導く外気ライン 72 が設けられている。この外気ライン 72 には、真空破壊弁 73 が設けられている。

[0113] 本実施形態の発電機 45 は、第一実施形態の発電機 45 と同じである。よ

って、本実施形態の発電機４５も、発電機ロータ４６と、発電機ケーシング４７と、を有する。この発電機４５は、第一実施形態と同様、接続線６０により外部系統６３と電氣的に接続されている。この接続線６０には、変圧器６１、及び遮断器６２が設けられている。さらに、この接続線６０には、遮断器６２よりも発電機４５側の位置に電力検知器（出力検知器９９）が設けられている。

[0114] ガスタービンロータ１９と、各蒸気タービン３０ａ，３０ｂ，３０ｃの蒸気タービンロータ３１と、発電機ロータ４６とは、同一軸線Ａｒ上に位置し、互いに機械的に連結されている。よって、本実施形態のコンバインドサイクルプラントも、第一実施形態と同様、一軸型コンバインドサイクルプラントと呼ばれる。起動モータ４９は、軸線Ａｒを中心として、これらのロータを回転させる。

[0115] 本実施形態の蒸気タービンプラントも、第一実施形態の蒸気タービンプラントと同様、低温蒸気発生源５０と、冷却空気ファン５５と、制御装置１００×と、を備える。低温蒸気発生源５０は、排熱回収ボイラー２０×とは独立して蒸気を発生する補助ボイラー５１と、補助ボイラー５１で発生した蒸気の圧力を低下させる圧力制御弁５９と、補助ボイラー５１で発生した蒸気の温度を下げる減温器５２と、を有する。減温器５２は、補助ボイラー５１で発生した蒸気中に減温用の水を噴霧するノズル５３と、このノズル５３に供給する減温用の水の流量を調節する減温水調節弁５４と、を有する。

[0116] 本実施形態の蒸気タービンプラントは、さらに、給水ライン７５と、第一主蒸気ライン７７ａと、第二主蒸気ライン７７ｂと、第一遮断弁７８ａと、第二遮断弁７８ｂと、第一加減弁（主蒸気調節弁）７９ａと、第二加減弁（主蒸気調節弁）７９ｂと、第一余剰蒸気バイパスライン８０ａ（以下、単に第一バイパスライン８０ａとする）と、第二余剰蒸気バイパスライン８０ｂ（以下、単に第二バイパスライン８０ｂとする）と、第一余剰蒸気バイパス弁８１ａ（以下、単に第一余剰蒸気弁８１ａとする）と、第二余剰蒸気バイパス弁８１ｂ（以下、単に第二余剰蒸気弁８１ｂとする）と、低温蒸気ライ

ン 8 2 x と、第一低温蒸気弁 8 3 a と、第二低温蒸気弁 8 3 b と、第一ドレン排出ライン 8 4 a と、第二ドレン排出ライン 8 4 b と、第一ドレン弁 8 5 a と、第二ドレン弁 8 5 b と、軸封蒸気ライン 8 6 と、軸封蒸気弁 8 7 と、複数のボイラー水排出ライン 8 8 と、複数のボイラー水排出弁 8 9 と、冷却空気ライン 9 0 x と、第一冷却空気弁 9 1 a と、第二冷却空気弁 9 1 b と、高圧蒸気回収ライン 9 2 と、ベンチレータライン 9 3 と、ベンチレータ弁 9 4 と、低圧蒸気ライン 9 5 と、を備える。

[0117] 給水ライン 7 5 は、復水器ケーシング 4 1 と節炭器 2 1 とを接続する。この給水ライン 7 5 中に給水ポンプ 7 6 が設けられている。第一主蒸気ライン 7 7 a は、過熱器 2 3 と高圧蒸気タービン 3 0 a の蒸気入口とを接続する。この第一主蒸気ライン 7 7 a に、第一遮断弁 7 8 a 及び第一加減弁 7 9 a が設けられている。さらに、この第一主蒸気ライン 7 7 a 中で、第一遮断弁 7 8 a 及び第一加減弁 7 9 a よりも過熱器 2 3 側には、蒸気の圧力を検知する蒸気圧力検知器 9 7 が設けられている。第一バイパスライン 8 0 a の第一端は、第一主蒸気ライン 7 7 a 中で第一遮断弁 7 8 a 及び第一加減弁 7 9 a よりも過熱器 2 3 側の位置に接続されている。また、この第一バイパスライン 8 0 a の第二端は、第一主蒸気ライン 7 7 a 中で第一遮断弁 7 8 a 及び第一加減弁 7 9 a よりも高圧蒸気タービン 3 0 a の蒸気入口側の位置に接続されている。第一余剰蒸気弁 8 1 a は、この第一バイパスライン 8 0 a に設けられている。

[0118] 高圧蒸気回収ライン 9 2 は、高圧蒸気タービン 3 0 a の蒸気出口と再熱器 2 4 の蒸気入口とを接続する。ベンチレータライン 9 3 の第一端は、この高圧蒸気回収ライン 9 2 に接続されている。ベンチレータライン 9 3 の第二端は、復水器ケーシング 4 1 に接続されている。ベンチレータ弁 9 4 は、このベンチレータライン 9 3 に設けられている。第二主蒸気ライン 7 7 b は、再熱器 2 4 の蒸気出口と中圧蒸気タービン 3 0 b の蒸気入口とを接続する。この第二主蒸気ライン 7 7 b に、第二遮断弁 7 8 b 及び第二加減弁 7 9 b が設けられている。第二バイパスライン 8 0 b の第一端は、第一主蒸気ライン 7

7 a 中で第一遮断弁 7 8 a 及び第一加減弁 7 9 a よりも過熱器 2 3 側の位置に接続されている。また、この第二バイパスライン 8 0 b の第二端は、第二主蒸気ライン 7 7 b 中で第二遮断弁 7 8 b 及び第二加減弁 7 9 b よりも中圧蒸気タービン 3 0 b の蒸気入口側の位置に接続されている。第二余剰蒸気弁 8 1 b は、この第二バイパスライン 8 0 b に設けられている。

[0119] 低圧蒸気ライン 9 5 は、中圧蒸気タービン 3 0 b の蒸気出口と低圧蒸気タービン 3 0 c の蒸気入口とを接続する。

[0120] 低温蒸気ライン 8 2 x は、主低温蒸気ライン 8 2 m と、第一低温蒸気ライン 8 2 a と、第二低温蒸気ライン 8 2 b とを有する。主低温蒸気ライン 8 2 m は、減温器 5 2 に接続されている。第一低温蒸気ライン 8 2 a の第一端は、主低温蒸気ライン 8 2 m に接続されている。第一低温蒸気ライン 8 2 a の第二端は、第一主蒸気ライン 7 7 a 中で第一遮断弁 7 8 a 及び第一加減弁 7 9 a よりも高圧蒸気タービン 3 0 a の蒸気入口側の位置に接続されている。第一低温蒸気弁 8 3 a は、この第一低温蒸気ライン 8 2 a に設けられている。第一ドレン排出ライン 8 4 a の第一端は、第一低温蒸気ライン 8 2 a 中で第一低温蒸気弁 8 3 a よりも減温器 5 2 側の位置に接続されている。第一ドレン排出ライン 8 4 a の第二端は、復水器ケーシング 4 1 に接続されている。第一ドレン弁 8 5 a は、この第一ドレン排出ライン 8 4 a に設けられている。第二低温蒸気ライン 8 2 b の第一端は、主低温蒸気ライン 8 2 m に接続されている。第二低温蒸気ライン 8 2 b の第二端は、第二主蒸気ライン 7 7 b 中で第二遮断弁 7 8 b 及び第二加減弁 7 9 b よりも中圧蒸気タービン 3 0 b の蒸気入口側の位置に接続されている。第二低温蒸気弁 8 3 b は、この第二低温蒸気ライン 8 2 b に設けられている。第二ドレン排出ライン 8 4 b の第一端は、第二低温蒸気ライン 8 2 b 中で第二低温蒸気弁 8 3 b よりも減温器 5 2 側の位置に接続されている。第一ドレン排出ライン 8 4 a の第二端は、復水器ケーシング 4 1 に接続されている。第二ドレン弁 8 5 b は、この第二ドレン排出ライン 8 4 b に設けられている。

[0121] 軸封蒸気ライン 8 6 の第一端は、主低温蒸気ライン 8 2 m に接続されてい

る。軸封蒸気ライン 86 の第二端は、低圧蒸気タービン 30c の軸封装置 39 に接続されている。軸封蒸気弁 87 は、この軸封蒸気ライン 86 に設けられている。ボイラー水排出ライン 88 の第一端は、第一実施形態のボイラー水排出ライン 88 と同様、過熱器 23 を構成する伝熱管の出口近傍に接続されている。

