

明 細 書

発明の名称： 船用発電システム及び船用発電システムの発電方法

技術分野

[0001] 本発明は、船用発電システム及び船用発電システムの発電方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来から、推進用エンジンを用いた船舶では、推進用エンジンから排出された排ガスの排熱を回収して蒸気を生成し、その蒸気を蒸気タービンなどに導入するシステムを適用することが知られている。このような船舶には、例えば特許文献1のようなものがある。

特許文献1には、船舶用原動機の排ガス熱回収装置において、補助ボイラドラムを高圧汽水分離器として兼用し、高圧汽水分離器の蒸気は蒸気タービンに送られる構成が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開昭57-49704号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、近年、高い発電効率を発揮する発電システムであるガスタービンコンバインドサイクル（G T C C）を船舶にも採用することが検討されている。しかしながら、ガスタービンコンバインドサイクルには、蒸気タービンや排ガスエコノマイザや汽水分離器といった様々な装置を設置する必要があるので、限られた空間である船舶に設けるにあたり設置スペースの確保が問題となっていた。

また、ガスタービンコンバインドサイクルは、ガスタービンの燃焼ガスによる発電のほかに、ガスタービンの排ガスから排熱を回収して蒸気を生成し、この蒸気を蒸気タービンに導入することによっても発電する。しかしなが

ら、ガスタービンがメンテナンス等で停止しているときには、ガスタービンから排ガスが発生しないので、排熱が回収できず、蒸気を生成できない。よって、ガスタービンが停止すると、ガスタービンによる発電だけでなく、蒸気タービンによる発電も行えなくなってしまうという問題があった。また、ガスタービンのトラブル等で、ガスタービンの負荷が低下した場合、ガスタービンから発生する排ガスの排熱も減少する。それにより、排ガスから回収できる排熱が減少し、生成する蒸気の蒸気量や蒸気温度が不足する。よって、ガスタービンの負荷が低下すると、ガスタービンの負荷の低下に伴い、付随的に蒸気タービンによる発電量も低下し、発電システム全体の発電量が大幅に低下するという問題があった。

[0005] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、船舶に発電システムを導入する際に、省スペース化を実現することができる船用発電システム及び船用発電システムの発電方法を提供することを目的とする。

また、本発明の第2の目的は、ガスタービンの稼働状態によらず、好適に蒸気タービンを駆動させ、発電システム全体の稼働率を向上させ、船舶の必要とする電力量を賄うことができる船用発電システム及び船用発電システムの発電方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本発明の船用発電システム及び船用発電システムの発電方法は以下の手段を採用する。

本発明の一態様に係る船用発電システムは、燃焼ガスによって駆動されるガスタービンと、前記ガスタービンによって駆動されて発電する第1発電機と前記ガスタービンから排出された排ガスから熱回収することによって蒸気を生成する排ガスエコノマイザと、火炉及び蒸気ドラムを有するボイラと、前記排ガスエコノマイザの汽水分離器として前記蒸気ドラムを用いるように接続された循環流路と、前記蒸気ドラムからの蒸気によって駆動される蒸気タービンと、前記蒸気タービンによって駆動されて発電する第2発電機と、を備える。

[0007] 上記構成では、ガスタービンが回転力を出力し、第1発電機を駆動させて発電する。ガスタービンから排出された排ガスの排熱が排ガスエコノマイザにおいて熱回収される。排ガスエコノマイザで生成された蒸気は、循環流路を介してボイラの蒸気ドラムへと導かれる。蒸気ドラムは、汽水分離器として用いられ、蒸気と水とが分離される。蒸気ドラムにて分離された水は、循環流路を介して排ガスエコノマイザへと戻される。一方、蒸気ドラムにて分離された蒸気は、蒸気タービンに導かれ蒸気タービンを駆動する。蒸気タービンが駆動すると第2発電機によって発電が行われる。上記構成の船用発電システムではこのように発電を行う。

ところで、船舶には、航行中や停泊中に船内で必要とされる船内雑用蒸気等を生成するために用いられるボイラが複数設置される。本発明の発明者等は、鋭意検討した結果、このボイラに注目した。排ガスエコノマイザの汽水分離器としてこのようなボイラの蒸気ドラムを用いると、汽水分離機を用いることなく、水蒸気と水とを分離することができる。したがって、排ガスエコノマイザの汽水分離器としてこのようなボイラを用いた場合には、排ガスエコノマイザのための汽水分離器を別途設置する必要がなく、別途汽水分離器を設置する為のコストを削減でき、省スペース化を実現することができる。ここでいう汽水分離器として用いるボイラとは、新たに設けるボイラであってもよく、既設のボイラであってもよい。

また、ボイラから発生する排ガスをイナータガスとして使用することで、イナータガスを発生させる機器を別途設置する必要がなく、別途イナータガスを発生させる機器を設置するためのコストを削減でき、省スペース化を実現することができる。

