

WO 2017/11048 A1

WO 2017/110448 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

ガスタービン冷却系統、これを備えるガスタービン設備、ガスタービン冷却系統の制御装置及び制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、ガスタービンで燃焼ガスに接する高温部品を冷却するためのガスタービン冷却系統、これを備えるガスタービン設備、ガスタービン冷却系統の制御装置及び制御方法に関する。

本願は、２０１５年１２月２４日に、日本国に出願された特願２０１５－２５１２２２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] ガスタービンは、外気を圧縮して圧縮空気を生成する空気圧縮機と、燃料を圧縮空気中で燃焼させて燃焼ガスを生成する燃焼器と、燃焼ガスにより駆動するタービンと、を備えている。燃焼器の燃焼筒や、タービンの動翼や静翼等が高温の燃焼ガスに晒される。このため、ガスタービンでは、これらの高温部品を冷却して、これらの高温部品を燃焼ガスの熱から保護する必要がある。

[0003] 以下の特許文献１には、ガスタービンの高温部品の一つである燃焼器の燃焼筒を冷却するための冷却系統が開示されている。この冷却系統は、ガスタービンの空気圧縮機で圧縮された圧縮空気を燃焼筒に導く冷却空気ラインと、冷却空気ライン中の圧縮空気を冷却する冷却器と、冷却空気ライン中の冷却空気を昇圧する昇圧機と、を備えている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２０１４－０７０５１０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記特許文献 1 に記載の技術では、ガスタービンの負荷変化時の対応について考慮されていない。

[0006] そこで、本発明は、冷却空気の使用量を抑えつつ、負荷変化時でも高温部品を冷却す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

[0007] 上記目的を達成するための発明に係る第一態様のガスタービン冷却システムの制御装置は、

ガスタービンの空気圧縮機で圧縮された圧縮空気をガスタービン中で燃焼ガスに接する高温部品に導く冷却空気ラインと、前記冷却空気ライン中の前記圧縮空気を冷却して冷却空気にする冷却器と、前記冷却空気ライン中の前記冷却空気を昇圧する昇圧機と、前記冷却空気ラインを経て前記高温部品に供給される前記冷却空気の流量を調節する流量調節器と、を備えるガスタービン冷却システムの制御装置において、

前記ガスタービンの負荷を示す負荷指令を受け付ける受付部と、前記受付部が受け付けた前記負荷指令が示す負荷が変化したか否かを判定する負荷変化判定部と、前記高温部品に供給される前記冷却空気の流量が前記ガスタービンの運転状態に応じて定まる目標流量になり得る前記流量調節器の操作量を示す第一指令を発生する第一指令発生部と、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定されると、前記目標流量より多い変化時流量になり得る前記流量調節器の操作量を示す第二指令を発生する第二指令発生部と、前記第二指令発生部が前記第二指令を発生している場合、前記第二指令に基づく流量調節器指令を前記流量調節器に出力し、前記第二指令発生部が前記第二指令を発生していない場合、前記第一指令に基づく流量調節器指令を前記流量調節器に出力する指令出力部と、を有する。

[0008] ガスタービンの負荷が変化すると、空気圧縮機の吐出圧が変化する。このため、昇圧機の吸気圧は、空気圧縮機の吐出圧の変化に伴って変化する。一方、昇圧機の吐出圧は、冷却空気ラインの存在により、空気圧縮機の吐出圧

の変化に対して遅れて変化する。よって、ガスタービンの負荷が変化すると、昇圧機の圧力比が変化する関係で、昇圧機を流れる冷却空気の流量が変化し、結果として、高温部品に供給される冷却空気の流量が変化する。すなわち、ガスタービンの負荷が変化すると、この変化に伴って過渡的に冷却空気の流量が減少する。このため、ガスタービンの負荷が変化すると、冷却空気による高温部品の冷却能力が低下することがある。

[0009] そこで、当該制御装置では、制御装置の負荷変化判定部が負荷が変化したと判定すると、流量調節器の操作量を、冷却空気の負荷静定時用の目標流量より多い変化時流量になり得る量にする。よって、当該制御装置では、負荷変化時に、高温部品に供給される冷却空気の流量の減少を抑えることができる。

[0010] 上記目的を達成するための発明に係る第二態様のガスタービン冷却システムの制御装置は、

前記第一態様のガスタービン冷却システムの制御装置において、前記変化時流量は、前記目標流量よりも予め定められた割合だけ多い。

[0011] 上記目的を達成するための発明に係る第三態様のガスタービン冷却システムの制御装置は、

前記第一又は第二態様のガスタービン冷却システムの制御装置において、前記第二指令発生部は、前記変化時流量が得られる前記流量調節器のフィードフォワード目標操作量を示す指令を前記第二指令として発生する。

[0012] 上記目的を達成するための発明に係る第四態様のガスタービン冷却システムの制御装置は、

前記第一態様のガスタービン冷却システムの制御装置において、前記第二指令発生部は、前記変化時流量に関する目標値と前記冷却空気の現状の流量との偏差が小さくなるよう定められた前記流量調節器のフィードバック操作量を示す指令を前記第二指令として発生する。

[0013] 上記目的を達成するための発明に係る第五態様のガスタービン冷却システムの制御装置は、

前記第一から第四態様のうちのいずれか一のガスタービン冷却システムの制御装置において、前記第二指令発生部は、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定された後、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷の変化が終了したと判定されると、前記第二指令の発生を中止する。

[0014] 当該制御装置では、第二指令発生部が第二指令の発生を中止すると、指令出力部が第一指令に基づく流量調節器指令を流量調節器に出力する。よって、負荷変化が収まると、流量調節器の操作量は、冷却空気の流量が変化時流量よりも少ない負荷静定時用の目標流量になり得る量になる。よって、当該制御装置では、負荷静定時に、高温部品に供給する冷却空気の流量を抑えることができる。

[0015] 上記目的を達成するための発明に係る第六態様のガスタービン冷却システムの制御装置は、

前記第一から第四態様のうちのいずれか一のガスタービン冷却システムの制御装置において、前記第二指令発生部は、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定された後、前記負荷指令が示す負荷の変化が終了したと判定され、且つ予め定められた第二指令中止条件を満たすと、前記第二指令の発生を中止する。

[0016] 上記目的を達成するための発明に係る他の態様としてのガスタービン冷却システムの制御装置は、

ガスタービンの空気圧縮機で圧縮された圧縮空気をガスタービン中で燃焼ガスに接する高温部品に導く冷却空気ラインと、前記冷却空気ライン中の前記圧縮空気を冷却して冷却空気にする冷却器と、前記冷却空気ライン中の前記冷却空気を昇圧する昇圧機と、前記冷却器による前記圧縮空気の冷却量を調節する冷却量調節器と、を備えるガスタービン冷却システムの制御装置において、

前記ガスタービンの負荷を示す負荷指令を受け付ける受付部と、前記受付部が受け付けた前記負荷指令が示す負荷が変化したか否かを判定する負荷変

化判定部と、前記冷却空気の温度が目標温度になり得る前記冷却量調節器の操作量を示す第三指令を発生する第三指令発生部と、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定されると、前記冷却空気の温度が前記目標温度より低い変化時温度になり得る前記冷却量調節器の操作量を示す第四指令を発生する第四指令発生部と、前記第四指令発生部が前記第四指令を発生している場合、前記第四指令に基づく冷却量調節器指令を前記冷却量調節器に出力し、前記第四指令発生部が前記第四指令を発生していない場合、前記第三指令に基づく冷却量調節器指令を前記冷却量調節器に出力する指令出力部と、を有する。

[0017] 上記目的を達成するための発明に係る第七態様のガスタービン冷却システムの制御装置は、

以上のいずれかの前記ガスタービン冷却システムの制御装置において、前記ガスタービン冷却システムは、前記冷却器による前記圧縮空気の冷却量を調節する冷却量調節器を備えており、前記冷却空気の温度が目標温度になり得る前記冷却量調節器の操作量を示す第三指令を発生する第三指令発生部と、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定されると、前記冷却空気の温度が前記目標温度より低い変化時温度になり得る前記冷却量調節器の操作量を示す第四指令を発生する第四指令発生部と、前記第四指令発生部が前記第四指令を発生している場合、前記第四指令に基づく冷却量調節器指令を前記冷却量調節器に出力し、前記第四指令発生部が前記第四指令を発生していない場合、前記第三指令に基づく冷却量調節器指令を前記冷却量調節器に出力する指令出力部と、を有する。

[0018] 前述したように、ガスタービンの負荷が変化すると、冷却空気による高温部品の冷却能力が低下することがある。

[0019] そこで、当該制御装置では、負荷変化判定部が負荷が変化したと判定すると、冷却量調節器の操作量を、冷却空気の負荷静定時の目標温度より低い変化時温度になり得る量にする。よって、当該制御装置では、負荷変化時に、高温部品に供給される冷却空気の温度を下げることができる。

[0020] 上記目的を達成するための発明に係る第八態様のガスタービン冷却システムの制御装置は、

前記第七態様のガスタービン冷却システムの制御装置において、前記変化時温度は、前記目標温度より予め定められた割合だけ低い。

[0021] 上記目的を達成するための発明に係る第九態様のガスタービン冷却システムの制御装置は、

前記第七又は第八態様のガスタービン冷却システムの制御装置において、前記第四指令発生部は、前記変化時温度が得られる前記冷却量調節器のフィードフォワード目標操作量を示す指令を前記第四指令として発生する。

[0022] 上記目的を達成するための発明に係る第十態様のガスタービン冷却システムの制御装置は、

前記第七態様のガスタービン冷却システムの制御装置において、前記第四指令発生部は、前記変化時温度の目標値と前記冷却空気の現状の温度との偏差が小さくなるよう定められた前記冷却量調節器のフィードバック操作量を示す指令を前記第四指令として発生する。

[0023] 上記目的を達成するための発明に係る第十一態様のガスタービン冷却システムの制御装置は、

前記第七から第十態様のうちのいずれか一のガスタービン冷却システムの制御装置において、前記第四指令発生部は、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷が変化すると判定された後、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷の変化が終了すると判定されると、前記第四指令の発生を中止する。

[0024] 上記目的を達成するための発明に係る第十二態様のガスタービン冷却システムの制御装置は、

前記第七から第十態様のうちのいずれか一のガスタービン冷却システムの制御装置において、前記第四指令発生部は、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷が変化すると判定された後、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷の変化が終了すると判定され、且つ予め定められた第四

指令中止条件を満たすと、前記第四指令の発生を中止する。

[0025] 上記目的を達成するための発明に係る第十三態様のガスタービン冷却系統は、

以上のいずれかの制御装置と、前記冷却空気ラインと、前記冷却器と、前記昇圧機と、前記流量調節器と、を備え、前記流量調節器は、前記冷却空気ライン中で前記昇圧機よりも前記空気圧縮機側の吸気ラインに設けられ、前記吸気ラインを流れる前記冷却空気の流量を調節する吸気弁である。

[0026] 上記目的を達成するための発明に係る第十四態様のガスタービン冷却系統は、

以上のいずれかの制御装置と、前記冷却空気ラインと、前記冷却器と、前記昇圧機と、前記流量調節器と、を備え、前記冷却空気ラインは、前記空気圧縮機で圧縮された圧縮空気を前記昇圧機に導く吸気ラインと、前記昇圧機で昇圧された空気を前記高温部品に導く吐出ラインと、前記吐出ラインを流れる空気を前記吸気ラインに戻すリターンラインと、を有し、前記流量調節器は、前記リターンラインを流れる空気の流量を調節するリターン弁である。

[0027] 上記目的を達成するための発明に係る第十五態様のガスタービン冷却系統は、

以上のいずれかの制御装置と、前記冷却空気ラインと、前記冷却器と、前記昇圧機と、前記流量調節器と、を備え、前記流量調節器は、前記昇圧機のケーシングに設けられ、前記ケーシング内に流入する前記冷却空気の流量を調節するインレットガイドベーンである。

[0028] 上記目的を達成するための発明に係る他の態様のガスタービン冷却系統は、

以上のいずれかの制御装置と、前記冷却空気ラインと、前記冷却器と、前記昇圧機と、前記流量調節器と、を備え、前記流量調節器は、前記昇圧機の駆動量を調節可能な駆動量調節器である。

[0029] 上記目的を達成するための発明に係る第十六態様のガスタービン冷却系統

は、

前記第三指令発生部及び前記第四指令発生部を有する、以上のいずれかの制御装置と、前記冷却空気ラインと、前記冷却器と、前記昇圧機と、前記流量調節器と、前記冷却量調節器と、を備え、前記冷却器は、前記圧縮空気と冷却媒体とを熱交換させて、前記圧縮空気を冷却する熱交換器であり、前記冷却量調節器は、前記熱交換器に流入する前記冷却媒体の流量を調節する冷媒弁である。

[0030] 上記目的を達成するための発明に係る他の態様のガスタービン冷却系統は、

前記第三指令発生部及び前記第四指令発生部を有する、以上のいずれかの制御装置と、前記冷却空気ラインと、前記冷却器と、前記昇圧機61と、前記流量調節器と、前記冷却量調節器と、を備え、前記冷却器は、前記圧縮空気が内部を通るラジエターと、前記ラジエターを外部から冷却するファンと、を有し、前記冷却量調節器は、前記ファンの駆動量を調節可能な駆動量調節器である。

[0031] 上記目的を達成するための発明に係る第十七態様のガスタービン設備は、
以上のいずれかのガスタービン冷却系統と、前記ガスタービンと、を備える。

[0032] 上記目的を達成するための発明に係る第十八態様のガスタービン冷却系統の制御方法は、

ガスタービンの空気圧縮機で圧縮された圧縮空気をガスタービン中で燃焼ガスに接する高温部品に導く冷却空気ラインと、前記冷却空気ライン中の前記圧縮空気を冷却して冷却空気にする冷却器と、前記冷却空気ライン中の前記冷却空気を昇圧する昇圧機と、前記冷却空気ラインを経て前記高温部品に供給される前記冷却空気の流量を調節する流量調節器と、を備えるガスタービン冷却系統の制御方法において、

前記ガスタービンの負荷を示す負荷指令を受け付ける受付工程と、前記受付工程で受け付けた前記負荷指令が示す負荷が変化したか否かを判定する負

荷変化判定工程と、前記高温部品に供給される前記冷却空気の流量が前記ガスタービンの運転状態に応じて定まる目標流量になり得る前記流量調節器の操作量を示す第一指令を発生する第一指令発生工程と、前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定されると、前記目標流量より多い変化時流量になり得る前記流量調節器の操作量を示す第二指令を発生する第二指令発生工程と、前記第二指令発生工程で前記第二指令を発生している場合、前記第二指令に基づく流量調節器指令を前記流量調節器に出力し、前記第二指令発生工程で前記第二指令を発生していない場合、前記第一指令に基づく流量調節器指令を前記流量調節器に出力する指令出力工程と、を実行する。

[0033] 前述したように、ガスタービンの負荷が変化すると、この変化に伴って過渡的に冷却空気の流量が減少し、冷却空気による高温部品の冷却能力が低下することがある。

[0034] そこで、当該制御方法では、負荷変化判定工程により負荷が変化したと判定されると、流量調節器の操作量を、冷却空気の負荷静定時用の目標流量より多い変化時流量になり得る量にする。よって、当該制御方法では、負荷変化時に、高温部品に供給される冷却空気の流量の減少を抑えることができる。

[0035] 上記目的を達成するための発明に係る第十九態様のガスタービン冷却システムの制御方法は、

前記第十八態様のガスタービン冷却システムの制御方法において、前記変化時流量は、前記目標流量よりも予め定められた割合だけ大きい。

[0036] 上記目的を達成するための発明に係る第二十態様のガスタービン冷却システムの制御方法は、

前記第十八又は第十九態様のガスタービン冷却システムの制御方法において、前記第二指令発生工程では、前記変化時流量が得られる前記流量調節器のフィードフォワード目標操作量を示す指令を前記第二指令として発生する。

[0037] 上記目的を達成するための発明に係る第二十一態様のガスタービン冷却系

統の制御方法は、

前記第十八態様のガスタービン冷却系統の制御方法において、前記第二指令発生工程では、前記変化時流量に関する目標値と前記冷却空気の現状の流量との偏差が小さくなるよう定められた前記流量調節器のフィードバック操作量を示す指令を前記第二指令として発生する。

[0038] 上記目的を達成するための発明に係る第二十二態様のガスタービン冷却系統の制御方法は、

前記第十八から第二十一態様のうちのいずれか一のガスタービン冷却系統の制御方法において、前記第二指令発生工程では、前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷が変化すると判定された後、前記負荷指令が示す負荷の変化が終了したと判定されると、前記第二指令の発生を中止する。

[0039] 上記目的を達成するための発明に係る第二十三態様のガスタービン冷却系統の制御方法は、

前記第十八から第二十一態様のうちのいずれか一のガスタービン冷却系統の制御方法において、前記第二指令発生工程では、前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷が変化すると判定された後、前記負荷指令が示す負荷の変化が終了したと判定され、且つ予め定められた第二指令中止条件を満たすと、前記第二指令の発生を中止する。