[0122] 複数のボイラー水排出ライン 88 のうち、第一ボイラー水排出ライン 88a の第一端は、蒸発器 22 のドラム 22a に接続されている。この第一ボイラー水排出ライン 88a の第二端は、復水器ケーシング 41 に接続されている。複数のボイラー水排出弁 89 のうち、第一ボイラー水排出弁 89a は、この第一ボイラー水排出ライン 88a に設けられている。複数のボイラー水排出ライン 88 のうち、第二ボイラー水排出ライン 88b の第一端は、過熱器 23 を構成する伝熱管の出口近傍に接続されている。第二ボイラー水排出ライン 88b の第二端は、復水器ケーシング 41 に接続されている。複数のボイラー水排出弁 89 のうち、第二ボイラー水排出弁 89b は、この第二ボイラー水排出ライン 88b に設けられている。

[0123] 冷却空気ライン 90x は、主冷却空気ライン 90m と、第一冷却空気ライン 90a と、第二冷却空気ライン 90b と、を有する。主冷却空気ライン 90m は、冷却空気ファン 55 の吐出口に接続されている。第一冷却空気ライン 90a の第一端は、主冷却空気ライン 90m に接続されている。第一冷却空気ライン 90a の第二端は、第一主蒸気ライン 77a 中で第一遮断弁 78a 及び第一加減弁 79a よりも高圧蒸気タービン 30a の蒸気入口側の位置に接続されている。第一冷却空気弁 91a は、この第一冷却空気ライン 90a に設けられている。第二冷却空気ライン 90b の第一端は、主冷却空気ライン 90m に接続されている。第二冷却空気ライン 90b の第二端は、第二主蒸気ライン 77b 中で第二遮断弁 78b 及び第二加減弁 79b よりも中圧蒸気タービン 30b の蒸気入口側の位置に接続されている。第二冷却空気弁 91b は、この第二冷却空気ライン 90b に設けられている。

[0124] 制御装置 100x は、以上で説明した各弁の動作や、各種ポンプ等の動作

を制御する。

[0125] 次に、以上で説明した本実施形態の蒸気タービンプラントの動作について説明する。

[0126] 本実施形態のガスタービン10も、第一実施形態のガスタービン10と同様に動作する。ガスタービン10のタービンロータ16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20xを経て、外部に放出される。排熱回収ボイラー20xの節炭器21には、復水器40からの水が給水ライン75を介して供給される。節炭器21は、この水を排気ガスEGと熱交換させて加熱する。節炭器21で加熱された水は、蒸発器22でさらに加熱されて蒸気になる。この蒸気は、過熱器23でさらに過熱され、高圧蒸気として、第一主蒸気ライン77aを介して高圧蒸気タービン30aに供給される。高圧蒸気タービン30aを駆動させた蒸気は、高圧蒸気回収ライン92を経て、再熱器24に流入する。再熱器24に流入した蒸気は、この再熱器24で加熱される。再熱器24で加熱された蒸気は、中圧蒸気（又は再熱蒸気）として、第二主蒸気ライン77bを介して中圧蒸気タービン30bに供給される。中圧蒸気タービン30bを駆動させた蒸気は、低圧蒸気ライン95を介して、低圧蒸気タービン30cに供給される。低圧蒸気タービン30cを駆動させた蒸気は、復水器40で水に戻る。この水は、復水器40ら給水ライン75を介して再び節炭器21に供給される。

[0127] 発電機ロータ46は、ガスタービンロータ19及び蒸気タービンロータ31の回転で回転する。発電機45は、この発電機ロータ46の回転で発電する。発電機45が発電した電力は、変圧器61及び遮断器62を介して、外部系統63へ供給される。

[0128] 次に、図7及び図8に示すフローチャートに従って、本実施形態の蒸気タービンプラントの停止過程における動作について説明する。

[0129] 本実施形態でも、制御装置100xは、外部からプラント停止指令を受け付けると、燃料弁66に対して、開度を徐々に小さくするよう指示を送り、

燃焼器 1 4 に供給される燃料の流量を徐々に少なくする（S 1 : 燃料減少工程）。そして、制御装置 1 0 0 x は、第一実施形態と同様に、解列／遮断弁及び加減弁閉／燃料停止工程（S 2 x）を実行する。但し、この解列／遮断弁及び加減弁閉／燃料停止工程（S 2 x）で、制御装置 1 0 0 x は、第一遮断弁 7 8 a、第一加減弁 7 9 a、第二遮断弁 7 8 b、第二加減弁 7 9 b に閉指示を送り、第一遮断弁 7 8 a、第一加減弁 7 9 a、第二遮断弁 7 8 b 及び第二加減弁 7 9 b を閉じさせる。

[0130] 制御装置 1 0 0 x は、解列／遮断弁及び加減弁閉／燃料停止工程（S 2 x）が完了すると、第一実施形態と同様に、ガスタービン冷却工程（S g t）、ボイラー冷却工程（S b）、及び蒸気タービン冷却工程（S s t x）を並行して実行する。本実施形態のガスタービン冷却工程（S g t）は、第一実施形態のガスタービン冷却工程（S g t）と同じ工程である。また、本実施形態のボイラー冷却工程（S b）は、第一実施形態のボイラー冷却工程（S b）と同じ工程である。但し、本実施形態の蒸気タービン冷却工程（S s t x）は、第一実施形態のガスタービン冷却工程（S s t）とわずかに異なる。よって、以下では、本実施形態のガスタービン冷却工程（S g t）及びボイラー冷却工程（S b）の説明を省略し、本実施形態の本実施形態の蒸気タービン冷却工程（S s t x）について説明する。

[0131] 本実施形態の蒸気タービン冷却工程（S s t x）も、第一実施形態と同様に、余剰蒸気供給工程と、低温蒸気供給工程と、低温蒸気供給工程前に実行するドレン排出工程と、を含む。さらに、本実施形態の蒸気タービン冷却工程（S s t x）も、冷却空気供給工程を含む場合がある。

[0132] 蒸気タービン冷却工程（S s t x）で、制御装置 1 0 0 x は、第一実施形態と異なり、まず、ベンチレータ弁 9 4 に開指示を送る（S s t x 1 : ベンチレータ弁開工程）。この結果、ベンチレータ弁 9 4 が開き、高圧蒸気タービン 3 0 a の蒸気出口と復水器ケーシング 4 1 とが、高圧蒸気回収ライン 9 2 及びベンチレータライン 9 3 を介して連通することになる。次に、制御装置 1 0 0 x は、第一実施形態の余剰蒸気弁開工程（S s t 1）と同様の余剰

蒸気弁開工程 (S s t x 1 a) を実行する。但し、この余剰蒸気弁開工程 (S s t x 1 a) で、制御装置 1 0 0 x は、第一余剰蒸気弁 8 1 a 及び第二余剰蒸気弁 8 1 b に開指示を送る。この結果、過熱器 2 3 からの蒸気の一部は、第一バイパスライン 8 0 a を介して、高圧蒸気タービン 3 0 a に流入し、この蒸気により高圧蒸気タービン 3 0 a が冷却される。高圧蒸気タービン 3 0 a に流入した蒸気は、高圧蒸気回収ライン 9 2 及びベンチレータライン 9 3 を介して、復水器 4 0 内に排气される。また、過熱器 2 3 からの蒸気の一部は、第二バイパスライン 8 0 b を介して、中圧蒸気タービン 3 0 b に流入し、この蒸気により中圧蒸気タービン 3 0 b が冷却される。中圧蒸気タービン 3 0 b に流入した蒸気は、低圧蒸気ライン 9 5 を介して、低圧蒸気タービン 3 0 c に流入し、この蒸気により低圧蒸気タービン 3 0 c が冷却される。

[0133] 制御装置 1 0 0 x は、余剰蒸気弁開工程 (S s t x 1 a) 後、第一実施形態と同様に、蒸気圧力判断工程 (S s t 2) を実行する。制御装置 1 0 0 x は、この蒸気圧力判断工程 (S s t 2) で、蒸気圧力検知器 9 7 により検知された圧力 P b が予め定められた圧力 P s 以下になったと判断すると、第一実施形態のドレン弁開工程 (S s t 3) と同様のドレン弁開工程 (S s t x 3) を実行する。但し、このドレン弁開工程 (S s t x 3) で、制御装置 1 0 0 x は、第一ドレン弁 8 5 a 及び第二ドレン弁 8 5 b に開指示を送る。この結果、減温器 5 2 からの低温蒸気の一部が、第一低温蒸気ライン 8 2 a 及び第一ドレン排出ライン 8 4 a を経て、復水器 4 0 に流入する。これにより、第一低温蒸気ライン 8 2 a が低温蒸気で温められる。さらに、減温器 5 2 からの低温蒸気の一部が、第二低温蒸気ライン 8 2 b 及び第二ドレン排出ライン 8 4 b を経て、復水器 4 0 に流入する。これにより、第二低温蒸気ライン 8 2 b が低温蒸気で温められる。

[0134] 制御装置 1 0 0 x は、ドレン弁開工程 (S s t x 3) 後、第一実施形態と同様に、加熱完了判断工程 (S s t 4) を実行する。制御装置 1 0 0 x は、この加熱完了判断工程 (S s t 4) で、ドレン弁開工程 (S s t x 3) の開