また、例えば、VOCや自燃できない低発熱量のガス等が発生した場合、ボイラで油との混焼を行うことで、これらのガスも適切に燃焼することができる。自燃できない低発熱量ガスを適切に燃焼させることで、船用発電システム全体のエネルギー効率を向上させることができる。また、環境に影響を与える可能性がある排出ガスを、ボイラで燃焼することで無害化することが

できる。

なお、第1発電機と第2発電機とをまとめて1つの発電機としてもよい。

また、蒸気ドラムと蒸気タービンとの間に排ガスエコノマイザを備えて、蒸気ドラムから蒸気タービンに供給される蒸気を排ガスエコノマイザで過熱してもよい。蒸気ドラムと蒸気タービンとの間に設けられる排ガスエコノマイザは、蒸気を生成する排ガスエコノマイザと兼用してもよく、別途新たに設けてもよい。

[0008] 本発明の一態様に係る船用発電システムは、前記火炉に設けられたバーナを制御する制御部を備え、前記制御部は、前記ボイラの運転モードとして、前記ガスタービンの負荷に応じて前記バーナを着火するボイラ運転モードを有していてもよい。

[0009] 上記構成では、制御部は、ガスタービンの負荷に応じて火炉に設けられたバーナを起動するボイラ運転モードを有している。このボイラ運転モードで運転することによって、例えば、ガスタービンの負荷が所定の値よりも低く、排ガスエコノマイザで十分な蒸気を生成できない場合に、火炉に設けられたバーナを着火し、ボイラでも蒸気の生成や加熱を行うことで、蒸気タービンに十分な蒸気を供給することができる。これにより、ガスタービンの負荷が下がることで低下した発電量を蒸気タービンで補うことができる。したがって、船用発電システム全体として安定した発電が可能となり、船舶の必要電力を好適に賄うことができる。

また、例えば、ガスタービンのメンテナンス等により、ガスタービンが停止している場合であっても、ボイラで生成した蒸気によって発電を行うことができる。したがって、船用発電システムの不稼働時間を低減することができる。

[0010] 本発明の一態様に係る船用発電システムは、前記火炉に設けられたバーナを制御する制御部を備え、前記制御部は、前記ボイラの運転モードとして、前記ガスタービンが定格運転時に前記バーナを着火するボイラ運転モードを有していてもよい。

[0011] 上記構成では、制御部はガスタービンが定格運転時に火炉に設けられたバーナを着火する運転モードを有している。したがって、ガスタービンが定格運転の状態、さらに必要電力が増加した場合であっても、ボイラを起動して、排ガスエコノマイザで生成された蒸気をボイラでさらに加熱してから、蒸気タービンに供給することができ、蒸気タービンによる発電量が増加させることができるので、増加した必要電力を賄うことができる。

[0012] 本発明の一態様に係る船用発電システムは、運転モードとして、前記ガスタービンを停止させて前記火炉に設けられたバーナを着火し、前記蒸気ドラムから前記蒸気タービンに蒸気を導入することで、前記第2発電機のみで発電を行う第1運転モードと、前記ガスタービンを駆動させて、前記排ガスエコノマイザで生成された蒸気を前記蒸気ドラムから前記蒸気タービンに導入することで、前記第1発電機及び前記第2発電機で発電する第2運転モードとを有する制御部を備え、前記制御部は、船舶の必要電力に応じて前記運転モードを選択してもよい。

[0013] 上記構成では、船舶の必要電力量に応じて、運転モードを選択している。これにより、船舶の必要電力量に応じた電力量を発電することができる。

例えば、船舶の必要電力が比較的少ない場合に、第1運転モードで船用発電システムを運転することが考えられる。船舶の必要電力量が比較的少ない場合には、発電する電力量の大きいガスタービンでは対応が難しく、過剰に発電を行ってしまう可能性や、非常に発電効率の悪い運転状態で発電を行ってしまう可能性があるが、第1運転モードで運転を行えば、ボイラで生成した蒸気のみで発電を行うことで、ガスタービンの最小発電量よりも小さい発電量が可能となり、少ない必要電力量にも対応することができるので、必要電力量に応じた電力量を発電することができる。このように、必要電力量に対応できる範囲を広くすることができるので、船用発電システム全体としての発電効率を向上することができる。

また、例えば、船舶の必要電力量が比較的多い場合に、第2運転モードで船用発電システムを運転することが考えられる。船舶の必要電力量が比較的

多い場合には、ガスタービンの駆動力によって第1発電機で発電を行うとともに、排ガスエコノマイザで生成された蒸気によって第2発電機で発電を行うことで、必要電力量に応じた電力量を発電することができる。

このように、必要発電量に基づいて、当該必要発電量を発電するのに効率の良い運転モードを第1運転モード及び第2運転モードから選択することができるので、船用発電システム全体としての発電効率を向上することができる。

[0014] 本発明の一態様に係る船用発電システムは、前記制御部は、前記運転モードとして、前記火炉に設けられた前記バーナを着火して、前記蒸気ドラムから前記蒸気タービンに蒸気を導入することで、前記第1発電機及び前記第2発電機で発電する第3運転モードを有していてもよい。

