

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6555724号
(P6555724)

(45) 発行日 令和1年8月7日(2019.8.7)

(24) 登録日 令和1年7月19日(2019.7.19)

(51) Int. Cl.	F I	
B 6 3 B 1/38 (2006.01)	B 6 3 B	1/38
B 6 3 H 21/14 (2006.01)	B 6 3 H	21/14
F O 2 B 37/10 (2006.01)	F O 2 B	37/10 Z
F O 2 B 37/00 (2006.01)	F O 2 B	37/00 3 O 2 Z
H O 2 P 31/00 (2006.01)	H O 2 P	31/00

請求項の数 18 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2016-529089 (P2016-529089)	(73) 特許権者	501204525
(86) (22) 出願日	平成27年6月26日(2015.6.26)		国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/003240		東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(87) 国際公開番号	W02015/198613	(74) 代理人	100098545
(87) 国際公開日	平成27年12月30日(2015.12.30)		弁理士 阿部 伸一
審査請求日	平成30年6月18日(2018.6.18)	(74) 代理人	100087745
(31) 優先権主張番号	特願2014-133050 (P2014-133050)		弁理士 清水 善廣
(32) 優先日	平成26年6月27日(2014.6.27)	(74) 代理人	100106611
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		弁理士 辻田 幸史
		(72) 発明者	福田 哲吾
			東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 空気潤滑式船舶の空気供給制御システム及び空気潤滑式船舶

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

船舶の主機関からの排ガスにより駆動され、前記主機関に加圧空気を供給する過給機と、前記過給機と前記主機関との間から前記加圧空気の一部をバイパスして取り出す取出手段と、取り出した前記加圧空気を、船体の喫水下に設けた空気供給口に供給する空気供給経路と、前記過給機の回転を加勢するモータ手段と、前記取出手段による前記加圧空気の出出量を設定する取出手段と、前記主機関の負荷と前記船舶の喫水を考慮し、前記取出手段による前記取出手段の設定に応じて前記モータ手段を制御する制御手段とを備えたことを特徴とする空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項2】

前記制御手段では、前記主機関の前記負荷により定まる前記過給機の掃気圧と、前記船舶の前記喫水により定まる喫水圧を考慮して前記モータ手段を制御することを特徴とする請求項1に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項3】

前記制御手段では、前記取出手段が前記過給機の過給機能力と、前記掃気圧又は前記喫水圧から定まる所定量を越えた場合に前記モータ手段を運転することを特徴とする請求項2に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項4】

前記所定量を前記掃気圧と前記喫水圧のいずれが高い方と、前記過給機能力より定めたことを特徴とする請求項3に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

10

20

【請求項 5】

前記制御手段では、前記過給機から前記主機関までの間の経路に設けた空気冷却機の下流側の前記掃気圧を所定圧に保つように前記モータ手段を制御することを特徴とする請求項 2 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項 6】

前記空気供給経路に、取り出した前記加圧空気を更に加圧するアシストブロウを備えたことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項 7】

前記制御手段では、前記モータ手段を駆動して前記過給機の回転を加勢した時に、取り出した前記加圧空気の圧力が十分でない場合に、前記アシストブロウを駆動することで、取り出した前記加圧空気を更に加圧することを特徴とする請求項 6 に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項 8】

前記制御手段では、前記船舶の喫水に基づいて前記アシストブロウを駆動し、前記主機関の前記負荷に対応して必要な前記加圧空気の前記圧力が十分でない場合に、前記モータ手段を運転することを特徴とする請求項 6 に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項 9】

前記過給機が可変ノズルを有し、前記制御手段では、前記モータ手段を駆動する前に、前記可変ノズルを制御することで、前記加圧空気を更に加圧することを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項 10】

前記掃気圧を検出する掃気圧検出器を設けたことを特徴とする請求項 2 から請求項 5 のいずれか 1 項、又は請求項 2 を引用する請求項 6 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項 11】

前記過給機の回転数を検出する過給機回転数検出器を設け、前記回転数と過給機特性とに基づいて前記掃気圧を求めることを特徴とする請求項 2 から請求項 5 のいずれか 1 項、又は請求項 2 を引用する請求項 6 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項 12】

前記加圧空気の前記取出量を、前記船体への取り出した前記加圧空気の供給により達成される省エネルギー量と、前記船体への取り出した前記加圧空気の供給に必要なエネルギー量との関係に基づいて設定したことを特徴とする請求項 1 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項 13】

複数個設けた前記空気供給口への取り出した前記加圧空気の供給量を制御する複数の供給量制御弁と、前記船舶の前記船体のローリングを検出するローリング検出手段を備え、前記制御手段では、前記ローリング検出手段の検出結果に基づいて複数の前記供給量制御弁を制御して、喫水圧が低い方の前記空気供給口への取り出した前記加圧空気の供給量を減少させることを特徴とする請求項 1 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項 14】

複数個設けた前記空気供給口への取り出した前記加圧空気の供給量を制御する複数の供給量制御弁と、前記船舶の前記船体のヒールを検出するヒール検出手段を備え、前記制御手段では、前記ヒール検出手段の検出結果に基づいて複数の前記供給量制御弁を制御して、喫水圧が低い方の前記空気供給口への取り出した前記加圧空気の供給量を減少させることを特徴とする請求項 1 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項 15】

複数個設けた前記空気供給口への取り出した前記加圧空気の供給量を制御する複数の供給量制御弁と、前記船舶の前記船体のピッチングを検出するピッチング検出手段を備え、前記制御手段では、前記ピッチング検出手段の検出結果に基づいて複数の前記供給量制御弁を制御して、喫水圧の変動に応じて前記空気供給口への取り出した前記加圧空気の供給量を増減させることを特徴とする請求項 1 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項 16】

前記空気供給経路に空気溜を設け、取り出した前記加圧空気の前記空気供給口への供給を安定化したことを特徴とする請求項 1 から請求項 15 のいずれか 1 項に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項 17】

前記制御手段では、前記加圧空気を取り出しの開始時に前記空気溜より下流側に設けた経路開閉弁を閉成して、前記取出手段で前記加圧空気を取り出して前記空気溜に溜め、その後前記経路開閉弁を開成したことを特徴とする請求項 16 に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システム。

【請求項 18】

請求項 1 から請求項 17 のいずれか 1 項に記載の空気潤滑式船舶の空気供給制御システムを前記船舶に搭載したことを特徴とする空気潤滑式船舶。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、航行中の船舶の喫水線以下の船体の外面に沿う水の摩擦抵抗を低減させるための空気潤滑式船舶の空気供給制御システム及び空気潤滑式船舶に関する。

【背景技術】

【0002】

航行中の船舶では、一般に船体の没水表面に水の摩擦抵抗を受けており、特に大型船の場合には、船体抵抗の大部分が没水表面における外水の相対流により生じる摩擦抵抗で占められている。

船体の周囲に空気を放出して摩擦抵抗を低減する空気潤滑による船体摩擦抵抗の軽減は省エネ効果が大きく、船舶からのCO₂排出削減に有効な手段である。

空気潤滑式船舶の空気供給方法には、主として電動ブロウで空気を送る方法と掃気バイパスによる方法がある。

【0003】

特許文献 1 は、電動ブロウで空気を送る方法と掃気バイパスによる方法とを併用する空気供給制御システムを提案している（図 2 及び図 3 に示す実施の形態）。

なお、エンジン低負荷時に同過給機を電気や油圧でアシストし、エンジンの起動や低負荷性能を改善する電動機付ターボチャージャは既に提案されている（例えば特許文献 2）。

また、可変ノズルを備えた過給機も既に提案されており、特許文献 3 は、燃焼用空気を抽気して船体外表面に放出する場合は可変ノズルを絞り、かつ、燃焼用空気を抽気して船体外表面に放出しない場合は可変ノズルを開くように制御する船舶の圧縮空気供給制御システムを提案している。

特許文献 3 では、抽気して船底に空気を送る場合には、タービンノズルを絞って過給機タービンの出力を増加させて気泡放出に必要な空気量を確保し、さらに、船底に空気を送る必要がない場合には、タービンノズルを開いて抽気しない場合の掃気圧力上昇を抑えることができる。

また、特許文献 4 では、船舶の摩擦抵抗低減装置において、電動モータにより駆動される流体機械からの圧縮空気を船底に設けられた噴射口から吐出するとともに、エンジンの排気ガスにより駆動されて圧縮空気をエンジンに供給する過給機から吐出された圧縮空気

の一部が噴射口に供給される構成が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2013-193624号公報

【特許文献2】特開2008-240585号公報

【特許文献3】特開2012-171582号公報

【特許文献4】特開2014-113874号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、電動ブロワで空気を送る方法では、高性能の電動ブロワ（ターボ式）が必要であることに加え、エアクーラも必要である。

また、掃気バイパスによる方法では、船舶の減速運転時には主機関の負荷が低く、排ガスエネルギーが低いため過給機から十分に空気を取り出せない場合がある。近年では、減速運転を採用することが多いため、過給機から十分に空気を取り出せない場合が多くなる。

特許文献1では、主機関の負荷が低い場合には過給機から十分に空気を取り出せない。

特許文献2のように電動機付ターボチャージャは多く提案され、また特許文献3のように可変ノズルを備えた過給機も既に提案されているが、掃気等の加圧空気の取出量の設定に応じて過給機を加勢するものはない。

