

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6532652号
(P6532652)

(45) 発行日 令和1年6月19日(2019.6.19)

(24) 登録日 令和1年5月31日(2019.5.31)

(51) Int.Cl.

F I

FO1K 23/10 (2006.01)

FO1K 23/10 P

FO1K 23/06 (2006.01)

FO1K 23/06 P

FO1K 25/10 (2006.01)

FO1K 25/10

FO1K 23/12 (2006.01)

FO1K 23/12

FO1K 23/16 (2006.01)

FO1K 23/16

請求項の数 5 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-119381 (P2014-119381)
 (22) 出願日 平成26年6月10日 (2014.6.10)
 (65) 公開番号 特開2015-232294 (P2015-232294A)
 (43) 公開日 平成27年12月24日 (2015.12.24)
 審査請求日 平成29年4月18日 (2017.4.18)

前置審査

(73) 特許権者 000006208
 三菱重工株式会社
 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
 (74) 代理人 100112737
 弁理士 藤田 考晴
 (74) 代理人 100140914
 弁理士 三苫 貴織
 (74) 代理人 100136168
 弁理士 川上 美紀
 (74) 代理人 100172524
 弁理士 長田 大輔
 (72) 発明者 市来 芳弘
 長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工
 船用機械エンジン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 排熱回収装置、内燃機関システムおよび船舶、並びに排熱回収方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関本体から排出された排ガスから熱回収することによって主蒸気を生成する排ガスエコノマイザと、

主に該排ガスエコノマイザから導かれた前記主蒸気によって駆動される蒸気タービンと、

前記排ガスエコノマイザにて熱回収する温度よりも低温とされた低温熱源から熱回収することによって有機流体の蒸気を生成する有機流体熱交換器と、

前記有機流体熱交換器で生成された前記有機流体の蒸気によって駆動される有機流体タービンと、

前記蒸気タービン及び前記有機流体タービンのうち少なくとも一つからの出力によって発電する発電機と、

燃料の燃焼熱によって補助蒸気を生成する補助ボイラと、
 を備え、

前記有機流体タービンは、前記蒸気タービンの速度調整に従属した速度で運転され、
 前記排ガスエコノマイザで生成された前記主蒸気の圧力が閾値以下となった場合に、前記補助ボイラで生成された前記補助蒸気が前記蒸気タービンに供給され、

前記閾値は、前記蒸気タービンが前記排ガスエコノマイザから供給される主蒸気によって単独運転できる最小圧力を基準に定められ、

前記単独運転が不可能となっても、補助ボイラからの蒸気によって前記蒸気タービンの

運転が継続されることを特徴とする排熱回収装置。

【請求項 2】

前記補助ボイラは、前記内燃機関に供給される燃料油を加熱する蒸気を生成する燃料加熱用ボイラとされていることを特徴とする請求項 1 に記載の排熱回収装置。

【請求項 3】

内燃機関本体と、
請求項 1 又は 2 に記載された排熱回収装置と、
を備えていることを特徴とする内燃機関システム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載された内燃機関システムを備えていることを特徴とする船舶。

10

【請求項 5】

内燃機関本体から排出された排ガスから熱回収することによって主蒸気を生成する主蒸気生成工程と、

該主蒸気生成工程で得られた主蒸気によって蒸気タービンを駆動する蒸気タービン駆動工程と、

前記主蒸気生成工程にて熱回収する温度よりも低温とされた低温熱源から熱回収することによって有機流体の蒸気を生成する有機流体蒸気生成工程と、

該有機流体蒸気生成工程で得られた前記有機流体の蒸気によって有機流体タービンを駆動する有機流体タービン駆動工程と、

前記蒸気タービン駆動工程及び前記有機流体タービン駆動工程の少なくとも一つの工程で得られた出力によって発電を行う発電工程と、

20

燃料の燃焼熱によって補助蒸気を生成する補助蒸気生成工程と、
を有し、

前記有機流体タービンを、前記蒸気タービンの速度調整に従属した速度で運転し、

前記主蒸気生成工程で生成される主蒸気の圧力が閾値以下となった場合に、前記補助蒸気生成工程で生成された前記補助蒸気を前記蒸気タービンに供給する排熱回収方法であって、

前記閾値は、前記蒸気タービンが前記主蒸気によって単独運転できる最小圧力を基準に定められ、

前記単独運転が不可能となっても、補助ボイラからの蒸気によって前記蒸気タービンの運転が継続されることを特徴とする排熱回収方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、排熱回収装置、内燃機関システムおよび船舶、並びに排熱回収方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、船舶の推進用に大型ディーゼルエンジン（内燃機関）を用いたシステムでは、ディーゼルエンジンから排出される排ガスの熱エネルギーを排ガスエコノマイザで熱回収して蒸気を生成し、蒸気タービンを駆動させて発電を行う排熱回収システムが知られている。

40

また、排ガスエコノマイザで熱回収する温度よりも低い排熱温度でも熱回収し、さらに有効に排熱エネルギーを回収しようとする試みがなされている。例えば、特許文献 1 では、ディーゼルエンジンのジャケットを冷却するジャケット冷却水から、水よりも低沸点である有機流体によって排熱を回収する有機ランキンサイクル（ORC；Organic Rankin Cycle）が開示されている。

また、特許文献 2 には、内燃機関の排ガスから熱回収して駆動される水蒸気タービンと、ジャケット冷却水からペンタン等の低沸点媒体によって熱回収して駆動される蒸気タービンとをコンバインドさせて発電させる構成が開示されている。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2013-160132号公報