始時点から現時点までの時間 T_t が予め定められた時間 T_{ts} 以上経過したと判断すると、第一低温蒸気ライン 82a 及び第二低温蒸気ライン 82b が十分に温められたとして、第一実施形態の余剰蒸気弁閉／ドレン弁閉／低温蒸気弁開工程 (S_{st5}) と同様の余剰蒸気弁閉／ドレン弁閉／低温蒸気弁開工程 (S_{stx5}) を実行する。但し、この余剰蒸気弁閉／ドレン弁閉／低温蒸気弁開工程 (S_{stx5}) で、制御装置 100x は、第一余剰蒸気弁 81a、第二余剰蒸気弁 81b、第一ドレン弁 85a、及び第二ドレン弁 85b に閉指令を送り、第一低温蒸気弁 83a 及び第二低温弁に開指示を送る。この結果、減温器 52 からの低温蒸気の一部は、第一低温蒸気ライン 82a を経て、高圧蒸気タービン 30a に供給される。このため、高圧蒸気タービン 30a は、この低温蒸気で冷却される。また、減温器 52 からの低温蒸気の一部は、第二低温蒸気ライン 82b を経て、中圧蒸気タービン 30b に供給される。このため、中圧蒸気タービン 30b は、この低温蒸気で冷却される。中圧蒸気タービン 30b に供給された低温蒸気は、低圧蒸気ライン 95 を介して、低圧蒸気タービン 30c に流入する。このため、低圧蒸気タービン 30c は、この低温蒸気で冷却される。

[0135] 本実施形態の余剰蒸気供給工程は、以上で説明したベンチレータ弁開工程 (S_{stx1}) で開始され、 S_{stx5} における第一余剰蒸気弁 81a 及び第二余剰蒸気弁 81b の閉で終了する。また、本実施形態のドレン排出工程は、ドレン弁開工程 (S_{stx3}) で開始され、 S_{stx5} における第一ドレン弁 85a 及び第二ドレン弁 85b の閉で終了する。また、低温蒸気供給工程は、 S_{stx5} における第一低温蒸気弁 83a 及び第二低温蒸気弁 83b の開で開始される。

[0136] 制御装置 100x は、第一低温蒸気弁 83a 及び第二低温蒸気弁 83b に開指示を送った後、第一実施形態の冷却完了判断工程 (S_{st6}) と同様に、冷却完了判断工程 (S_{st6}) を実行する。制御装置 100x は、この冷却完了判断工程 (S_{st6}) で、ボイラー冷却が完了していないと判断すると、第一実施形態のメタル温度判断工程 (S_{st7}) と同様に、メタル温度

判断工程（S s t 7）を実行する。制御装置100xは、このメタル温度判断工程（S s t 7）で、メタル温度検知器96で検知された第一段静翼の温度 T_m が予め定められた温度 T_{ms} 以下になっていないと判断すると、冷却完了判断工程（S s t 6）に戻る。一方、制御装置100xは、第一段静翼の温度 T_m が予め定められた温度 T_{ms} 以下になったと判断すると、各蒸気タービン30a, 30b, 30cの冷却が完了したとして、第一実施形態の低温蒸気弁閉工程（S s t 8）と同様の低温蒸気弁閉工程（S s t x 8）を実行する。但し、この低温蒸気弁閉工程（S s t x 8）で、制御装置100xは、第一低温蒸気弁83a及び第二低温蒸気弁83bに閉指示を送る。この結果、各蒸気タービン30a, 30b, 30cには、低温蒸気が入りなくなり、低温蒸気供給工程及び蒸気タービン冷却工程（S s t x）が終了する。

[0137] 制御装置100xは、冷却完了判断工程（S s t 6）で、ボイラー冷却が完了していると判断すると、第一実施形態の真空破壊工程（S s t 10）と同様の真空破壊工程（S s t x 10（図8に示す））を実行する。但し、この真空破壊工程（S s t x 10）で、制御装置100xは、復水器40の真空破壊弁73に開指示を送ると共に、真空ポンプ71に停止指示を送った上で、第一低温蒸気弁83a及び第二低温蒸気弁83bに閉指示を送る。この結果、復水器ケーシング41内に外気が流入し、復水器ケーシング41内の真空状態が破壊される。さらに、第一低温蒸気弁83a及び第二低温蒸気弁83bが閉じられ、低温蒸気供給工程が終了する。

[0138] 制御装置100xは、真空破壊工程（S s t x 10）を実行すると、第一実施形態の冷却空気弁開／冷却空気ファン駆動工程（S s t 11）と同様の冷却空気弁開／冷却空気ファン駆動工程（S s t x 11）を実行する。但し、この冷却空気弁開／冷却空気ファン駆動工程（S s t x 11）で、制御装置100xは、第一冷却空気弁91a及び第二冷却空気弁91bに開指示を送る。この結果、冷却空気ファン55からの冷却空気の一部が第一冷却空気ライン90aを介して高圧蒸気タービン30aに供給される。このため、高

圧蒸気タービン30aは、この冷却空気で冷却される。また、冷却空気ファン55からの冷却空気の他の一部が第二冷却空気ライン90bを介して中圧蒸気タービン30bに供給される。このため、中圧蒸気タービン30bは、この冷却空気で冷却される。中圧蒸気タービン30bに供給された冷却空気は、この中圧蒸気タービン30bから低圧蒸気ライン95を介して、低圧蒸気タービン30cに流入する。低圧蒸気タービン30cは、この冷却空気で冷却される。以上のように、本実施形態の冷却空気供給工程は、冷却空気弁開／冷却空気ファン駆動工程（S s t x 1 1）の実行で開始される。

[0139] 制御装置100xは、冷却空気弁開／冷却空気ファン駆動工程（S s t x 1 1）を実行すると、第一実施形態のメタル温度判断工程（S s t 1 2）と同様に、メタル温度判断工程（S s t 1 2）を実行する。制御装置100xは、このメタル温度判断工程（S s t 1 2）で、メタル温度検知器96で検知された第一段静翼の温度 T_m が予め定められた温度 T_{ms} 以下になったと判断すると、各蒸気タービン30a, 30b, 30cの冷却が完了したとして、第一実施形態の冷却空気ファン停止／冷却空気弁閉工程（S s t 1 3）と同様の冷却空気ファン停止／冷却空気弁閉工程（S s t x 1 3）を実行する。但し、この冷却空気ファン停止／冷却空気弁閉工程（S s t x 1 3）で、制御装置100xは、第一冷却空気弁91a及び第二冷却空気弁91bに閉指示を送る。この結果、各蒸気タービン30a, 30b, 30cには、冷却空気が流入しなくなり、冷却空気供給工程及び蒸気タービン冷却工程（S s t x）が終了する。

[0140] 以上で、蒸気タービンプラントの停止処理が完了する。

[0141] 以上のように、本実施形態でも、第一実施形態と同様、蒸気タービン冷却工程（S s t x）の余剰蒸気供給工程及び低温蒸気供給工程では、各蒸気タービン30a, 30b, 30cに蒸気を供給して、この蒸気で各蒸気タービン30a, 30b, 30cを冷却する。このため、本実施形態でも、第一実施形態と同様の効果を得ることができる。すなわち、本実施形態でも、各蒸気タービン30a, 30b, 30c及び蒸気タービンプラントの冷却完了タ

イミングを早めることができる。

[0142] 「変形例」

以上の各実施形態では、低温蒸気供給工程中に、ボイラー冷却が完了した場合、この低温蒸気供給工程を終了してから、冷却空気供給工程を実行する。しかしながら、ボイラー冷却が完了した後も、第一段静翼の温度が予め定められた温度以下になるまで、低温蒸気供給工程を継続してもよい。この場合、冷却空気ファン５５や冷却空気ライン９０×を設ける必要はない。

[0143] 以上の各実施形態では、余剰蒸気供給工程を実行するため、バイパスライン８０及び余剰蒸気弁８１を設けている。しかしながら、バイパスライン８０及び余剰蒸気弁８１を設けなくても、余剰蒸気供給工程を実行することができる。バイパスライン８０及び余剰蒸気弁８１を設けずに、余剰蒸気供給工程を実行する場合、制御装置１００×は、遮断弁７８に開指示を送ると共に、加減弁７９に米開度を小さくする旨を示す微開指示を送る。この結果、過熱器２３からの蒸気は、主蒸気ライン７７、遮断弁７８及び加減弁７９を介して、蒸気タービン３０に流入するようになる。

[0144] 以上の各実施形態では、蒸気タービン冷却工程で余剰蒸気供給工程を実行する。しかしながら、蒸気タービン冷却工程で、この余剰蒸気供給工程を実行しなくてもよい。この場合、余剰蒸気供給工程を実行するためのバイパスライン及び余剰蒸気弁を省略することができる。