[0040] 上記目的を達成するための発明に係る他の態様としてのガスタービン冷却系統の制御方法は、

ガスタービンの空気圧縮機で圧縮された圧縮空気をガスタービン中で燃焼ガスに接する高温部品に導く冷却空気ラインと、前記冷却空気ライン中の前記圧縮空気を冷却して冷却空気にする冷却器と、前記冷却空気ライン中の前記冷却空気を昇圧する昇圧機と、前記冷却器による前記圧縮空気の冷却量を調節する冷却量調節器と、を備えるガスタービン冷却系統の制御方法において、

前記ガスタービンの負荷を示す負荷指令を受け付ける受付工程と、前記受付工程で受け付けた前記負荷指令が示す負荷が変化したか否かを判定する負

荷変化判定工程と、前記冷却空気の温度が目標温度になり得る前記冷却量調節器の操作量を示す第三指令を発生する第三指令発生工程と、前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定されると、前記冷却空気の温度が前記目標温度より低い変化時温度になり得る前記冷却量調節器の操作量を示す第四指令を発生する第四指令発生工程と、前記第四指令発生工程で前記第四指令を発生している場合、前記第四指令に基づく冷却量調節器指令を前記冷却量調節器に出力し、前記第四指令発生工程で前記第四指令を発生していない場合、前記第三指令に基づく冷却量調節器指令を前記冷却量調節器に出力する指令出力工程と、を実行する。

[0041] 上記目的を達成するための発明に係る第二十四態様のガスタービン冷却システムの制御方法は、

以上のいずれかの前記ガスタービン冷却システムの制御方法において、前記ガスタービン冷却システムは、前記冷却器による前記圧縮空気の冷却量を調節する冷却量調節器を備えており、前記冷却空気の温度が目標温度になり得る前記冷却量調節器の操作量を示す第三指令を発生する第三指令発生工程と、前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定されると、前記冷却空気の温度が前記目標温度より低い変化時温度になり得る前記冷却量調節器の操作量を示す第四指令を発生する第四指令発生工程と、前記第四指令発生工程で前記第四指令を発生している場合、前記第四指令に基づく冷却量調節器指令を前記冷却量調節器に出力し、前記第四指令発生工程で前記第四指令を発生していない場合、前記第三指令に基づく冷却量調節器指令を前記冷却量調節器に出力する指令出力工程と、を実行する。

[0042] 前述したように、ガスタービンの負荷が変化すると、冷却空気による高温部品の冷却能力が低下することがある。

[0043] そこで、当該制御方法では、負荷変化判定工程により負荷が変化したと判定されると、冷却量調節器の操作量を、冷却空気の負荷静定時用の目標温度より低い変化時温度になり得る量にする。よって、当該制御方法では、負荷変化時に、高温部品に供給される冷却空気の温度を下げるができる。

[0044] 上記目的を達成するための発明に係る第二十五態様のガスタービン冷却システムの制御方法は、

前記第二十四態様のガスタービン冷却システムの制御方法において、前記変化時温度は、前記目標温度より予め定められた割合だけ低い。

[0045] 上記目的を達成するための発明に係る第二十六態様のガスタービン冷却システムの制御方法は、

前記第二十四又は前記第二十五態様のガスタービン冷却システムの制御方法において、前記第四指令発生工程では、前記変化時温度が得られる前記冷却量調節器のフィードフォワード目標操作量を示す指令を前記第四指令として発生する。

[0046] 上記目的を達成するための発明に係る第二十七態様のガスタービン冷却システムの制御方法は、

前記第二十四態様のガスタービン冷却システムの制御方法において、前記第四指令発生工程では、前記変化時温度の目標値と前記冷却空気の現状の温度との偏差が小さくなるよう定められた前記冷却量調節器のフィードバック操作量を示す指令を前記第四指令として発生する。

[0047] 上記目的を達成するための発明に係る第二十八態様のガスタービン冷却システムの制御方法は、

前記第二十四から第二十七態様のうちのいずれか一のガスタービン冷却システムの制御方法において、前記第四指令発生工程では、前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷が変化すると判定された後、前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷の変化が終了すると判定されると、前記第四指令の発生を中止する。

[0048] 上記目的を達成するための発明に係る第二十九態様のガスタービン冷却システムの制御方法は、

前記第二十四から第二十八態様のうちのいずれか一のガスタービン冷却システムの制御方法において、前記第四指令発生工程では、前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷が変化すると判定された後、前記負荷変化判

定工程により前記負荷指令が示す負荷の変化が終了したと判定され、且つ予め定められた第四指令中止条件を満たすと、前記第四指令の発生を中止する。

発明の効果

[0049] 本発明の一態様では、負荷変化時に、高温部品に供給される冷却空気の流量の減少を抑えることができる。このため、本発明の一態様では、負荷静定時に高温部品に供給する冷却空気の流量を、負荷変化時を考慮して多くする必要がない。よって、本発明の一態様によれば、負荷静定時の冷却空気の使用量を抑えつつ、負荷変化時でも高温部品を十分に冷却することができる。

図面の簡単な説明

[0050] [図1]本発明に係る第一実施形態におけるガスタービン設備の系統図である。
[図2]本発明に係る第一実施形態における制御装置の機能ブロック図である。
[図3]本発明に係る第一実施形態における制御装置の動作を示すフローチャートである。
[図4]本発明に係る第一実施形態におけるガスタービン設備で高負荷流量領域での各部の動作等を示すタイミングチャートである。同図の（a）は負荷変化指令が示す負荷の変化を示し、同図の（b）は、実際の負荷の変化を示し、同図の（c）は吸気弁の操作量の変化を示し、同図の（d）は冷媒弁の変化を示す。
[図5]本発明に係る第一実施形態におけるガスタービン設備で低負荷流量領域での各部の動作等を示すタイミングチャートである。同図の（a）は負荷変化指令が示す負荷の変化を示し、同図の（b）は、実際の負荷の変化を示し、同図の（c'）はリターン弁の操作量の変化を示し、同図の（d）は冷媒弁の変化を示す。
[図6]本発明に係る第一実施形態におけるスプリット制御の考え方を示す説明図である。
[図7]本発明に係る第二実施形態における制御装置の機能ブロック図である。
[図8]本発明に係る実施形態の第一変形例におけるガスタービン設備の系統図

である。

[図9]本発明に係る実施形態の第二変形例におけるガスタービン設備の系統図である。

発明を実施するための形態

[0051] 「第一実施形態」

以下、本発明に係るガスタービン設備の第一実施形態について、図1～図6を参照して詳細に説明する。

[0052] 本実施形態のガスタービン設備は、図1に示すように、ガスタービン1と、ガスタービン1の高温部品を冷却するガスタービン冷却系統（以下、単に冷却系統とする）50と、を備えている。

[0053] ガスタービン1は、外気Aを圧縮して圧縮空気を生成する空気圧縮機10と、燃料供給源からの燃料Fを圧縮空気で燃焼させて燃焼ガスGを生成する燃焼器20と、燃焼ガスGにより駆動するタービン30と、を備える。

[0054] 空気圧縮機10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を覆う圧縮機車室17と、を有する。また、タービン30は、軸線Arを中心として回転するタービンロータ32と、このタービンロータ32を覆うタービン車室37と、を有する。圧縮機ロータ12とタービンロータ32とは、同一の軸線Ar上に位置し、互いに連結されてガスタービンロータ2を成す。ガスタービン1は、さらに、圧縮機車室17とタービン車室37との間に配置されている中間車室6を備える。この中間車室6には、燃焼器20が取り付けられている。圧縮機車室17と中間車室6とタービン車室37とは、互いに連結されてガスタービン車室7を成す。なお、以下では、軸線Arが延びる方向を軸方向、軸方向でタービン30に対して空気圧縮機10が存在する側を軸方向上流側、軸方向上流側の反対側を軸方向下流側とする。

[0055] タービンロータ32は、ロータ軸33と、このロータ軸33に設けられている複数の動翼列34と、を有する。複数の動翼列34は、軸方向に並んでいる。各動翼列34は、それぞれ、軸線Arに対する周方向に並んでいる複

数の動翼 35 を有する。タービン 30 は、さらに、タービン車室 37 の内周側に固定されている複数の静翼列 38 を有する。静翼列 38 は、いずれかの動翼列 34 の軸方向上流側に配置されている。各静翼列 38 は、それぞれ、軸線 A_r に対する周方向に並んでいる複数の静翼 39 を有する。タービン車室 37 の内周側とロータ軸 33 の外周側との間の環状の空間は、燃焼ガス G が流れる燃焼ガス流路 31 を形成する。

[0056] 燃焼器 20 は、燃焼ガス G をタービン 30 の燃焼ガス流路 31 に送る燃焼筒 22 と、この燃焼筒 22 内に燃料 F 及び圧縮空気を噴出する燃料噴出器 21 とを有している。燃料噴出器 21 には、ここに燃料 F を送る燃料ライン 25 が接続されている。この燃料ライン 25 には、ここを流れる燃料 F の流量を調節する燃料弁 26 が設けられている。

[0057] ガスタービン 1 を構成する各種部品のうち、燃焼器 20 の燃焼筒 22、動翼 35、及び静翼 39 は、いずれも燃焼ガス G に曝される高温部品を成す。

[0058] ガスタービンロータ 2 には、発電機 40 が接続されている。この発電機 40 には、この発電機 40 の出力を検知する出力計 78 が設けられている。

[0059] 冷却系統 50 は、冷却空気ライン 51 と、昇圧機 61 と、冷却器 64 と、検知器 71 と、制御装置 100 と、を備える。

[0060] 冷却空気ライン 51 は、中間車室 6 に接続されていると共に、高温部品の一つである燃焼筒 22 に接続されている。この冷却空気ライン 51 は、空気圧縮機 10 から中間車室 6 内に流入した圧縮空気を燃焼筒 22 に導く。冷却器 64 は、冷却空気ライン 51 の圧縮空気を冷却して冷却空気にする。この冷却器 64 は、例えば、冷却空気ライン 51 の圧縮空気と冷却媒体とを熱交換させて、この圧縮空気を冷却する熱交換器である。この冷却器 64 には、冷却媒体を冷却器に送る媒体ライン 65 が接続されている。この媒体ライン 65 には、この媒体ライン 65 を流れる冷却媒体の流量を調節する冷媒弁 66 が設けられている。この冷媒弁 66 は、冷却媒体の流量を調節することで、冷却器 64 における圧縮空気の冷却量を調節する冷却量調節器として機能する。昇圧機 61 は、冷却空気ライン 51 の冷却空気を昇圧する。この昇圧

機 6 1 は、例えば、遠心式圧縮機又は軸流圧縮機である。この昇圧機 6 1 は、モータ 6 2 で駆動する。

[0061] 冷却空気ライン 5 1 は、中間車室 6 の圧縮空気を昇圧機 6 1 に導く吸気ライン 5 2 と、昇圧機 6 1 で圧縮された空気を燃焼筒 2 2 へ導く吐出ライン 5 5 と、吐出ライン 5 5 を流れる空気の一部を吸気ライン 5 2 に戻すリターンライン 5 6 と、を有する。なお、以下では、吸気ライン 5 2 で、中間車室 6 から冷却器 6 4 までの部分を未冷却吸気ライン 5 3、冷却器 6 4 から昇圧機 6 1 までの部分を冷却済み吸気ライン 5 4 とする。冷却済み吸気ライン 5 4 には、吸気弁 6 9 が設けられている。この吸気弁 6 9 は、冷却済み吸気ライン 5 4 を流れる冷却空気、つまり昇圧機 6 1 が吸い込む冷却空気の流量を調節する。よって、この吸気弁 6 9 は、冷却空気ライン 5 1 を経て燃焼筒 2 2 に供給される冷却空気の流量を制御する流量調節器として機能する。リターンライン 5 6 は、吐出ライン 5 5 と未冷却吸気ライン 5 3 とを接続する。リターンライン 5 6 には、リターン弁 5 7 が設けられている。このリターン弁 5 7 は、リターンライン 5 6 を流れる冷却空気の流量を調節することで、間接的に吐出ライン 5 5 を流れる冷却空気の流量を調節する。よって、このリターン弁 5 7 も、燃焼筒 2 2 に供給される冷却空気の流量を制御する流量調節器として機能する。

[0062] 検知器 7 1 は、冷却済み吸気ライン 5 4 を流れる冷却空気の温度 T_i を検知する吸気温度計 7 2 と、冷却済み吸気ライン 5 4 を流れる冷却空気の圧力 P_i を検知する吸気圧力計 7 3 と、吐出ライン 5 5 を流れる冷却空気の温度 T_o を検知する吐出温度計 7 4 と、吐出ライン 5 5 を流れる冷却空気の圧力 P_o を検知する吐出圧力計 7 5 と、吐出ライン 5 5 を流れる冷却空気の体積流量 F_o を検知する吐出流量計 7 6 と、を有する。

[0063] 制御装置 1 0 0 を説明する前に、冷却系統 5 0 から燃焼筒 2 2 に供給される冷却空気の流量を制御する方法を以下に説明する。

前述したように、中間車室 6 から抽気された圧縮空気は、吸気ライン 5 2 に設けた冷却器 6 4 で冷却され、吸気弁 6 9 を経て昇圧機 6 1 に吸引される

。昇圧機 6 1 で昇圧された冷却空気は、一部の冷却空気がリターン弁 5 7 を有するリターンライン 5 6 から吸気ライン 5 2 に戻され、残りの冷却空気は、吐出ライン 5 5 を経て燃焼筒 2 2 に供給される。リターンライン 5 6 は、昇圧機 6 1 の運転域がサージ域に入るのを防止するため、昇圧機 6 1 の保護のために設けるラインである。昇圧機 6 1 の通常運転時における吐出ライン 5 5 を流れる冷却空気の流量は、吸気弁 6 9 とリターン弁 5 7 の開閉制御で調整される。但し、吸気弁 6 9 とリターン弁 5 7 を同時に制御すると、相互干渉により制御が不安定になる。そこで、本実施形態では、制御弁（吸気弁 6 9、リターン弁 5 7）の制御相互干渉を避けるため、制御弁に対する弁操作指令（以下、基準弁指令と呼ぶ）を、冷却空気の高負荷流量域と低負荷流量域に区分けして、スプリット制御を行う。このスプリット制御では、基準弁指令の指令値が所定値以上の場合には、専ら吸気弁 6 9 の開度を制御し、基準弁指令の指令値が所定値未満の場合には、専らリターン弁 5 7 の開度を制御する。

[0064] 図 6 を参照して、スプリット制御について具体的に説明する。図 6 における縦軸は、吸気弁指令及びリターン弁指令が示す弁開度（%）を示す。横軸は、基準弁指令の指令値を示す。また、実線は、吸気弁指令の開度を示し、点線はリターン弁指令の開度を示す。

基準弁指令の指令値が、50%以上の領域を高負荷流量領域（吸気弁制御域）として扱う。また、基準弁指令の指令値が、50%未満の領域を低負荷流量領域（リターン弁制御域）として扱う。なお、基準弁指令の指令値を高負荷流量領域と低負荷流量領域に区分する分岐点をスプリット点 P と呼ぶ。スプリット点 P である基準指令の指令値 50% は、一例であり、この値に限定されない。

[0065] 基準弁指令の指令値が高負荷流量領域の場合は、吸気弁指令 FCO が示す開度は、基準弁指令の指令値の変化に対して正の相関性を持って変化する開度に設定される。一方、基準弁指令の指令値が高負荷流量領域の場合におけるリターン弁指令 FrCO が示す開度は、0%（全閉）に設定される。ガス

タービン 1 の負荷が増大すると、冷却空気の必要量が増加する。このため、高負荷流量領域では、ガスタービン 1 の負荷に対して正の相関性を持って変化する基準弁指令の指令値の増加と共に、吸気弁指令 F C O が示す開度を大きくする。また、ガスタービン 1 の負荷が減少すると、冷却空気の必要量が減少する。このため、高負荷流量領域では、ガスタービン 1 の負荷に対して正の相関性を持って変化する基準弁指令の指令値の減少と共に、吸気弁指令 F C O が示す開度を小さくする。吸気弁指令 F C O が示す開度は、スプリット点 P で最少開度 S Vmin になる。この最少開度 S Vmin は、例えば、20% である。なお、最少開度 S Vmin の 20% は一例であり、この値に限定されない。

[0066] 基準弁指令の指令値が低負荷流量領域の場合は、吸気弁指令 F C O が示す開度は、前述の最少開度 S Vmin に設定される。基準弁指令の指令値が低負荷流量領域の場合でも、ガスタービン 1 の負荷が減少すると、冷却空気の必要量が減少する。そこで、基準弁指令の指令値が低負荷流量領域の場合、ガスタービン 1 の負荷の減少に伴って、吸気弁 69 の開度を小さくすると、昇圧機 61 を流れる冷却空気の流量が低下する。昇圧機 61 を流れる冷却空気の流量がある値以下に低下すると、昇圧機 61 の運転域がサージ域に入る。つまり、昇圧機 61 は、サージングの発生が高まる。そこで、基準弁指令の指令値が低負荷流量領域の場合は、吸気弁指令 F C O が示す開度を最少開度 S Vmin に維持しつつ、リターン弁の開度を変更する。基準弁指令の指令値が高負荷流量領域の場合、リターン弁指令 F r C O が示す開度は、基準弁指令の指令値の変化に対して負の相関性を持って変化する開度に設定される。このため、低負荷流量領域では、ガスタービン 1 の負荷に対して正の相関性を持って変化する基準弁指令の開度の増加と共に、リターン弁指令 F r C O が示す開度を小さくする。なお、吸気弁指令 F C O が示す開度は、スプリット点 P で最少開度 S Vmin になり、基準弁指令の指令値が 100% で、最大開度 100% になる。リターン弁指令 F r C O が示す開度は、基準弁指令の指令値が 0% で 100% (全開) になり、スプリット点 P で 0% (全閉) になる。