[0015] 上記構成では、制御部が、運転モードとして、蒸気ドラムから排ガスエコノマイザ及びボイラの火炉を介して前記蒸気タービンに蒸気を導入する第3運転モードを有している。これにより、例えば、船舶の必要電力量が、ガスタービンの定格運転時に発電できる電力量を越えた場合であっても、ボイラを起動することで蒸気タービンによって発電される電力量を増加させることができ、必要電力量に応じた電力量を発電することができる。このように、ガスタービンの定格運転時に発電できる電力量よりも多くの電力量を発電できるので、船用発電システムとして想定される最大発電量に応じたガスタービンよりも小さなサイズのガスタービンを設けることができ、ガスタービンの設置コストを低減することができる。

[0016] 本発明の一態様に係る船用発電システムは、前記ボイラからの排ガスを前記排ガスエコノマイザに導くボイラ排ガス管を備えていてもよい。

[0017] 上記構成では、ボイラからの排ガスも排ガスエコノマイザに導入しているので、ボイラの排ガスからも熱回収することができる。また、ボイラの排ガスから熱回収を行うのに、ガスタービン用の排ガスエコノマイザを利用し、ボイラ用の排ガスエコノマイザを別途設置していないので、別途ボイラ用の排ガスエコノマイザを設置する為のコストを削減でき、省スペース化を実現

することができる。

[0018] 本発明の一態様に係る船用発電システムは、前記ボイラから排出された排ガスから熱回収することによって蒸気を加熱するボイラ用排ガスエコノマイザと、前記ボイラから排出された排ガスを前記ボイラ用排ガスエコノマイザに導くボイラ排ガス管とを備えていてもよい。

[0019] 上記構成では、ボイラからの排ガスもボイラ用排ガスエコノマイザに導入しているので、ボイラの排ガスからも熱回収することができる。また、ガスタービン用の排ガスエコノマイザと、ボイラ用の排ガスエコノマイザとを別に設けているので、例えば、ボイラとガスタービンとを同時に運転している場合であっても、ガスタービンから排出される排ガスと、ボイラから排出される排ガスとを混合させることなく熱回収することができる。

[0020] 本発明の一態様に係る船用発電システムの発電方法は、燃焼ガスによってガスタービンが駆動されるガスタービン駆動工程と、前記ガスタービンによって第1発電機が駆動されることで発電する第1発電工程と、前記ガスタービンから排出された排ガスから熱回収する熱回収工程と、火炉及び蒸気ドラムを有するボイラの該蒸気ドラムにより、前記熱回収工程にて得られた蒸気を汽水分離する汽水分離工程と、前記汽水分離工程にて得られた蒸気によって蒸気タービンを駆動させる蒸気タービン駆動工程と、前記蒸気タービンによって第2発電機を駆動させて電力を発電する第2発電工程とを備える。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、船舶に発電システムを導入する際に、省スペース化を実現することができる。

また、本発明によれば、船用発電システム全体の稼働率を向上させ、船舶の必要電力を好適に賄うことができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明の第1実施形態にかかる船用発電システムを示す概略構成図である。

[図2]図1に示す船用発電システムの負荷分担の一例を示すグラフである。

[図3]図 1 に示す船用発電システムの負荷分担の一例を示すグラフである。

[図4]本発明の第 2 実施形態にかかる船用発電システムを示す概略構成図である。

[図5]図 4 に示す船用発電システムの運転モードごとのバルブの開閉状態を示す図表である。

[図6]図 4 に示す船用発電システムの効率とプラント負荷との関係を示すグラフである。

[図7]本発明の第 3 実施形態にかかる船用発電システムを示す概略構成図である。

[図8]図 7 に示す船用発電システムの変形例を示す概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下に、本発明に係る船用発電システムの一実施形態について、図面を参照して説明する。

[0024] 〔第 1 実施形態〕

以下、本発明の第 1 実施形態について、図 1 を用いて説明する。

図 1 に示すように、例えば LNG 船等の船舶に設置された発電プラント（船用発電システム）1 は、いわゆる、ガスタービンコンバインドサイクル（GTCC）とされ、ガスタービン 2 と、ガスタービン 2 から排出された排ガスから熱回収する排ガスエコノマイザ 3 と、ボイラ 4 と、ボイラ 4 からの蒸気によって駆動される蒸気タービン 5 と、ボイラ 4 等を制御する制御部 6 とを備えている。

[0025] ガスタービン 2 は、燃焼器（図示せず）にて燃料を燃焼させ、燃焼ガスをタービンに供給することによって回転動力を生成し、高温の排ガスを排気する。ガスタービン 2 から排気された排ガスは、排ガス管 11 を流通して、図 1 の矢印に示すように、排ガスエコノマイザ 3 へと導かれる。ガスタービン 2 の回転軸には、第 1 発電機 14 の回転軸が接続され、第 1 発電機 14 は、ガスタービン 2 の回転力によって発電する。第 1 発電機 14 で発電された電力は、船内系統へ供給され、船舶の主機の動力や船内電力として使用される。