【特許文献2】特開2006-057597号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、低沸点媒体である有機流体を用いる有機ランキンサイクルでは、利用するジャケット冷却水等の低温熱源が内燃機関の負荷変動等の影響を受けて安定しないという問題がある。このため、有機ランキンサイクルで用いる有機流体タービンと蒸気タービンを同軸に接続する運用が考えられる。しかしながら、特許文献2では、蒸気タービン側と有機流体タービン側のいずれかを制御対象とし、内燃機関の負荷変動、特に内燃機関の低負荷時に対して安定した回転駆動とする制御方法については言及されていない。

10

【0005】

一方、ディーゼルエンジンの熱効率は年々改善されているため、排ガスエコノマイザで排ガスから熱回収できる熱量が減少してきている。このため、船内需要電力を蒸気タービン発電機単独で賄うだけの蒸気量が排ガスエコノマイザにて十分に確保できなくなっている。

さらに、近年では、船舶の航行における燃料費削減の観点から、減速運航が主流となっているので、さらに排ガスエコノマイザにて生成できる蒸気量が不足するという事情がある。

20

【0006】

ディーゼルエンジンの負荷が小さくなり所定値を下回ると、排ガスエコノマイザだけでは蒸気タービンの単独運転に必要な蒸気を得られないため、蒸気タービンの運転を停止する制御が行われる。蒸気タービンの運転が停止されてしまうと、蒸気タービンをマスタとして制御している場合には、蒸気タービンに従属する有機流体タービンも停止せざるを得なくなってしまう。これでは、有機流体タービンを単独に駆動させて発電を行うことができず、排ガスの熱エネルギーを有効に回収できない場合がある。

【0007】

30

これに対して、蒸気タービンや有機流体タービンによって船内需要電力を得ることができない場合には、別に設けた発電用ディーゼルエンジンによって発電するディーゼル発電機を起動することが考えられる。しかし、ディーゼル発電機の運転は燃料費が嵩むため、コスト低減の観点からは好ましくない。また、蒸気タービンおよびディーゼル発電機の双方を運転すると、ディーゼル発電機の最低負荷が優先的に管理されることにより、蒸気タービンで余剰の蒸気が発生する可能性がある。余剰蒸気は復水器にダンプされてしまうので熱的な損失を招いてしまう。したがって、ディーゼルエンジンの負荷が小さくなくても、なるべくディーゼル発電機を起動せずに船内需要電力を得ることが求められる。

【0008】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、内燃機関の負荷が小さくなり蒸気タービンの単独運転が困難な場合であっても、蒸気タービンの運転を継続させて有機流体タービンとともに発電を行うことができる排熱回収装置、内燃機関システムおよび船舶、並びに排熱回収方法を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明の排熱回収装置、内燃機関システムおよび船舶、並びに排熱回収方法は以下の手段を採用する。

すなわち、本発明にかかる排熱回収装置は、内燃機関本体から排出された排ガスから熱回収することによって主蒸気を生成する排ガスエコノマイザと、主に該排ガスエコノマイザから導かれた前記主蒸気によって駆動される蒸気タービンと、前記排ガスエコノマイザ

50

にて熱回収する温度よりも低温とされた低温熱源から熱回収することによって有機流体の蒸気を生成する有機流体熱交換器と、前記有機流体熱交換器で生成された前記有機流体の蒸気によって駆動される有機流体タービンと、前記蒸気タービン及び前記有機流体タービンのうち少なくとも一つからの出力によって発電する発電機と、燃料の燃焼熱によって補助蒸気を生成する補助ボイラとを備え、前記有機流体タービンは、前記蒸気タービンの速度調整に従属した速度で運転され、前記排ガスエコノマイザで生成された前記主蒸気の圧力が閾値以下となった場合に、前記補助ボイラで生成された前記補助蒸気が前記蒸気タービンに供給され、前記閾値は、前記蒸気タービンが前記排ガスエコノマイザから供給される主蒸気によって単独運転できる最小圧力を基準に定められ、前記単独運転が不可能となっても、補助ボイラからの蒸気によって前記蒸気タービンの運転が継続されることを特徴とする。

10

【0010】

排ガスエコノマイザにて熱回収する温度よりも低温とされた低温熱源（例えばジャケット冷却水）は、内燃機関の負荷変動等の影響が大きい安定した熱源とは言えない。そのため、このような低温熱源を利用する有機流体タービンは、安定性に優れる蒸気タービンの速度調整に従属した速度で運転される。すなわち、蒸気タービンをマスタとし、有機流体タービンをスレーブとする運転を行う。したがって、マスタである蒸気タービンの運転が停止されると、スレーブである有機流体タービンの運転も停止される制御となる。

一方、内燃機関の負荷が小さくなると排ガスエコノマイザにて生成される主蒸気が減少し、蒸気タービンに供給される蒸気圧力が減少する。そして、排ガスエコノマイザで生成される主蒸気の圧力が閾値以下となった場合、本発明では、補助ボイラで生成された補助蒸気を蒸気タービンに供給し、蒸気タービンの運転を継続することとした。これにより、蒸気タービンの停止を回避することができるので、蒸気タービンに従属して動作する有機流体タービンの運転も継続することになり、内燃機関が低負荷であっても有機流体タービンによる発電が可能となる。したがって、ディーゼル発電機を起動させる必要がなくなるので、ディーゼル発電機を運転するための燃料費を節約することができ、また場合によってはディーゼル発電機を設置せずにイニシャルコストを低減することができる。なお、本発明では補助ボイラの運転に燃料を用いることになるが、この補助ボイラの燃料費はディーゼル発電機で消費する燃料費に比べればはるかに安いので、十分にコストメリットがある。