[0145] 以上の実施形態では、低温蒸気供給工程で、一定の温度の低温蒸気を蒸気タービンに供給する。しかしながら、低温蒸気供給工程中に予め定められた条件を満たすと、制御装置が減温器５２に対して低温蒸気の温度を下げるよう指示するようにしてもよい。この場合、予め定められた条件としては、低温蒸気供給工程の開始時点から現時点までの時間が所定時間以上経過したこと、また、蒸気タービンの第一段静翼の温度が予め定められた温度以下になったこと等がある。また、低温蒸気の温度を下げる方法としては、減温水調節弁５４の開度を大きくして、減温器５２のノズル５３から噴霧する水の量を多くする方法がある。このように、低温蒸気供給工程で、条件に応じて低

温蒸気の温度を下げると、蒸気タービンに対する熱衝撃を抑えることができると共に、蒸気タービン 30 を効率的に冷却することができる。

[0146] 以上の実施形態の蒸気タービンプラントは、ガスタービンロータ 19 を起動時等に回転させる起動モータ 49 を備えている。しかしながら、外部からの電力を発電機 45 に供給して、この発電機 45 を起動モータとして機能させる場合には、別途、起動モータを設ける必要はない。

[0147] 以上の実施形態の蒸気タービンプラントは、いずれも、一軸型のコンバインドサイクルプラントである。しかしながら、ガスタービンロータ 19 の回転で駆動する発電機と、この発電機とは別の発電機で、蒸気タービンロータの回転で発電する発電機とを備える二軸型コンバインドサイクルプラントであってもよい。

[0148] 以上の実施形態の蒸気タービンプラントでは、蒸気タービンで発電機を駆動させる。しかしながら、蒸気タービンで、例えば、ポンプ等の他の装置を駆動させてもよい。

[0149] 以上の実施形態の蒸気タービンプラントは、いずれも、ガスタービンと排熱回収ボイラーと蒸気タービンとを備えるコンバインドサイクルプラントである。しかしながら、蒸気タービンプラントは、ガスタービンを備えていなくてもよい。この場合、ボイラーは、火炉を有するコンベンショナルなボイラーになる。

[0150] 以上の実施形態の低温蒸気発生源 50 は、補助ボイラー 51 と、減温器 52 と、を有する。しかしながら、補助ボイラーが発生する蒸気が、蒸気タービンを冷却するため十分な温度の蒸気である場合には、減温器 52 を設ける必要はない。また、一つの敷地内に複数の蒸気タービンプラントがある場合、一の蒸気タービンプラントを停止させる際に、運転中の蒸気タービンプラントがあるときには、この運転中の蒸気タービンプラントのボイラーを補助ボイラーとしてもよい。

産業上の利用可能性

[0151] 本発明の一態様によれば、蒸気タービンの冷却終了を早めることができる

。

符号の説明

- [0152] 1 0 : ガスタービン
- 1 1 : 圧縮機
- 1 2 : 圧縮機ロータ
- 1 3 : 圧縮機ケーシング
- 1 4 : 燃焼器
- 1 5 : タービン
- 1 6 : タービンロータ
- 1 7 : タービンケーシング
- 1 9 : ガスタービンロータ
- 2 0, 2 0 x : 排熱回収ボイラー（又はボイラー）
- 2 1 : 節炭器
- 2 2 : 蒸発器
- 2 2 a : ドラム
- 2 3 : 過熱器
- 2 4 : 再熱器
- 3 0 : 蒸気タービン
- 3 0 a : 高圧蒸気タービン
- 3 0 b : 中圧蒸気タービン
- 3 0 c : 低圧蒸気タービン
- 3 1 : 蒸気タービンロータ
- 3 2 : ロータ軸
- 3 3 : 動翼列
- 3 4 : 蒸気タービンケーシング
- 3 6 : 静翼列
- 3 9, 3 9 c : 軸封装置

- 4 0 : 復水器
- 4 1 : 復水器ケーシング
- 4 2 : 伝熱管
- 4 5 : 発電機
- 4 6 : 発電機ロータ
- 4 7 : 発電機ケーシング
- 4 9 : 起動モータ
- 5 0 : 低温蒸気発生源
- 5 1 : 補助ボイラー（第二ボイラー）
- 5 2 : 減温器
- 5 3 : ノズル
- 5 4 : 減温水調節弁
- 5 5 : 冷却空気ファン（冷却空気供給機）
- 5 9 : 圧力制御弁
- 6 0 : 接続線
- 6 3 : 外部系統
- 6 1 : 変圧器
- 6 2 : 遮断器
- 6 5 : 燃料供給ライン
- 6 6 : 燃料弁
- 7 0 : 排気ライン
- 7 1 : 真空ポンプ
- 7 2 : 外気ライン
- 7 3 : 真空破壊弁
- 7 5 : 給水ライン
- 7 6 : 給水ポンプ
- 7 7 : 主蒸気ライン
- 7 7 a : 第一主蒸気ライン

- 7 7 b : 第二主蒸気ライン
- 7 8 : 遮断弁
- 7 8 a : 第一遮断弁
- 7 8 b : 第二遮断弁
- 7 9 : 加減弁 (主蒸気調節弁)
- 7 9 a : 第一加減弁 (主蒸気調節弁)
- 7 9 b : 第二加減弁 (主蒸気調節弁)
- 8 0 : 余剰蒸気バイパスライン (又は、バイパスライン)
- 8 0 a : 第一余剰蒸気バイパスライン (又は、第一バイパスライン)
- 8 0 b : 第二余剰蒸気バイパスライン (又は、第二バイパスライン)
- 8 1 : 余剰蒸気バイパス弁 (又は、余剰蒸気弁)
- 8 1 a : 第一余剰蒸気バイパス弁 (又は、第一余剰蒸気弁)
- 8 1 b : 第二余剰蒸気バイパス弁 (又は、第二余剰蒸気弁)
- 8 2, 8 2 x : 低温蒸気ライン
- 8 2 m : 主低温蒸気ライン
- 8 2 a : 第一低温蒸気ライン
- 8 2 b : 第二低温蒸気ライン
- 8 3 : 低温蒸気弁
- 8 3 a : 第一低温蒸気弁
- 8 3 b : 第二低温蒸気弁
- 8 4 : ドレン排出ライン
- 8 4 a : 第一ドレン排出ライン
- 8 4 b : 第二ドレン排出ライン
- 8 5 : ドレン弁
- 8 5 a : 第一ドレン弁
- 8 5 b : 第二ドレン弁
- 8 6 : 軸封蒸気ライン
- 8 7 : 軸封蒸気弁

88 : ボイラー水排出ライン
88 a : 第一ボイラー水排出ライン
88 b : 第二ボイラー水排出ライン
89 : ボイラー水排出弁
89 a : 第一ボイラー水排出弁
89 b : 第二ボイラー水排出弁
90, 90 x : 冷却空気ライン
90 m : 主冷却空気ライン
90 a : 第一冷却空気ライン
90 b : 第二冷却空気ライン
91 : 冷却空気弁
91 a : 第一冷却空気弁
91 b : 第二冷却空気弁
92 : 高圧蒸気回収ライン
93 : ベンチレータライン
94 : ベンチレータ弁
95 : 低圧蒸気ライン
96 : メタル温度検知器
97 : 蒸気圧力検知器
98 : 伝熱管温度検知器
99 : 電力検知器（又は出力検知器）
100, 100 x : 制御装置
A : 空気
E G : 排気ガス
F : 燃料
A r : 軸線

請求の範囲

[請求項1]

蒸気を発生するボイラーと、
前記蒸気の発生のための燃料の流量を調節する燃料弁と、
前記ボイラーと独立して、低温蒸気を発生する低温蒸気発生源と、
前記ボイラーからの蒸気で駆動する蒸気タービンと、
前記ボイラーで発生した蒸気を前記蒸気タービンの蒸気入口に導く主蒸気ラインと、
前記主蒸気ラインに設けられ、前記ボイラーから前記蒸気タービンに流入する蒸気流量を調節する主蒸気調節弁と、
前記低温蒸気発生源に接続され、前記低温蒸気発生源からの前記低温蒸気を前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記蒸気タービン側の位置に導く低温蒸気ラインと、
前記低温蒸気ラインに設けられ、前記低温蒸気ラインを流れる前記低温蒸気の流量を調節する低温蒸気弁と、
制御装置と、
を備え、
前記制御装置は、前記燃料弁への閉指示を送った後に、前記低温蒸気弁に開指示を送る、
蒸気タービンプラント。

[請求項2]

請求項1に記載の蒸気タービンプラントにおいて、
前記低温蒸気発生源は、前記ボイラーである第一ボイラーとは独立して蒸気を発生する第二ボイラーと、前記第二ボイラーからの蒸気の温度を低下させて、前記低温蒸気を生成する減温器と、を有する、
蒸気タービンプラント。

[請求項3]

請求項1又は2に記載の蒸気タービンプラントにおいて、
前記低温蒸気ライン中で、前記低温蒸気弁よりも前記低温蒸気発生源側に接続され、前記低温蒸気ライン中の前記低温蒸気及び前記低温蒸気のドレンを排出するドレン排出ラインと、

前記ドレン排出ライン中に設けられているドレン弁と、
を備え、

前記制御装置は、前記燃料弁に対して閉指示を送った後に、前記ドレン弁に開指示を送り、前記ドレン弁に開指示を送ってから所定時間経過すると、前記ドレン弁に閉指示を送ると共に前記低温蒸気弁に開指示を送る、