。

[0026] 排ガスエコノマイザ３は、排ガス流れの上流側から下流側に向って過熱器１２及び蒸気発生器１３が配置されている。過熱器１２及び蒸気発生器１３は、煙道内を下から上に向かって順番に据え付けられた伝熱管群とされている。煙道内には、ガスタービン２側から導かれた高温の排ガスが流れるようになっており、煙道内を流れた後、排ガスは、下流側に接続された煙突（図示せず）を経て大気に放出される。

[0027] ボイラ４は、火炉１６と、上方に配置された蒸気ドラム１７と、下方に配置された水ドラム１８とを備えている。蒸気ドラム１７と水ドラム１８との間には、火炉１６内に配置された伝熱管（図示せず）が設けられている。火炉１６は、バーナ１９を備えており、火炉１６内で燃焼を行う。ボイラ４内にはボイラ過熱器２３が設けられている。バーナ１９には、燃料供給部２０から燃料供給管２１を介して燃料が供給される。燃料供給管２１には、燃料供給バルブ２２が設けられ、燃料供給バルブ２２の開閉によって燃料の供給及び燃料の供給の停止が行われる。燃料供給バルブ２２の開閉度は、制御部６によって制御される。

火炉１６にてバーナ１９が着火され、ボイラ４内で給水が加熱されると、水が下方の水ドラム１８から上方の蒸気ドラム１７へと上昇し、気液が蒸気ドラム１７にて分離される。このように、ボイラ４は、本来は、自然循環型のボイラとされている。ただし、排ガスエコノマイザ３の汽水分離器として使用される場合には、自然循環型のボイラとしての使用が行われなくなっている。蒸気ドラム１７には、蒸気発生器１３の上流端部へと給水する循環水配管２６が接続されている。循環水配管２６には、循環水ポンプ２７が設けられている。循環水ポンプ２７は、制御部６の指令によって発停が行われる。蒸気発生器１３の下流端部と蒸気ドラム１７との間には、汽水混合配管２８が設けられている。上述の循環水配管２６及び汽水混合配管２８によって、蒸気ドラム１７と蒸気発生器１３との間で水及び蒸気が循環する循環流路２９が形成されている。

[0028] 蒸気ドラム 17 にて汽水分離された後の蒸気は、蒸気出力配管 31 を通り、排ガスエコノマイザ 3 内に設けられた過熱器 12 へと供給される。過熱器 12 に供給された蒸気は、過熱され、蒸気タービン入力管 30 を介して蒸気タービン 5 に導入される。

[0029] 蒸気出力配管 31 には、蒸気出力配管バルブ 32 が設けられている。蒸気出力配管 31 の蒸気出力配管バルブ 32 よりも上流側の途中位置から、第 1 ボイラ過熱配管 33 が分岐している。第 1 ボイラ過熱配管 33 の下流端は、火炉 16 内に設けられたボイラ過熱器 23 の上流端に接続されている。ボイラ過熱器 23 の下流端には、第 2 ボイラ過熱配管 34 の上流端が接続される。第 2 ボイラ過熱配管 34 の下流端は、蒸気出力配管 31 の蒸気出力配管バルブ 32 よりも下流側の途中位置に接続している。また、第 2 ボイラ過熱配管 34 には、ボイラ過熱バルブ 35 が設けられている。

[0030] 蒸気タービン 5 は、ボイラ 4 から供給される蒸気によって駆動される。蒸気タービン 5 の回転軸には、第 2 発電機 37 の回転軸が接続され、第 2 発電機 37 は、蒸気タービン 5 の回転力によって発電する。第 2 発電機 37 で発電された電力は、船内系統へ供給され、船舶の主機の動力や船内電力として使用される。ボイラ 4 から蒸気タービン 5 に供給される蒸気には、ボイラ 4 内で水等を加熱して生成した蒸気である場合と、排ガスエコノマイザ 3 で生成された蒸気をボイラ 4 で汽水分離した蒸気である場合とがある。

蒸気タービン 5 の下部には、復水器 38 が設けられる。復水器 38 では、蒸気タービン 5 を通過した蒸気が凝縮し、水が生成され、生成された水は復水として回収される。

[0031] 制御部 6 は、ガスタービン 2 の運転状況に応じて、ボイラ 4 を本来の自然循環型のボイラとして使用するか、又は、ボイラ 4 の自然循環型のボイラとしての運転を停止して、蒸気ドラム 17 を蒸気発生器 13 の汽水分離器として使用するかを切り替える。制御部 6 は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体等から構成されている。そし

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

[0032] 次に、上記構成の発電プラント1の動作について説明する。

[通常運転時]