20

30

なお、補助ボイラから補助蒸気を供給するタイミングを決める閾値としては、蒸気タービンが排ガスエコノマイザから供給される主蒸気によって単独運転できる最小圧力を基準に定められる。

排ガスエコノマイザで生成される主蒸気の圧力としては、好ましくは、排ガスエコノマイザを構成する汽水分離器のドラム圧力が用いられる。

低温熱源としては、例えば80～90とされたエンジン冷却水が挙げられる。

蒸気タービン及び有機流体タービンは共通の発電機に接続されるが、蒸気タービンと有機流体タービンとは共通の回転軸で接続されてもよいし、それぞれ別の回転軸を備え、ギアを介して発電機に接続されてもよい。要するに、蒸気タービンの速度に依存するように、減速機や発電機の回転軸を介して有機流体タービンの回転軸が蒸気タービンの回転軸に接続されていればよい。

40

【0011】

さらに、本発明の排熱回収装置は、前記補助ボイラは、前記内燃機関に供給される燃料油を加熱する蒸気を生成する燃料加熱用ボイラとされていることを特徴とする。

【0012】

内燃機関に供給される燃料油（例えばC重油）の粘度を適正に調整するため、燃料油を蒸気によって加熱する。この燃料加熱用蒸気を生成するために燃料加熱用ボイラは、内燃機関の設備には一般的に設けられている。本発明では、この燃料加熱ボイラを、蒸気タービンに蒸気を供給する補助ボイラとして用いることとした。これにより、新たに専用のボイラを追加する必要なく本発明の排熱回収装置を構成することができる。

50

【 0 0 1 3 】

また、本発明の内燃機関システムは、内燃機関本体と、上述の排熱回収装置とを備えていることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

上記のいずれかの排熱回収装置を備えているので、内燃機関が低負荷であってもディーゼル発電機を運転させることなく需要電力を供給することができる内燃機関システムを提供することができる。

【 0 0 1 5 】

また、本発明の船舶は、上記の内燃機関システムを備えていることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

上述の内燃機関システムを備えている船舶とされているので、ディーゼル発電機の運転をさせることなく船内需要電力を賄うことができ、燃料油の消費量を削減した航行が可能な船舶を提供することができる。

【 0 0 1 7 】

また、本発明の排熱回収方法は、内燃機関本体から排出された排ガスから熱回収することによって主蒸気を生成する主蒸気生成工程と、該主蒸気生成工程で得られた主蒸気によって蒸気タービンを駆動する蒸気タービン駆動工程と、前記主蒸気生成工程にて熱回収する温度よりも低温とされた低温熱源から熱回収することによって有機流体の蒸気を生成する有機流体蒸気生成工程と、該有機流体蒸気生成工程で得られた前記有機流体の蒸気によって有機流体タービンを駆動する有機流体タービン駆動工程と、前記蒸気タービン駆動工程及び前記有機流体タービン駆動工程の少なくとも一つの工程で得られた出力によって発電を行う発電工程と、燃料の燃焼熱によって補助蒸気を生成する補助蒸気生成工程とを有し、前記有機流体タービンを、前記蒸気タービンの速度調整に従属した速度で運転し、前記主蒸気生成工程で生成される主蒸気の圧力が閾値以下となった場合に、前記補助蒸気生成工程で生成された前記補助蒸気を前記蒸気タービンに供給する排熱回収方法であって、前記閾値は、前記蒸気タービンが前記主蒸気によって単独運転できる最小圧力を基準に定められ、前記単独運転が不可能となっても、補助ボイラからの蒸気によって前記蒸気タービンの運転が継続されることを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、内燃機関の負荷が小さくなり排ガスエコノマイザによる蒸気タービンの単独運転が困難な場合であっても有機流体タービンとともに発電を行うことができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 本発明の内燃機関システムの一実施形態を示した概略構成図である。

【 図 2 】 図 1 の内燃機関システムの制御方法を示したグラフである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 0 】

以下に、本発明にかかる実施形態について、図面を参照して説明する。

図 1 に示されているように、船舶に設置されたディーゼル機関システム 1 は、ディーゼル主機（内燃機関）3 と、ディーゼル主機 3 から排出される熱を回収する排熱回収装置 4 とを備えている。

【 0 0 2 1 】

排熱回収装置 4 は、ディーゼル主機 3 が排出する高温の排ガスによって蒸気を生成する排ガスエコノマイザ 5 と、主に排ガスエコノマイザ 5 にて発生した蒸気（以下、排ガスエコノマイザ 5 にて発生した蒸気を「主蒸気」という。）によって駆動される蒸気タービン 7 とを備えている。さらに、排熱回収装置 4 は、ディーゼル主機 3 のジャケット冷却器を流れるジャケット冷却水（低温熱源）と有機流体熱交換器 7 5 で熱交換して過熱された有機流体の蒸気によって駆動される有機流体タービン 9 を備えている。蒸気タービン 7 と有機流体タービン 9 とは、それぞれ、共通の発電機 1 1 を駆動するようになっている。

【 0 0 2 2 】

ディーゼル主機 3 は、例えば定格にて 2 0 0 r p m 以下で運転される低速 2 ストローク 1 サイクルのユニフロー掃気方式とされ、船舶推進用のプロペラ 1 3 を駆動する。ディーゼル主機 3 へ供給される圧縮空気（掃気）は、ディーゼル主機 3 の排ガスによって駆動される過給器 1 5 から導かれる。