また、特許文献4は、エンジンの負荷と船舶の喫水を考慮し、掃気等の加圧空気の取出量の設定に応じて過給機を加勢するものではない。

【0006】

そこで、本発明は、主機関の低負荷運転時においても、空気潤滑に必要な加圧空気を過給機から効率よく取り出すことができ、また、船舶の喫水圧や主機関の負荷に変動が生じて、主機関の運転効率を低下させずに効率よく空気潤滑を行うことができる空気潤滑式船舶の空気供給制御システム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】

請求項1記載に対応した空気潤滑式船舶の空気供給制御システムにおいては、船舶の主機関からの排ガスにより駆動され、主機関に加圧空気を供給する過給機と、過給機と主機関との間から加圧空気の一部をバイパスして取り出す取出手段と、取り出した加圧空気を、船体の喫水下に設けた空気供給口に供給する空気供給経路と、過給機の回転を加勢するモータ手段と、取出手段による加圧空気の取出量を設定する取出量設定手段と、主機関の負荷と船舶の喫水を考慮し、取出量設定手段による取出量の設定に応じてモータ手段を制御する制御手段とを備えたことを特徴とする。請求項1に記載の本発明によれば、加圧空気の取出量の設定に応じてモータ手段によって過給機の回転を加勢することで、主機関の低負荷運転時においても、空気潤滑に必要な加圧空気を過給機から効率よく取り出すことができる。また、主機関の負荷と船舶の喫水を考慮することによって、船舶の喫水や主機関の負荷に変動が生じて、主機関の運転効率を低下させずに効率よく空気潤滑を行うことができる。

【0008】

請求項2記載の本発明は、制御手段では、主機関の負荷により定まる過給機の掃気圧と、船舶の喫水により定まる喫水圧を考慮してモータ手段を制御することを特徴とする。請求項2に記載の本発明によれば、掃気圧により主機関の負荷を考慮し、また喫水圧により船舶の喫水を考慮して、加圧空気の取出量の設定に応じてモータ手段によって過給機の回転を加勢することができる。

【0009】

請求項3記載の本発明は、制御手段では、取出量が過給機の過給機能力と、掃気圧又は

10

20

30

40

50

喫水圧から定まる所定量を越えた場合にモータ手段を運転することを特徴とする。請求項 3 に記載の本発明によれば、加圧空気の取出量が、過給機の過給機能力と掃気圧又は喫水圧から定まる所定量を越えて、例えば掃気圧が低下した場合に、モータ手段によって過給機を加勢することで主機関の運転に支障をきたすことがない。また、船舶の積荷量の変動、船速の変化や船体の動揺等のダイナミック変動に対しても空気潤滑を効率よく行うことができる。

【 0 0 1 0 】

請求項 4 記載の本発明は、所定量を掃気圧と喫水圧のいずれか高い方と、過給機能力より定めたことを特徴とする。請求項 3 に記載の本発明によれば、掃気圧と喫水圧のいずれか高い方を基準としてモータ手段を運転することで、より確実に、主機関の運転効率を低下させずに空気潤滑を行うことができる。

10

【 0 0 1 1 】

請求項 5 記載の本発明は、制御手段では、過給機から主機関までの間の経路に設けた空気冷却機の下流側の掃気圧を所定圧に保つようにモータ手段を制御することを特徴とする。請求項 5 に記載の本発明によれば、掃気圧を所定圧に保つことで主機関の運転効率を低下させずに、空気潤滑を行うことができる。

【 0 0 1 2 】

請求項 6 記載の本発明は、空気供給経路に、取り出した加圧空気を更に加圧するアシストブロウを備えたことを特徴とする。請求項 6 に記載の本発明によれば、アシストブロウによって空気潤滑に適した圧力まで加圧空気を更に加圧することができる。

20

【 0 0 1 3 】

請求項 7 記載の本発明は、制御手段では、モータ手段を駆動して過給機の回転を加勢した時に、取り出した加圧空気の圧力が十分でない場合に、アシストブロウを駆動することで、取り出した加圧空気を更に加圧することを特徴とする。請求項 7 に記載の本発明によれば、モータ手段によって過給機の回転を加勢しても加圧空気の圧力が十分でない場合に、アシストブロウによって空気潤滑に適した圧力まで加圧空気を更に加圧することができる。

【 0 0 1 4 】

請求項 8 記載の本発明は、制御手段では、船舶の喫水に基づいてアシストブロウを駆動し、主機関の負荷に対応して必要な加圧空気の圧力が十分でない場合に、モータ手段を運転することを特徴とする。請求項 8 に記載の本発明によれば、主機関の負荷に対応して必要な加圧空気の圧力が十分な場合には、先ず喫水に基づいてアシストブロウが駆動されるので、モータ手段の運転頻度を抑え加圧空気の供給に必要なエネルギー量を低減することができる。

30

【 0 0 1 5 】

請求項 9 記載の本発明は、過給機が可変ノズルを有し、制御手段では、モータ手段を駆動する前に、可変ノズルを制御することで、加圧空気を更に加圧することを特徴とする。請求項 9 に記載の本発明によれば、まず可変ノズルによって主機関に適した掃気圧にでき、可変ノズルでは十分な掃気圧にできない場合にモータ手段を駆動することで、エネルギー効率を高めることができる。

40

【 0 0 1 6 】

請求項 10 記載の本発明は、掃気圧を検出する掃気圧検出器を設けたことを特徴とする。請求項 10 に記載の本発明によれば、掃気圧検出器を設けることで、掃気圧検出器の検出値を用いて掃気圧を所定圧に精度良く保つことができる。

【 0 0 1 7 】

請求項 11 記載の本発明は、過給機の回転数を検出する過給機回転数検出器を設け、回転数と過給機特性とに基づいて掃気圧を求めることを特徴とする。請求項 11 に記載の本発明によれば、掃気圧検出器を設けなくても、過給機の回転数と過給機特性から掃気圧を算出し、その算出値を用いて掃気圧を所定圧に保つことができる。

【 0 0 1 8 】

50

請求項 1 2 記載の本発明は、加圧空気の取出量を、船体への取り出した加圧空気の供給により達成される省エネルギー量と、船体への取り出した加圧空気の供給に必要なエネルギー量との関係に基づいて設定したことを特徴とする。請求項 1 2 に記載の本発明によれば、エネルギー効率の良い加圧空気の取出量とすることができる。

【 0 0 1 9 】

請求項 1 3 記載の本発明は、複数個設けた空気供給口への取り出した加圧空気の供給量を制御する複数の供給量制御弁と、船舶の船体のローリングを検出するローリング検出手段を備え、制御手段では、ローリング検出手段の検出結果に基づいて複数の供給量制御弁を制御して、喫水圧が低い方の空気供給口への取り出した加圧空気の供給量を減少させることを特徴とする。請求項 1 3 に記載の本発明によれば、船体がローリングにより揺れて傾いても、喫水圧が低い方の空気供給口への加圧空気の供給量を減少させることで空気潤滑を効率よく行える。

【 0 0 2 0 】

請求項 1 4 記載の本発明は、複数個設けた空気供給口への取り出した加圧空気の供給量を制御する複数の供給量制御弁と、船舶の船体のヒールを検出するヒール検出手段を備え、制御手段では、ヒール検出手段の検出結果に基づいて複数の供給量制御弁を制御して、喫水圧が低い方の空気供給口への取り出した加圧空気の供給量を減少させることを特徴とする。請求項 1 4 に記載の本発明によれば、船体がヒールにより傾き続けても、喫水圧が低い方の空気供給口への加圧空気の供給量を減少させることで空気潤滑を効率よく行える。

【 0 0 2 1 】

請求項 1 5 記載の本発明は、複数個設けた空気供給口への取り出した加圧空気の供給量を制御する複数の供給量制御弁と、船舶の船体のピッチングを検出するピッチング検出手段を備え、制御手段では、ピッチング検出手段の検出結果に基づいて複数の供給量制御弁を制御して、喫水圧の変動に応じて空気供給口への取り出した加圧空気の供給量を増減させることを特徴とする。請求項 1 5 に記載の本発明によれば、船体がピッチングにより揺れて喫水圧が変動しても、喫水圧が低い時には空気供給口への加圧空気の供給量を減少させることで空気潤滑を効率よく行える。

【 0 0 2 2 】

請求項 1 6 記載の本発明は、空気供給経路に空気溜を設け、取り出した加圧空気の空気供給口への供給を安定化したことを特徴とする。請求項 1 6 に記載の本発明によれば、実海域において、例えば主機関の負荷変動や船体運動による喫水圧の変動が生じても、空気供給経路の流量変動や圧力変動を緩和することで、主機関に導入される空気量の変動や空気潤滑への圧力や流量の変動を緩和して、効率の高いシステムを提供できる。

【 0 0 2 3 】

請求項 1 7 記載の本発明は、制御手段では、加圧空気の取り出しの開始時に空気溜より下流側に設けた経路開閉弁を閉成して、取出手段で加圧空気を取り出して空気溜に溜め、その後経路開閉弁を開成したことを特徴とする。請求項 1 7 に記載の本発明によれば、加圧空気の取り出し開始時に、主機関における掃気圧低下を緩和できる。