ガスタービン2の通常運転時、すなわち、定格運転時には、図2のグラフに示すように、ガスタービン2による発電と、排ガスエコノマイザ3によって生成された蒸気によって駆動される蒸気タービン5による発電とのみで発電プラント1の必要電力量が賄われているので、ボイラ4にて蒸気を生成する必要がない。したがって、制御部6の指令により、ボイラ4のバーナ19の着火が停止される。

上記したように、ガスタービン2の通常運転時には、排ガスエコノマイザ3での蒸気生成が可能となる。この場合には、制御部6の指令により、ボイラ4の蒸気ドラム17を蒸気発生器13の汽水分離器として用いるように切り替える。具体的には、給水配管（図示せず）から蒸気ドラム17へと給水を行うとともに、循環水ポンプ27を起動する。これにより、蒸気発生器13にて蒸気が生成され、蒸気ドラム17にて汽水が分離され、蒸気が過熱器12へと送られる。なお、本実施形態では、図2に示すように、通常運転時のガスタービン2による発電量と排ガスエコノマイザ3によって生成された蒸気によって駆動される蒸気タービン5による発電量との割合を、70%と30%としているが、この数値は例示であって、ガスタービン2による発電量と排ガスエコノマイザ3によって生成された蒸気によって駆動される蒸気

タービン 5 による発電量とは、別の割合であってもよい。

[0033] [ガスタービン負荷制限時]

ガスタービン 2 のトラブル等でガスタービン 2 の負荷が定格運転時よりも制限されている場合には、ガスタービン 2 から排出される排ガスの熱量も制限され、排ガスエコノマイザ 3 での蒸気を生成する機能も低下する。具体的には、図 2 に示すように、ガスタービン 2 の負荷が通常運転時よりも低下した場合には、発電量も減少する。これに伴って、排ガスエコノマイザ 3 によって生成された蒸気によって駆動される蒸気タービン 5 による発電量も減少する。このときに、減少した発電量を賄うように、制御部 6 の指令により、ボイラ 4 は、自然循環型のボイラとして動作するように制御される。具体的には、ボイラ 4 のバーナ 19 に着火し、火炉 16 で給水を加熱して蒸気の生成をする。また、トラブル等でガスタービン 2 の負荷が定格運転時よりも制限されている場合には、排ガスエコノマイザ 3 での過熱も好適に行われない。そこで、蒸気を好適に過熱し発電効率を高めたい場合には、蒸気出力配管バルブ 32 を閉状態とし、ボイラ過熱バルブ 35 を開状態としてもよい。このように制御部 6 が制御を行うことで、蒸気ドラム 17 からの蒸気が火炉 16 内のボイラ過熱器 23 で過熱され発電効率を高めることができる。本実施形態では、図 2 に示すように、ガスタービン 2 の負荷制限時には、ガスタービン 2 による発電量と、排ガスエコノマイザ 3 によって生成された蒸気によって駆動される蒸気タービン 5 による発電量と、ボイラ 4 によって生成された蒸気によって駆動される蒸気タービン 5 による発電量との割合が、それぞれ 60%、20%、20%としているが、この数値は例示であって、各発電量の割合は別の割合であってもよい。

[0034] [ガスタービン停止時]

ガスタービン 2 のメンテナンス等でガスタービン 2 が停止している場合には、排ガスエコノマイザ 3 での蒸気生成は行われない。しかし、ガスタービン 2 のメンテナンス中であっても船舶からの電力需要がある場合がある。そこで、制御部 6 の指令により、ボイラ 4 は、自然循環型のボイラとして動作

するように制御される。具体的には、ボイラ４のバーナ１９に着火し、火炉１６で給水を加熱して蒸気を生成する。また、ガスタービン２のメンテナンス等でガスタービン２が停止している場合には、排ガスエコマイザ３での過熱も行われない。そこで、蒸気を過熱し発電効率を高めたい場合には、蒸気出力配管バルブ３２を閉状態とし、ボイラ過熱バルブ３５を開状態としてもよい。このように制御部６が制御を行うことで、蒸気ドラム１７からの蒸気が火炉１６内のボイラ過熱器２３で過熱され発電効率を高めることができる。

[0035] [発電プラント負荷増加時]

ガスタービン２が定格運転時の状態から、船舶からの需要等によって、さらに発電プラント１として必要とする電力量が増加した場合（図３参照）には、増加した必要電力量を賄うように、制御部６の指令により、ボイラ４は、自然循環型のボイラとして動作するように制御される。具体的には、ボイラ４のバーナ１９に着火し、火炉１６で給水を加熱して蒸気の生成をする。本実施形態では、図３に示すように、発電プラント負荷増加時には、ガスタービン２による発電量と、排ガスエコマイザ３によって生成された蒸気によって駆動される蒸気タービン５による発電量と、ボイラ４によって生成された蒸気によって駆動される蒸気タービン５による発電量との割合が、それぞれ７０％、３０％、２０％としているが、この数値は例示であって、各発電量の割合は別の割合であってもよい。