【 0 0 2 3 】

過給器 1 5 は、同軸上に設けられた排気タービン 1 7 とコンプレッサ 1 9 とを有している。

排気タービン 1 7 は、ディーゼル主機 3 から排出された排ガスによって回転駆動されるようになっている。排気タービン 1 7 が駆動されると、同軸上に設けられたコンプレッサ 1 9 が回転して空気を圧縮する。コンプレッサ 1 9 によって圧縮された空気は、空気冷却器 2 0 にて冷却された後に、ディーゼル主機 3 の掃気トランク（図示せず）へと導かれる。

排気タービン 1 7 の下流側は、排ガス管 2 1 を介して排ガスエコノマイザ 5 に接続されている。

【 0 0 2 4 】

ディーゼル主機 3 の排ガスの一部が抽気されて過給機 1 5 をバイパスするように、排ガスバイパス管 2 3 が設けられている。排ガスバイパス管 2 3 は、その上流端が排気タービン 1 7 の上流側に接続され、その下流端が過給機 2 の排ガス管 2 1 に接続されている。排ガスバイパス管 2 3 には、排ガスバイパス弁 2 5 が設けられている。排ガスバイパス弁 2 5 は、図示しない制御部によってその開度が制御されるようになっている。

【 0 0 2 5 】

制御部は、例えば、C P U（Central Processing Unit）、R A M（Random Access Memory）、R O M（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 C P U が R A M 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、R O M 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、C D - R O M、D V D - R O M、半導体メモリ等である。

【 0 0 2 6 】

排ガスエコノマイザ 5 は、その煙道内に過熱器 2 7 と第 1 蒸発器 2 9 と第 2 蒸発器 3 1 とを有している。これら過熱器 2 7、第 1 蒸発器 2 9 及び第 2 蒸発器 3 1 は、排ガスエコノマイザ 5 の煙道内を下から上（排ガス流れの上流側から下流側）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。排ガスエコノマイザ 5 の煙道内には、過給機 1 5 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。

【 0 0 2 7 】

過熱器 2 7 には、高圧汽水分離器 3 3 の上方の気相部から飽和蒸気が導かれる。第 1 蒸発器 2 9 には、高圧汽水分離器 3 3 の下方の液相部から水が導かれる。第 2 蒸発器 3 1 には、低圧汽水分離器 3 5 の下方の液相部から水が導かれる。

【 0 0 2 8 】

高圧汽水分離器 3 3 には、高圧汽水分離器 3 3 内の水位を調整する高圧レベル調整弁 3 7 を介して空気冷却器 2 0 から導かれた水が供給される。高圧汽水分離器 3 3 内の水は、高圧循環水ポンプ 3 9 によって第 1 蒸発器 2 9 に導かれる。高圧汽水分離器 3 3 には、第 1 蒸発器 2 9 からの水分を含んだ湿り蒸気が導かれ、水と蒸気とに分離される。分離された飽和蒸気は、過熱器 2 7 に導かれ過熱蒸気とされる。過熱器 2 7 にて生成された過熱蒸気は、過熱蒸気供給管 4 1 を介して蒸気タービン 7 へと導かれる。

高圧汽水分離器 33 には、高圧汽水分離器 33 内のドラム圧力を検出する圧力センサ 26 が設けられている。圧力センサ 26 の検出出力は、制御部へと送信される。

高圧汽水分離器 33 の気相部と過熱器 27 との間には、高圧蒸気抽気弁 44 を介して過熱器 27 へ向かう飽和蒸気を抽気して取り出す高圧蒸気抽気配管 43 が設けられている。高圧蒸気抽気配管 43 を介して取り出された高圧蒸気は、船内雑用蒸気として用いられる。

また、高圧汽水分離器 33 の気相部と過熱器 27 との間には、過熱器 27 へ向かう飽和蒸気を取り出して復水器 34 へと導く高圧蒸気ダンプ配管 36 が設けられている。高圧蒸気ダンプ配管 36 には、制御部によって制御される高圧ダンプ弁 38 が設けられている。高圧ダンプ弁 38 が開くことによって、蒸気タービン 7 に供給するには過剰とされる蒸気が蒸気タービン 7 をバイパスして復水器 34 へと廃棄される。高圧ダンプ弁 38 が開くタイミングは、上述した圧力センサ 26 によって得られるドラム圧力が所定の閾値を超えた場合とされる。

【0029】

高圧汽水分離器 33 には、燃料を燃焼させるバーナ 45 が設けられている。このバーナ 45 は、高圧汽水分離器 33 内の水を加熱して蒸気を生成するためのものである。このバーナ 45 によって生成された蒸気は、ディーゼル主機 3 に供給する燃料油（例えば C 重油）の粘度調整を行うために加熱する燃料加熱器へと供給される。このように、バーナ 45 と高圧汽水分離器 33 によって補助ボイラ 47 が構成されている。この補助ボイラ 47 は、コンポジットボイラ（composite boiler）やドンキーボイラ（donkey boiler）とも称され、ディーゼル機関システム 1 に標準的に搭載されるものである。また、補助ボイラ 47 は、居住区の暖房用としての蒸気を供給することもできる。

さらに、本実施形態では、補助ボイラ 47 のバーナ 45 によって生成された補助蒸気を蒸気タービン 7 へと導くことができるようになっている。蒸気タービン 7 へ補助蒸気を導く際のバーナ 45 の点火タイミングは、高圧汽水分離器 33 に設けられた圧力センサ 26 の出力に基づいて制御部によって決定される。