【 0 0 2 4 】

請求項 1 8 記載に対応した空気潤滑式船舶においては、空気潤滑式船舶の空気供給制御システムを船舶に搭載したことを特徴とする。請求項 1 8 に記載の本発明によれば、高性能な電動プロワ（ターボ式）を装備することなく、主機関の低負荷運転時においても、空気潤滑に必要な加圧空気を過給機から効率よく取り出すことができる。また、主機関の負荷と船舶の喫水を考慮することによって、船舶の喫水や主機関の負荷に変動が生じても、主機関の運転効率を低下させずに効率よく空気潤滑を行うことができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 5 】

本発明によれば、加圧空気の取出量の設定に応じてモータ手段によって過給機の回転を加勢することで、主機関の低負荷運転時においても、空気潤滑に必要な加圧空気を過給機

10

20

30

40

50

から効率よく取り出すことができる。また、主機関の負荷と船舶の喫水を考慮することによって、船舶の喫水や主機関の負荷に変動が生じて、主機関の運転効率を低下させずに効率よく空気潤滑を行うことができる。

【 0 0 2 6 】

また、制御手段では、主機関の負荷により定まる過給機の掃気圧と、船舶の喫水により定まる喫水圧を考慮してモータ手段を制御する場合には、掃気圧により主機関の負荷を考慮し、また喫水圧により船舶の喫水を考慮して、加圧空気の出取量の設定に応じてモータ手段によって過給機の回転を加勢することができる。

【 0 0 2 7 】

また、制御手段では、出取量が過給機の過給機能力と、掃気圧又は喫水圧から定まる所定量を越えた場合にモータ手段を運転する場合には、例えば掃気圧が低下した場合に、モータ手段によって過給機を加勢することで主機関の運転に支障をきたすことがない。また、船舶の積荷量の変動、船速の変化や船体の動揺等のダイナミック変動に対しても空気潤滑を効率よく行うことができる。

【 0 0 2 8 】

また、所定量を掃気圧と喫水圧のいずれが高い方と、過給機能力より定めた場合には、掃気圧と喫水圧のいずれが高い方を基準としてモータ手段を運転することで、より確実に、主機関の運転効率を低下させずに空気潤滑を行うことができる。

【 0 0 2 9 】

また、制御手段では、過給機から主機関までの間の経路に設けた空気冷却機の下流側の掃気圧を所定圧に保つようにモータ手段を制御する場合には、掃気圧を所定圧に保つことで主機関の運転効率を低下させずに、空気潤滑を行うことができる。

【 0 0 3 0 】

また、空気供給経路に、取り出した加圧空気を更に加圧するアシストブロウを備えた場合には、アシストブロウによって空気潤滑に適した圧力まで加圧空気を更に加圧することができる。

【 0 0 3 1 】

また、制御手段では、モータ手段を駆動して過給機の回転を加勢した時に、取り出した加圧空気の圧力が十分でない場合に、アシストブロウを駆動することで、取り出した加圧空気を更に加圧する場合には、モータ手段によって過給機の回転を加勢しても加圧空気の圧力が十分でない場合に、アシストブロウによって空気潤滑に適した圧力まで加圧空気を更に加圧することができる。

【 0 0 3 2 】

また、制御手段では、船舶の喫水に基づいてアシストブロウを駆動し、主機関の負荷に対応して必要な加圧空気の圧力が十分でない場合に、モータ手段を運転する場合には、先ず喫水に基づいてアシストブロウが駆動されるので、モータ手段の運転頻度を抑え加圧空気の供給に必要なエネルギー量を低減することができる。

【 0 0 3 3 】

また、過給機が可変ノズルを有し、制御手段では、モータ手段を駆動する前に、可変ノズルを制御することで、加圧空気を更に加圧する場合には、まず可変ノズルによって主機関に適した掃気圧にでき、可変ノズルでは十分な掃気圧にできない場合にモータ手段を駆動することで、エネルギー効率を高めることができる。

【 0 0 3 4 】

また、掃気圧を検出する掃気圧検出器を設けた場合には、掃気圧検出器を設けることで、掃気圧検出器の検出値を用いて掃気圧を所定圧に精度良く保つことができる。

【 0 0 3 5 】

また、過給機の回転数を検出する過給機回転数検出器を設け、回転数と過給機特性とに基づいて掃気圧を求める場合には、掃気圧検出器を設けなくても、過給機の回転数と過給機特性から掃気圧を算出し、その算出値を用いて掃気圧を所定圧に保つことができる。

【 0 0 3 6 】

また、加圧空気の取出量を、船体への取り出した加圧空気の供給により達成される省エネルギー量と、船体への取り出した加圧空気の供給に必要なエネルギー量との関係に基づいて設定した場合には、エネルギー効率の良い加圧空気の取出量とすることができる。

【0037】

また、複数個設けた空気供給口への取り出した加圧空気の供給量を制御する複数の供給量制御弁と、船舶の船体のローリングを検出するローリング検出手段を備え、制御手段では、ローリング検出手段の検出結果に基づいて複数の供給量制御弁を制御して、喫水圧が低い方の空気供給口への加圧空気の供給量を減少させる場合には、船体がローリングにより揺れて傾いても、喫水圧が低い方の空気供給口への取り出した加圧空気の供給量を減少させることで空気潤滑を効率よく行える。

10

【0038】

また、複数個設けた空気供給口への取り出した加圧空気の供給量を制御する複数の供給量制御弁と、船舶の船体のヒールを検出するヒール検出手段を備え、制御手段では、ヒール検出手段の検出結果に基づいて複数の供給量制御弁を制御して、喫水圧が低い方の空気供給口への取り出した加圧空気の供給量を減少させる場合には、船体がヒールにより傾き続けても、喫水圧が低い方の空気供給口への加圧空気の供給量を減少させることで空気潤滑を効率よく行える。

【0039】

また、複数個設けた空気供給口への取り出した加圧空気の供給量を制御する複数の供給量制御弁と、船舶の船体のピッチングを検出するピッチング検出手段を備え、制御手段では、ピッチング検出手段の検出結果に基づいて複数の供給量制御弁を制御して、喫水圧の変動に応じて空気供給口への取り出した加圧空気の供給量を増減させる場合には、船体がピッチングにより揺れて喫水圧が変動しても、喫水圧が低い方の空気供給口への加圧空気の供給量を減少させることで空気潤滑を効率よく行える。

20

【0040】

また、空気供給経路に空気溜を設け、取り出した加圧空気の空気供給口への供給を安定化した場合には、実海域において、例えば主機関の負荷変動や船体運動による喫水圧の変動が生じて、空気供給経路の流量変動や圧力変動を緩和することで、主機関に導入される空気量の変動や空気潤滑への圧力や流量の変動を緩和して、効率の高いシステムを提供できる。

30

【0041】

また、制御手段では、加圧空気の取り出しの開始時に空気溜より下流側に設けた経路開閉弁を閉成して、取出手段で加圧空気を取り出して空気溜に溜め、その後、経路開閉弁を開成した場合には、加圧空気の取り出し開始時に、主機関における掃気圧低下を緩和できる。

【0042】

また、本発明によれば、高性能な電動ブロワ（ターボ式）を装備することなく、主機関の低負荷運転時においても、空気潤滑に必要な加圧空気を過給機から効率よく取り出すことができ、また、主機関の負荷と船舶の喫水を考慮することによって、船舶の喫水や主機関の負荷に変動が生じて、主機関の運転効率を低下させずに効率よく空気潤滑を行うことができる空気潤滑式船舶を提供することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】本発明の実施形態による空気供給制御システムを搭載した空気潤滑式船舶の概略構成図

【図2】同空気潤滑式船舶の空気供給制御システムの概略構成図

【図3】過給機の掃気量と掃気圧の関係を示す図

【図4】圧力と掃気の取出量との関係を示す図（条件1）

【図5】圧力と掃気の取出量との関係を示す図（条件2）

【図6】圧力と掃気の取出量との関係を示す図（条件3）

50

- 【図 7】圧力と掃気の取出量との関係を示す図（条件 4）
- 【図 8】圧力と掃気の取出量との関係を示す図（条件 5）
- 【図 9】圧力と掃気の取出量との関係を示す図（条件 2（圧力低下許容範囲考慮））
- 【図 10】主機関の任意の負荷における掃気圧（圧力）と掃気の取出量との関係を示す図
- 【図 11】他の例による圧力と掃気の取出量との関係を示す図（条件 3）
- 【図 12】他の例による圧力と掃気の取出量との関係を示す図（条件 5）
- 【図 13】掃気の取出量の算出方法を示す図
- 【図 14】本発明の他の実施形態による空気潤滑式船舶の空気供給制御システムのブロック図

【発明を実施するための形態】

10

【0044】

以下に、本発明の実施形態による空気潤滑式船舶の空気供給制御システムについて説明する。

図 1 は本発明の実施形態による空気供給制御システムを搭載した空気潤滑式船舶の概略構成図、図 2 は同空気潤滑式船舶の空気供給制御システムの概略構成図である。

【0045】

図 1 に示すように、本実施形態の空気潤滑式船舶は、船体 1 の船首部 2 の船底 3 には、空気供給口 4 が設けられている。空気供給口 4 は、船体 1 の喫水下の船底 3 に設けている。空気供給口 4 から船体 1 の船底 3 に空気を気泡として放出し、海面 S・L よりも下の船底 3 の広い領域に気泡を供給して空気潤滑することにより、高い摩擦抵抗低減効果を得ることができる。なお、空気供給口 4 は、船底 3 のみならず、船側や船首部 2 など、複数の部位に組み合わせて設けてもよい。