[0036] 本実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

本実施形態では、制御部６は、ガスタービン２の負荷に応じて、火炉１６に設けられたバーナ１９を起動及び停止を制御している。これにより、ガスタービン２の負荷が制限されている場合であっても、火炉１６に設けられたバーナ１９を着火し、ボイラ４でも蒸気の生成や加熱を行うことで、蒸気タービン５に十分な蒸気を供給することができる。したがって、ガスタービン２の負荷が下がることで低下した発電量を蒸気タービン５で補うことができる。よって、発電プラント１全体として安定した発電が可能となり、船舶の

必要電力を好適に賄うことができる。

また、例えば、ガスタービン2のメンテナンス等により、ガスタービン2が停止している場合であっても、ボイラ4によって発電を行うことができる。したがって、発電プラント1の不稼働時間を低減することができる。

また、ガスタービン2が定格運転の状態で、さらに必要電力が増加した場合であっても、ボイラ4を起動して、排ガスエコノマイザ3で生成された蒸気をボイラ4でさらに加熱してから、蒸気タービン5に供給することができる。また、排ガスエコノマイザ3で生成される蒸気が増加するので、蒸気タービン5に供給する蒸気量が増加する。よって、蒸気タービン5による発電量が増加し、発生した必要電力を賄うことができる。

また、ボイラ4から発生する排ガスをイナータガスとして使用することで、イナータガスを発生させる機器を別途設置する必要がなく、別途イナータガスを発生させる機器を設置するためのコストを削減でき、省スペース化を実現することができる。

また、VOC等の自燃できない低発熱量のガスが発生した場合、ボイラ4で油との混焼を行うことで、自燃できない低発熱量のガスも適切に燃焼することができる。自燃できない低発熱量ガスを適切に燃焼させることで、発電プラント1全体のエネルギー効率を向上させることができる。また、環境に影響を与える可能性がある排出ガスを、ボイラ4で燃焼することで無害化することができる。

また、ボイラ4として、船舶に既設の補助ボイラを用いた場合には、排ガスエコノマイザ3のための汽水分離器を別途設置する必要がなく、別途汽水分離器を設置する為のコストを削減でき、省スペース化を実現することができる。なお、補助ボイラを用いた場合には、補助ボイラからの蒸気の一部は、船内の需要先（例えばオイルヒーティング装置等）へ送られる。

[0037] 〔第2実施形態〕

以下、本発明の第2実施形態について、図4を用いて説明する。

本実施形態は、基本的に第1実施形態と同様の構造を有し、蒸気ドラム1

7と蒸気タービン5とを接続する配管の構造が相違している。したがって、第1実施形態と同一の構成については同一符号を付しその説明を省略する。

図4に示すように、蒸気ドラム17と過熱器12とを接続する蒸気出力配管51には、第2バルブB2（なお、第2バルブB2は第1実施形態の蒸気出力配管バルブ32と同位置に配置されているが、用途が異なるため別の名称とし、別の符号を付している）が設けられ、過熱器12と蒸気タービン5とを接続する蒸気タービン入力管52には第3バルブB3が設けられている。また、蒸気出力配管51の第2バルブB2の上流側からは、バイパス配管53が分岐している。バイパス配管53は、第1バルブB1が設けられ、蒸気タービン入力管52の途中位置であって第3バルブB3よりも上流側に位置する接続点P1に接続している。蒸気タービン入力管52の接続点P1と第3バルブとの間には分岐点P2が設けられ、分岐点P2からは、ボイラ過熱管54が分岐している。ボイラ過熱管54は、上記流れの上流側から順番に、火炉16内に配置されるボイラ過熱器23及び第4バルブB4が設けられ、下流端が蒸気タービン入力管52の第3バルブB3と蒸気タービン5との間の途中位置に接続されている。

[0038] 次に、上記構成の発電プラント1の動作について説明する。

[発電プラント低負荷時の運転モード（第1運転モード）]

発電プラント1の低負荷時、すなわち、船舶が必要とする電力量が少ない場合には、制御部6は、ガスタービン2を停止するとともに、図5に示すように、第1バルブB1及び第4バルブB4を開状態とし、第2バルブB2及び第3バルブB3を閉状態とする。さらに、制御部6の指令により、ボイラ4は、自然循環型のボイラとして動作するように制御される。具体的には、ボイラ4のバーナ19に着火し、火炉16で給水を加熱して蒸気の生成をする。このように制御することで、ボイラ4で生成した蒸気がボイラ4内のボイラ過熱器23を通過して過熱され、過熱された蒸気が蒸気タービン5を駆動する。このように、ボイラ4の単独運転によって発電することができる。

[0039] [発電プラント中負荷時の運転モード（第2運転モード）]