[0067] 制御装置１００は、図２に示すように、受付部１０１と、流量調節器指令発生部１１０と、冷媒弁指令発生部（冷却量調節器指令発生部）１３０と、負荷変化判定部１５０と、吸気弁指令出力部（流量調節器指令出力部）１６１と、リターン弁指令出力部（流量調節器指令出力部）１６２と、冷媒弁指令出力部（冷却量調節器指令出力部）１６３と、を有する。

[0068] 受付部１０１は、検知器７１で検知された冷却空気の状態量、出力計７８が検知された出力（負荷）、及び上位制御装置１７０からの負荷指令ＬＯを受け付ける。ここで、負荷とは、ガスタービン１の負荷、すなわち、発電機４０の出力である。従って、負荷指令ＬＯとは、ガスタービン１にかかる負荷を指示する指令である。

[0069] 負荷変化判定部１５０は、指令遅延部１５１と、負荷偏差演算部１５２と、変化条件判定部１５３と、を有する。指令遅延部１５１は、受付部１０１が受け付けた負荷指令ＬＯを受け付け、これを所定時間後に出力する。負荷偏差演算部１５２は、受付部１０１が受け付けた負荷指令ＬＯが示す負荷と指令遅延部１５１から出力された負荷指令ＬＯが示す負荷との偏差を求める。変化条件判定部１５３は、負荷偏差演算部１５２が求めた偏差が所定値以上であり、且つ偏差が所定値以上の状態が所定時間継続していると、負荷が変化した旨の変化検知指令Ｌ_{cs}Ｏを出力する。また、変化条件判定部１５３は、負荷が変化したと判定した後、負荷偏差演算部１５２が求めた偏差が所定値未満であり、且つ偏差が所定値未満の状態が所定時間継続していると、負荷変化が終了した旨の変化終了指令Ｌ_{ce}Ｏを出力する。

[0070] 流量調節器指令発生部１１０は、第一指令発生部１１１と、第二指令発生部１２１とを有する。第一指令発生部１１１は、検知器７１で検知された状態量に応じた流量調節器（吸気弁６９及びリターン弁５７）の操作量（開度）を示す第一指令ＦＣＯ１を発生する。第二指令発生部１２１は、負荷変化時の流量調節器の操作量（開度）を示す第二指令ＦＣＯ２を発生する。

[0071] 第一指令発生部１１１は、目標流量発生部１１２と、流量偏差演算部１１３と、第一操作量算出部１１４と、を有する。目標流量発生部１１２は、ガ

スタービン 1 の運転状態に応じた、吐出ライン 55 を流れる冷却空気の目標流量 F_{st} を発生する。ここでは、ガスタービン 1 の運転状態として、出力計 78 で検知されたガスタービン 1 の負荷 P_w を用いる。目標流量発生部 112 は、ガスタービン 1 の負荷 P_w の変化に対して正の相関性を持つ目標流量 F_{st} を発生する。なお、ここでは、ガスタービン 1 の運転状態として、出力計 78 で検知されたガスタービン 1 の負荷 P_w を用いるが、負荷指令 L_O が示す負荷を用いてもよい。さらに、これら負荷の他に、空気圧縮機 10 が吸い込む空気の温度、ガスタービン 1 から排気された排気ガスの温度等を考慮して目標流量 F_{st} を定めてもよい。流量偏差演算部 113 は、吐出流量計 76 で検知された冷却空気の流量 F_o と目標流量 F_{st} との偏差を求める。なお、昇圧機 61 を通る冷却空気の流量は、吸気弁 69 の入口圧と昇圧機 61 の吐出圧との比である圧力比及び弁開度で定まる。第一操作量算出部 114 は、この偏差に応じたフィードバック操作量である第一操作量を算出して、この操作量を示す第一指令 $FCO1$ を出力する。

[0072] 前述したように、目標流量 F_{st} は、ガスタービン 1 の負荷 P_w の変化に対して正の相関性を持つ。このため、この目標流量 F_{st} に基づく流量調節器の第一指令 $FCO1$ も、基本的に、ガスタービン 1 の負荷 P_w の変化に対して正の相関性を持つ。

[0073] 第二指令発生部 121 は、第二操作量算出部 122 と、指令第一遅延部 128 と、指令第二遅延部 129 と、を有する。第二操作量算出部 122 は、ガスタービン 1 の運転状態に応じた流量調節器のフィードフォワード目標操作量である第二操作量を算出して、この操作量を示す第二指令 $FCO2$ を出力する。ここでも、ガスタービン 1 の運転状態として、出力計 78 で検知されたガスタービン 1 の負荷 P_w を用いる。第二操作量算出部 122 は、ガスタービン 1 の負荷 P_w の変化に対して正の相関性を持つ第二操作量を算出する。この第二操作量は、第一指令発生部 111 の目標流量発生部 112 が発生する目標流量 F_{st} より、この目標流量 F_{st} の予め定められた割合分だけ多い変化時流量が得られるフィードフォワード目標操作量である。この第

二指令FCO2が示す第二操作量は、第一指令FCO1が示す第一操作量よりも大きい。なお、ここでも、ガスタービン1の運転状態として、出力計78で検知されたガスタービン1の負荷Pwを用いるが、負荷指令LOが示す負荷を用いてもよい。さらに、これら負荷の他に、空気圧縮機10が吸い込む空気の温度、ガスタービン1から排気された排気ガスの温度等を考慮してフィードフォワード目標操作量を定めてもよい。指令第一遅延部128は、負荷変化判定部150からの変化検知指令LcsOを第一時間T1遅らせて出力する。指令第二遅延部129は、負荷変化判定部150からの変化終了指令LceOを第二時間T2遅らせて出力する。第二時間T2は、第一時間T1よりも長い。第二指令中止条件は、例えば、この第二時間T2である。第二操作量算出部122は、指令第一遅延部128から変化検知指令LcsOを受け付けると、第二指令FCO2を出力する。また、この第二操作量算出部122は、指令第二遅延部129から変化終了指令LceOを受け付けると、第二指令FCO2の出力を中止する。

[0074] 冷媒弁指令発生部130は、第三指令発生部131と、第四指令発生部141とを有する。第三指令発生部131は、検知器71で検知された状態量に応じた冷媒弁66の操作量（開度）を示す第三指令QCO3を発生する。第四指令発生部141は、負荷変化時の冷媒弁66の操作量（開度）を示す第四指令QCO4を発生する。

[0075] 第三指令発生部131は、目標温度発生部132と、温度偏差演算部133と、第三操作量算出部134と、を有する。目標温度発生部132は、ガスタービン1の運転状態に応じた冷却空気の目標温度Tstを発生する。ここでは、ガスタービン1の運転状態として、出力計78で検知されたガスタービン1の負荷Pwを用いる。目標温度発生部132は、ガスタービン1の負荷の変化に対して負の相関性を持つ目標温度Tstを発生する。なお、ここでは、ガスタービン1の運転状態として、出力計78で検知されたガスタービン1の負荷Pwを用いるが、負荷指令LOが示す負荷を用いてもよい。さらに、これら負荷の他に、空気圧縮機10が吸い込む空気の温度、ガスタ

ービン 1 から排気された排気ガスの温度等を考慮して目標温度 T_{st} を定めてもよい。温度偏差演算部 133 は、吐出温度計 74 で検知された冷却空気の温度 T_o と目標温度 T_{st} との偏差を求める。第三操作量算出部 134 は、この偏差に応じたフィードバック操作量である第三操作量を算出して、この操作量を示す第三指令 $QCO3$ を出力する。

[0076] 第四指令発生部 141 は、第四操作量算出部 142 と、指令第三遅延部 148 と、指令第四遅延部 149 と、を有する。第四操作量算出部 142 は、ガスタービン 1 の運転状態に応じた冷媒弁 66 のフィードフォワード目標操作量である第四操作量を算出して、この操作量を示す第四指令 $QCO4$ を出力する。ここでも、ガスタービン 1 の運転状態として、出力計 78 で検知されたガスタービン 1 の負荷 P_w を用いる。第四操作量算出部 142 は、ガスタービン 1 の負荷 P_w の変化に対して負の相関性を持つ第四操作量を算出する。この第四操作量は、第三指令発生部 131 の目標温度発生部 132 が発生する目標温度 T_{st} より、この目標温度 T_{st} の予め定められた割合分だけ低い変化時温度が得られるフィードフォワード目標操作量である。よって、この第四操作量は、第三操作量よりも大きい。なお、ここでも、ガスタービン 1 の運転状態として、出力計 78 で検知されたガスタービン 1 の負荷 P_w を用いるが、負荷指令 LO が示す負荷を用いてもよい。さらに、これら負荷の他に、空気圧縮機 10 が吸い込む空気の温度、タービンから排気された排気ガスの温度等を考慮してフィードフォワード目標操作量を定めてもよい。指令第三遅延部 148 は、負荷変化判定部 150 からの変化検知指令 $LcsO$ を第一時間 $T1$ 遅らせて出力する。指令第四遅延部 149 は、負荷変化判定部 150 からの変化終了指令 $LceO$ を第三時間 $T3$ 遅らせて出力する。第三時間 $T3$ は、第一時間 $T1$ 及び前述の第二時間 $T2$ よりも長い。第四指令中止条件は、例えば、この第三時間 $T3$ である。第四操作量算出部 142 は、指令第三遅延部 148 から変化検知指令 $LcsO$ を受け付けると、第四指令 $QCO4$ を出力する。また、この第四操作量算出部 142 は、指令第四遅延部 149 から変化終了指令 $LceO$ を受け付けると、第四指令 $QCO4$ の出力

を中止する。

[0077] 吸気弁指令出力部（流量調節器指令出力部）161は、流量調節器指令発生部110からの流量調節器指令（基準弁指令）の指令値がスプリット点Pより高負荷流量域の場合で、且つ第二指令発生部121が第二指令FCO2を発生している場合、この第二指令FCO2に基づく吸気弁指令（流量調節器指令）FCOを吸気弁69に出力する。また、吸気弁指令出力部161は、流量調節器指令の指令値がスプリット点Pより高負荷流量域の場合で、且つ第二指令発生部121が第二指令FCO2を発生していない場合、第一指令発生部111からの第一指令FCO1に基づく吸気弁指令（流量調節器指令）FCOを吸気弁69に出力する。なお、吸気弁指令FCOは、流量調節器指令である第一指令FCO1及び第二指令FCO2を、吸気弁69の制御に合わせた態様に変えた指令である。

[0078] リターン弁指令出力部（流量調節器指令出力部）162は、流量調節器指令（基準弁指令）の指令値がスプリット点Pより低負荷流量域の場合で、且つ第二指令発生部121が第二指令FCO2を発生している場合、この第二指令FCO2に基づくリターン弁指令（流量調節器指令）FrCOをリターン弁57に出力する。また、リターン弁指令出力部162は、流量調節器指令の指令値がスプリット点Pより低負荷流量域の場合で、且つ第二指令発生部121が第二指令FCO2を発生していない場合、第一指令発生部111からの第一指令FCO1に基づくリターン弁指令（流量調節器指令）FrCOをリターン弁57に出力する。このリターン弁指令FrCOも、流量調節器指令である第一指令FCO1及び第二指令FCO2を、リターン弁57の制御に合わせた態様に変えた指令である。

[0079] なお、流量調節器指令としての第一指令FCO1及び第二指令FCO2は、前述したように、ガスタービン1の負荷 P_w の変化に対して正の相関性を持つ。また、第一指令FCO1又は第二指令FCO2に基づく吸気弁指令FCOが示す操作量（開度）は、第一指令FCO1又は第二指令FCO2が示す操作量（開度）に対して正の相関性を持つ。よって、吸気弁指令FCOが

示す操作量（開度）は、ガスタービン１の負荷 P_w が大きくなった場合、吸気弁指令 FCO が示す操作量（開度）も大きくなる。一方、第一指令 $FCO1$ 又は第二指令 $FCO2$ に基づくリターン弁指令 $FrCO$ が示すリターン弁５７の操作量（開度）は、同じ第一指令 $FCO1$ 又は第二指令 $FCO2$ に基づく吸気弁指令 FCO が示す吸気弁の開度に対して、補数的である。すなわち、第一指令 $FCO1$ 又は第二指令 $FCO2$ が示す開度が大きくなった場合、この流量調節器指令に基づく吸気弁指令 FCO が示す吸気弁６９の開度は大きくなるものの、この調節機器指令に基づくリターン弁指令 $FrCO$ が示すリターン弁５７の開度は小さくなる。

[0080] 冷媒弁指令出力部（冷却量調節器指令出力部）１６３は、第四指令発生部１４１が第四指令 $QCO4$ を発生している場合、この第四指令 $QCO4$ に基づく冷媒弁指令（冷却量調節器指令） QCO を冷媒弁６６に出力する。また、冷媒弁指令出力部１６３は、第四指令発生部１４１が第四指令 $QCO4$ を発生していない場合、第三指令発生部１３１からの第三指令 $QCO3$ に基づく冷媒弁指令（冷却量調節器指令）冷媒弁指令出力部を冷媒弁６６に出力する。なお、冷媒弁指令 QCO は、第三指令 $QCO3$ 又は第四指令 $QCO4$ を、冷媒弁６６の制御に合わせた態様に変えた指令である。

[0081] 次に、図３に示すフローチャートに従って、制御装置１００の動作について説明する。

[0082] 検知器７１は、常時、冷却空気の状態量を検知し、これを制御装置１００に送る（検知工程）。

[0083] 制御装置１００の受付部１０１は、上位制御装置１７０から負荷指令 LO を受け付けると共に、検知器７１で検知された冷却空気の状態量及び出力計７８で検知された負荷 P_w を随時受け付ける（Ｓ１：受付工程）。

[0084] 制御装置１００の負荷変化判定部１５０は、負荷指令 LO が示す負荷が変化したか否かを判定する（Ｓ２：負荷変化判定工程）。負荷変化判定部１５０の指令遅延部１５１は、前述したように、受付部１０１が受け付けた負荷指令 LO を受け付け、これを所定時間後に出力する。負荷偏差演算部１５２は

、受付部 101 が受け付けた負荷指令 L O が示す負荷と指令遅延部 151 から出力された負荷指令 L O が示す負荷との偏差を求める。変化条件判定部 153 は、負荷偏差演算部 152 が求めた偏差が所定以上であり、且つ偏差が所定値以上の状態が所定時間継続していると、負荷が変化した旨の変化検知指令 L cs O を出力する。また、変化条件判定部 153 は、負荷が変化したと判定した後、負荷偏差演算部 152 が求めた偏差が所定値未満であり、且つ偏差が所定値未満の状態が所定時間継続していると、負荷変化が負荷変化が終了した旨の変化終了指令 L ce O を出力する。

[0085] 制御装置 100 の流量調節器指令発生部 110 は、吸気弁 69 及びリターン弁 57 に対する指令、つまり流量調節器指令を発生する（S3：流量調節器指令発生工程）。また、この流量調節器指令発生工程（S3）と並行して、制御装置 100 の冷媒弁指令発生部 130 は、冷媒弁 66 に対する指令を発生する（S4：冷媒弁指令（冷却量調節器指令）発生工程）。

[0086] 流量調節器指令発生工程（S3）では、第一指令発生部 111 が流量調節器（吸気弁 69 及びリターン弁 57）に対する第一指令 F C O 1 を発生する（S3a：第一指令発生工程）。第一指令発生工程（S3a）では、第一指令発生部 111 の流量偏差演算部 113 が、ガスタービン 1 の運転状態に応じた目標流量 F s t と吐出流量計 76 で検知された冷却空気の流量 F o との偏差を求める。第一操作量算出部 114 は、この偏差に応じたフィードバック操作量である第一操作量を算出して、この操作量を示す第一指令 F C O 1 を出力する。

[0087] 吸気弁指令出力部 161 は、流量調節器指令（基準弁指令）の指令値がスプリット点 P より高負荷流量域の場合、第二指令発生部 121 が第二指令 F C O 2 を発生していない限り、この第一指令 F C O 1 に基づく吸気弁指令 F C O を吸気弁 69 に出力する（S5：吸気弁指令（流量調節器指令）出力工程）。吸気弁 69 は、この吸気弁指令 F C O を受けると、第一操作量 F C O 1 に応じた開度になる。一方、リターン弁指令出力部 162 は、流量調節器指令の指令値がスプリット点 P より高負荷流量域の場合、第一指令 F C O 1

が発生している場合でも、第二指令FCO2が発生している場合でも、リターン弁指令FrCOとして、全閉である開度0%を示す指令をリターン弁57に出力する（S6：リターン弁指令（流量調節器指令）出力工程）。この結果、吸気弁69は、この吸気弁指令FCOを受けると、第一指令FCOが示す第一操作量に応じた開度になる。一方、リターン弁57は、このリターン弁指令FrCOにより開度が0%になる。この結果、流量調節器指令の指令値がスプリット点Pより高負荷流量域の場合、吐出ライン55には、吸気弁69の制御により、ガスタービン1の運転状態に応じた目標流量Fstの冷却空気が流れるようになる。よって、燃焼筒22には、この燃焼筒22の冷却に適切な流量の冷却空気が供給される。