蒸気タービンプラント。

[請求項4] 請求項1から3のいずれか一項に記載の蒸気タービンプラントにおいて、

前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記ボイラー側の位置から分岐し、前記ボイラーから蒸気を、前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記蒸気タービン側の位置に導くバイパスラインと、

前記バイパスラインを流れる蒸気の流量を調節する余剰蒸気弁と、

前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記ボイラー側の位置での圧力を検知する圧力検知器と、

を備え、

前記制御装置は、前記燃料弁への閉指示の送信に伴って前記主蒸気調節弁に閉指示を送ると共に、前記余剰蒸気弁に開指示を送り、前記圧力検知器で検知された圧力が予め定められた圧力以下になると、前記低温蒸気弁に開指示を送る、

蒸気タービンプラント。

[請求項5] 請求項1から3のいずれか一項に記載の蒸気タービンプラントにおいて、

前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記ボイラー側の位置での圧力を検知する圧力検知器を備え、

前記制御装置は、前記燃料弁への閉指示の送信に伴って前記主蒸気調節弁に弁開度を小さくする旨を示す微開指示を送り、前記圧力検知

器で検知された圧力が予め定められた圧力以下になると、前記低温蒸気弁に開指示を送る、

蒸気タービンプラント。

[請求項6] 請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の蒸気タービンプラントにおいて、

前記蒸気タービンからの蒸気を水に戻す復水器と、

前記復水器内の水を前記ボイラーに導く給水ラインと、

前記給水ラインに設けられ、前記前記復水器内の水をボイラーに送るポンプと、

前記ボイラーで水又は蒸気を通る管又はドラムに接続され、前記管又はドラム内の水又は蒸気をボイラー外に排出するボイラー水排出ラインと、

前記ボイラー水排出ラインに設けられ、前記ボイラー水排出ラインを流れる流体の流量を調節するボイラー水排出弁と、

を備え、

前記制御装置は、前記燃料弁に対して閉指示を送った後に、前記ポンプの駆動を継続した状態で、前記ボイラー水排出弁に開指示を送る、

蒸気タービンプラント。

[請求項7] 請求項 6 に記載の蒸気タービンプラントにおいて、

前記ボイラー水排出ラインは、前記復水器に接続されている、

蒸気タービンプラント。

[請求項8] 請求項 6 又は 7 に記載の蒸気タービンプラントにおいて、

前記制御装置は、前記低温蒸気弁が開いている時間帯の少なくとも一部が、前記ボイラー水排出弁が開いている時間帯に重なるよう、前記ボイラー水排出弁に対して開指示を送る、

蒸気タービンプラント。

[請求項9] 請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の蒸気タービンプラントにお

いて、

前記蒸気タービンで、前記ボイラーからの蒸気が接する箇所の温度を検知する温度検知器を備え、

前記制御装置は、前記温度検知器で検知された温度が予め定められた温度以下になると、前記低温蒸気弁に閉指示を送る、

蒸気タービンプラント。

[請求項10]

請求項6から8のいずれか一項に記載の蒸気タービンプラントにおいて、

前記蒸気タービンで、前記ボイラーからの蒸気が接する箇所の温度を検知する温度検知器と、

前記蒸気タービンを冷却するための冷却空気を前記蒸気タービン内に送る冷却空気供給機と、

前記冷却空気供給機に接続され、前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記蒸気タービン側の位置に前記冷却空気を導く冷却空気ラインと、

を備え、

前記制御装置は、前記温度検知器で検知された温度が予め定められた温度以下になる前に、前記ボイラーの冷却が完了したと判断すると、前記低温蒸気弁に閉指示を送った後に前記冷却空気供給機に供給指示を送り、前記ボイラーの冷却が完了する前に前記温度検知器で検知された温度が予め定められた温度以下になったと判断すると、前記低温蒸気弁に閉指示を送る、

蒸気タービンプラント。

[請求項11]

請求項1から10のいずれか一項に記載の蒸気タービンプラントにおいて、

燃料を燃焼させて駆動するガスタービンを備え、

前記ボイラーは、前記ガスタービンから排気された燃焼ガスの熱で蒸気を発生させる排熱回収ボイラーであり、

前記燃料弁は、前記ガスタービンに供給する燃料の流量を調節する弁である、

蒸気タービンプラント。

[請求項12]

請求項11に記載の蒸気タービンプラントにおいて、

前記ガスタービンのガスタービンロータを回転させるモータを備え、

前記制御装置は、前記ガスタービンの定格回転数より低い回転数で前記ガスタービンロータを回転させるスピン運転を実行するよう、前記燃料弁に対して閉指示を送った後であって、前記低温蒸気弁が開いている時間帯の少なくとも一部が、前記スピン運転の実行時間帯に重なるタイミングで、前記モータにスピン運転指示を送る、

蒸気タービンプラント。

[請求項13]

蒸気を発生するボイラーと、

前記ボイラーからの蒸気で駆動する蒸気タービンと、

前記ボイラーで発生した蒸気を前記蒸気タービンの蒸気入口に導く主蒸気ラインと、

前記主蒸気ラインに設けられ、前記ボイラーから前記蒸気タービンに流入する蒸気流量を調節する主蒸気調節弁と、

を備える蒸気タービンプラントの冷却方法において、

前記ボイラーで蒸気の発生のための燃料供給を停止する燃料停止工程と、

前記燃料停止工程後に、前記ボイラーと独立して、低温蒸気を発生する低温蒸気発生源からの低温蒸気を、前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記蒸気タービン側の位置に導く低温蒸気供給工程と、

を実行する蒸気タービンプラントの冷却方法。

[請求項14]

請求項13に記載の蒸気タービンプラントの冷却方法において、

前記蒸気タービンプラントは、

前記低温蒸気発生源に接続され、前記低温蒸気発生源からの前記低温蒸気を前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記蒸気タービン側の位置に導く低温蒸気ラインと、

前記低温蒸気ラインに設けられ、前記低温蒸気ラインを流れる前記低温蒸気の流量を調節する低温蒸気弁と、

を備え、

前記燃料停止工程後に、前記低温蒸気ライン中で前記低温蒸気弁よりも前記低温蒸気発生源側の前記低温蒸気及び前記低温蒸気のドレンを排出するドレン排出工程を実行し、

前記ドレン排出工程後に、前記低温蒸気弁を開けて前記低温蒸気供給工程を実行する、

蒸気タービンプラントの冷却方法。

[請求項15] 請求項13又は14に記載の蒸気タービンプラントの冷却方法において、

前記燃料停止工程に伴って前記主蒸気調節弁を閉じる主蒸気停止工程と、

前記燃料停止工程及び前記主蒸気停止工程後に、前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記ボイラー側の蒸気を、前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記ボイラー側に供給する余剰蒸気供給工程と、

を実行し、

前記主蒸気ライン中で前記主蒸気調節弁よりも前記ボイラー側の位置での圧力が予め定められた圧力以下になると、前記低温蒸気供給工程を実行する、

蒸気タービンプラントの冷却方法。

[請求項16] 請求項13から15のいずれか一項に記載の蒸気タービンプラントの冷却方法において、

前記蒸気タービンプラントは、

前記蒸気タービンからの蒸気を水に戻す復水器と、
前記復水器内の水を前記ボイラーに導く給水ラインと、
前記給水ラインに設けられ、前記前記復水器内の水をボイラーに送
るポンプと、
を備え、

前記燃料停止工程後に、前記ポンプの駆動を継続した状態で、前記
ボイラーで水又は蒸気が通る管内の前記水又は前記蒸気を前記ボイラ
ー外に排出するボイラー冷却工程を実行する、
蒸気タービンプラントの冷却方法。

[請求項17] 請求項16に記載の蒸気タービンプラントの冷却方法において、
前記低温蒸気供給工程の実行時間帯の少なくとも一部が、前記ボイ
ラー冷却工程の実行時間帯に重なる、
蒸気タービンプラントの冷却方法。