発電プラント1の負荷が低負荷時よりも増大した場合、すなわち発電プラント中負荷時には、制御部6は、ガスタービン2を起動するとともに、図5に示すように、第2バルブB2及び第3バルブB3を開状態とするとともに、第1バルブB1及び第4バルブB4を閉状態とする。さらに、制御部6の指令により、ボイラ4を停止させ、ボイラ4の蒸気ドラム17を蒸気発生器13の汽水分離器として用いるように切り替える。具体的には、ボイラ4のバーナ19の着火が停止され、給水配管から蒸気ドラム17へと給水を行うとともに、循環水ポンプ27を起動する。

[0040] [発電プラント高負荷時の運転モード（第3運転モード）]

発電プラント1が高負荷時、すなわち、ガスタービン2の定格運転にて発電できる発電量とガスタービンの排熱で生成した蒸気によって発電できる発電量とを合計した発電量を越えた発電量を船舶が必要とした場合には、制御部6は、図5に示すように、第2バルブB2及び第4バルブB4を開状態として、第1バルブB1及び第3バルブB3を閉状態とする。さらに、再度ボイラ4を起動して、ボイラ4を自然循環型のボイラとして動作するように制御される。具体的には、ボイラ4のバーナ19に着火し、火炉16で給水を加熱して蒸気の生成をするとともに、蒸気タービン5に導入される蒸気を過熱する。

[0041] 次に、本実施形態における上記各運転モードの切り替えについて説明する。

図6に示すように、発電プラント低負荷時の運転モードM1から発電プラント中負荷時の運転モードM2への切り替えは、中負荷時の運転モードの発電効率が低負荷時の運転モードの発電効率よりも高くなった切り替え点A1で切り替える。本実施形態では、図6に示すように、発電プラント負荷が25%の際に切り替えられる。なお、発電プラント低負荷時の運転モードから発電プラント中負荷時の運転モードへの切り替え点は、ガスタービン2の規模や、蒸気タービン5の規模や、ボイラ4の規模や、蒸気条件（蒸気圧力や蒸気温度）等によって変化し、切り替え点は25%以外となってもよい。

[0042] 本実施形態によれば以下の作用効果を奏する。

本実施形態では、発電プラント負荷（船舶の必要電力量）に応じて、運転モードを選択している。これにより、船舶の必要電力量に応じた電力量を発電することができる。

具体的には、船舶の必要電力量が比較的少ない場合には、発電する電力量の大きいガスタービン2では対応が難しく、過剰に発電を行ってしまう可能性がある。また、必要電力量まで発電量を低減させた場合には、効率の悪い運転になる可能性がある。しかしながら、発電プラント低負荷時の運転モードで運転を行えば、ガスタービン2よりも発電する電力量の小さいボイラ4で生成した蒸気のみで発電を行うことができるので、必要電力量に応じた電力量を発電することができる。また、船舶の必要電力量が、ガスタービン2の定格運転時に発電できる電力量を越えた場合であっても、発電プラント高負荷時の運転モードで運転を行えば、ボイラ4を起動することで蒸気タービン5によって発電される電力量を増加させることができ、必要電力量に応じた電力量を発電することができる。

このように、船舶の必要電力量に対応できる範囲を広くすることができるので、発電プラント1全体としての発電効率を向上することができる。

[0043] 〔第3実施形態〕

以下、本発明の第3実施形態について、図7を用いて説明する。

本実施形態は、基本的に第2実施形態と同様の構造を有し、いくつかの構成が追加されている点で相違する。したがって、第2実施形態と同一の構成については同一符号を付しその説明を省略する。

図7に示すように、本実施形態の発電プラント1は、ボイラ4からの排ガスを排ガスエコノマイザ3に導くボイラ排ガス管61を備えている。このような構成とすることで、ボイラ4の排ガスからも熱回収することができる。また、ボイラ4の排ガスから熱回収を行うのに、ガスタービン2用の排ガスエコノマイザ3を利用し、ボイラ4用の排ガスエコノマイザを別途設置していないので、別途ボイラ4用の排ガスエコノマイザを設置する為のコストを

削減でき、省スペース化を実現することができる。また、ガスタービン 2 からの排ガスとボイラ 4 からの排ガスの温度は同程度であるので、排ガスエコノマイザ 3 に耐熱材等を設けることなく、ガスタービン 2 とボイラ 4 とで排ガスエコノマイザを共有化することができる。また、排ガスエコノマイザ 3 には、低負荷時にはボイラ 4 からの排ガスのみが流通し、中負荷時にはガスタービン 2 からの排ガスのみが流通する。したがって、排ガスエコノマイザを共有化した構成としても、低負荷時及び中負荷時には、ガスタービン 2 からの排ガスとボイラ 4 からの排ガスとが混合しない。

なお、図 8 に示すように、蒸気出力配管 5 1 の途中位置にボイラ用排ガスエコノマイザ 7 1 を設け、ボイラ 4 からの排ガスをボイラ用排ガスエコノマイザ 7 1 に導くようにボイラ排ガス管 7 2 を設けてもよい。このような構成とすることで、ボイラ 4 とガスタービン 2 とを同時に運転している場合であっても、ガスタービン 2 から排出される排ガスと、ボイラ 4 から排出される排ガスとを混合させることなく熱回収することができる。