[0088] また、吸気弁指令出力部161は、流量調節器指令（基準弁指令）の指令値がスプリット点Pより低負荷流量域の場合、第一指令FCO1が発生している場合でも、第二指令FCO2が発生している場合でも、吸気弁指令FCOとして、最少開度SVmin（例えば、20%）を示す指令を吸気弁69に出力する（S5：吸気弁指令（流量調節器指令）出力工程）。吸気弁69は、この吸気弁指令FCOにより開度が最少開度SVminで一定になる。なお、この最少開度SVminは、吸気弁69の特性等により適宜変更される。一方、リターン弁指令出力部162は、流量調節器指令の指令値がスプリット点Pより低負荷流量域の場合、第二指令発生部121が第二指令FCO2を発生していない限り、第一指令FCO1に基づくリターン弁指令FrCOをリターン弁57に出力する（S6：リターン弁指令（流量調節器指令）出力工程）。リターン弁57は、このリターン弁指令FrCOを受けると、第一指令FCO1が示す第一操作量に応じた開度になる。但し、リターン弁指令FrCOは、第一操作量に対する補数的な操作量を示す。従って、ガスタービン1の負荷Pwが増加し、第一操作量が大きくなった場合、リターン弁指令FrCOが示すリターン弁57の操作量（開度）は小さくなる。この結果、流量調節器指令の指令値がスプリット点Pより低負荷流量域の場合、リターン弁57の制御により、リターンライン56を流れる冷却空気の流量が少なくなり

、吐出ライン 5 5 には、ガスタービン 1 の運転状態に応じた目標流量 F_{st} の冷却空気が流れるようになる。よって、燃焼筒 2 2 には、この燃焼筒 2 2 の冷却に適切な流量の冷却空気が供給される。

[0089] また、冷媒弁指令発生工程 (S 4) では、第三指令発生部 1 3 1 が冷媒弁 6 6 に対する第三指令 $QCO3$ を発生する (S 4 a : 第三指令発生工程)。第三指令発生工程 (S 4 a) では、第三指令発生部 1 3 1 の温度偏差演算部 1 3 3 が、ガスタービン 1 の運転状態に応じた目標温度 T_{st} と吐出温度計 7 4 で検知された冷却空気の温度 T_o との偏差を求める。第三操作量算出部 1 3 4 は、この偏差に応じたフィードバック操作量である第三操作量を算出して、この操作量を示す第三指令 $QCO3$ を出力する。

[0090] 冷媒弁指令出力部 1 6 3 は、第四指令発生部 1 4 1 が第四指令 $QCO4$ を発生していない限り、この第三指令 $QCO3$ に基づく冷媒弁指令 QCO を冷媒弁 6 6 に出力する (S 7 : 冷媒弁指令 (冷却量調節器指令) 出力工程)。冷媒弁 6 6 は、冷媒弁指令 QCO を受けると、第三操作量に応じた開度になり、吐出温度計 7 4 で検知される冷却空気の温度 T_o が目標温度 T_{st} になる。この結果、燃焼筒 2 2 には、この燃焼筒 2 2 の冷却に適切な温度の冷却空気が供給される。

[0091] ガスタービン 1 の負荷が変化すると、空気圧縮機 1 0 の吐出圧が変化する。このため、昇圧機 6 1 の吸気圧も、空気圧縮機 1 0 の吐出圧の変化に伴って変化する。一方、昇圧機 6 1 の吐出圧は、冷却空気ライン 5 1 の存在により、空気圧縮機 1 0 の吐出圧の変化に対して遅れて変化する。よって、ガスタービン 1 の負荷が変化すると、昇圧機 6 1 の圧力比が変化する関係で、昇圧機 6 1 を流れる冷却空気の流量が変化し、結果として、燃焼筒 2 2 に供給される冷却空気の流量が変化する。すなわち、ガスタービン 1 の負荷が変化すると、この変化に伴って過渡的に冷却空気の流量が減少する。このため、ガスタービン 1 の負荷が変化すると、冷却空気による燃焼筒 2 2 の冷却能力が低下することがある。

[0092] そこで、本実施形態では、ガスタービン 1 の負荷変化時には、流量調節器

指令発生工程（S 3）で第二指令発生工程（S 3 b）を実行すると共に、冷媒弁指令発生工程（S 4）で第四指令発生工程（S 4 b）を実行して、燃焼筒 2 2 へ供給する冷却空気の流量を多くすると共に、この冷却空気の温度を下げる。

[0093] 流量調節器指令発生工程（S 3）の第二指令発生工程（S 3 b）では、流量調節器指令発生部 1 1 0 の第二指令発生部 1 2 1 における第二操作量算出部 1 2 2 が、ガスタービン 1 の運転状態に応じた流量調節器のフィードフォワード目標操作量である第二操作量を算出する。第二指令発生部 1 2 1 の指令第一遅延部 1 2 8 は、負荷変化判定部 1 5 0 から変化検知指令 L_{csO} を受け付けると、この変化検知指令 L_{csO} を第一時間 T_1 後に第二操作量算出部 1 2 2 に出力する。第二指令発生部 1 2 1 における第二操作量算出部 1 2 2 は、この変化検知指令 L_{csO} を受け付けると、第二操作量を示す第二指令 F_{CO2} を出力する。

[0094] 第二指令発生部 1 2 1 が第二指令 F_{CO2} を発生すると、吸気弁指令出力部 1 6 1 は、流量調節器指令（基準弁指令）の指令値がスプリット点 P より高負荷流量域の場合、第一指令 F_{CO1} に対して優先して、この第二指令 F_{CO2} に基づく吸気弁指令 F_{CO} を吸気弁 6 9 に出力する（S 5：吸気弁指令（流量調節器指令）出力工程）。吸気弁 6 9 は、この吸気弁指令 F_{CO} を受けると、第二操作量に応じた開度になる。すなわち、流量調節器指令の指令値がスプリット点 P より高負荷流量域の場合、吸気弁 6 9 は、第一指令発生部 1 1 1 の目標流量発生部 1 1 2 が発生する目標流量 F_{st} より、この目標流量 F_{st} の予め定められた割合分だけ多い変化時流量の冷却空気が吐出ライン 5 5 に流れ得る開度になる。一方、リターン弁指令出力部 1 6 2 は、前述したように、流量調節器指令の指令値がスプリット点 P より高負荷流量域の場合、第一指令 F_{CO1} が発生している場合でも、第二指令 F_{CO2} が発生している場合でも、リターン弁指令 F_{rCO} として、開度 0% を示す指令をリターン弁 5 7 に出力する（S 6：リターン弁指令（流量調節器指令）出力工程）。よって、流量調節器指令の指令値がスプリット点 P より高負荷

流量域での負荷変化時、吸気弁 69 の制御により、燃焼筒 22 に供給される冷却空気の流量の減少を抑えることができる。

[0095] また、吸気弁指令出力部 161 は、流量調節器指令（基準弁指令）の指令値がスプリット点 P より低負荷流量域の場合、前述したように、第一指令 FCO1 が発生している場合でも、第二指令 FCO2 が発生している場合でも、吸気弁指令 FCO として、最少開度 S Vmin（例えば、20%）を示す指令を吸気弁 69 に出力する（S5：吸気弁指令（流量調節器指令）出力工程）。吸気弁 69 は、この吸気弁指令 FCO により開度が最少開度 S Vmin で一定になる。一方、リターン弁指令出力部 162 は、流量調節器指令の指令値がスプリット点 P より低負荷流量域の場合、第二指令発生部 121 が第二指令 FCO2 を発生すると、第一指令 FCO1 に優先して、この第二指令 FCO2 に基づくリターン弁指令 FrCO をリターン弁 57 に出力する（S6：リターン弁指令（流量調節器指令）出力工程）。リターン弁 57 は、このリターン弁指令 FrCO を受けると、第二操作量に応じた開度になる。但し、リターン弁指令 FrCO は、前述したように、第二操作量に対する補数的な操作量を示す。従って、ガスタービン 1 の負荷 Pw が増加し、第二操作量が大きくなった場合、リターン弁指令 FrCO が示すリターン弁 57 の操作量（開度）は小さくなる。すなわち、流量調節器指令の指令値がスプリット点 P より低負荷流量域の場合、リターン弁 57 は、第一指令発生部 111 の目標流量発生部 112 が発生する目標流量 Fst より、この目標流量 Fst の予め定められた割合分だけ多い変化時流量の冷却空気が吐出ライン 55 に流れ得る開度になる。よって、流量調節器指令の指令値がスプリット点 P より低負荷流量域での負荷変化時、リターン弁 57 の制御により、リターンライン 56 を流れる冷却空気の流量が少なくなり、燃焼筒 22 に供給される冷却空気の必要流量を維持することができる。

[0096] 第二指令発生部 121 の指令第二遅延部 129 は、負荷変化判定部 150 から変化終了指令 LceO を受け付けると、この変化終了指令 LceO を第二時間 T2 後に第二操作量算出部 122 に出力する。第二指令発生部 121 にお

ける第二操作量算出部 1 2 2 は、この変化終了指令 L_{ceO} を受け付けると、第二操作量を示す第二指令 $F C O 2$ の出力を中止する。

[0097] 第二指令発生部 1 2 1 が第二指令 $F C O 2$ の発生を中止すると、吸気弁指令出力部 1 6 1 は、流量調節器指令の指令値がスプリット点 P より高負荷流量域の場合、第一指令 $F C O 1$ に基づく吸気弁指令 $F C O$ を吸気弁 6 9 に出力する（ $S 5$ ：吸気弁（流量調節器指令）指令出力工程）。吸気弁 6 9 が、この吸気弁指令 $F C O$ を受けると、前述したように、第一操作量に応じた開度になる。この結果、吐出ライン 5 5 には、ガスタービン 1 の運転状態に応じた目標流量 F_{st} の冷却空気が流れるようになる。なお、流量調節器指令の指令値がスプリット点 P より高負荷流量域の場合、リターン弁 5 7 の開度は 0 %（全閉）で一定である。

[0098] また、第二指令発生部 1 2 1 が第二指令 $F C O 2$ の発生を中止すると、リターン弁指令出力部 1 6 2 は、流量調節器指令の指令値がスプリット点 P より低負荷流量域の場合、第一指令 $F C O 1$ に基づくリターン弁指令 $F r C O$ をリターン弁 5 7 に出力する（ $S 6$ ：リターン弁指令（流量調節器指令）出力工程）。このリターン弁指令 $F r C O$ が出力されると、吐出ライン 5 5 に、ガスタービン 1 の運転状態に応じた目標流量 F_{st} の冷却空気が流れるように、リターン弁 5 7 の開度が第一操作量に応じた開度に制御される。なお、流量調節器指令の指令値がスプリット点 P より低負荷流量域の場合、吸気弁 6 9 の開度は最少開度 $S V_{min}$ （例えば、20 %）で一定である。

[0099] 冷媒弁指令発生工程（ $S 4$ ）の第四指令発生工程（ $S 4 b$ ）では、冷媒弁指令発生部 1 3 0 の第四指令発生部 1 4 1 における第四操作量算出部 1 4 2 が、ガスタービン 1 の運転状態に応じた冷媒弁 6 6 のフィードフォワード目標操作量である第四操作量を算出する。第四指令発生部 1 4 1 の指令第三遅延部 1 4 8 は、負荷変化判定部 1 5 0 から変化検知指令 L_{csO} を受け付けると、この変化検知指令 L_{csO} を第一時間 $T 1$ 後に第四操作量算出部 1 4 2 に出力する。第四指令発生部 1 4 1 における第四操作量算出部 1 4 2 は、この変化検知指令 L_{csO} を受け付けると、第四操作量を示す第四指令 $Q C O 4$ を

出力する。

[0100] 第四指令発生部 141 が第四指令 QCO4 を発生すると、冷媒弁指令出力部 163 は、第三指令 QCO3 に対して優先して、この第四指令 QCO4 に基づく冷媒弁指令 QCO を冷媒弁 66 に出力する（S7：冷媒弁指令（冷却量調節器指令）出力工程）。冷媒弁 66 は、この冷媒弁指令 QCO を受けると、第四操作量に応じた開度になる。すなわち、冷媒弁 66 は、第三指令発生部 131 の目標温度発生部 132 が発生する目標温度 T_{st} より、この目標温度 T_{st} の予め定められた割合分だけ低い変化時温度の冷却空気が得られる開度になる。よって、負荷変化時に、燃焼筒 22 に供給される冷却空気の温度は低下する。

[0101] 第四指令発生部 141 の指令第四遅延部 149 は、負荷変化判定部 150 から変化終了指令 LceO を受け付けると、この変化終了指令 LceO を第三時間 T_3 後に第四操作量算出部 142 に出力する。第四指令発生部 141 における第四操作量算出部 142 は、この変化終了指令 LceO を受け付けると、第四操作量を示す第四指令 QCO4 の出力を中止する。

[0102] 第四指令発生部 141 が第四指令 QCO4 の発生を中止すると、第三指令 QCO3 に基づく冷媒弁指令 QCO を冷媒弁 66 に出力する（S7：冷媒弁指令（冷却量調節器指令）出力工程）。冷媒弁 66 は、この冷媒弁指令 QCO を受けると、前述したように、第三操作量に応じた開度になり、吐出温度計 74 で検知される冷却空気の温度が目標温度 T_{st} になる。

[0103] 次に、図 4 に示すタイミングチャートに従って、流量調節器指令（基準弁指令）の指令値がスプリット点 P より高負荷流量域での負荷変化時の吸気弁（流量調節器）69、リターン弁 57（流量調節器）及び冷媒弁（冷却量調節器）66 の動作について説明する。

[0104] 図 4 の（a）に示すように、負荷指令 LO が示す負荷が切替負荷 L_c 以上の場合に、負荷指令 LO が示す負荷が時刻 t_1 のとき増加し始めたとする。出力計 78 で検知されるガスタービン 1 の負荷である実負荷は、図 4 の（b）に示すように、この負荷指令 LO が示す負荷の増加開始（ t_1 ）から多少

遅れて増加し始める。

- [0105] 負荷指令L Oが示す負荷が切替負荷L c 以上の場合、流量調節器指令の指令値がスプリット点Pより高負荷流量域になる。この場合、リターン弁5 7の開度は0 %（全閉）で一定である。
- [0106] 流量調節器指令発生部1 1 0の第二指令発生部1 2 1は、図4の（c）に示すように、負荷指令L Oが示す負荷の増加開始（t 1）から第一時間T 1後に、第二指令F C O 2を発生する。吸気弁指令出力部1 6 1は、この第二指令F C O 2に基づく吸気弁指令F C Oを吸気弁6 9に出力する。この結果、吸気弁6 9は、それまでの開度より大きい、第二指令F C O 2が示す第二操作量に応じた開度になる。すなわち、吸気弁6 9は、前述したように、第一指令発生部1 1 1の目標流量発生部1 1 2が発生する目標流量F s tより、この目標流量F s tの予め定められた割合分だけ多い変化時流量の冷却空気が吐出ライン5 5に流れ得る開度になる。
- [0107] また、冷媒弁指令発生部1 3 0の第四指令発生部1 4 1は、図4の（d）に示すように、負荷指令L Oが示す負荷の増加開始（t 1）から第一時間T 1後に、第四指令Q C O 4を発生する。冷媒弁指令出力部1 6 3は、この第四指令Q C O 4に基づく冷媒弁指令Q C Oを冷媒弁6 6に出力する。この結果、冷媒弁6 6は、第四指令Q C O 4が示す第四操作量に応じた開度になる。すなわち、冷媒弁6 6は、前述したように、第三指令発生部1 3 1の目標温度発生部1 3 2が発生する目標温度T s tより、この目標温度T s tの予め定められた割合分だけ低い変化時温度の冷却空気が得られる開度になる。
- [0108] 負荷指令L Oが示す負荷の変化開始から空気圧縮機1 0の吐出圧が変化するまでに時間遅れがある。そこで、本実施形態では、空気圧縮機1 0の吐出圧の変化時に吸気弁6 9及び冷媒弁6 6の操作量変化を合わせるため、負荷指令L Oが示す負荷の変化開始（t 1）から第一時間T 1後に、吸気弁6 9に対して第二指令F C O 2に基づく吸気弁指令F C Oを出力し、冷媒弁6 6に対して第四指令Q C O 4に基づく冷媒弁指令Q C Oを出力する。
- [0109] なお、負荷変化判定部1 5 0は、負荷指令L Oが示す負荷が変化してから

、多少の時間を経てから、負荷変化を認識し、この認識後に変化検知指令 $LcsO$ 等を入力する。負荷指令 LO が示す負荷が変化してから、負荷変化判定部 150 が負荷変化を認識するまでの時間は、上記第一時間 $T1$ よりも短い。このため、ここでは、負荷指令 LO が示す負荷が変化した時刻と、負荷変化判定部 150 が負荷変化を認識した時刻とは、同一時刻として扱う。

[0110] 図4の(a)に示すように、負荷指令 LO が示す負荷が時刻 $t2$ のとき増加が終了したとする。ガスタービン1の実負荷は、図4の(b)に示すように、この負荷指令 LO が示す負荷の増加終了 ($t2$) から多少遅れて増加が終了する。