【0030】

低圧汽水分離器 35 には、低圧汽水分離器 35 内の水位を調整する低圧レベル調整弁 49 を介して空気冷却器 20 から導かれた水が供給される。低圧汽水分離器 35 内の水は、低圧循環水ポンプ 51 によって第 2 蒸発器 31 に導かれる。

低圧汽水分離器 35 には、第 2 蒸発器 31 からの水分を含んだ湿り蒸気が導かれ水と蒸気とに分離される。分離された飽和蒸気は、低圧蒸気供給管 53 を介して蒸気タービン 7 の中間段へと導かれる。

【0031】

低圧蒸気供給管 53 には、飽和蒸気を抽気して取り出す低圧蒸気抽気配管 55 が設けられている。低圧蒸気抽気配管 55 には低圧蒸気抽気弁 56 が設けられている。低圧蒸気抽気配管 55 を介して取り出された低圧蒸気は、船内雑用蒸気として用いられる。

また、低圧蒸気供給管 53 には、蒸気タービン 7 の中間段へ向かう飽和蒸気を取り出して復水器 34 へと導く低圧蒸気ダンプ配管 57 が設けられている。低圧蒸気ダンプ配管 57 には、制御部によって制御される低圧ダンプ弁 59 が設けられている。この低圧蒸気ダンプ配管 59 によって、蒸気タービン 7 の中間段に供給するには過剰とされる蒸気が蒸気タービン 7 をバイパスして復水器 34 へと廃棄される。

【0032】

蒸気タービン 7 の上流側（高圧側）に過熱蒸気を導く過熱蒸気供給管 41 には、高圧蒸気止め弁 61 と速度制御弁 63 が設けられている。高圧蒸気止め弁 61 と速度調整弁 63 は、制御部によって制御される。蒸気タービン 7 を運用する場合には、開閉弁とされた高圧蒸気止め弁 61 が全開とされ、蒸気タービン 7 を運用しない場合には高圧蒸気止め弁 61 が全閉とされる。速度制御弁 63 は、制御部の指示に基づき、船内系統の周波数と発電量要求に対応するように開度が調整される。

【0033】

10

20

30

40

50

蒸気タービン 7 の中間段に低圧蒸気を導く低圧蒸気供給管 5 3 には、低圧蒸気止め弁 6 5 と低圧蒸気制御弁 6 7 が設けられている。低圧蒸気止め弁 6 5 と低圧蒸気制御弁 6 7 は、制御部によって制御される。蒸気タービン 7 を運用する場合には、開閉弁とされた低圧蒸気止め弁 6 5 が全開とされ、蒸気タービン 7 を運用しない場合には低圧蒸気止め弁 6 5 が全閉とされる。低圧蒸気制御弁 6 7 は、制御部の指示に基づき開度が調整される。

【 0 0 3 4 】

蒸気タービン 7 は、高圧蒸気止め弁 6 1 及び速度調整弁 6 3 を介して導かれた過熱蒸気と、低圧蒸気止め弁 6 5 及び低圧蒸気制御弁 6 7 を介して導かれた低圧蒸気とによって回転駆動され、この回転出力が蒸気タービン側減速機 6 9 を介して発電機 1 1 へと伝達される。

10

蒸気タービン 7 にて仕事を終えた蒸気は、復水器 3 4 へと導かれ、海水や清水によって冷却されて凝縮液化される。液化された復水は、復水ポンプ 7 1 によって大気圧ドレンタンク 7 3 へと導かれ、気液が分離される。大気圧ドレンタンク 7 3 にて脱気された水が給水ポンプ 7 6 によって空気冷却器 2 0 へと導かれる。空気冷却器 2 0 では、給水ポンプ 7 6 によって導かれた水によって、過給機 1 5 のコンプレッサ 1 9 にて圧縮されて温度上昇した圧縮空気が冷却される。

【 0 0 3 5 】

ディーゼル主機 3 には、各シリンダを冷却するジャケット冷却器を流れるジャケット冷却水と熱交換する有機流体熱交換器 7 5 が設けられている。ジャケット冷却水の温度は、8 0 ~ 9 0 とされている。有機流体熱交換器 7 5 は、有機流体および有機流体の蒸気が循環する有機流体経路 7 7 内に設けられている。有機流体としては、ジャケット冷却水の熱源で蒸発する低沸点媒体が望ましく、イソペンタン、ブタン、プロパン等の低分子炭化水素や、冷媒として用いられる R 1 3 4 a、R 2 4 5 f a 等を用いることができる。

20

【 0 0 3 6 】

有機流体経路 7 7 は閉回路とされており、有機流体を循環させるための有機流体ポンプ 7 9 が設けられている。有機流体は、有機流体熱交換器 7 5、有機流体入口弁 8 0、有機流体タービン 9、凝縮器 8 1 を通過するように相変化を繰り返しながら循環する。

【 0 0 3 7 】

有機流体入口弁 8 0 は、制御部によって制御され、有機流体タービン 9 を運用する場合には全開とされ、有機流体タービン 9 を運用しない場合には全閉とされる。

30

【 0 0 3 8 】

有機流体タービン 9 は、有機流体熱交換器 7 5 によって生成された有機流体の蒸気によって回転駆動される。有機流体タービン 9 の回転動力は、有機流体側減速機 8 3 にて減速された後に、自動嵌脱クラッチ 8 4 を介して発電機 1 1 に伝達されるようになっている。自動嵌脱クラッチ 8 4 は、シンクロ・セルフシフティング・クラッチ又は S S S (スリーエス) クラッチとも称され、有機流体タービン 9 側の出力軸の回転数が自動嵌脱クラッチ 8 4 の入力軸の回転数に達した際に爪が噛み合い嵌合して回転力を伝達するものである。