20

【0046】

船体 1 の船尾 5 側には、プロペラ 6 を駆動する駆動源 7 を備えている。

駆動源 7 は、内燃機関である主機関 10 と過給機 20 を有する。過給機 20 は、主機関 10 からの排ガスにより駆動され、主機関 10 に加圧空気を供給する。

主機関 10 に供給される前の加圧空気の一部は、空気供給経路 31 を通って空気供給口 4 に送ることが可能である。

【0047】

次に、図 2 を用いて同空気潤滑式船舶の空気供給制御システムの構成について説明する

30

過給機 20 は、主機関 10 の排気経路に設けられ排ガスから動力を取り出すタービン 21 と、このタービン 21 によって動作するコンプレッサー 22 と、タービン 21 の排ガス導入側に配置される可変ノズル 23 とを有する。

可変ノズル 23 は、ノズル翼の向きや角度あるいは排ガス通路を変化させて主機関 10 から供給される排ガスの流速を調整して掃気圧を制御することができる。

なお、可変ノズル 23 を用いずに空気供給制御システムを構成することもできる。

過給機 20 から主機関 10 までの間の経路には空気冷却機 24 を有している。

コンプレッサー 22 で加圧され高温となった空気は、空気冷却機 24 で冷却されて主機関 10 に導入される。

40

【0048】

空気供給経路 31 の一端は、過給機 20 と主機関 10 との間に接続されており、過給機 20 と主機関 10 との間から加圧空気の一部が取り出される。空気冷却機 24 よりも下流側の掃気を加圧空気として取り出すことが好ましいが、上流側の給気を加圧空気として取り出してもよい。空気冷却機 24 より下流側の掃気を空気潤滑に用いることで、エネルギー効率を高められる。また、高温の空気が継続的に供給されることによる船体 1 の塗膜劣化も防止することができる。

【0049】

取り出した加圧空気は、空気供給経路 31 を通って空気供給口 4 に供給される。

空気供給経路 31 には、過給機 20 と主機関 10 との間から加圧空気の一部を取り出す

50

絞り量可変の取出バルブ 3 2 と、空気供給経路 3 1 の加圧空気を更に加圧するアシストブロウ 3 3 とを設けている。モータ手段 5 1 を駆動して過給機 2 0 の回転を加勢しても取り出した加圧空気の圧力が十分でない場合に、過給機 2 0 により加圧された加圧空気を更にアシストブロウ 3 3 で加圧することにより、載荷量が多く喫水圧が高くなった場合や、多くの空気を空気供給口 4 に供給することにより圧力が不足した場合に対応ができる。

【 0 0 5 0 】

このアシストブロウ 3 3 は、喫水圧の変動があっても空気量の変動が少ないルーツ型等の容積型ブロウであることが好ましい。

また、取出バルブ 3 2 より上流側の過給機 2 0 に近い空気供給経路 3 1 には、掃気圧を検出する掃気圧検出器 4 1 を設けている。なお、掃気圧検出器 4 1 は空気冷却機 2 4 と主機関 1 0 との間の掃気経路に設けてもよい。過給機 2 0 に近い空気供給経路 3 1 は、取出バルブ 3 2 の上流側であるため、掃気経路とほぼ等しい掃気圧の計測が可能である。また、空気供給経路 3 1 と掃気経路の双方の経路に掃気圧検出器 4 1 を設けることも可能である。双方の経路に掃気圧検出器 4 1 を設けた場合は、平均化処理等によりより精度良く掃気圧の検出が可能となる。また、既存の主機関 1 0 や過給機 2 0 に本空気供給制御システムを適用する場合は、掃気圧検出器 4 1 は空気供給経路 3 1 に設けた方が、作業が容易である。

【 0 0 5 1 】

また、本実施形態による空気供給制御システムは、空気供給経路 3 1 から分岐しアシストブロウ 3 3 をバイパスして再び空気供給経路 3 1 に合流するバイパス経路 3 5 と、空気供給経路 3 1 とバイパス経路 3 5 のいずれかを選択するバイパス経路選択手段 3 6 を設けている。このようにバイパス経路選択手段 3 6 を設けることで、取り出した加圧空気を更に加圧する必要がない時などは、バイパス経路選択手段 3 6 でバイパス経路 3 5 側を選択し、アシストブロウ 3 3 をバイパスすることができる。アシストブロウ 3 3 を使用しないときには、バイパス経路 3 5 に設けたバイパス経路選択手段 3 6 を開成し、アシストブロウ 3 3 の前後に設けたバイパス経路選択手段 3 6 を閉成する。また、アシストブロウ 3 3 を使用するときには、バイパス経路 3 5 に設けたバイパス経路選択手段 3 6 を閉成し、アシストブロウ 3 3 の前後に設けたバイパス経路選択手段 3 6 を開成する。これらの制御は、アシストブロウ 3 3 の運転と連動して行われる。

【 0 0 5 2 】

また、大気から吸い込んだ空気をアシストブロウ 3 3 へ送る大気吸込経路 3 7 と、空気供給経路 3 1 と大気吸込経路 3 7 を選択する大気吸込経路選択手段 3 8 を設けている。アシストブロウ 3 3 で大気から空気を吸い込み空気供給口 4 へ空気を供給する場合は、大気吸込経路選択手段 3 8 を開成するとともに、バイパス経路 3 5 に設けたバイパス経路選択手段 3 6 とアシストブロウ 3 3 の前に設けたバイパス経路選択手段 3 6 を閉成し、アシストブロウ 3 3 の後に設けたバイパス経路選択手段 3 6 を開成する。この場合、取出バルブ 3 2 も閉成し加圧空気の取り出しは行わない。大気からの空気をアシストブロウ 3 3 で加圧して供給した場合には、大気からの空気を加圧して用いることで、大気からの空気を船底 3 から放出することができ、例えば主機関 1 0 の負荷が低く空気量が不足する場合や喫水圧が低い場合等には、大気からの空気を直接、船底 3 に設けた空気供給口 4 に供給し、エネルギー効率や省エネ効果を更に高めることができる。

【 0 0 5 3 】

本実施形態による空気供給制御システムは、過給機 2 0 の回転を加勢するモータ手段 5 1 と、取出バルブ 3 2 を動作させて加圧空気の一部を取り出す取出手段 5 2 と、取出手段 5 2 による加圧空気の出水量を設定する出水量設定手段 5 3 と、主機関 1 0 の負荷と船舶の喫水を考慮して出水量設定手段 5 3 による出水量の設定に応じてモータ手段 5 1 を制御する制御手段 5 4 を備えている。出水量設定手段 5 3 は、出水量ゼロの設定が可能であり、空気潤滑の運転 / 停止の設定機能を併せて有している。

モータ手段 5 1 は、外付け型として過給機 2 0 のタービン 2 1 とコンプレッサー 2 2 の駆動軸を直接駆動してもよいが、駆動軸上に直接ロータを形成し周囲に設けたステータと

10

20

30

40

50

によって駆動することもできる。また、加勢が不要な場合はモータ手段 5 1 を発電機として利用し、回生電力を得ることもできる。更に、コンプレッサー 2 2 側だけを加勢しタービン 2 1 より回転速度を高める目的であるため、駆動軸にワンウェイクラッチ的な機構を装備することもできる。

なお、モータ手段 5 1 としては、空気モータや水圧モータ等もあり得るが、電動モータ又は油圧モータを用いる方が、利用の容易性の面から好適である。

【 0 0 5 4 】

本実施形態によれば、空気潤滑が必要になった場合に取出バルブ 3 2 を開成して加圧空気の一部を取り出し、空気供給経路 3 1 を経て空気供給口 4 に供給する。この取出バルブ 3 2 による加圧空気の供給時に、モータ手段 5 1 によって過給機 2 0 の回転を加勢すること
10

で、主機関 1 0 の低負荷運転時においても、空気潤滑に必要な加圧空気を過給機 2 0 から効率よく取り出すことができる。

【 0 0 5 5 】

取出バルブ 3 2 を開成して加圧空気の一部を取り出す場合、モータ手段 5 1 以外に可変ノズル 2 3 を利用することもできる。すなわち取出バルブ 3 2 の開度や加圧空気の取出量等の加圧空気の取り出し状況に応じて可変ノズル 2 3 のノズル翼の向きや角度等を変化させて加圧空気の加圧特性を改善することができる。

また、モータ手段 5 1 や可変ノズル 2 3 を利用しても、喫水圧が高くなり取り出した加
20

【 0 0 5 6 】

圧空気の圧力が不足する場合には、空気供給経路 3 1 の取り出した加圧空気を更に加圧するアシストブロワ 3 3 により補うことができる。

【 0 0 5 7 】

制御手段 5 4 は、取出量設定手段 5 3 での加圧空気の取出量の設定に従ってモータ手段 5 1 を制御する。取出量設定手段 5 3 によって空気潤滑の運転設定が行われ、取出量が所定量を越えた場合に、モータ手段 5 1 は制御される。このように、加圧空気の取出量の設定に応じてモータ手段 5 1 によって過給機 2 0 の回転を加勢することで、主機関 1 0 の低負荷運転時においても、空気潤滑に必要な加圧空気を過給機 2 0 から効率よく取り出す
30