[0111] 流量調節器指令発生部 110 の第二指令発生部 121 は、図4の(c)に示すように、負荷指令 LO が示す負荷の増加終了 ($t2$) から第二時間 $T2$ 後に、第二指令 $FCO2$ の発生を中止する。吸気弁指令出力部 161 は、第一指令発生部 111 が発生している第一指令 $FCO1$ に基づく吸気弁指令 FCO を吸気弁 69 に出力する。この結果、吸気弁 69 は、それまでの開度より小さい、第一指令 $FCO1$ が示す第一操作量に応じた開度になる。すなわち、吸気弁 69 は、前述したように、第一指令発生部 111 の目標流量発生部 112 が発生する目標流量 Fst の冷却空気が吐出ライン 55 に流れ得る開度になる。

[0112] また、冷媒弁指令発生部 130 の第四指令発生部 141 は、図4の(d)に示すように、負荷指令 LO が示す負荷の増加終了 ($t2$) から第三時間 $T3$ 後に、第四指令 $QCO4$ の発生を中止する。冷媒弁指令出力部 163 は、第三指令発生部 131 が発生している第三指令 $QCO3$ に基づく冷媒弁指令 QCO を吸気弁 69 に出力する。この結果、冷媒弁 66 は、第三指令 $QCO3$ が示す第三操作量に応じた開度になる。すなわち、冷媒弁 66 は、前述したように、第三指令発生部 131 の目標温度発生部 132 が発生する目標温度 Tst の冷却空気が流れ得る開度になる。

[0113] 負荷指令 LO が示す負荷の変化終了から空気圧縮機 10 の吐出圧の変化が終了するまでに時間遅れがある。このため、本実施形態では、空気圧縮機 1

0の吐出圧の変化後に、吸気弁69及び冷媒弁66の操作量変化させるため、負荷指令LOが示す負荷の変化開始から第二時間T2後に、吸気弁69に対して第二指令FCO2に基づく吸気弁指令FCOを出力し、負荷指令LOが示す負荷の変化開始から第三時間T3後に、冷媒弁66に対して第四指令QCO4に基づく冷媒弁指令QCOを出力する。

[0114] 図4の(a)に示すように、負荷指令LOが示す負荷が時刻t3のとき減少し始めたとする。出力計78で検知されるガスタービン1の負荷である実負荷は、図4の(b)に示すように、この負荷指令LOが示す負荷の減少開始(t3)から多少遅れて減少し始める。

[0115] 流量調節器指令発生部110の第二指令発生部121は、図4の(c)に示すように、負荷指令LOが示す負荷の減少開始(t3)から第一時間T1後に、第二指令FCO2を発生する。吸気弁指令出力部161は、この第二指令FCO2に基づく吸気弁指令FCOを吸気弁69に出力する。この結果、吸気弁69は、それまでの第一操作量に応じた開度より大きい、第二指令FCO2が示す第二操作量に応じた開度になる。

[0116] また、冷媒弁指令発生部130の第四指令発生部141は、図4の(d)に示すように、負荷指令LOが示す負荷の減少開始(t3)から第一時間T1後に、第四指令QCO4を発生する。冷媒弁指令出力部163は、この第四指令QCO4に基づく冷媒弁指令QCOを冷媒弁66に出力する。この結果、冷媒弁66は、第四指令QCO4が示す第四操作量に応じた開度になる。

[0117] 図4の(a)に示すように、負荷指令LOが示す負荷が時刻t4のとき減少が終了したとする。ガスタービン1の実負荷は、図4の(b)に示すように、この負荷指令LOが示す負荷の減少終了(t4)から多少遅れて減少が終了する。

[0118] 流量調節器指令発生部110の第二指令発生部121は、図4の(c)に示すように、負荷指令LOが示す負荷の減少終了(t4)から第二時間T2後に、第二指令FCO2の発生を中止する。吸気弁指令出力部161は、第

一指令発生部 1 1 1 が発生している第一指令 F C O 1 に基づく吸気弁指令 F C O を吸気弁 6 9 に出力する。この結果、吸気弁 6 9 は、それまでの第二操作量に応じた開度より小さい、第一指令 F C O 1 が示す第一操作量に応じた開度になる。

[0119] また、冷媒弁指令発生部 1 3 0 の第四指令発生部 1 4 1 は、図 4 の (d) に示すように、負荷指令 L O が示す負荷の増加終了 (t 4) から第三時間 T 3 後に、第四指令 Q C O 4 の発生を中止する。冷媒弁指令出力部 1 6 3 は、第三指令発生部 1 3 1 が発生している第三指令 Q C O 3 に基づく冷媒弁指令 Q C O を吸気弁 6 9 に出力する。この結果、冷媒弁 6 6 は、第三指令 Q C O 3 が示す第三操作量に応じた開度になる。

[0120] 次に、図 5 に示すタイミングチャートに従って、流量調節器指令（基準弁指令）の指令値がスプリット点 P より低負荷流量域での負荷変化時の吸気弁（流量調節器）6 9、リターン弁 5 7（流量調節器）及び冷媒弁（冷却量調節器）6 6 の動作について説明する。

[0121] 図 5 の (a) に示すように、負荷指令 L O が示す負荷が切替負荷未満 L c の場合に、負荷指令 L O が示す負荷が時刻 t 1 のとき増加し始めたとする。出力計 7 8 で検知されるガスタービン 1 の負荷である実負荷は、図 5 の (b) に示すように、この負荷指令 L O が示す負荷の増加開始 (t 1) から多少遅れて増加し始める。

[0122] 負荷指令 L O が示す負荷が切替負荷未満 L c の場合、流量調節器指令の指令値がスプリット点 P より低負荷流量域になる。この場合、吸気弁 6 9 の開度は、最少開度 S Vmin（例えば、20%）で一定である。また、冷媒弁指令発生部 1 3 0 及び冷媒弁指令出力部 1 6 3 の動作は、流量調節器指令の指令値がスプリット点 P より高負荷流量域の場合と流量調節器指令の指令値がスプリット点 P より低負荷流量域の場合と同じである。従って、以下では、負荷指令 L O が示す負荷が切替負荷 L c 未満の場合、つまり流量調節器指令の指令値がスプリット点 P より低負荷流量域の場合における冷媒弁指令発生部 1 3 0 及び冷媒弁指令出力部 1 6 3 の動作の説明を省略する。

[0123] 流量調節器指令発生部 110 の第二指令発生部 121 は、負荷指令 L O が示す負荷の増加開始 (t 1) から第一時間 T 1 後に、第二指令 F C O 2 を発生する。リターン弁指令出力部 162 は、図 5 の (c ') に示すように、この第二指令 F C O 2 に基づくリターン弁指令 F r C O 2 をリターン弁 57 に出力する。負荷指令 L O が示す負荷が増加している場合、第一操作指令 F C O 1 が示す操作量も増加する。しかも、第二指令 F C O 2 が示す操作量は、第一操作指令 F C O 1 が示す操作量よりも大きな値である。また、リターン弁指令 F r C O 2 が示すリターン弁 57 の操作量 F r C O 2 は、流量調節器指令 (第一指令又は第二指令) が示す操作量に対する補数的な操作量である。このため、このリターン弁指令 F r C O 2 が示すリターン弁 57 の操作量 (開度) は、流量調節器指令 (第一指令又は第二指令) が示す操作量が大きくなると、逆に減少する。この結果、リターン弁 57 の開度は、これまでの開度より、負荷の増加分 (第一指令が示す操作量の増加分) 以上に小さくなる。具体的に、リターン弁 57 は、第一指令発生部 111 の目標流量発生部 112 が発生する目標流量 F s t より、この目標流量 F s t の予め定められた割合分だけ多い変化時流量の冷却空気が吐出ライン 55 に流れ得る開度になる。

[0124] 図 5 の (a) に示すように、負荷指令 L O が示す負荷が時刻 t 2 のとき増加が終了したとする。ガスタービン 1 の実負荷は、図 5 の (b) に示すように、この負荷指令 L O が示す負荷の増加終了 (t 2) から多少遅れて増加が終了する。

[0125] 流量調節器指令発生部 110 の第二指令発生部 121 は、負荷指令 L O が示す負荷の増加終了 (t 2) から第二時間 T 2 後に、第二指令 F C O 2 の発生を中止する。リターン弁指令出力部 162 は、図 5 の (c ') に示すように、第一指令発生部 111 が発生している第一指令 F C O 1 に基づく吸気弁指令 F r C O 1 をリターン弁 57 に出力する。第一指令 F C O 1 が示す操作量は、第二指令 F C O 2 が示す操作量より小さい。しかも、前述したように、このリターン弁指令 F r C O 1 が示すリターン弁 57 の操作量 F r C O 1

は、流量調節器指令（第一指令又は第二指令）が示す操作量に対する補数的な操作量である。

よって、第一指令FCO1に基づく吸気弁指令FrCO1が示す操作量は、第二指令FCO2に基づく吸気弁指令FrCO2より逆に小さい。この結果、リターン弁57は、それまでの開度より大きくなる。具体的に、リターン弁57は、第一指令発生部111の目標流量発生部112が発生する目標流量Fstの冷却空気が吐出ライン55に流れ得る開度になる。

[0126] 図5の（a）に示すように、負荷指令LOが示す負荷が時刻t3のとき減少し始めたとする。出力計78で検知されるガスタービン1の負荷である実負荷は、図5の（b）に示すように、この負荷指令LOが示す負荷の減少開始（t3）から多少遅れて減少し始める。

[0127] 流量調節器指令発生部110の第二指令発生部121は、負荷指令LOが示す負荷の減少開始（t3）から第一時間T1後に、第二指令FCO2を発生する。リターン弁指令出力部162は、図5の（c'）に示すように、この第二指令FCO2に基づくリターン弁指令FrCO2をリターン弁57に出力する。第二指令FCO2が示す操作量は、第一指令FCO1が示す操作量より大きい。しかも、前述したように、このリターン弁指令FrCO2が示すリターン弁57の操作量FrCO2は、流量調節器指令（第一指令又は第二指令）が示す操作量に対する補数的な操作量である。このため、このリターン弁指令FrCO2が示すリターン弁57の操作量（開度）は、流量調節器指令（第一指令又は第二指令）が示す操作量が大きくなると、逆に減少する。この結果、リターン弁57の開度は、これまでの開度より小さくなる。具体的に、リターン弁57は、第一指令発生部111の目標流量発生部112が発生する目標流量Fstより、この目標流量Fstの予め定められた割合分だけ多い変化時流量の冷却空気が吐出ライン55に流れ得る開度になる。

[0128] 図5の（a）に示すように、負荷指令LOが示す負荷が時刻t4のとき減少が終了したとする。ガスタービン1の実負荷は、図5の（b）に示すよう

に、この負荷指令L Oが示す負荷の減少終了（ t_4 ）から多少遅れて減少が終了する。

[0129] 流量調節器指令発生部110の第二指令発生部121は、負荷指令L Oが示す負荷の減少終了（ t_4 ）から第二時間 T_2 後に、第二指令F C O 2の発生を中止する。リターン弁指令出力部162は、図5の（ c' ）に示すように、第一指令発生部111が発生している第一指令F C O 1に基づくリターン弁指令F r C O 1をリターン弁57に出力する。この結果、リターン弁57は、これまでより大きくなる。具体的に、リターン弁57は、第一指令発生部111の目標流量発生部112が発生する目標流量 F_{st} の冷却空気が吐出ライン55に流れ得る開度になる。

[0130] 以上のように、本実施形態では、負荷変化時でも高温部品である燃焼筒22の冷却に必要な十分な冷却空気を供給することができる。このため、本実施形態では、負荷静定時に燃焼筒22に供給する冷却空気の流量を、負荷変化時を考慮して多くする必要がない。よって、本実施形態では、負荷静定時の冷却空気の使用量を抑えつつ、負荷変化時でも高温部品を十分に冷却することができる。

[0131] なお、本実施形態では、第二操作量算出部122がガスタービン1の運転状態に応じた流量調節器のフィードフォワード目標操作量である第二操作量を算出し、第四操作量算出部142がガスタービン1の運転状態に応じた冷媒弁66のフィードフォワード目標操作量である第四操作量を算出する。しかしながら、第二操作量及び第四操作量は、固定値であってもよい。具体的に、流量調節器の第二操作量は、第一指令発生部111の目標流量発生部112が発生する目標流量 F_{st} より多い変化時流量が得られる操作量であれば、例えば、吸気弁69の開度が全開を示す操作量や、吸気弁69の開度が90%を示す操作量であってもよい。また、冷媒弁66の第四操作量は、第三指令発生部131の目標温度発生部132が発生する目標温度 T_{st} より低い温度の冷却空気が得られる操作量であれば、例えば、冷媒弁66の開度が全開を示す操作量や、冷媒弁66の開度が90%を示す操作量であっても

よい。

[0132] また、本実施形態では、負荷変化の形態である負荷増加時及び負荷減少時に、流量調節器の操作量として第二操作量を採用する。しかしながら、負荷減少時、流量調節器の操作量として第二操作量を採用せず、第一操作量を採用してもよい。すなわち、流量調節器の操作量として、負荷が減少しても、第一操作量を維持し続けてもよい。さらに、本実施形態では、負荷増加時及び負荷減少時に、冷媒弁 6 6 の操作量として第四操作量を採用する。しかしながら、負荷減少時、冷媒弁 6 6 の操作量として第四操作量を採用せず、第三操作量を採用してもよい。すなわち、冷媒弁 6 6 の操作量として、負荷が減少しても、第三操作量を維持し続けてもよい。これらの場合、図 4 (c) で二点鎖線で示すように、負荷減少時、吸気弁 6 9 の操作量（開度）は、負荷減少に伴う第一操作量の減少により減少する。また、同図 (d) で二点鎖線で示すように、負荷減少時、冷媒弁 6 6 の操作量（開度）は、負荷減少に伴う第三操作量の減少により減少する。また、図 5 (c') で二点鎖線で示すように、負荷減少時、リターン弁 5 7 の操作量（開度）は、負荷減少に伴う第一操作量の減少により増加する。

[0133] 「第二実施形態」

ガスタービン設備の第二実施形態について、図 7 を参照して詳細に説明する。

[0134] 本実施形態のガスタービン設備は、制御装置 1 0 0 a の構成が上記実施形態における制御装置 1 0 0 の構成と異なることを除いて、上記実施形態のガスタービン設備と同じである。よって、以下では、本実施形態の制御装置 1 0 0 a について説明する。

[0135] 本実施形態の制御装置 1 0 0 a も、上記第一実施形態の制御装置 1 0 0 と同様、受付部 1 0 1 と、負荷変化判定部 1 5 0 と、流量調節器指令発生部 1 1 0 a と、冷媒弁指令発生部 1 3 0 a と、吸気弁指令出力部 1 6 1 と、冷媒弁指令出力部 1 6 3 と、を有する。流量調節器指令発生部 1 1 0 a は、上記第一実施形態の流量調節器指令発生部 1 1 0 と同様、第一指令発生部 1 1 1

及び第二指令発生部 1 2 1 a を有する。冷媒弁指令発生部 1 3 0 a は、上記第一実施形態の冷媒弁指令発生部 1 3 0 a と同様、第三指令発生部 1 3 1 及び第四指令発生部 1 4 1 a を有する。

[0136] 本実施形態の第二指令発生部 1 2 1 a は、上記第一実施形態の第二指令発生部 1 2 1 と同様に、第二操作量算出部 1 2 2 a と、指令第一遅延部 1 2 8 と、指令第二遅延部 1 2 9 と、を有する。本実施形態の第二指令発生部 1 2 1 a は、さらに、目標流量発生部 1 2 3 と、流量偏差演算部 1 2 4 と、を有する。本実施形態の第二指令発生部 1 2 1 a は、第一指令発生部 1 1 1 の目標流量発生部 1 1 2 と同様、ガスタービン 1 の運転状態に応じた、吐出ライン 5 5 を流れる冷却空気の目標流量を発生する。但し、本実施形態における第二指令発生部 1 2 1 a の目標流量発生部 1 2 3 が発生する目標流量 F_{ct} は、第一指令発生部 1 1 1 の目標流量発生部 1 1 2 が発生する目標流量 F_{st} より、この目標流量 F_{st} の予め定められた割合分だけ多い流量である。流量偏差演算部 1 2 4 は、吐出流量計 7 6 で検知された冷却空気の流量 F_o と目標流量 F_{ct} との偏差を求める。第二操作量算出部 1 2 2 a は、この偏差に応じたフィードバック操作量である第二操作量を算出する。この第二操作量算出部 1 2 2 a は、指令第一遅延部 1 2 8 から変化検知指令 L_{csO} を受け付けると、第二操作量を示す第二指令 $FCO2$ を出力する。また、この第二操作量算出部 1 2 2 a は、指令第二遅延部 1 2 9 から変化終了指令 L_{ceO} を受け付けると、この第二指令 $FCO2$ の出力を中止する。

[0137] すなわち、本実施形態の第二指令発生部 1 2 1 a は、第一指令発生部 1 1 1 が発生する第一指令 $FCO1$ と同様に、フィードバック操作量を示す指令を発生する。

[0138] 本実施形態の第四指令発生部 1 4 1 a は、上記第一実施形態の第四指令発生部 1 4 1 と同様に、第四操作量算出部 1 4 2 a と、指令第三遅延部 1 4 8 と、指令第四遅延部 1 4 9 と、を有する。本実施形態の第四指令発生部 1 4 1 a は、さらに、目標温度発生部 1 4 3 と、温度偏差演算部 1 4 4 と、を有する。本実施形態の第四指令発生部 1 4 1 a は、第三指令発生部 1 3 1 の目