【 0 0 3 9 】

有機流体タービン 9 にて仕事を終えた有機流体の蒸気は、凝縮器 8 1 にて海水や清水によって冷却されて凝縮液化する。凝縮液化した有機流体は、有機流体循環ポンプ 7 9 によって有機流体熱交換器 7 5 へと送られる。

40

このように、有機流体経路 7 7 は、有機流体熱交換器 7 5、有機流体タービン 9、凝縮器 8 1 及び有機流体ポンプ 7 9 とともに有機ランキンサイクル (O R C ; Organic Rankine Cycle) を構成する。

【 0 0 4 0 】

有機流体タービン 9 は、蒸気タービン 7 のような速度調整弁 6 3 を有しておらず、速度調整を行うようになっていない。これは、有機流体熱交換器 7 5 にて熱回収するジャケット冷却水からの熱量がディーゼル主機の負荷変動に大きく依存し、熱回収量が安定しないため有機流体の蒸気の流量を制御した速度調整が困難だからである。そこで、本実施形態では、蒸気タービン 7 と共通の発電機 1 1 に有機流体タービン 9 を接続することとした上

50

で、蒸気タービン 7 の速度制御に有機流体タービン 9 を従属させることとした。すなわち、蒸気タービン 7 をマスタとし、有機流体タービン 9 をスレーブとする制御を行う。これにより、蒸気タービン 7 が運転されている間は、有機流体タービン 9 も運転可能となり、蒸気タービン 7 及び有機流体タービン 9 の両方を用いた発電が発電機 11 にて可能となる。蒸気タービン 7 の駆動力に有機流体タービン 9 の駆動力を合わせた合計駆動力が発電機 11 に伝達される。この合計駆動力は、速度調整弁 63 により安定して制御されることになる。発電機 11 で得られた電気出力は、出力電線 87 及び遮断機 89 を介して船内電力系統 90 へと導かれる。

【0041】

次に、上述したディーゼル機関システム 1 の運転方法について説明する。

10

ディーゼル主機 3 が運転を開始すると、過給機 15 にて圧縮された圧縮空気が空気冷却器 20 で冷却された後にディーゼル主機 3 へと供給される。ディーゼル主機 3 の筒内では、供給された圧縮空気と燃料油とによって燃焼が行われる。燃料油は、補助ボイラ 47 によって生成された蒸気によって燃料油加熱装置にて粘度調整されたものが用いられる。

【0042】

ディーゼル主機 3 にて燃焼が行われた後の排ガスは、過給機 15 の排気タービン 17 を経て排ガス管 21 を通り排ガスエコノマイザ 5 へと導かれる。排ガスは、排ガスエコマイザ 5 内を通過する際に過熱器 27、第 1 蒸発器 29 及び第 2 蒸発器 31 と熱交換をする。

第 1 蒸発器 27 内の水は、排ガスと熱交換することによって湿り蒸気となる。この湿り蒸気は、高圧汽水分離器 33 に導かれて水分が分離された後、過熱器 27 に導かれる。過熱器 27 内の蒸気は、排ガスと熱交換することによって過熱蒸気となる。このように生成された過熱蒸気は、過熱蒸気供給管 41 を通り、蒸気止め弁 61 及び速度調整弁 63 を経て蒸気タービン 7 に供給される。

20

【0043】

第 2 蒸発器 31 内の水は、排ガスと熱交換することによって湿り蒸気となる。この湿り蒸気は、低圧汽水分離器 35 に導かれて水分が分離された後、分離された低圧蒸気は、低圧蒸気供給管 53 を通り、低圧蒸気止め弁 65 及び低圧蒸気制御弁 67 を経て蒸気タービン 7 の中段に供給される。

【0044】

蒸気タービン 7 は、上述のように導かれた過熱蒸気及び低圧蒸気によって回転駆動され、この回転出力が発電機 11 へと伝達される。

30

【0045】

一方、ディーゼル主機 3 のジャケット冷却器にてシリンダを冷却したジャケット冷却水は、有機流体熱交換器 75 へと導かれ、有機流体経路 77 を循環する有機流体と熱交換する。有機流体は、有機流体熱交換器 75 にてジャケット冷却水の顕熱によって加熱され蒸発気化する。蒸発気化して高エンタルピとなった有機流体の蒸気は、有機流体タービン 9 へと導かれ、その熱落差によって有機流体タービン 9 を回転駆動させる。有機流体タービン 9 の回転出力は、有機流体タービン 9 の回転数が所定値以上となった場合に自動嵌脱クラッチ 84 が連結され、発電機 11 へと伝達される。その後の有機流体タービン 9 の回転数は、マスタである蒸気タービン 7 の速度調整に依存したものとなる。

40

【0046】

有機流体タービン 9 にて仕事を終えた有機流体の蒸気は、凝縮器 81 へと導かれ、海水や清水によって冷却されることにより凝縮液化する。凝縮液化した有機流体は、有機流体ポンプ 79 によって再び有機流体熱交換器 75 へと導かれる。

【0047】

発電機 11 では、蒸気タービン 7 及び有機流体タービン 9 から得られた回転出力によって発電し、その発電出力を出力電線 87 及び遮断機 89 を介して船内電力系統 90 へと供給する。