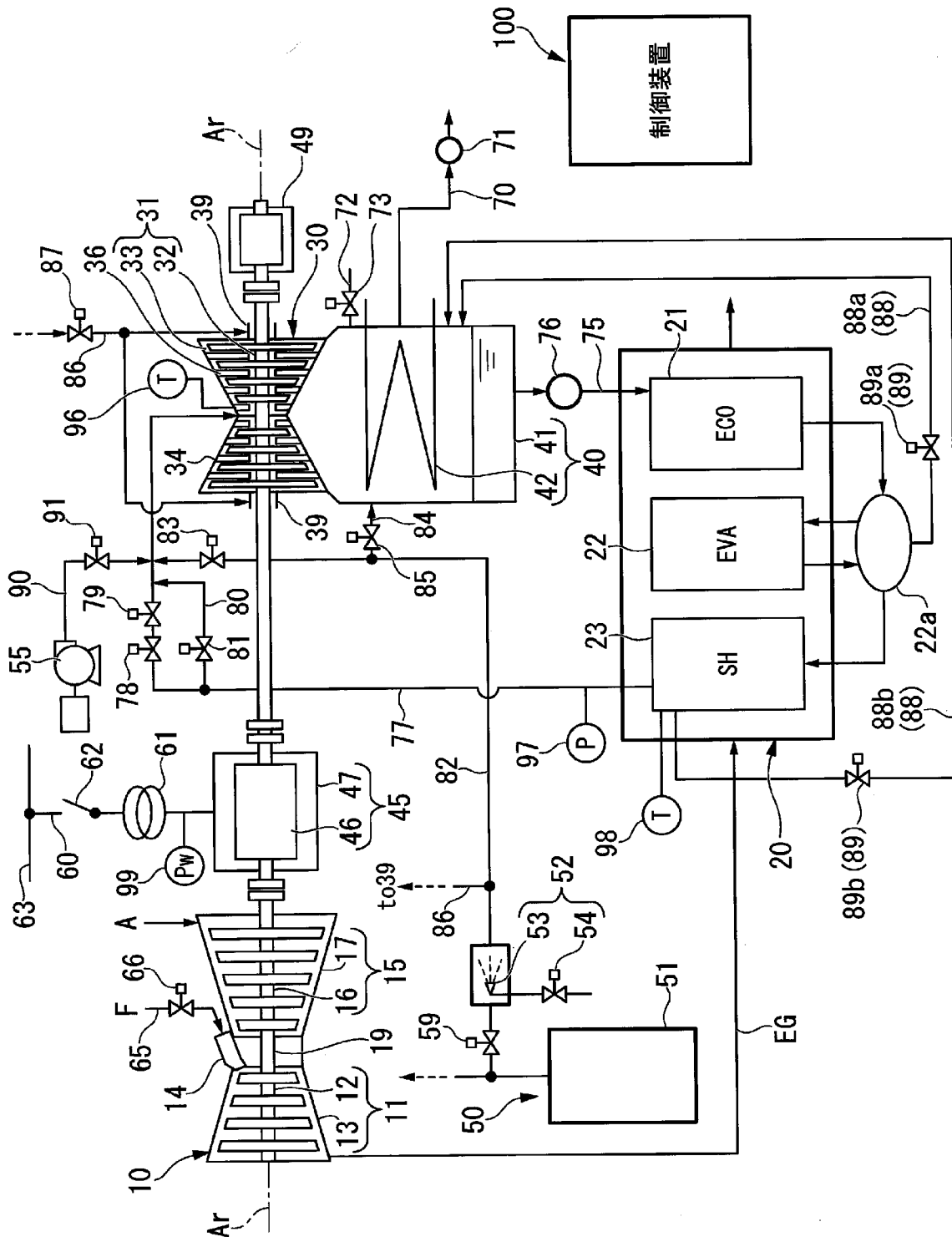
[請求項18] 請求項16又は17に記載の蒸気タービンプラントの冷却方法にお
いて、

前記蒸気タービンで、前記低温蒸気供給工程の実行後、前記ボイラ
ーからの蒸気が接する箇所の温度が予め定められた温度以下になる前
に、前記ボイラーの冷却が完了すると、前記低温蒸気供給工程を終了
する一方で、前記蒸気タービン内に冷却空気を送る冷却空気供給工程
を実行し、

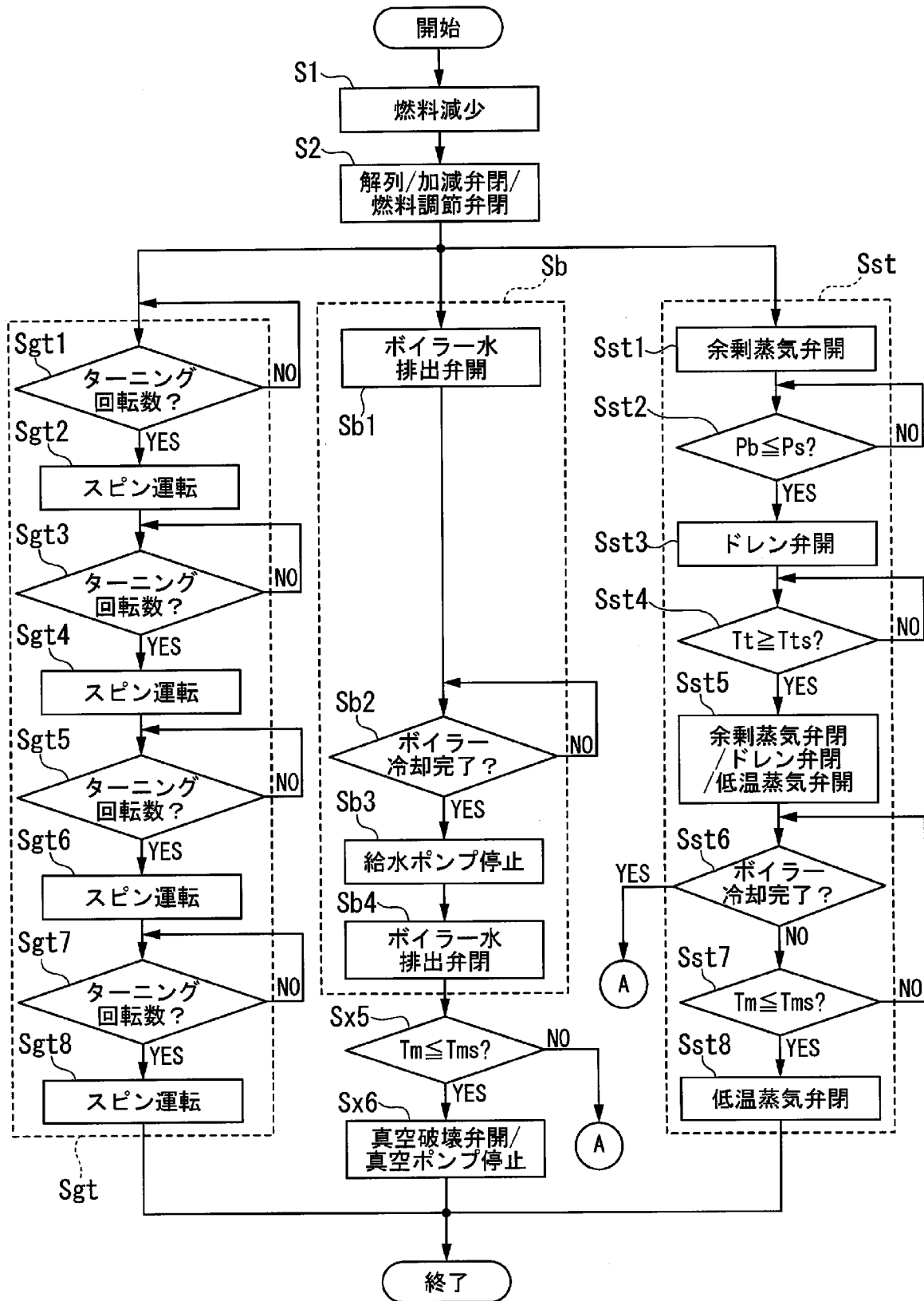
前記ボイラーの冷却が完了する前に、前記ボイラーからの蒸気が接
する箇所の温度が予め定められた温度以下になると、前記低温蒸気供
給工程を終了する、

蒸気タービンプラントの冷却方法。

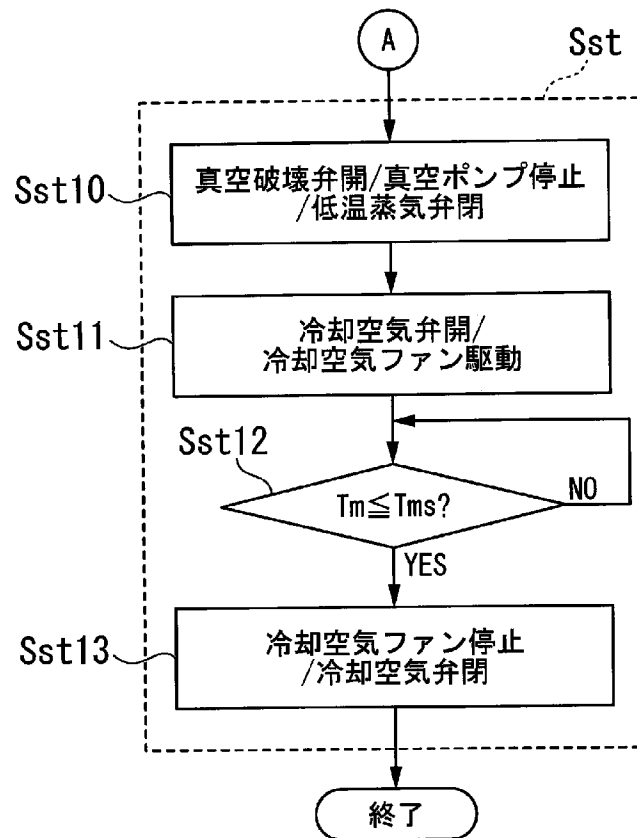
[図1]