標温度発生部 1 3 2 と同様、ガスタービン 1 の運転状態に応じた冷却空気の目標温度を発生する。但し、第四指令発生部 1 4 1 a の目標温度発生部 1 4 3 が発生する目標温度 T_{ct} は、第三指令発生部 1 3 1 の目標温度発生部 1 3 2 が発生する目標温度 T_{st} より、この目標温度 T_{st} の予め定められた割合分だけ低い温度である。温度偏差演算部 1 4 4 は、吸気温度計 7 2 で検知された冷却空気の温度 T_i と目標温度 T_{ct} との偏差を求める。第四操作量算出部 1 4 2 a は、この偏差に応じたフィードバック操作量である第四操作量を算出する。この第四操作量算出部 1 4 2 a は、指令第三遅延部 1 4 8 から変化検知指令 L_{csO} を受け付けると、第四操作量を示す第二指令 $F_{CO}2$ を出力する。また、この第四操作量算出部 1 4 2 a は、指令第四遅延部 1 4 9 から変化終了指令 L_{ceO} を受け付けると、この第四指令 $Q_{CO}4$ の出力を中止する。

[0139] すなわち、本実施形態の第四指令発生部 1 4 1 a は、第三指令発生部 1 3 1 が発生する第三指令 $Q_{CO}3$ と同様に、フィードバック操作量を示す指令を発生する。

[0140] 本実施形態でも、負荷変化時、吸気弁 6 9 及びリターン弁 5 7 は、第一指令発生部 1 1 1 の目標流量発生部 1 1 2 が発生する目標流量 F_{st} より多い変化時流量の冷却空気が吐出ライン 5 5 に流れ得る開度になる。また、負荷変化時、冷媒弁 6 6 は、第三指令発生部 1 3 1 の目標温度発生部 1 3 2 が発生する目標温度 T_{st} より低い変化時温度の冷却空気が得られる開度になる。

[0141] 従って、本実施形態でも、第一実施形態と同様、負荷静定時の冷却空気の使用量を抑えつつ、負荷変化時でも高温部品を十分に冷却することができる。

[0142] なお、本実施形態の第四指令発生部 1 4 1 a は、吸気温度計 7 2 で検知された冷却空気の温度 T_i と目標温度との偏差に応じたフィードバック操作量を算出する。しかしながら、第四指令発生部 1 4 1 a は、第三指令発生部 1 3 1 と同様に、吐出温度計 7 4 で検知された冷却空気の温度 T_o と目標温度

との偏差に応じたフィードバック操作量を算出してもよい。但し。冷却器 64 から流出する冷却空気の温度変化に対して、吸気温度計 72 で検知される冷却空気の温度 T_i は、吐出温度計 74 で検知される冷却空気の温度 T_o より、応答性が高い。このため、負荷変化時における冷却量調節器のフィードバック操作量を求める際には、本実施形態のように、吸気温度計 72 で検知された冷却空気の温度 T_i を用いることが好ましい。

[0143] 「第一変形例」

上記第一実施形態及び上記第二実施形態におけるガスタービン設備の第一変形例について、図 8 を参照して説明する。

[0144] 上記第一実施形態及び上記第二実施形態におけるガスタービン設備の流量調節器は、吸気弁 69 及びリターン弁 57 である。一方、本変形例の流量調節器は、昇圧機 61 のモータ 62 の回転数を変えるインバータ 63 及びリターン弁 57 である。制御装置 100 の流量調節器指令出力部 161 は、このインバータ 63 に指令を出力し、流量調節器指令出力部 162 は、上記実施形態と同様に、リターン弁 57 に指令を出力する。

[0145] 上記第一実施形態及び上記第二実施形態におけるガスタービン設備の冷却器 64 は、熱交換器である。一方、本変形例の冷却器 64a は、内部を圧縮空気が流れるラジエター 65a と、このラジエター 65a の外部に空気を吹き付けるファン 66a と、このファン 66a を駆動するモータ 67a と、を有する。また、本実施形態の冷却量調節器は、ファン 66a のモータ 67a の回転数を変えるインバータ（駆動量調節器）68a である。制御装置 100 の冷却量調節器指令出力部 163 は、このインバータ 68a に指令を出力する。

[0146] 昇圧機 61 のモータ 62 の回転数を変えることにより、高温部品に供給する冷却空気の流量を変えることができる。また、ファン 66a のモータ 67a の回転数を変えることにより、冷却空気の温度を変えることができる。よって、本変形例でも、以上の実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0147] 「第二変形例」

上記第一実施形態及び上記第二実施形態におけるガスタービン設備の第二変形例について、図9を参照して説明する。

[0148] 上記第一実施形態及び上記第二実施形態におけるガスタービン設備の流量調節器は、吸気弁69及びリターン弁57である。一方、本変形例の流量調節器は、昇圧機61のケーシング内に流入する冷却空気の流量を変えるインレットガイドベーン（以下、IGVとする）68及びリターン弁57である。このIGV68は、昇圧機61のケーシング内の吸込口側に配置されている可変翼68cと、この可変翼68cの角度を変える翼駆動装置68bと、を有する。制御装置100の流量調節器指令出力部161は、このIGV68の翼駆動装置68bに指令を出力する。また、流量調節器指令出力部162は、上記実施形態と同様に、リターン弁57に指令を出力する。

[0149] 上記第一実施形態及び上記第二実施形態におけるガスタービン設備の冷却器64は、熱交換器である。一方、本変形例の冷却器64aは、内部を圧縮空気が流れるラジエター65aと、このラジエター65aの外部に空気を吹き付ける複数のファン66aと、複数のファン66a毎に設けられているモータ67aと、を有する。また、本実施形態の冷却量調節器は、複数のファン66a毎に設けられているモータ（駆動量調節器）67aである。制御装置100の冷却量調節器指令出力部163は、複数のモータに指令を出力する。

[0150] 昇圧機61のIGV68の可変翼68cの角度を変えることにより、高温部品に供給する冷却空気の流量を変えることができる。また、複数のファン66a毎に設けられているモータ67aの稼働台数を変えることにより、冷却空気の温度を変えることができる。よって、本変形例でも、以上の実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0151] なお、上記第一実施形態、上記第一変形例及び本変形例で示す流量調節器の態様と、上記第一実施形態、上記第一変形例及び本変形例で示す冷却量調節器の態様との組み合わせは、如何なる組み合わせであってもよい。

[0152] 「その他の変形例」

上記各実施形態において、制御装置１００、１００aと上位制御装置１７０とは別体であるが、これらは一体であってもよい。

[0153] 上記各実施形態では、冷媒弁（冷却量調節器）６６に関する第三操作量は、ガスタービン１の運転状態によって変化する変動値であるが、この第三操作量は、固定値であってもよい。この場合、冷却空気の温度は、冷却器６４を通過する圧縮空気の流量の変化等に応じて変化する。この冷却空気の温度は、変化時温度との関係で目標温度として扱われる。この場合も、冷媒弁（冷却量調節器）６６の操作量を第四操作量にすることで実現する変化時温度は、この目標温度よりも低くする。従って、第三操作量を固定値とした場合でも、第四操作量は、上記各実施形態と同様に、第三操作量より大きくなり、負荷変化時の冷却温度が下がることになる。

[0154] 上記各実施形態では、流量調節器指令発生部１１０、１１０aは、吸気弁用の指令とリターン弁用の指令とを発生する。しかしながら、吸気弁用の指令発生部とリターン弁用の指令発生部とを個別に設けてもよい。

[0155] 上記各実施形態及び上記各変形例における制御装置１００、１００aは、負荷変化時に対応するため、第二指令発生部１２１、１２１a及び第四指令発生部１４１、１４１aを有する。しかしながら、制御装置は、第二指令発生部と第四指令発生部とのうち、いずれか一方の指令発生部を有してもよい。

[0156] 上記各実施形態及び上記各変形例の冷却系統５０は、高温部品としての燃焼筒２２に冷却空気を送る。しかしながら、冷却系統５０は、高温部品であれば、燃焼筒２２以外の部品に冷却空気を送ってもよい。例えば、タービン３０の動翼３５や静翼３９に冷却空気を送ってもよい。

産業上の利用可能性

[0157] 本発明の一態様によれば、負荷静定時の冷却空気の使用量を抑えつつ、負荷変化時でも高温部品を十分に冷却することができる。

符号の説明

[0158] １：ガスタービン

- 2 : ガスタービンロータ
- 6 : 中間車室
- 7 : ガスタービン車室
- 10 : 空気圧縮機
- 12 : 圧縮機ロータ
- 17 : 圧縮機車室
- 20 : 燃焼器
- 21 : 燃料噴出器
- 22 : 燃焼筒
- 25 : 燃料ライン
- 26 : 燃料弁
- 30 : タービン
- 31 : 燃焼ガス流路
- 32 : タービンロータ
- 33 : ロータ軸
- 34 : 動翼列
- 35 : 動翼
- 37 : タービン車室
- 38 : 静翼列
- 39 : 静翼
- 40 : 発電機
- 50 : ガスタービン冷却系統
- 51 : 冷却空気ライン
- 52 : 吸気ライン
- 53 : 未冷却吸気ライン
- 54 : 冷却済み吸気ライン
- 55 : 吐出ライン
- 56 : リターンライン

- 57 : リターン弁
- 61 : 昇圧機
- 62 : モータ
- 63 : インバータ
- 64, 64a : 冷却器
- 65a : ラジエター
- 66 : 冷媒弁 (冷却量調節器)
- 66a : ファン
- 67a : モータ
- 68a : インバータ
- 68 : インレットガイドベーン (IGV)
- 68c : 可変翼
- 68b : 翼駆動装置
- 69 : 吸気弁 (流量調節器)
- 71 : 検知器
- 72 : 吸気温度計
- 73 : 吸気圧力計
- 74 : 吐出温度計
- 75 : 吐出圧力計
- 76 : 吐出流量計
- 78 : 出力計
- 100, 100a : 制御装置
- 101 : 受付部
- 110, 110a : 流量調節器指令発生部
- 111 : 第一指令発生部
- 112 : 目標流量発生部
- 113 : 流量偏差演算部
- 114 : 第一操作量算出部

- 1 2 1, 1 2 1 a : 第二指令発生部
- 1 2 2, 1 2 2 a : 第二操作量算出部
- 1 2 3 : 目標流量発生部
- 1 2 4 : 流量偏差演算部
- 1 2 8 : 指令第一遅延部
- 1 2 9 : 指令第二遅延部
- 1 3 0, 1 3 0 a : 冷媒弁指令発生部 (冷却量調節器指令発生部)
- 1 3 1 : 第三指令発生部
- 1 3 2 : 目標温度発生部
- 1 3 3 : 温度偏差演算部
- 1 3 4 : 第三操作量算出部
- 1 4 1, 1 4 1 a : 第四指令発生部
- 1 4 2, 1 4 2 a : 第四操作量算出部
- 1 4 3 : 目標温度発生部
- 1 4 4 : 温度偏差演算部
- 1 4 8 : 指令第三遅延部
- 1 4 9 : 指令第四遅延部
- 1 5 0 : 負荷変化判定部
- 1 5 1 : 指令遅延部
- 1 5 2 : 負荷偏差演算部
- 1 5 3 : 変化条件判定部
- 1 6 1 : 吸気弁指令出力部 (流量調節器指令出力部)
- 1 6 2 : リターン弁指令出力部 (流量調節器指令出力部)
- 1 6 3 : 冷媒弁指令出力部 (冷却量調節器指令出力部)
- 1 7 0 : 上位制御装置

請求の範囲

- [請求項1] ガスタービンの空気圧縮機で圧縮された圧縮空気をガスタービン中で燃焼ガスに接する高温部品に導く冷却空気ラインと、
- 前記冷却空気ライン中の前記圧縮空気を冷却して冷却空気にする冷却器と、
- 前記冷却空気ライン中の前記冷却空気を昇圧する昇圧機と、
- 前記冷却空気ラインを経て前記高温部品に供給される前記冷却空気の流量を調節する流量調節器と、
- を備えるガスタービン冷却系統の制御装置において、
- 前記ガスタービンの負荷を示す負荷指令を受け付ける受付部と、
- 前記受付部が受け付けた前記負荷指令が示す負荷が変化したか否かを判定する負荷変化判定部と、
- 前記高温部品に供給される前記冷却空気の流量が前記ガスタービンの運転状態に応じて定まる目標流量になり得る前記流量調節器の操作量を示す第一指令を発生する第一指令発生部と、
- 前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定されると、前記目標流量より多い変化時流量になり得る前記流量調節器の操作量を示す第二指令を発生する第二指令発生部と、
- 前記第二指令発生部が前記第二指令を発生している場合、前記第二指令に基づく流量調節器指令を前記流量調節器に出力し、前記第二指令発生部が前記第二指令を発生していない場合、前記第一指令に基づく流量調節器指令を前記流量調節器に出力する指令出力部と、
- を有するガスタービン冷却系統の制御装置。
- [請求項2] 請求項1に記載のガスタービン冷却系統の制御装置において、
- 前記変化時流量は、前記目標流量よりも予め定められた割合だけ多い、
- ガスタービン冷却系統の制御装置。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載のガスタービン冷却系統の制御装置において

、

前記第二指令発生部は、前記変化時流量が得られる前記流量調節器のフィードフォワード目標操作量を示す指令を前記第二指令として発生する、

ガスタービン冷却系統の制御装置。

[請求項4] 請求項1に記載のガスタービン冷却系統の制御装置において、

前記第二指令発生部は、前記変化時流量に関する目標値と前記冷却空気の現状の流量との偏差が小さくなるよう定められた前記流量調節器のフィードバック操作量を示す指令を前記第二指令として発生する、

、

ガスタービン冷却系統の制御装置。

[請求項5] 請求項1から4のいずれか一項に記載のガスタービン冷却系統の制御装置において、

前記第二指令発生部は、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定された後、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷の変化が終了したと判定されると、前記第二指令の発生を中止する、

ガスタービン冷却系統の制御装置。

[請求項6] 請求項1から4のいずれか一項に記載のガスタービン冷却系統の制御装置において、

前記第二指令発生部は、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定された後、前記負荷指令が示す負荷の変化が終了したと判定され、且つ予め定められた第二指令中止条件を満たすと、前記第二指令の発生を中止する、

ガスタービン冷却系統の制御装置。

[請求項7] 請求項1から6のいずれか一項に記載のガスタービン冷却系統の制御装置において、

前記ガスタービン冷却系統は、前記冷却器による前記圧縮空気の冷

却量を調節する冷却量調節器を備えており、

前記冷却空気の温度が目標温度になり得る前記冷却量調節器の操作量を示す第三指令を発生する第三指令発生部と、

前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定されると、前記冷却空気の温度が前記目標温度より低い変化時温度になり得る前記冷却量調節器の操作量を示す第四指令を発生する第四指令発生部と、

前記第四指令発生部が前記第四指令を発生している場合、前記第四指令に基づく冷却量調節器指令を前記冷却量調節器に出力し、前記第四指令発生部が前記第四指令を発生していない場合、前記第三指令に基づく冷却量調節器指令を前記冷却量調節器に出力する指令出力部と、

を有するガスタービン冷却系統の制御装置。

[請求項8] 請求項7に記載のガスタービン冷却系統の制御装置において、
前記変化時温度は、前記目標温度より予め定められた割合だけ低い、
ガスタービン冷却系統の制御装置。

[請求項9] 請求項7又は8に記載のガスタービン冷却系統の制御装置において、
前記第四指令発生部は、前記変化時温度が得られる前記冷却量調節器のフィードフォワード目標操作量を示す指令を前記第四指令として発生する、

ガスタービン冷却系統の制御装置。

[請求項10] 請求項7に記載のガスタービン冷却系統の制御装置において、
前記第四指令発生部は、前記変化時温度の目標値と前記冷却空気の現状の温度との偏差が小さくなるよう定められた前記冷却量調節器のフィードバック操作量を示す指令を前記第四指令として発生する、
ガスタービン冷却系統の制御装置。

[請求項11] 請求項7から10のいずれか一項に記載のガスタービン冷却システムの制御装置において、

前記第四指令発生部は、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定された後、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷の変化が終了したと判定されると、前記第四指令の発生を中止する、

ガスタービン冷却システムの制御装置。

[請求項12] 請求項7から10のいずれか一項に記載のガスタービン冷却システムの制御装置において、

前記第四指令発生部は、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定された後、前記負荷変化判定部により前記負荷指令が示す負荷の変化が終了したと判定され、且つ予め定められた第四指令中止条件を満たすと、前記第四指令の発生を中止する、

ガスタービン冷却システムの制御装置。

[請求項13] 請求項1から12のいずれか一項に記載のガスタービン冷却システムの制御装置と、前記冷却空気ラインと、前記冷却器と、前記昇圧機と、前記流量調節器と、を備え、

前記流量調節器は、前記冷却空気ライン中で前記昇圧機よりも前記空気圧縮機側の吸気ラインに設けられ、前記吸気ラインを流れる前記冷却空気の流量を調節する吸気弁である、

ガスタービン冷却システム。

[請求項14] 請求項1から12のいずれか一項に記載のガスタービン冷却システムの制御装置と、前記冷却空気ラインと、前記冷却器と、前記昇圧機と、前記流量調節器と、を備え、