ことができる。

【 0 0 5 8 】

取出量設定手段 5 3 によって空気潤滑の運転設定が行われていない場合には、モータ手段 5 1 は運転、制御されない。また、取出量設定手段 5 3 によって空気潤滑の運転設定が行われていても、取出量が設定された所定量を越えない場合には、モータ手段 5 1 は運転、制御されない。しかし、取出量設定手段 5 3 によって空気潤滑の運転設定が行われていない場合に、空気潤滑以外の目的でモータ手段 5 1 を制御することを妨げるものではない。
40

【 0 0 5 9 】

取出量設定手段 5 3 は、例えば空気潤滑を行うか、行わないかを選択するスイッチや取出バルブ 3 2 の開閉スイッチを一体的に設けて構成することができる。また、取出量設定手段 5 3 は、主機関 1 0 の運転状態や空気潤滑式船舶の航行状態が決められた条件となった場合、自動的に空気潤滑を開始 / 停止する形式であってもよい。例えば、主機関 1 0 の
40

回転数や船速に各々閾値を設けて、入港時や停泊時には主機関 1 0 の回転数や船速が閾値以下であることを検出して空気潤滑を自動的に停止し、外洋に出て回転数や船速度が閾値以上となったことを検出して空気潤滑を自動的に開始することができる。

【 0 0 5 8 】

制御手段 5 4 では、加圧空気の取出量が取出量設定手段 5 3 によって設定された所定量を越えた時に、モータ手段 5 1 で過給機 2 0 の回転を加勢する。このように、加圧空気の取出量が所定量を越えて掃気圧が低下しかけた場合に、モータ手段 5 1 によって過給機 2 0 を加勢することで主機関 1 0 の運転に支障をきたすことがない。

【 0 0 5 9 】

また、制御手段 5 4 では、掃気圧を所定圧に保つようにモータ手段 5 1 を制御する。こ
50

のように、掃気圧を所定圧に保つことで主機関 10 の運転効率を低下させずに、空気潤滑を行うことができる。

ここで、所定圧は、過給機 20 の過給機能力と、掃気圧又は喫水圧に基づいて定める。掃気圧は主機関 10 の負荷により定まり、喫水圧は船舶の喫水により定まる。

従って、船舶の喫水や主機関 10 の負荷の変動が生じて、主機関 10 の運転効率を低下させずに、空気潤滑を行うことができる。

【0060】

また、制御手段 54 では、モータ手段 51 を駆動して掃気圧を所定圧とした時に、取り出した加圧空気の圧力が十分でない場合に、アシストブロウ 33 を駆動することで、取り出した加圧空気を更に加圧する。

従って、掃気圧を所定圧に保ちつつ、アシストブロウ 33 によって空気潤滑に適した圧力まで加圧空気を更に加圧することができる。

【0061】

また、制御手段 54 では、モータ手段 51 を駆動する前に、可変ノズル 23 を制御することで、加圧空気を更に加圧する。

従って、まず可変ノズル 23 によって主機関 10 に適した掃気圧にでき、可変ノズル 23 では十分な掃気圧にできない場合にモータ手段 51 を駆動することで、エネルギー効率を高めることができる。

【0062】

制御手段 54 には、掃気圧検出器 41 からの検出値が入力され、制御手段 54 では、検出される掃気圧が所定圧となるようにモータ手段 51 を駆動する。

掃気圧検出器 41 を設ける代わりに、過給機 20 の回転数を検出する過給機回転数検出器 42 を設けてもよい。

過給機 20 の回転数と過給機特性と経路抵抗とに基づいて掃気圧を求めることができ、過給機回転数検出器 42 で検出される回転数から掃気圧を算出することができる。ここで、経路抵抗には、可変ノズル 23 による抵抗の他に、過給機 20 と主機関 10 との間の経路による抵抗、及び空気供給経路 31 全体の抵抗が含まれる。

【0063】

加圧空気の取出量は、船体 1 への取り出した加圧空気の供給により達成される省エネルギー量と、船体 1 への取り出した加圧空気の供給に必要なエネルギー量との関係に基づいて設定することで、エネルギー効率の良い最適掃気取出量とすることができる。なお、前述したように主機関 10 の負荷や船舶の喫水圧によって必要なエネルギー量の変動するところ、省エネルギー量も変動し、この最適掃気取出量も主機関 10 の負荷や船舶の喫水圧により変動する。

【0064】

なお、主機関 10 の負荷は、負荷検出手段 43 で検出する。負荷検出手段 43 は、主機関 10 の回転数を検出する回転数検出手段を含む。負荷検出手段 43 の回転数検出手段で検出される主機関 10 の回転数から、主機関 10 の負荷を推定する。更に、主機関 10 のトルクを検出し回転数と組み合わせると、より確実に主機関 10 の負荷を判定できる。

負荷検出手段 43 で検出された主機関 10 の負荷が高い場合は、過給機 20 も高速で回転し加圧空気の量や圧力も十分な場合が多いが、負荷が低い場合は、加圧空気の量や圧力が不足しがちである。このような場合に、モータ手段 51 で過給機 20 の回転を加勢することにより補うことができる。

【0065】

また、主機関 10 の始動時に負荷検出手段 43 で負荷の立ち上がりを検出し、モータ手段 51 で主機関 10 の始動にも対応できる。

このように、立ち上がり時や定常時において主機関 10 で要求される空気量を確実に供給するようにモータ手段 51 で過給機 20 の回転を加勢することができる。

【0066】

船舶の喫水圧は、船体 1 に設けた喫水圧検出手段 44 で検出する。負荷検出手段 43 か

10

20

30

40

50

らの検出値及び喫水圧検出手段 4 4 からの検出値は制御手段 5 4 に入力され、掃気圧の所定圧が決定される。なお、負荷検出手段 4 3 は、主機関 1 0 の回転数とトルクから負荷を算出する手段、主機関 1 0 のガバナー 1 3 の設定値から負荷を求める手段等を含むものとする。また、喫水圧検出手段 4 4 には、載荷量から喫水を求める手段を含むものとする。

【 0 0 6 7 】

取出量設定手段 5 3 で設定する加圧空気の取出量は、船舶の喫水に応じて変化させる。すなわち、取出量設定手段 5 3 で設定する所定量は、喫水圧検出手段 4 4 で検出される船舶の喫水圧に応じて変化させる。所定量を船舶の喫水に応じて変化させることで、載荷量の大小により喫水が変化する場合のみならず、船体 1 の動揺等のダイナミック変動に対しても空気潤滑を効率よく行うことができる。なお、「喫水に応じて」とは喫水圧検出手段 4 4 を用いずに、喫水の大小に関連する載荷量に応じた所定量を予め定めておいて、載荷量を設定することに連動して適正量を自動設定すること等も含むものとする。

【 0 0 6 8 】

また、本実施形態による空気供給制御システムは、空気供給経路 3 1 が複数に分岐した分岐路 3 9 を有し、複数に分岐した分岐路 3 9 のそれぞれに空気供給口 4 を接続している。このように、複数の空気供給口 4 を設けることで、船体 1 の周囲に放出する空気を多くでき、また必要に応じて取り出した加圧空気を任意の空気供給口 4 から放出することにより、更に摩擦抵抗を効率よく低減できる。

【 0 0 6 9 】

また、分岐路 3 9 の途中に分岐路 3 9 を開閉する経路開閉弁 3 4 を設けている。経路開閉弁 3 4 の操作によって、空気を放出する空気供給口 4 を選択することができる。例えば、貨物を載荷していないバラスト状態の場合に、経路開閉弁 3 4 を操作して、取り出した加圧空気を中央部の 2 つの空気供給口 4 から放出し、左右両側の空気供給口 4 からの取り出した加圧空気の放出を止めることができる。また、波浪中において船体 1 が傾き、右側が持ち上がった場合、空気潤滑にあまり寄与しない右側の端にある経路開閉弁 3 4 の開度を絞るか、又は閉成することによって、右側の端にある空気供給口 4 からの取り出した加圧空気の放出量を減らすか、又は放出を止めて、取り出した加圧空気が無駄に消費されることを防止できる。

【 0 0 7 0 】

また、空気潤滑を行わない時に経路開閉弁 3 4 によって分岐路 3 9 を閉成することにより、空気供給口 4 からアシストブロー 3 3 や主機関 1 0 への水の逆流を防ぐことができる。

経路開閉弁 3 4 を操作した空気供給口 4 の増減に伴う、加圧空気圧の変動に対しては、状況に応じ可変ノズル 2 3、アシストブロー 3 3、モータ手段 5 1 を適宜、調節あるいは運転して対応できる。

【 0 0 7 1 】

空気供給経路 3 1 には、空気溜 5 5 を設けている。空気溜 5 5 を設けることで、取り出した加圧空気の空気供給口 4 への供給を安定させることができる。すなわち、実海域において、主機関 1 0 の負荷変動や船体運動による喫水圧の変動が生じて、空気供給経路 3 1 の流量変動や圧力変動を緩和することで、主機関 1 0 に導入される空気量の変動や空気潤滑への圧力や流量の変動を緩和して、安定した効率の高いシステムを提供できる。