【0048】

そして、本実施形態では、ディーゼル機関 3 の負荷が減少し、排ガスエコノマイザ 5 で

50

発生する蒸気の圧力が減少し、閾値以下となった場合に、以下のような制御を行う。

ディーゼル機関3の負荷が減少すると、排ガスエネルギーが減少するので、排ガスエコノマイザ5にて生成される高圧蒸気の圧力が減少する。この高圧蒸気の圧力は、高圧汽水分離器33に設けた圧力センサ26によって検出され、制御部へと送られる。制御部では、圧力センサ26から得られた圧力が閾値以下となった場合、補助ボイラ47のバーナ45に点火指令を送信し、バーナ45を点火させる。なお、バーナ45の点火を行う圧力の閾値は、蒸気タービン7が排ガスエコノマイザ5から供給される蒸気によって単独で運転できる最小圧力を基準に定められる。

【0049】

補助ボイラ47のバーナ45が点火されると、バーナ45の燃焼熱によって高圧汽水分離器33にて蒸気が生成され、生成された蒸気が速度調整弁63を介して蒸気タービン7へと導かれる。これにより、蒸気タービン7の運転が継続され、同時に蒸気タービン7に従属する有機流体タービン9の運転も継続される。

【0050】

その後、ディーゼル機関3の負荷が上昇して、エコノマイザ5から得られる蒸気の圧力が回復し、所定値以上となった場合には、排ガスエコノマイザ5からの蒸気のみによって蒸気タービンの単独運転が可能となる。この場合には、制御部からの指令によって補助ボイラ47のバーナ45の点火を停止してもよいし、船内需要電力との関係でバーナ45の点火を継続してもよい。バーナ45の点火を継続する場合には、例えば、高圧汽水分離器33内の圧力が上昇して高圧ダンプ弁38が開く圧力となるまで継続させてもよい。これにより、補助ボイラ47からの蒸気によって、排ガスエコノマイザ5からの蒸気だけでは不足する船内需要電力を補うことができる。

【0051】

図2には、本実施形態の排熱回収装置4の制御方法が比較例とともに示されている。なお、同図における各数値は発明を理解しやすくするために挙げた例示であって、発明を限定するものではない。

同図において、横軸はディーゼル主機出力(%)、縦軸は電力(kW)を示す。ディーゼル主機出力100%はディーゼル主機の定格出力を意味し、Q(kW)は船内需要電力を意味する。

【0052】

線Aは、比較例としてのCase1であり、排ガスエコノマイザ5から得られた蒸気のみによって駆動される蒸気タービン(STG)7の発電量を示す。同図から分かるように、ディーゼル主機出力が100%の場合には船内需要電力を得ることができるが、常用運転負荷とされるディーゼル主機出力が85%では、a(kW)だけ電力が足りないことになる。また、ディーゼル主機出力が30%まで減少すると、排ガスエコノマイザ5からの蒸気だけでは蒸気タービン7による単独運転が不可能となり発電量はゼロとなる。

【0053】

線Bは、比較例としてのCase2であり、Case1の蒸気タービン7に加えて有機流体タービン9を用いた有機ランキンサイクル(ORC)による発電を組み合わせた場合の発電量を示す。このCase2もCase1と同様に、蒸気タービン7は排ガスエコノマイザ5からの蒸気のみによって運転される。同図から分かるように、常用運転負荷とされるディーゼル主機出力が85%では、有機流体タービン9によるアシストによって船内需要電力を得ることができる。しかし、ディーゼル主機出力が75%を下回ると、蒸気タービン7及び有機流体タービン9だけでは船内需要電力を得ることができない。さらに、ディーゼル主機出力が30%まで減少すると、蒸気タービン7での単独運転が不可能となり、蒸気タービン7に従属して制御される有機流体タービン9も同時に停止するため発電量はゼロとなる。

【0054】

線Cは、本実施形態を示すCase3であり、Case2の蒸気タービン7と有機流体タービン9との組合せに加えて、補助ボイラ47を用いた場合の発電量を示す。同図から分かるように、補助ボイラ47からの蒸気によって蒸気タービン7がアシストされているので、ディ

10

20

30

40

50

ーゼル主機出力が50%を下回るまでは、船内需要電力を得ることができる。また、ディーゼル主機出力が30%を下回り、排ガスエコマイザ5からの蒸気のみによる蒸気タービン7の単独運転が不可能となっても、補助ボイラ47からの蒸気によって蒸気タービン7の運転が継続されるため、有機流体タービン9の運転も継続され、ディーゼル主機出力が10%とされるまで発電をすることが可能となる。

【0055】

以上の通り、本実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

補助ボイラ47で生成された蒸気を蒸気タービン7に供給し、蒸気タービン7の運転を継続することとした。これにより、ディーゼル主機3の負荷が低下しても蒸気タービン7の停止を回避することができるので、蒸気タービンに從属して動作する有機流体タービン9の運転も継続することになり、有機流体タービン9による発電が可能となる。したがって、ディーゼル発電機を起動させる必要がなくなるので、ディーゼル発電機を運転するための燃料費を節約することができ、また場合によってはディーゼル発電機を設置せずにイニシャルコストを低減することができる。

【0056】

ディーゼル主機3の燃料油を加熱する補助ボイラ47を蒸気タービン7に蒸気を供給するボイラとして兼用させることとしたので、新たに専用のボイラを追加する必要なく本実施形態の排熱回収装置4を構成することができる。

【0057】

なお、上述した実施形態では、船舶に適用する内燃機関システムを前提として説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、陸上に設置される内燃機関システムにも適用できるものである。