前記冷却空気ラインは、前記空気圧縮機で圧縮された圧縮空気を前記昇圧機に導く吸気ラインと、前記昇圧機で昇圧された空気を前記高温部品に導く吐出ラインと、前記吐出ラインを流れる空気を前記吸気ラインに戻すリターンラインと、を有し、

前記流量調節器は、前記リターンラインを流れる空気の流量を調節するリターン弁である、

ガスタービン冷却系統。

[請求項15] 請求項1から12のいずれか一項に記載のガスタービン冷却系統の制御装置と、前記冷却空気ラインと、前記冷却器と、前記昇圧機と、前記流量調節器と、を備え、

前記流量調節器は、前記昇圧機のケーシングに設けられ、前記ケーシング内に流入する前記冷却空気の流量を調節するインレットガイドベーンである、

ガスタービン冷却系統。

[請求項16] 請求項7から12のいずれか一項に記載のガスタービン冷却系統の制御装置と、前記冷却空気ラインと、前記冷却器と、前記昇圧機と、前記流量調節器と、前記冷却量調節器と、を備え、

前記冷却器は、前記圧縮空気と冷却媒体とを熱交換させて、前記圧縮空気を冷却する熱交換器であり、

前記冷却量調節器は、前記熱交換器に流入する前記冷却媒体の流量を調節する冷媒弁である、

ガスタービン冷却系統。

[請求項17] 請求項13から16のいずれか一項に記載のガスタービン冷却系統と、

前記ガスタービンと、

を備えるガスタービン設備。

[請求項18] ガスタービンの空気圧縮機で圧縮された圧縮空気をガスタービン中で燃焼ガスに接する高温部品に導く冷却空気ラインと、前記冷却空気ライン中の前記圧縮空気を冷却して冷却空気にする冷却器と、前記冷却空気ライン中の前記冷却空気を昇圧する昇圧機と、前記冷却空気ラインを経て前記高温部品に供給される前記冷却空気の流量を調節する流量調節器と、を備えるガスタービン冷却系統の制御方法において、

前記ガスタービンの負荷を示す負荷指令を受け付ける受付工程と、
前記受付工程で受け付けた前記負荷指令が示す負荷が変化したか否かを判定する負荷変化判定工程と、

前記高温部品に供給される前記冷却空気の流量が前記ガスタービンの運転状態に応じて定まる目標流量になり得る前記流量調節器の操作量を示す第一指令を発生する第一指令発生工程と、

前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定されると、前記目標流量より多い変化時流量になり得る前記流量調節器の操作量を示す第二指令を発生する第二指令発生工程と、

前記第二指令発生工程で前記第二指令を発生している場合、前記第二指令に基づく流量調節器指令を前記流量調節器に出力し、前記第二指令発生工程で前記第二指令を発生していない場合、前記第一指令に基づく流量調節器指令を前記流量調節器に出力する指令出力工程と、
を実行するガスタービン冷却システムの制御方法。

[請求項19] 請求項18に記載のガスタービン冷却システムの制御方法において、
前記変化時流量は、前記目標流量よりも予め定められた割合だけ大きい、

ガスタービン冷却システムの制御方法。

[請求項20] 請求項18又は19に記載のガスタービン冷却システムの制御方法において、

前記第二指令発生工程では、前記変化時流量が得られる前記流量調節器のフィードフォワード目標操作量を示す指令を前記第二指令として発生する、

ガスタービン冷却システムの制御方法。

[請求項21] 請求項18に記載のガスタービン冷却システムの制御方法において、
前記第二指令発生工程では、前記変化時流量に関する目標値と前記冷却空気の現状の流量との偏差が小さくなるよう定められた前記流量調節器のフィードバック操作量を示す指令を前記第二指令として発生

する、

ガスタービン冷却システムの制御方法。

[請求項22] 請求項18から21のいずれか一項に記載のガスタービン冷却システムの制御方法において、

前記第二指令発生工程では、前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定された後、前記負荷指令が示す負荷の変化が終了したと判定されると、前記第二指令の発生を中止する、

ガスタービン冷却システムの制御方法。

[請求項23] 請求項18から21のいずれか一項に記載のガスタービン冷却システムの制御方法において、

前記第二指令発生工程では、前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定された後、前記負荷指令が示す負荷の変化が終了したと判定され、且つ予め定められた第二指令中止条件を満たすと、前記第二指令の発生を中止する、

ガスタービン冷却システムの制御方法。

[請求項24] 請求項18から23のいずれか一項に記載のガスタービン冷却システムの制御方法において、

前記ガスタービン冷却システムは、前記冷却器による前記圧縮空気の冷却量を調節する冷却量調節器を備えており、

前記冷却空気の温度が目標温度になり得る前記冷却量調節器の操作量を示す第三指令を発生する第三指令発生工程と、

前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷が変化したと判定されると、前記冷却空気の温度が前記目標温度より低い変化時温度になり得る前記冷却量調節器の操作量を示す第四指令を発生する第四指令発生工程と、

前記第四指令発生工程で前記第四指令を発生している場合、前記第四指令に基づく冷却量調節器指令を前記冷却量調節器に出力し、前記第四指令発生工程で前記第四指令を発生していない場合、前記第三指

令に基づく冷却量調節器指令を前記冷却量調節器に出力する指令出力工程と、

を実行するガスタービン冷却システムの制御方法。

[請求項25] 請求項24に記載のガスタービン冷却システムの制御方法において、
前記変化時温度は、前記目標温度より予め定められた割合だけ低い、
ガスタービン冷却システムの制御方法。

[請求項26] 請求項24又は25に記載のガスタービン冷却システムの制御方法において、
前記第四指令発生工程では、前記変化時温度が得られる前記冷却量調節器のフィードフォワード目標操作量を示す指令を前記第四指令として発生する、
ガスタービン冷却システムの制御方法。

[請求項27] 請求項24に記載のガスタービン冷却システムの制御方法において、
前記第四指令発生工程では、前記変化時温度の目標値と前記冷却空気の現状の温度との偏差が小さくなるよう定められた前記冷却量調節器のフィードバック操作量を示す指令を前記第四指令として発生する、
ガスタービン冷却システムの制御方法。

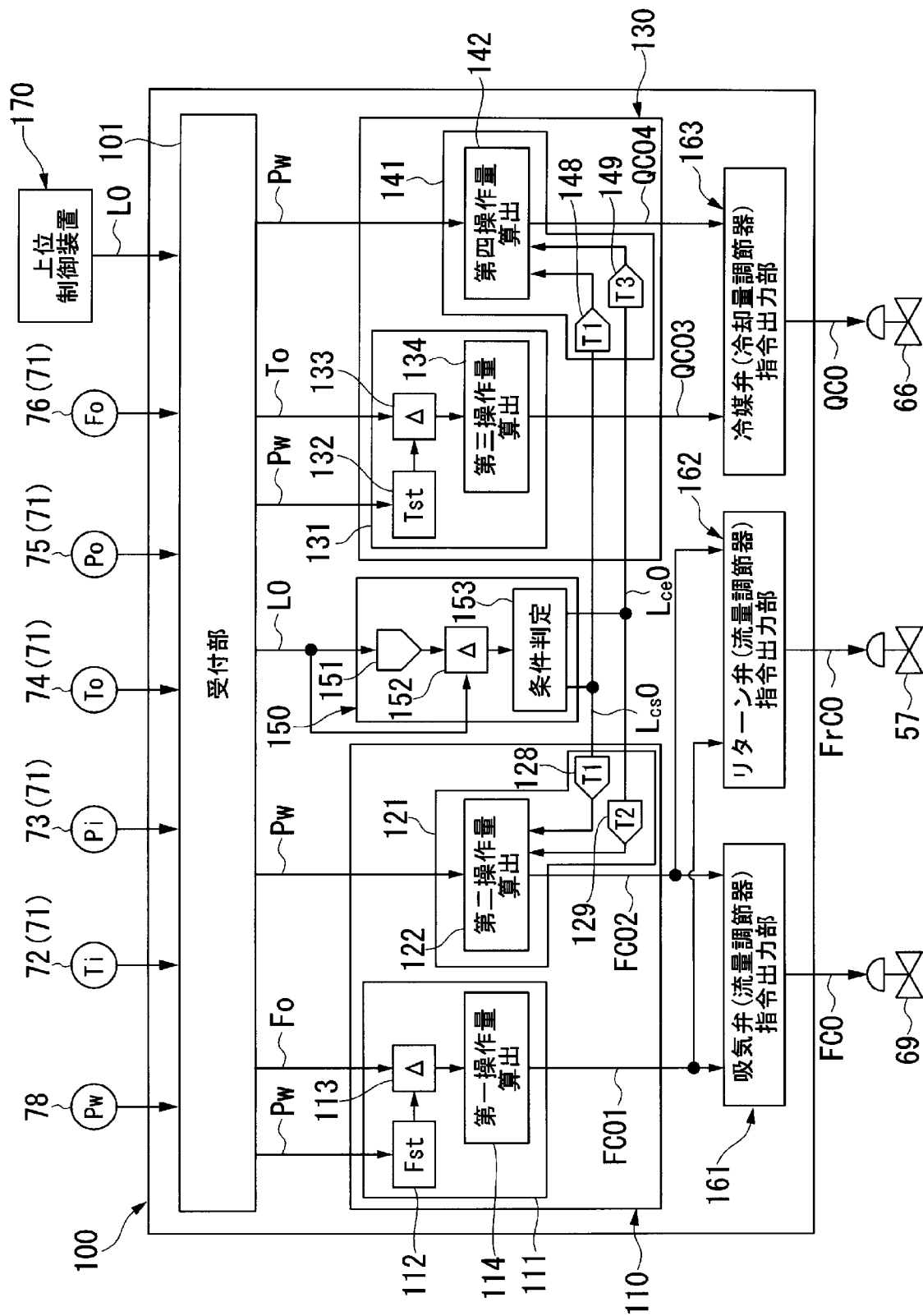
[請求項28] 請求項24から27のいずれか一項に記載のガスタービン冷却システムの制御方法において、
前記第四指令発生工程では、前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷が変化すると判定された後、前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷の変化が終了すると判定されると、前記第四指令の発生を中止する、
ガスタービン冷却システムの制御方法。

[請求項29] 請求項24から28のいずれか一項に記載のガスタービン冷却システムの制御方法において、

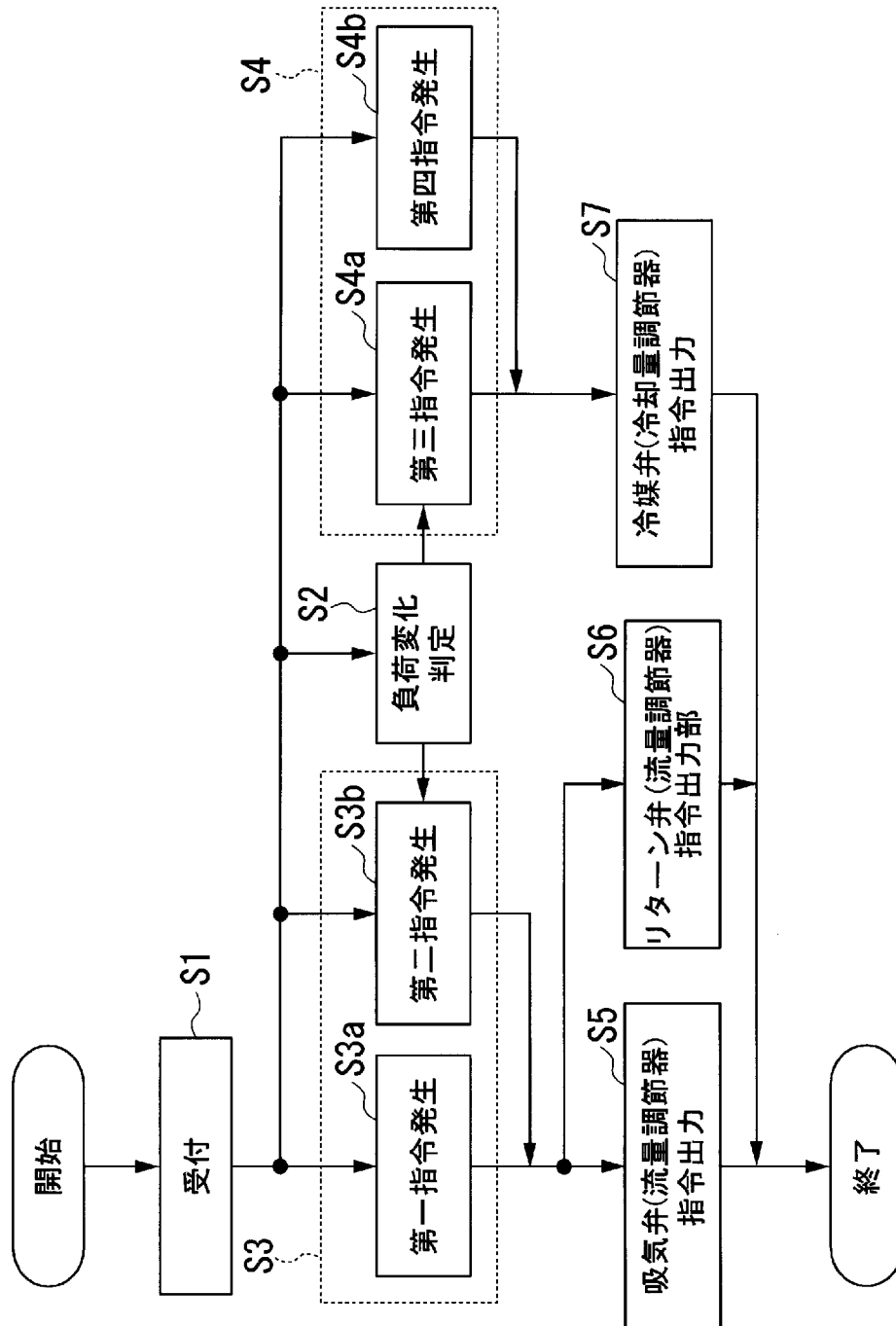
前記第四指令発生工程では、前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷が変化すると判定された後、前記負荷変化判定工程により前記負荷指令が示す負荷の変化が終了したと判定され、且つ予め定められた第四指令中止条件を満たすと、前記第四指令の発生を中止する、

ガスタービン冷却システムの制御方法。

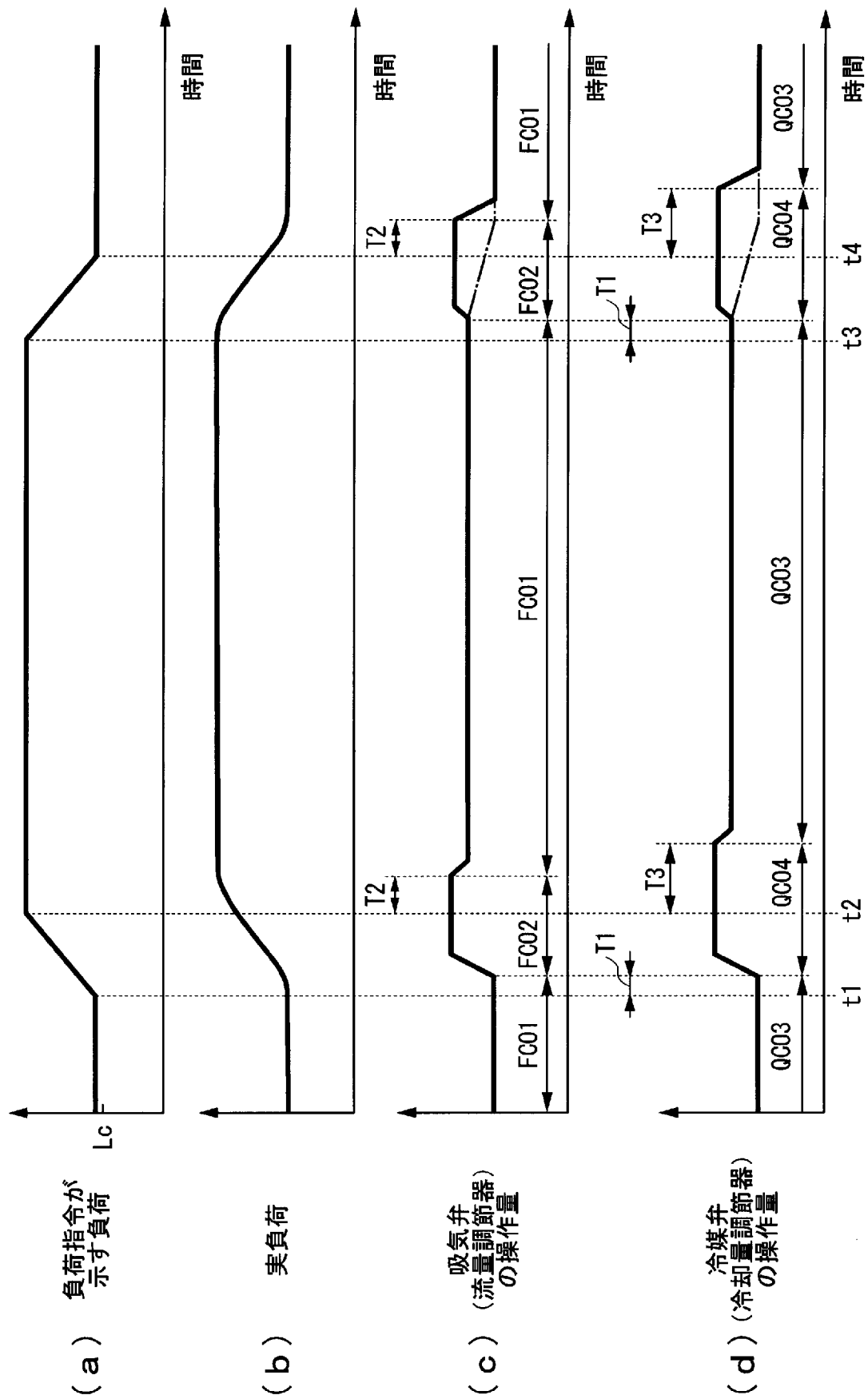
[図2]