制御手段 5 4 では、加圧空気の取り出しの開始時、すなわち取出バルブ 3 2 の開成時に、空気溜 5 5 より下流側に設けた経路開閉弁 3 4 を閉成して、取出手段 5 2 で取出バルブ 3 2 を徐々に開成して加圧空気の一部を取り出して空気溜 5 5 に溜める。空気溜 5 5 の圧力が上昇しきった後に経路開閉弁 3 4 を開成することで、加圧空気の取り出し開始時に、主機関 1 0 における掃気圧の過度な低下を緩和できる。

【 0 0 7 2 】

空気供給経路 3 1 には流量センサ 4 5 a を設け、分岐路 3 9 にはそれぞれ流量センサ 4 5 b を設けている。流量センサ 4 5 a は空気供給経路 3 1 を流れる加圧空気の量を検出し、流量センサ 4 5 b はそれぞれの分岐路 3 9 を流れる加圧空気の量を検出する。

流量センサ 4 5 a、流量センサ 4 5 b で検出された流量値は制御手段 5 4 に伝えられ、空気潤滑の空気量制御に使用される。なお、流量センサ 4 5 a は、より上流側の空気供給経路 3 1 に設けてもよいが、図 2 に示す位置に設けることにより、アシストブロワ 3 3 を使用する / しない、大気からの空気吸い込みを行う / 行わない等の場合に対応して、共通的に 1 つの流量センサ 4 5 a で対応することができる。流量センサ 4 5 a、流量センサ 4 5 b は質量流量センサであることが好ましいが体積流量センサでもよい。質量流量センサとしては熱線式流量センサ等が、また体積流量センサとしては渦流型流量センサ等が利用可能である。

【 0 0 7 3 】

図 3 に、過給機の掃気量と掃気圧の関係を示す。

10

掃気の一部を加圧空気として取り出すと、過給機 2 0 の回転数は低下し、掃気圧が低下するとともに主機関 1 0 への空気量が減少する。

過給機 2 0 を通過する空気は、主機関 1 0 にとって性能、信頼性を保証する上で重要であり、その空気量は適正に確保されねばならない。主機関 1 0 で必要な空気量の確保に当たっては、掃気を利用する場合のみならず給気を利用する場合も含めて、空気冷却機 2 4 以降の掃気圧を適正に保つように制御することが好ましい。従って、高効率な特性点で過給機 2 0 を作動させるために、モータ手段 5 1 で過給機 2 0 の回転数を上げることで、図 3 に示すように、主機関 1 0 に必要な掃気圧を維持するように制御する。

【 0 0 7 4 】

図 4 から図 9 は圧力と掃気の取出量との関係を示す図であり、縦軸は圧力、横軸は掃気
の取出量 Q である。

20

図 4 から図 9 を用いて、制御手段 5 4 によるモータ手段 5 1 及びアシストブロワ 3 3 に対する制御の例を説明する。主機関 1 0 の負荷と船舶の喫水は変動するので、制御手段 5 4 は、主機関 1 0 の負荷と船舶の喫水を考慮し、掃気の取出量に応じてモータ手段 5 1 及びアシストブロワ 3 3 を制御する。

【 0 0 7 5 】

図 4 は、船舶の喫水が小さく、かつ主機関 1 0 が低負荷運転時の場合である（条件 1 ）

条件 1 において、主機関 1 0 の性能及び信頼性を維持するために必要な掃気圧（以下、「必要掃気圧」という）は P_{s01} であり、喫水圧は P_{dL} である。なお、喫水圧 P_{dL} は、喫水に応じて空気供給口 4 から船底 3 に空気を気泡として放出するために必要な圧力、すなわち喫水からの必要圧でもある。このように、必要掃気圧 P_{s01} 及び喫水圧 P_{dL} は、条件 1 により定まる。条件 1 においては、必要掃気圧 P_{s01} よりも、喫水圧 P_{dL} のほうが高い。

30

図 4 中の実線で示す斜線 --- は、過給機 2 0 の特性による掃気圧（可変ノズル 2 3 込み）を示す。また、 Q_{01} は最適な掃気の取出量を示している。なお、最適な掃気の取出量の算出方法については後述する。

【 0 0 7 6 】

掃気の取出量 Q が取出量 Q_{11} までは、過給機 2 0 の余剰能力による掃気圧が必要掃気圧 P_{s01} 及び喫水圧 P_{dL} を上回り、掃気を取り出すことができる（区間 X_1 ）。

40

掃気の取出量 Q が増加して取出量 Q_{11} を越えた場合には、過給機 2 0 の余剰能力による掃気圧が喫水圧 P_{dL} を下回ってしまうので、制御手段 5 4 はモータ手段 5 1 を駆動させる。モータ手段 5 1 で過給機 2 0 の回転を加勢することで、掃気圧が喫水圧 P_{dL} を上回り、掃気を取り出すことができる（区間 Y_1 ）。このように制御手段 5 4 では、掃気の取出量 Q が、過給機 2 0 の過給機能力と、喫水圧 P_{dL} から定まる所定量（取出量 Q_{11} ）を越えた場合にモータ手段 5 1 を運転する。なお、条件 1 では必要掃気圧 P_{s01} よりも喫水圧 P_{dL} のほうが高いため、所定量（取出量 Q_{11} ）は、喫水圧 P_{dL} と過給機 2 0 の過給機能力とから定められる。必要掃気圧 P_{s01} と喫水圧 P_{dL} のいずれか高い方を基準としてモータ手段 5 1 を運転することで、より確実に、主機関 1 0 の運転効率を低下させずに空気潤滑を行うことができる。

50

掃気の取出量 Q が更に増加して取出量 Q_{21} を越えた場合には、モータ手段 51 で過給機 20 の回転を加勢したときの最大掃気圧（モータアシストの限界圧）が喫水圧 P_{dL} を下回ってしまうので、制御手段 54 はアシストブロワ 33 を駆動させる。取り出した加圧空気をアシストブロワ 33 で更に加圧することで、取り出した加圧空気の圧力が喫水圧 P_{dL} を上回り、空気潤滑として適正な空気量を空気供給口 4 から供給することができる（区間 Z_1 ）。

掃気の取出量 Q が更に増加して取出量 Q_{31} を越えた場合には、モータ手段 51 で過給機 20 の回転を加勢したときの最大掃気圧が必要掃気圧 P_{s01} を下回ってしまうので、掃気の取り出しができなくなる（区間 N_1 ）。したがって、空気潤滑を行うことができるのは、取出量 Q_{31} を越えない範囲までである。なお、仮にアシストブロワ 33 を備えない場合には、空気潤滑を行うことができるのは、取出量 Q_{21} を越えない範囲までである。

このように制御手段 54 では、主機関 10 の負荷により定まる過給機 20 の掃気圧と、船舶の喫水により定まる喫水圧を考慮してモータ手段 51 及びアシストブロワ 33 を制御する。したがって、船舶の喫水や主機関 10 の負荷に変動が生じて、主機関 10 の運転効率を低下させずに空気潤滑を行うことができる。

【0077】

図 5 は、船舶の喫水が小さく、かつ主機関 10 が中負荷運転時の場合である（条件 2）。条件 2 において、必要掃気圧は P_{s02} であり、喫水圧は P_{dL} である。必要掃気圧 P_{s02} 及び喫水圧 P_{dL} は条件 2 により定まる。条件 2 においては、必要掃気圧 P_{s02} のほうが、喫水圧 P_{dL} よりも高い。

図 5 中の実線で示す斜線は過給機 20 の特性による掃気圧（可変ノズル 23 込み）を示す。また、 Q_{02} は最適な掃気の取出量を示している。

【0078】

掃気の取出量 Q が取出量 Q_{12} までは、過給機 20 の余剰能力による掃気圧が必要掃気圧 P_{s02} 及び喫水圧 P_{dL} を上回り、掃気を取り出すことができる（区間 X_2 ）。

掃気の取出量 Q が増加して取出量 Q_{12} を越えた場合には、過給機 20 の余剰能力による掃気圧が必要掃気圧 P_{s02} を下回ってしまうので、制御手段 54 はモータ手段 51 を駆動させる。モータ手段 51 で過給機 20 の回転を加勢することで、必要掃気圧 P_{s02} が維持され、掃気を取り出すことができる（区間 Y_2 ）。このように制御手段 54 では、掃気の取出量 Q が、過給機 20 の過給機能力と、必要掃気圧 P_{s02} から定まる所定量（取出量 Q_{12} ）を越えた場合にモータ手段 51 を運転する。なお、条件 2 では必要掃気圧 P_{s02} のほうが喫水圧 P_{dL} よりも高いために、所定量（取出量 Q_{12} ）は、必要掃気圧 P_{s02} と過給機 20 の過給機能力とから定められる。必要掃気圧 P_{s02} と喫水圧 P_{dL} のいずれか高い方を基準としてモータ手段 51 を運転することで、より確実に、主機関 10 の運転効率を低下させずに空気潤滑を行うことができる。