[0044] なお、本発明は、上記各実施形態にかかる発明に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において、適宜変形が可能である。例えば、上記各実施形態では、ガスタービン 2 に回転力により駆動する発電機と、蒸気タービン 5 の回転力により駆動する発電機とを、第 1 発電機 1 4 及び第 2 発電機 3 7 として別々に設けたが、ガスタービン 2 及び蒸気タービン 5 の回転軸を一軸とし、又は、各回転軸をギヤにより接続して、第 1 発電機 1 4 と第 2 発電機 3 7 とをまとめて 1 つの発電機としてもよい。

また、上述した各実施形態を適宜組み合わせることも可能である。具体的には、図 1 に示した実施形態に対して、図 7 に示したボイラ排ガス管 6 1 や図 8 に示したボイラ排ガス管 7 2 及びボイラ用排ガスエコノマイザ 7 1 を設けてもよい。

符号の説明

[0045] 1 発電プラント（船用発電システム）
2 ガスタービン

- 3 排ガスエコノマイザ
- 4 ボイラ
- 5 蒸気タービン
- 6 制御部
- 1 4 第1発電機
- 1 6 火炉
- 1 7 蒸気ドラム
- 1 9 バーナ
- 2 9 循環流路
- 3 7 第2発電機
- 6 1 ボイラ排ガス管
- 7 1 ボイラ用排ガスエコノマイザ
- 7 2 ボイラ用排ガス管
- B 1 第1バルブ
- B 2 第2バルブ
- B 3 第3バルブ
- B 4 第4バルブ

請求の範囲

- [請求項1] 燃焼ガスによって駆動されるガスタービンと、
前記ガスタービンによって駆動されて発電する第1発電機と
前記ガスタービンから排出された排ガスから熱回収することによって蒸気を生成する排ガスエコノマイザと、
火炉及び蒸気ドラムを有するボイラと、
前記排ガスエコノマイザの汽水分離器として前記蒸気ドラムを用いるように接続された循環流路と、
前記蒸気ドラムからの蒸気によって駆動される蒸気タービンと、
前記蒸気タービンによって駆動されて発電する第2発電機と、
を備えた船用発電システム。
- [請求項2] 前記火炉に設けられたバーナを制御する制御部を備え、
前記制御部は、前記ボイラの運転モードとして、前記ガスタービンの負荷に応じて前記バーナを着火するボイラ運転モードを有する請求項1に記載の船用発電システム。
- [請求項3] 前記火炉に設けられたバーナを制御する制御部を備え、
前記制御部は、前記ボイラの運転モードとして、前記ガスタービンが定格運転時に前記バーナを着火するボイラ運転モードを有する請求項1または請求項2に記載の船用発電システム。
- [請求項4] 運転モードとして、前記ガスタービンを停止させて前記火炉に設けられたバーナを着火し、前記蒸気ドラムから前記蒸気タービンに蒸気を導入することで、前記第2発電機のみで発電を行う第1運転モードと、前記バーナを着火せずに、前記ガスタービンを駆動させて、前記排ガスエコノマイザで生成された蒸気を前記蒸気ドラムから前記蒸気タービンに導入することで、前記第1発電機及び前記第2発電機で発電する第2運転モードとを有する制御部を備え、
前記制御部は、船舶の必要電力に応じて前記運転モードを選択する請求項1に記載の船用発電システム。

- [請求項5] 前記制御部は、前記運転モードとして、前記火炉に設けられた前記バーナを着火して、前記蒸気ドラムから前記蒸気タービンに蒸気を導入することで、前記第1発電機及び前記第2発電機で発電する第3運転モードを有している請求項4に記載の船用発電システム。
- [請求項6] 前記ボイラからの排ガスを前記排ガスエコノマイザに導くボイラ排ガス管を備えた請求項4または請求項5に記載の船用発電システム。
- [請求項7] 前記ボイラから排出された排ガスから熱回収することによって蒸気を加熱するボイラ用排ガスエコノマイザと、
前記ボイラから排出された排ガスを前記ボイラ用排ガスエコノマイザに導くボイラ排ガス管とを備える請求項4または請求項5に記載の船用発電システム。
- [請求項8] 燃焼ガスによってガスタービンが駆動されるガスタービン駆動工程と、
前記ガスタービンによって第1発電機が駆動されることで発電する第1発電工程と、
前記ガスタービンから排出された排ガスから熱回収する熱回収工程と、
火炉及び蒸気ドラムを有するボイラの該蒸気ドラムにより、前記熱回収工程にて得られた蒸気を汽水分離する汽水分離工程と、
前記汽水分離工程にて得られた蒸気によって蒸気タービンを駆動させる蒸気タービン駆動工程と、
前記蒸気タービンによって第2発電機を駆動させて電力を発電する第2発電工程とを備えた船用発電システムの発電方法。