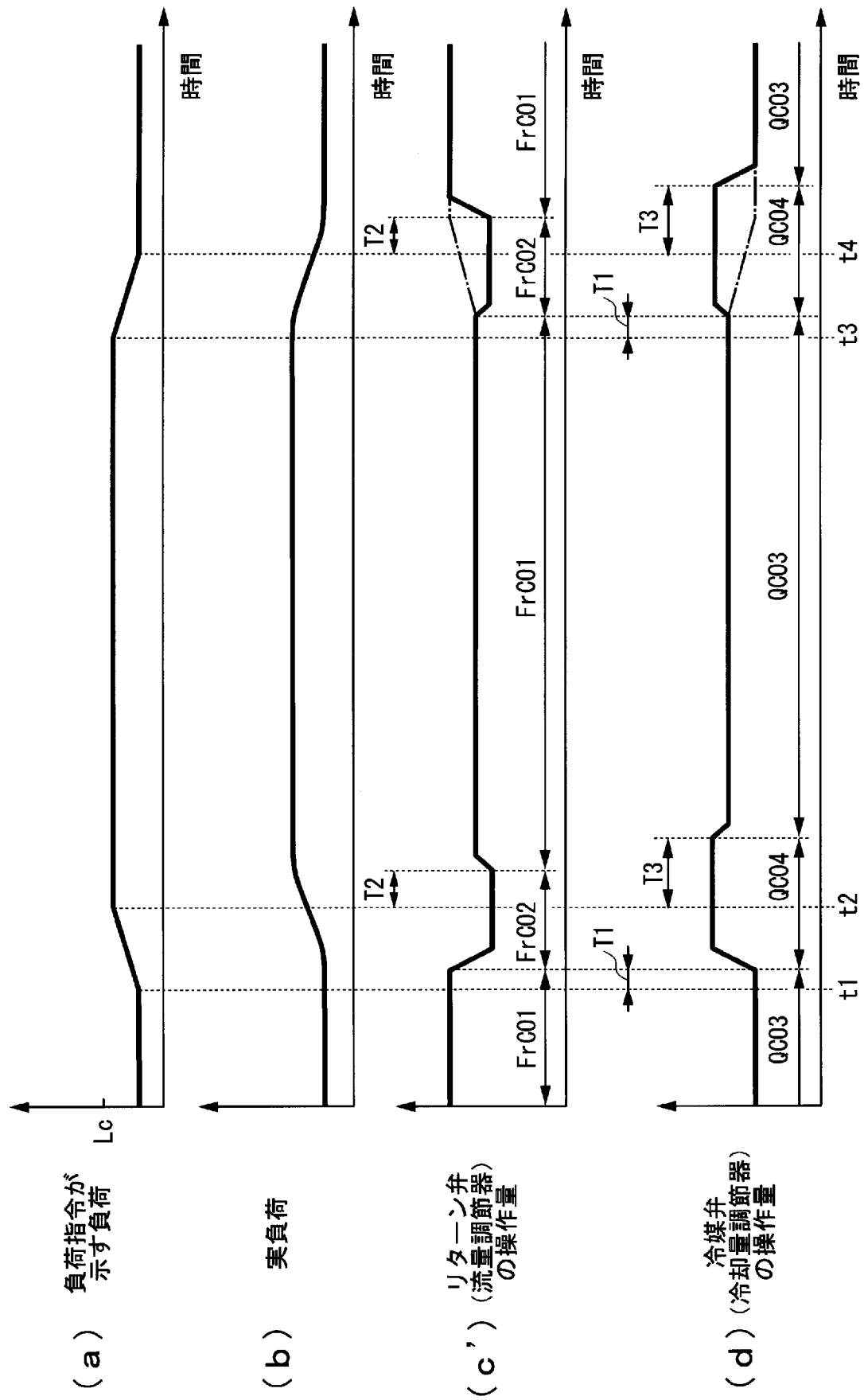
[図3]



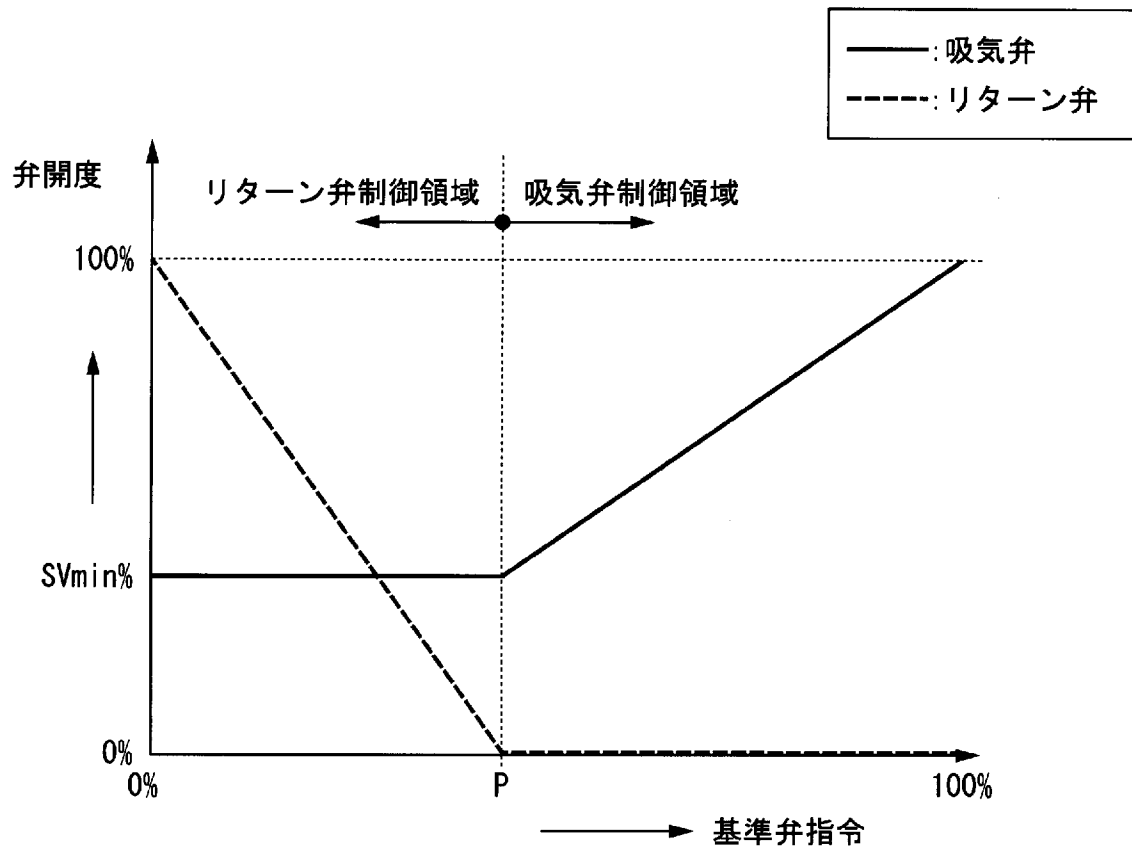
[図4]



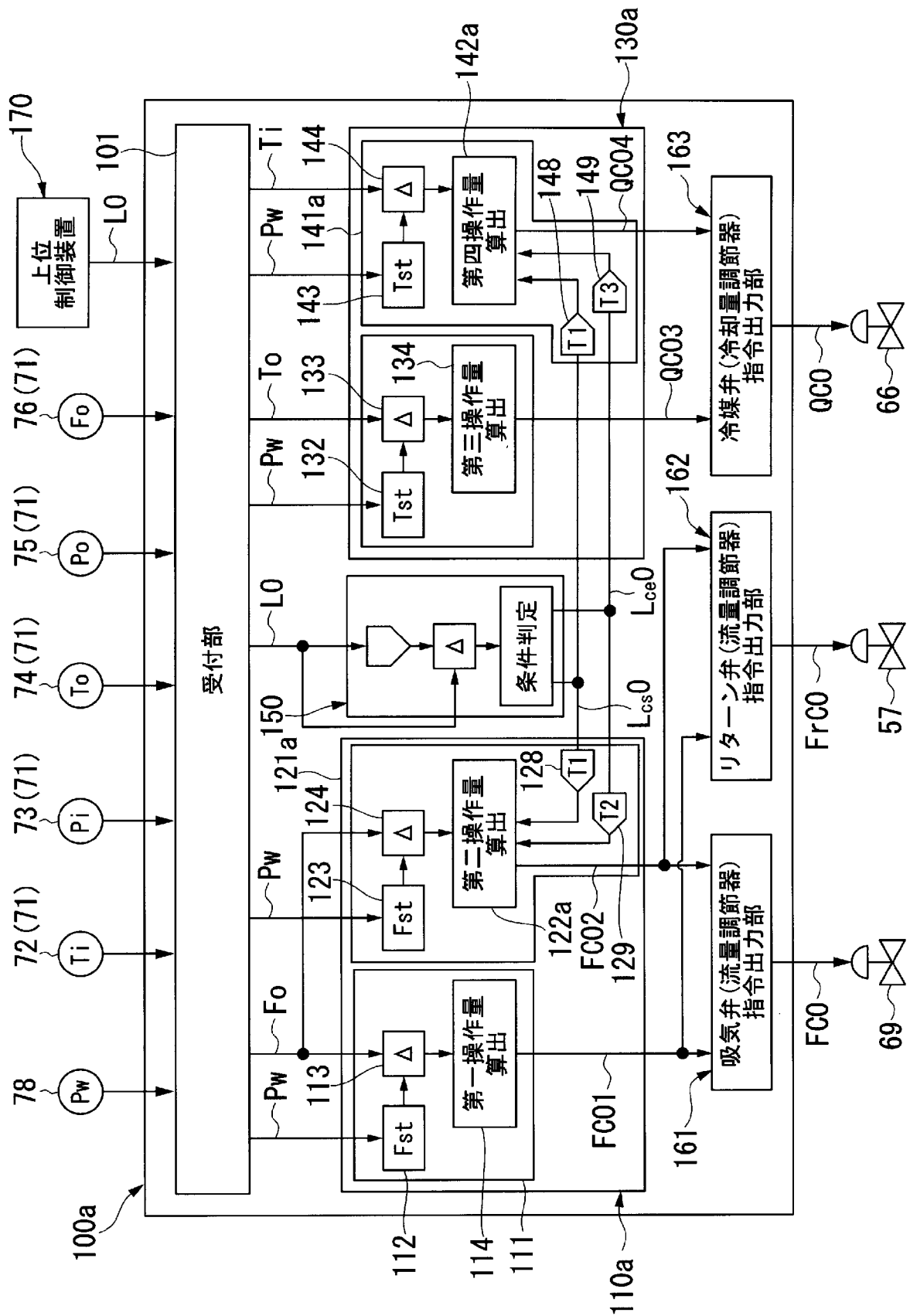
[図5]



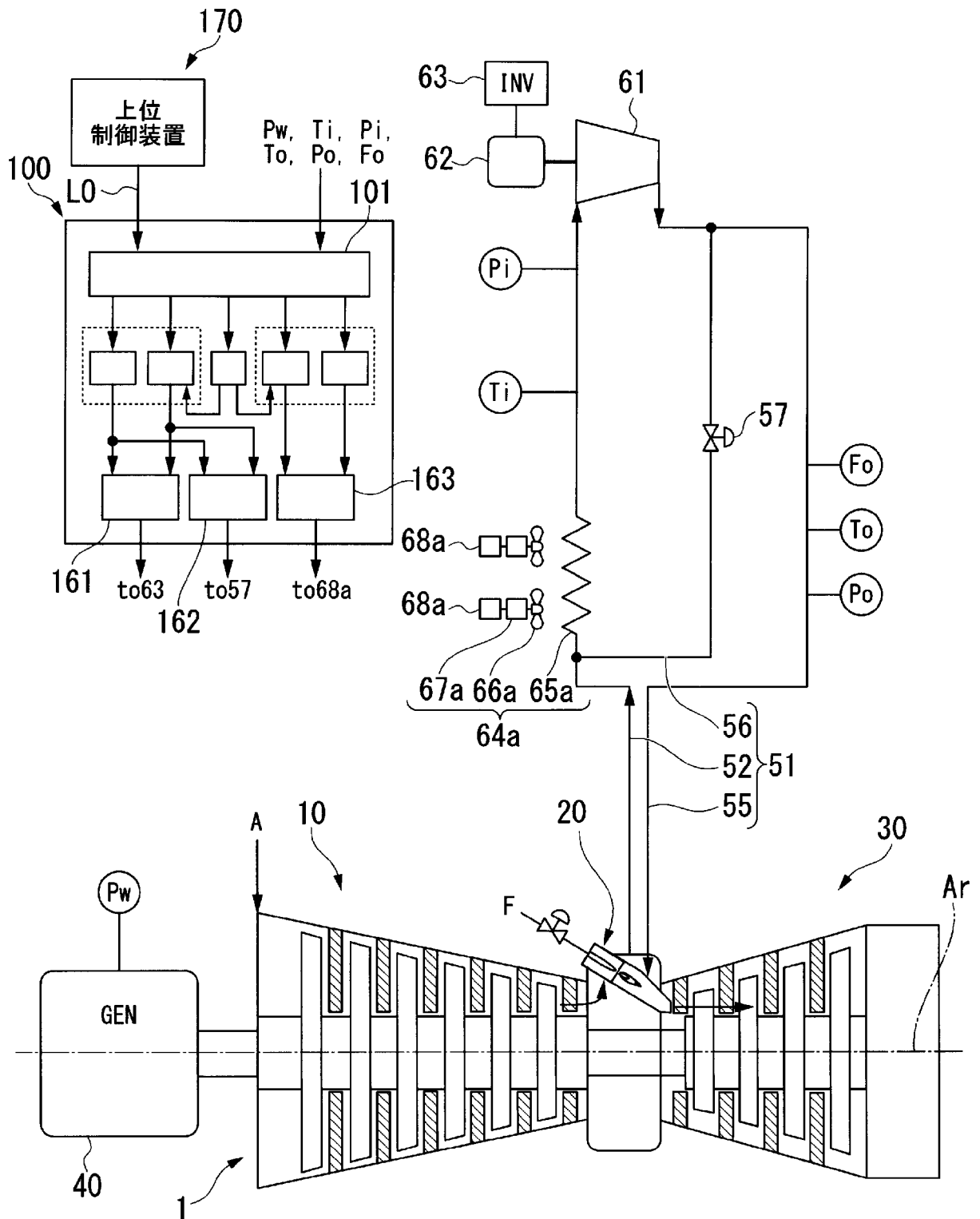
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/086176

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02C7/18(2006.01)i, F01D25/12(2006.01)i, F02C9/18(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)

F02C7/18, F01D25/12, F02C9/18

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

DWPI (Thomson Innovation)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2010-90817 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.),	1-5, 13, 15, 17-22
Y	22 April 2010 (22.04.2010),	6, 14, 23
A	paragraphs [0016] to [0034]; fig. 1 to 7 (Family: none)	7-12, 16, 24-29
Y	JP 2015-222023 A (Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd.),	6, 23
A	10 December 2015 (10.12.2015), paragraphs [0099] to [0152]; fig. 11 to 16 (Family: none)	7-12, 16, 24-29

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 February 2017 (09.02.17)

Date of mailing of the international search report
21 February 2017 (21.02.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/086176

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2015/064428 A1 (Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd.), 07 May 2015 (07.05.2015), paragraph [0025]; fig. 1 & US 2016/0237910 A1 paragraph [0039]; fig. 1	14 7-12, 16, 24-29

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02C7/18(2006.01)i, F01D25/12(2006.01)i, F02C9/18(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. F02C7/18, F01D25/12, F02C9/18

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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）

DWPI (Thomson Innovation)

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
X	JP 2010-90817 A（三菱重工業株式会社） 2010.04.22, 段落0016-0034、図1-7	1-5, 13, 15, 17-22
Y	（ファミリーなし）	6, 14, 23
A		7-12, 16, 24-29
Y	JP 2015-222023 A（三菱日立パワーシステムズ株式会社） 2015.12.10, 段落0099-0152、図11-16	6, 23
A	（ファミリーなし）	7-12, 16, 24-29

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
「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
「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）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.02.2017

国際調査報告の発送日

21.02.2017

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）

山崎 孔徳

3 S

4 0 2 5

電話番号 03-3581-1101 内線 3391

C (続き) . 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
Y A	WO 2015/064428 A1 (三菱日立パワーシステムズ株式会社) 2015.05.07, 段落 0 0 2 5、図 1 & US 2016/0237910 A1, 段落 0 0 3 9、図 1	14 7-12, 16, 24-29