掃気の取出量 Q が更に増加して取出量 Q_{22} を越えた場合には、モータ手段 51 で過給機 20 の回転を加勢したときの最大掃気圧が必要掃気圧 P_{s02} を下回ってしまうので、掃気を取り出しができなくなる（区間 N_2 ）。なお、アシストブロワ 33 は、取り出した加圧空気を更に加圧するものであり、取り出す前の加圧空気（掃気）を加圧することはできない。したがって、空気潤滑を行うことができるのは、取出量 Q_{22} を越えない範囲までである。

このように制御手段 54 では、主機関 10 の負荷により定まる過給機 20 の掃気圧と、船舶の喫水により定まる喫水圧を考慮してモータ手段 51 及びアシストブロワ 33 を制御する。したがって、船舶の喫水や主機関 10 の負荷に変動が生じて、主機関 10 の運転効率を低下させずに空気潤滑を行うことができる。

【0079】

図 6 は、船舶の喫水が大きく、かつ主機関 10 が低負荷運転時の場合である（条件 3）。条件 3 において、必要掃気圧は P_{s03} であり、喫水圧は P_{dH} である。必要掃気圧 P_{s03} 及び喫水圧 P_{dH} は条件 3 により定まる。条件 3 においては、必要掃気圧 P_{s03}

よりも、喫水圧 P_{dH} のほうが高い。

図 6 中の実線で示す斜線は過給機 20 の特性による掃気圧（可変ノズル 23 込み）を示す。また、 Q_{03} は最適な掃気の取出量を示している。

【0080】

掃気の取出量 Q が取出量 Q_{13} より多く取出量 Q_{23} より少ない場合であっても、過給機 20 の余剰能力による掃気圧が喫水圧 P_{dH} を下回ってしまうので、制御手段 54 はモータ手段 51 を駆動させる。モータ手段 51 で過給機 20 の回転を加勢することで、掃気圧が喫水圧 P_{dH} を上回り、空気潤滑として適正な空気量を空気供給口 4 から供給することができる（区間 Y_3 ）。このように制御手段 54 では、掃気の取出量 Q が、過給機 20 の過給機能力と、喫水圧 P_{dH} から定まる所定量（取出量 Q_{13} ）を越えた場合にモータ手段 51 を運転する。なお、条件 3 では必要掃気圧 P_{s03} よりも喫水圧 P_{dH} のほうが高いため、所定量（取出量 Q_{13} ）は、喫水圧 P_{dH} と過給機 20 の過給機能力とから定められる。必要掃気圧 P_{s03} と喫水圧 P_{dH} のいずれか高い方を基準としてモータ手段 51 を運転することで、より確実に、主機関 10 の運転効率を低下させずに空気潤滑を行うことができる。

10

掃気の取出量 Q が増加して取出量 Q_{23} を越えた場合には、モータ手段 51 で過給機 20 の回転を加勢したときの最大掃気圧が喫水圧 P_{dH} を下回ってしまうので、制御手段 54 はアシストブロワ 33 を駆動させる。取り出した加圧空気をアシストブロワ 33 で更に加圧することで、取り出した加圧空気の圧力が喫水圧 P_{dH} を上回り、空気潤滑として適正な空気量を空気供給口 4 から供給することができる（区間 Z_3 ）。

20

掃気の取出量 Q が更に増加して取出量 Q_{33} を越えた場合には、取り出した加圧空気をアシストブロワ 33 で更に加圧したときの最大圧力（ブロワアシストの限界圧）が喫水圧 P_{dH} を下回ってしまうので、空気潤滑として適正な空気量を空気供給口 4 から供給することができなくなる（区間 N_3 ）。したがって、空気潤滑を行うことができるのは、取出量 Q_{33} を越えない範囲までである。なお、仮にアシストブロワ 33 を備えない場合には、空気潤滑を行うことができるのは、取出量 Q_{23} を越えない範囲までである。

このように制御手段 54 では、主機関 10 の負荷により定まる過給機 20 の掃気圧と、船舶の喫水により定まる喫水圧を考慮してモータ手段 51 及びアシストブロワ 33 を制御する。したがって、船舶の喫水や主機関 10 の負荷に変動が生じて、主機関 10 の運転効率を低下させずに空気潤滑を行うことができる。

30

【0081】

図 7 は、船舶の喫水が大きく、かつ主機関 10 が高負荷運転時の場合である（条件 4）。条件 4 において、必要掃気圧は P_{s04} であり、喫水圧は P_{dH} である。必要掃気圧 P_{s04} 及び喫水圧 P_{dH} は条件 4 により定まる。条件 4 においては、必要掃気圧 P_{s04} のほうが、喫水圧 P_{dH} よりも高い。

図 7 中の実線で示す斜線は過給機 20 の特性による掃気圧（可変ノズル 23 込み）を示す。また、 Q_{04} は最適な掃気の取出量を示している。

【0082】

掃気の取出量 Q が取出量 Q_{14} までは、過給機 20 の余剰能力による掃気圧が必要掃気圧 P_{s04} 及び喫水圧 P_{dH} を上回り、掃気を取り出すことができる（区間 X_4 ）。

40

掃気の取出量 Q が増加して取出量 Q_{14} を越えた場合には、過給機 20 の余剰能力による掃気圧が必要掃気圧 P_{s04} を下回ってしまうので、制御手段 54 はモータ手段 51 を駆動させる。モータ手段 51 で過給機 20 の回転を加勢することで、必要掃気圧 P_{s04} が維持され、掃気を取り出すことができる（区間 Y_4 ）。このように制御手段 54 では、掃気の取出量 Q が、過給機 20 の過給機能力と、必要掃気圧 P_{s04} から定まる所定量（取出量 Q_{14} ）を越えた場合にモータ手段 51 を運転する。なお、条件 4 では必要掃気圧 P_{s04} のほうが喫水圧 P_{dH} よりも高いため、所定量（取出量 Q_{14} ）は、必要掃気圧 P_{s04} と過給機 20 の過給機能力とから定められる。必要掃気圧 P_{s04} と喫水圧 P_{dH} のいずれか高い方を基準としてモータ手段 51 を運転することで、より確実に、主機関 10 の運転効率を低下させずに空気潤滑を行うことができる。

50

掃気の取出量 Q が更に増加して取出量 Q_{24} を越えた場合には、モータ手段 51 で過給機 20 の回転を加勢したときの最大掃気圧が必要掃気圧 P_{s04} を下回ってしまうので、掃気の取り出しができなくなる（区間 N_4 ）。なお、アシストブロワ 33 は、取り出した加圧空気を更に加圧するものであり、取り出す前の加圧空気（掃気）を加圧することはできない。したがって、空気潤滑を行うことができるのは、取出量 Q_{24} を越えない範囲までである。

このように制御手段 54 では、主機関 10 の負荷により定まる過給機 20 の掃気圧と、船舶の喫水により定まる喫水圧を考慮してモータ手段 51 及びアシストブロワ 33 を制御する。したがって、船舶の喫水や主機関 10 の負荷に変動が生じて、主機関 10 の運転効率を低下させずに空気潤滑を行うことができる。

10

【0083】

図 8 は、船舶の喫水が大きく、かつ主機関 10 が中負荷運転時の場合である（条件 5）。条件 5 において、必要掃気圧は P_{s05} であり、喫水圧は P_{dH} である。必要掃気圧 P_{s05} 及び喫水圧 P_{dH} は条件 5 により定まる。条件 5 においては、必要掃気圧 P_{s05} よりも、喫水圧 P_{dH} のほうが高い。

図 8 中の実線で示す斜線は過給機 20 の特性による掃気圧（可変ノズル 23 込み）を示す。また、 Q_{05} は最適な掃気の取出量を示している。

【0084】

掃気の取出量 Q が取出量 Q_{15} より多く取出量 Q_{25} より少ない場合であっても、過給機 20 の余剰能力による掃気圧が喫水圧 P_{dH} を下回ってしまうので、制御手段 54 はモータ手段 51 を駆動させる。モータ手段 51 で過給機 20 の回転を加勢することで、掃気圧が喫水圧 P_{dH} を上回り、空気潤滑として適正な空気量を空気供給口 4 から供給することができる（区間 Y_5 ）。このように制御手段 54 では、掃気の取出量 Q が、過給機 20 の過給機能力と、喫水圧 P_{dH} から定まる所定量（取出量 Q_{15} ）を越えた場合にモータ手段 51 を運転する。なお、条件 5 では必要掃気圧 P_{s05} よりも喫水圧 P_{dH} のほうが高いため、所定量（取出量 Q_{15} ）は、喫水圧 P_{dH} と過給機 20 の過給機能力とから定められる。必要掃気圧 P_{s05} と喫水圧 P_{dH} のいずれか高い方を基準としてモータ手段 51 を運転することで、より確実に、主機関 10 の運転効率を低下させずに空気潤滑を行うことができる。

20

掃気の取出量 Q が増加して取出量 Q_{25} を越えた場合には、モータ手段 51 で過給機 20 の回転を加勢したときの最大掃気圧が喫水圧 P_{dH} を下回ってしまうので、制御手段 54 はアシストブロワ 33 を駆動させる。取り出した加圧空気をアシストブロワ 33 で更に加圧することによって、取り出した加圧空気の圧力が喫水圧 P_{dH} を上回り、空気潤滑として適正な空気量を空気供給口 4 から供給することができる（区間 Z_5 ）。