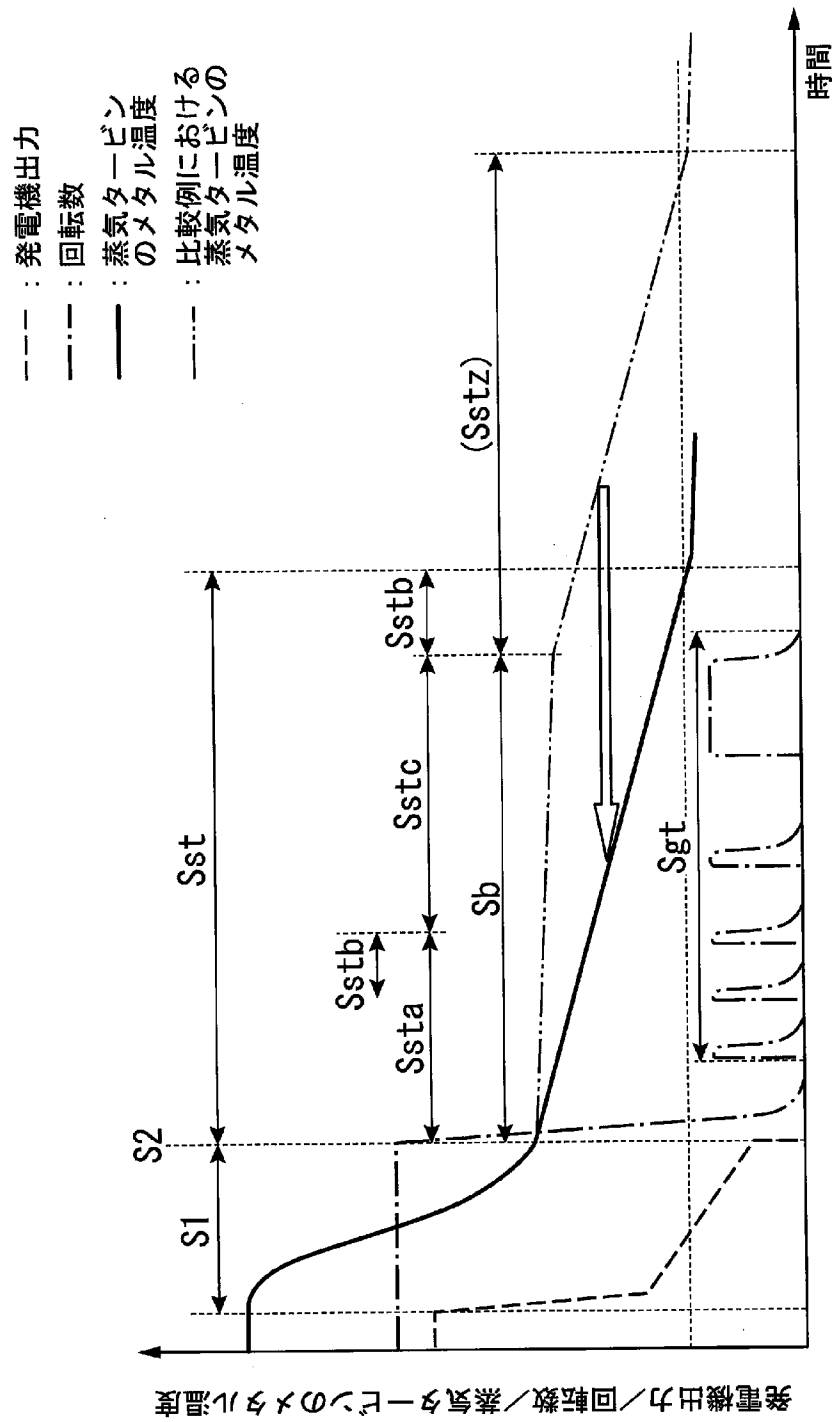
[図2]



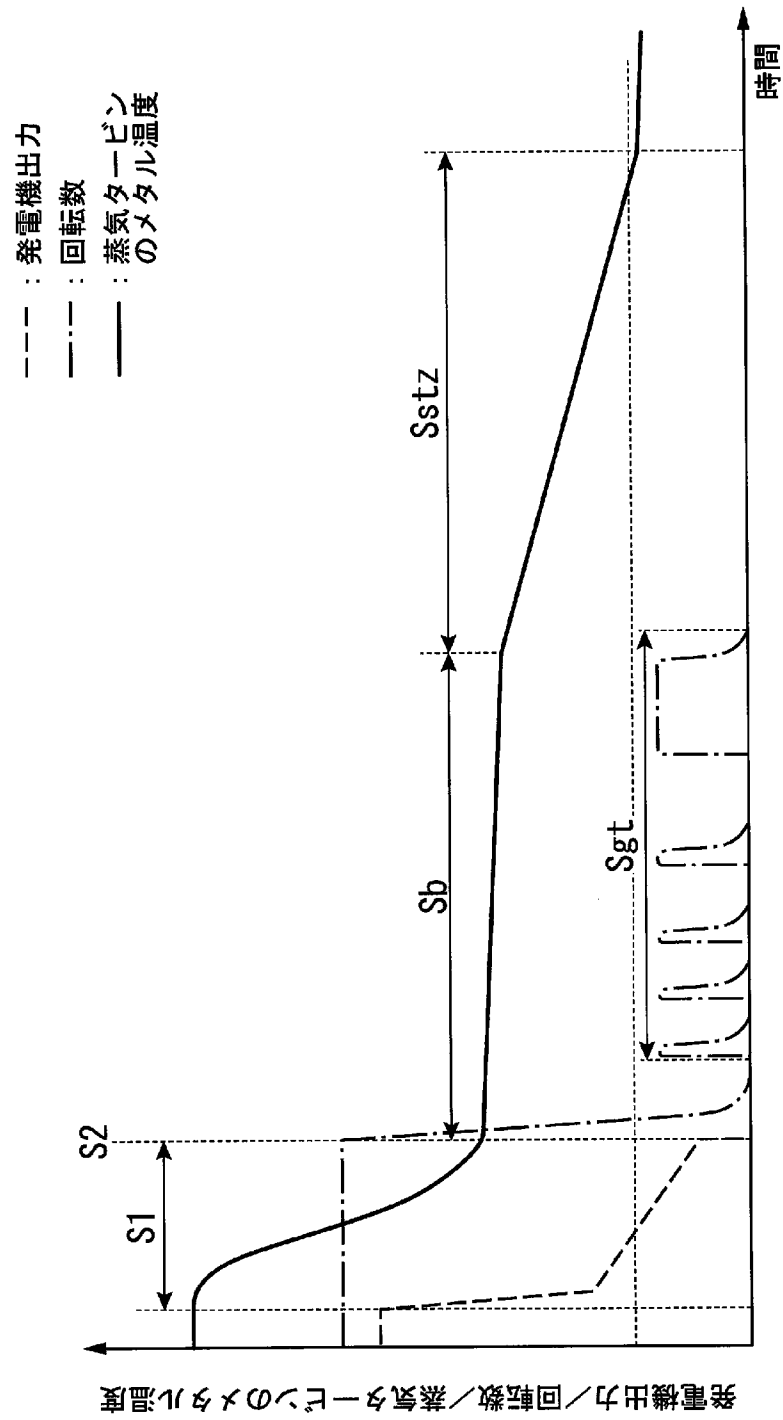
[図3]