また、低温熱源としてジャケット冷却水を一例として説明したが、排ガスエコマイザで熱回収する温度よりも低く、さらには100℃以下の温度の低温熱源であっても、有機流体によって熱回収して有機流体タービンが運転できるのであれば、ジャケット冷却水以外の低温熱源を利用することもできる。

【符号の説明】

【0058】

- 1 ディーゼル機関システム（内燃機関システム）
- 3 ディーゼル主機（内燃機関）
- 4 排熱回収装置
- 5 排ガスエコマイザ
- 7 蒸気タービン
- 9 有機流体タービン
- 11 発電機
- 15 過給機
- 20 空気冷却器
- 26 圧力センサ
- 27 過熱器
- 29 第1蒸発器
- 31 第2蒸発器
- 33 高圧汽水分離器
- 35 低圧汽水分離器
- 45 バーナ
- 47 補助ボイラ
- 63 速度調整弁
- 75 有機流体熱交換器（低温熱源）
- 77 有機流体経路
- 79 有機流体ポンプ
- 80 有機流体入口弁

10

20

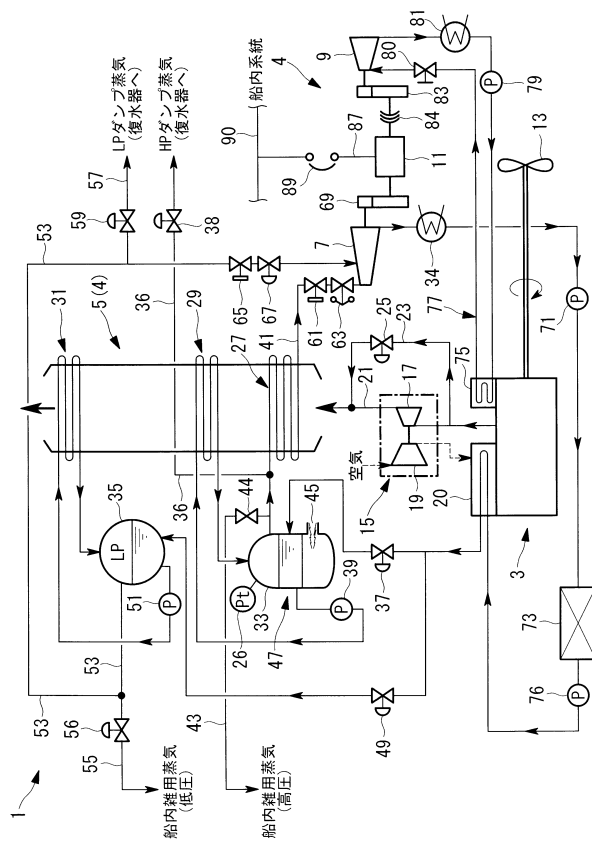
30

40

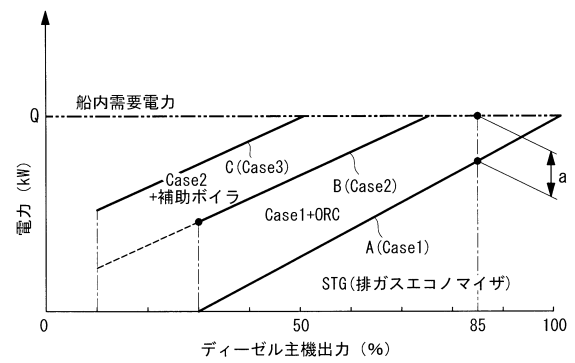
50

- 8 1 凝縮器
9 0 船内電力系統

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
<i>F 0 2 G</i>	<i>5/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 1 K</i>	<i>23/10</i>	<i>M</i>
<i>F 0 2 G</i>	<i>5/02</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 G</i>	<i>5/00</i>	<i>B</i>
<i>F 0 2 G</i>	<i>5/04</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 G</i>	<i>5/02</i>	<i>B</i>
<i>F 0 1 D</i>	<i>17/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 G</i>	<i>5/04</i>	<i>G</i>
<i>F 0 1 D</i>	<i>17/06</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 1 D</i>	<i>17/00</i>	<i>B</i>
<i>F 0 1 D</i>	<i>17/08</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 1 D</i>	<i>17/00</i>	<i>N</i>
<i>F 0 1 N</i>	<i>5/02</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 1 D</i>	<i>17/06</i>	
<i>B 6 3 J</i>	<i>3/02</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 1 D</i>	<i>17/08</i>	<i>A</i>
<i>B 6 3 H</i>	<i>21/38</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 1 N</i>	<i>5/02</i>	<i>F</i>
			<i>B 6 3 J</i>	<i>3/02</i>	<i>D</i>
			<i>B 6 3 H</i>	<i>21/38</i>	<i>C</i>

審査官 西中村 健一

- (56)参考文献 特開昭55-043205(JP,A)
 特開2012-163076(JP,A)
 実開昭54-118901(JP,U)
 実開昭54-000531(JP,U)
 特開2011-231636(JP,A)
 特開2010-116847(JP,A)
 特開2006-057597(JP,A)
 特開2015-113084(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 0 1 K *2 3 / 0 6 - 2 3 / 1 8*
F 0 1 K *2 5 / 1 0*
F 0 2 G *5 / 0 0 - 5 / 0 4*
B 6 3 H *2 1 / 3 8*
B 6 3 J *3 / 0 2*
J S T P l u s / J S T 7 5 8 0 (J D r e a m I I I)
D W P I (D e r w e n t I n n o v a t i o n)