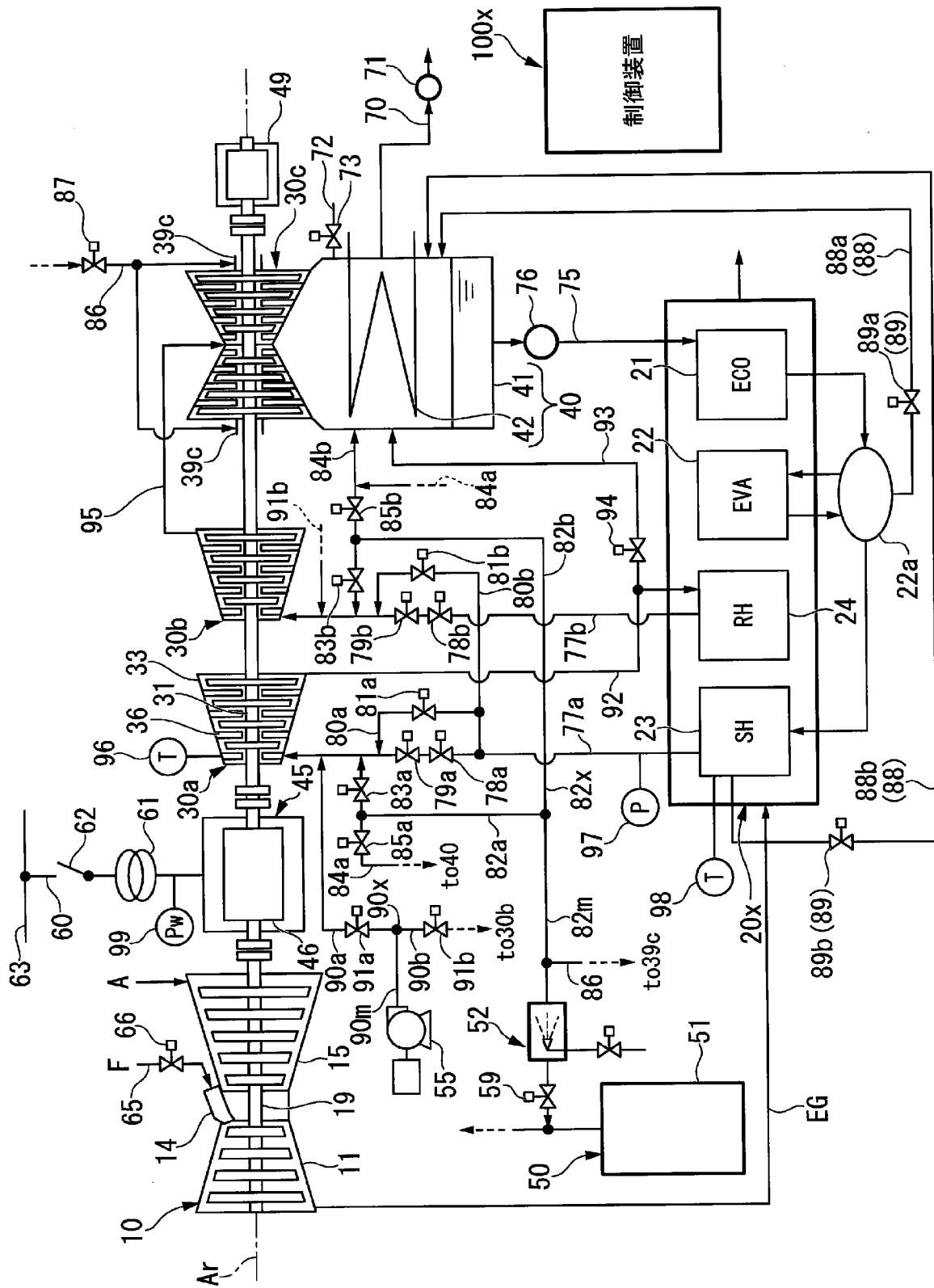
[図4]



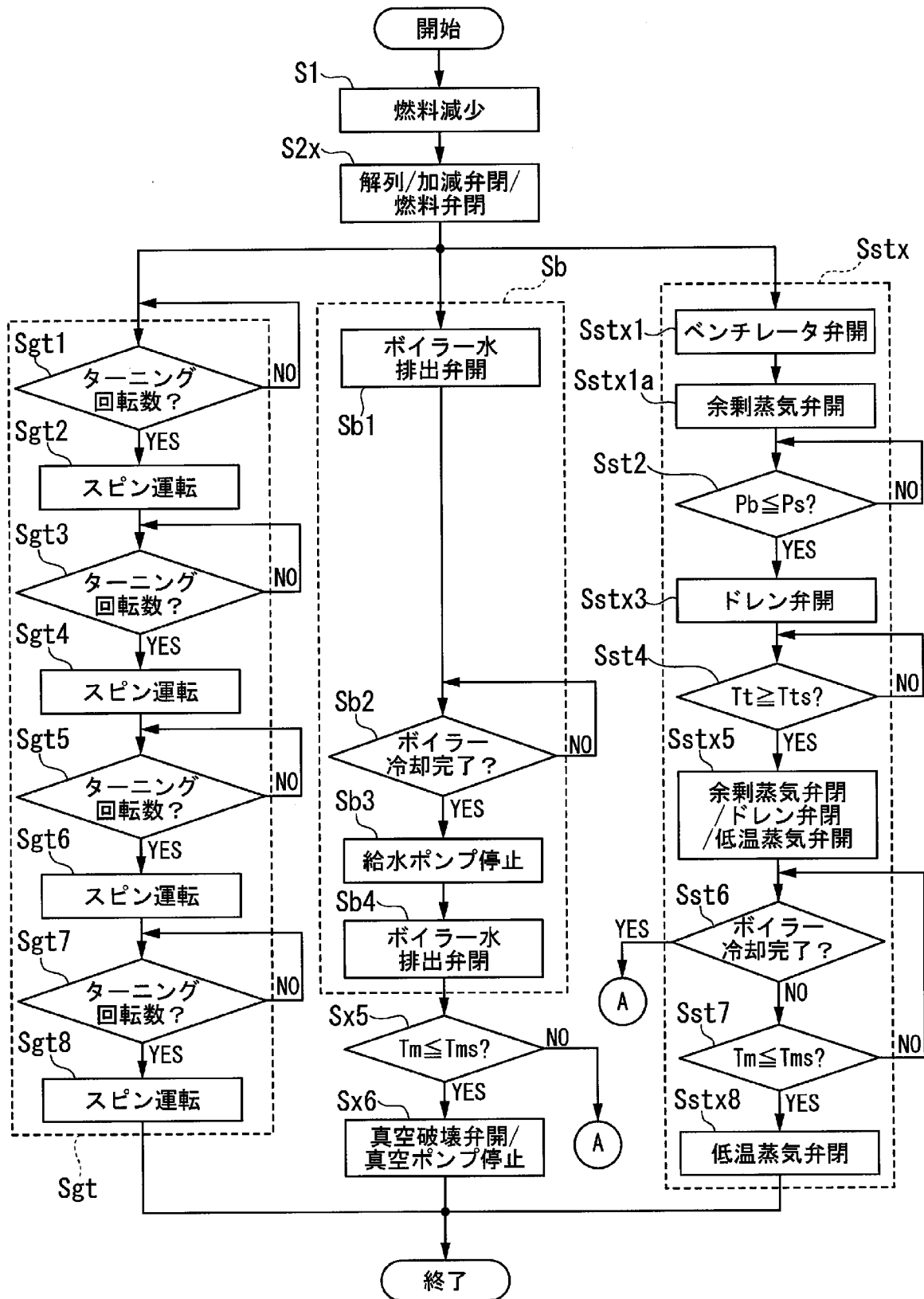
[図5]



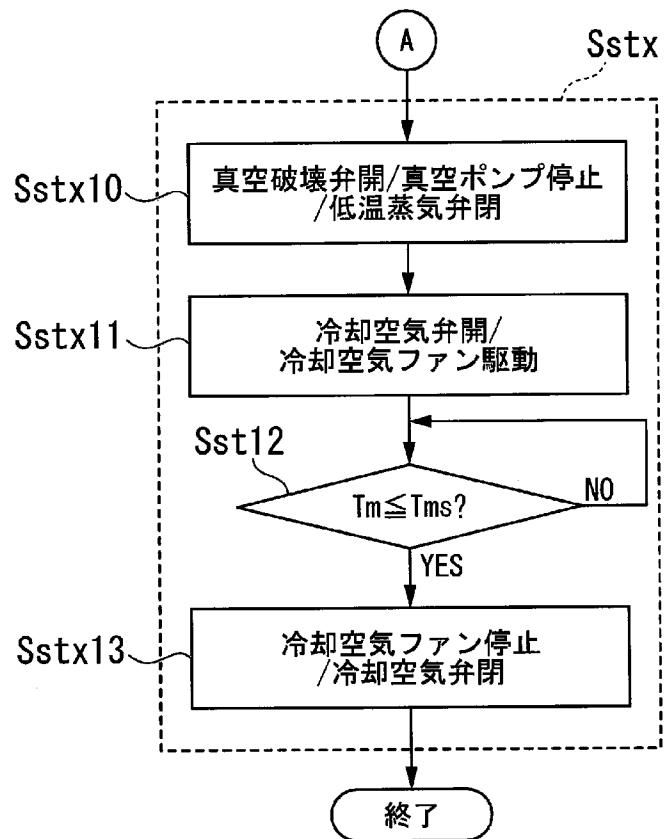
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/013339

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F01D25/12 (2006.01) i, F01D17/10 (2006.01) i, F01K13/02 (2006.01) i, F01K23/10 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. F01D25/12, F01D17/10, F01K13/02, F01K23/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-9787 A (TOKYO ELECTRIC POWER CO., INC.) 12 January 2006, entire text, all drawings (Family: none)	1-18
A	JP 53-118605 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO., LTD.) 17 October 1978, entire text, all drawings (Family: none)	1-18
A	JP 4-140403 A (HITACHI, LTD.) 14 May 1992, entire text, all drawings (Family: none)	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.	☐ See patent family annex.
---	---

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 05.06.2019	Date of mailing of the international search report 18.06.2019
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F01D25/12(2006.01)i, F01D17/10(2006.01)i, F01K13/02(2006.01)i, F01K23/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F01D25/12, F01D17/10, F01K13/02, F01K23/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2006-9787 A（東京電力株式会社）2006.01.12, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-18
A	JP 53-118605 A（東京芝浦電気株式会社）1978.10.17, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-18
A	JP 4-140403 A（株式会社日立製作所）1992.05.14, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-18

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

05.06.2019

国際調査報告の発送日

18.06.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

中村 大輔

3S

3625

電話番号 03-3581-1101 内線 3391