30

掃気の取出量 Q が更に増加して取出量 Q_{35} を越えた場合には、取り出した加圧空気をアシストブロワ 33 で更に加圧したときの最大圧力が喫水圧 P_{dH} を下回ってしまうので、空気潤滑として適正な空気量を空気供給口 4 から供給することができなくなる（区間 N_5 ）。したがって、空気潤滑を行うことができるのは、取出量 Q_{35} を越えない範囲までである。なお、仮にアシストブロワ 33 を備えない場合には、空気潤滑を行うことができるのは、取出量 Q_{25} を越えない範囲までである。

40

このように制御手段 54 では、主機関 10 の負荷により定まる過給機 20 の掃気圧と、船舶の喫水により定まる喫水圧を考慮してモータ手段 51 及びアシストブロワ 33 を制御する。したがって、船舶の喫水や主機関 10 の負荷に変動が生じて、主機関 10 の運転効率を低下させずに空気潤滑を行うことができる。

【0085】

図 9 を用いて、掃気を取り出すにあたって、必要掃気圧からの圧力低下許容範囲を考慮した場合を説明する。なお、条件 2（図 5）を例にして説明する。

取出量設定手段 53 には、必要掃気圧 P_{s02} から所定の圧力低下許容幅を持たせている。なお、圧力低下許容幅は、主機関 10 の特性や最適取出量 Q_{01} から定める。

したがって、掃気の取出量 Q が増加して取出量 Q_{22} を越え、モータ手段 51 で過

50

給機 20 の回転を加勢したときの最大掃気圧が必要掃気圧 P_{s0} を下回った場合であっても、圧力低下許容幅 の下限を下回らない範囲までは掃気を取り出すことができる（区間 E_2 ）。すなわち、掃気を取り出し量の限度が右にシフトし、必要掃気圧 P_{s0} の圧力低下許容幅 の範囲で掃気の出出量を増大させることができる。

【 0086 】

図 10 に主機関の任意の負荷における掃気圧（圧力）と掃気の出出量との関係を示す。

図 4 から図 9 を用いて、モータ手段 51 及びアシストブロウ 33 に対する制御手段 54 の制御の例を説明したが、あらためて図 10 を用いて、掃気の出出しによる掃気圧の低下を防ぎ、主機関 10 に必要な掃気圧を維持する方法を説明する。

図 10 において、 P_{s0} は任意の負荷における主機関 10 の必要掃気圧（圧力）、 P_{d1} はノーマルバラスト喫水圧、 P_{d2} は Heavy バラスト喫水圧、 P_{d3} は満載喫水圧を示している。

【 0087 】

必要掃気圧 P_{s0} が喫水圧 P_{d1} 、 P_{d2} より高い場合、つまり主に船舶がバラストコンディションの場合には、掃気の出出量を Q_1 とすると、この掃気の出出量 Q_1 による掃気圧の低下は、まず可変ノズル 23 で補う。

可変ノズル 23 を一定にして掃気の出出しを始めると掃気圧は下がろうとするが、掃気圧が下がらないように制御するのが基本である。掃気圧は主機関 10 の負荷出力によっても上がり下がりするので、負荷出力に応じた掃気圧となるよう制御する。例えば、任意の負荷出力、可変ノズル 23 の位置におけるバイパス時の掃気圧を予め求めておき制御する。

更に掃気の出出量を増加させ、出出量 Q_2 とすると、掃気圧は低下するが、モータ手段 51 で過給機 20 の回転を加勢することで、必要掃気圧 P_{s0} を維持することができる。

【 0088 】

必要掃気圧 P_{s0} が喫水圧 P_{d3} より低い場合、つまり主に船舶が満載条件の場合には、まず可変ノズル 23 にて掃気圧を上昇させ、次にモータ手段 51 で過給機 20 の回転を加勢する。しかし、主機関 10 に必要な必要掃気圧 P_{s0} が満たされても、空気潤滑として適正な空気量を供給する上で、掃気圧が喫水圧より低いため、取り出した加圧空気をアシストブロウ 33 で更に加圧する。

【 0089 】

このように、制御手段 54 では、掃気の出出量が所定量を越えた場合にモータ手段 51 が過給機 20 を加勢するように制御することで、主機関 10 の運転に支障をきたすことがない。

この所定量とは、例えば図 10 においては掃気の出出量 Q_1 が相当する。この Q_1 を越えて掃気の出出量が設定されると、可変ノズル 23 で改善できる掃気圧が右肩下がりとなっているところ、必要掃気圧 P_{s0} を維持するためにモータ手段 51 が運転され掃気圧を補う。

また、その所定量を喫水に応じて変化させることで、船舶の積荷量の変動、船速の変化や船体の動揺等のダイナミック変動に対しても空気潤滑を効率よく行うことができる。ここで所定量を喫水に応じて変化させるとは、例えば図 10 において、バラスト状態では喫水圧 P_{d2} での空気潤滑を行う際に必要掃気圧 P_{s0} でよかったものが、満載喫水圧 P_{d3} の場合は空気潤滑に必要な空気圧も上がるため、モータ手段 51 が運転される運転開始の掃気の出出量（所定量）を小さく設定し、低くなり過ぎない掃気圧を利用することをいう。

なお、上記の説明では出出量 Q_1 を越えたらモータ手段 51 を運転し過給機 20 を加勢する制御の説明を行ったが、これは必要掃気圧 P_{s0} を下回ったらモータ手段 51 を運転し過給機 20 を加勢するという点と技術的に等価である。この点に関しては、図 10 に示されるように、過給機 20 の特性による掃気圧（可変ノズル 23 込み）を表す斜線に対し、出出量 Q_1 と必要掃気圧 P_{s0} とは 1 対 1 で対応している点から明らかである

。また、取出量 Q_1 と必要掃気圧 P_{s0} 以外の取出量と必要掃気圧についても同様である。

なお、可変ノズル 23 とモータ手段 51 のみを利用して満載条件の喫水圧 P_{d3} を満たすことができるシステムや運転条件の場合においては、アシストブロー 33 を使用しないシステムや運転状態があり得る。また、可変ノズル 23 を用いない過給機 20 や可変ノズル 23 の付いていない既存船への適用の場合に、モータ手段 51 とアシストブロー 33 のみでの空気潤滑を行う場合や、モータ手段 51 のみで空気潤滑を行う場合があり得る。

【0090】

図 11 及び図 12 を用いて、上述した条件 3 及び条件 5 における制御手段 54 によるモータ手段 51 及びアシストブロー 33 に対する制御の他の例を説明する。図 11 は条件 3 における他の例による圧力と掃気の取出量との関係を示す図であり、図 12 は条件 5 における他の例による圧力と掃気の取出量との関係を示す図である。図 11 及び図 12 において、縦軸は圧力、横軸は掃気の取出量 Q である。

主機関 10 の負荷と船舶の喫水は変動するので、制御手段 54 は、主機関 10 の負荷と船舶の喫水を考慮し、掃気の取出量に応じてモータ手段 51 及びアシストブロー 33 を制御する。

【0091】

図 11 は、船舶の喫水が大きく、かつ主機関 10 が低負荷運転時の場合である（条件 3）。条件 3 において、必要掃気圧は P_{s03} であり、喫水圧は P_{dH} である。必要掃気圧 P_{s03} 及び喫水圧 P_{dH} は条件 3 により定まる。条件 3 においては、必要掃気圧 P_{s03} よりも、喫水圧 P_{dH} のほうが高い。

図 11 中の実線で示す斜線は過給機 20 の特性による掃気圧（可変ノズル 23 込み）を示す。また、 Q_{03} は最適な掃気の取出量を示している。

【0092】

掃気の取出量 Q が取出量 Q_{13} より多く取出量 Q_{23} より少ない場合は、過給機 20 の余剰能力による掃気圧が、必要掃気圧 P_{s03} は上回るものの喫水圧 P_{dH} を下回ってしまうので、制御手段 54 はアシストブロー 33 を駆動させる。取り出した加圧空気をアシストブロー 33 で更に加圧することで、取り出した加圧空気の圧力が喫水圧 P_{dH} を上回り、空気潤滑として適正な空気量を空気供給口 4 から供給することができる（区間 Y_{33} ）。このように制御手段 54 では、過給機 20 の余剰能力による掃気圧が必要掃気圧 P_{s03} を上回り喫水圧 P_{dH} を下回るときは、モータ手段 51 よりも先にアシストブロー 33 を駆動する。

掃気の取出量 Q が増加して取出量 Q_{23} を越えた場合には、過給機 20 の余剰能力による掃気圧が必要掃気圧 P_{s03} を下回ってしまうので、制御手段 54 はモータ手段 51 を駆動させる。モータ手段 51 で過給機 20 の回転を加勢することで、必要掃気圧 P_{s03} が維持され、掃気を取り出すことができる。また、取り出した加圧空気の圧力は喫水圧 P_{dH} を下回るが、取り出した加圧空気をアシストブロー 33 で更に加圧することで、取り出した加圧空気の圧力が喫水圧 P_{dH} を上回り、空気潤滑として適正な空気量を空気供給口 4 から供給することができる（区間 Z_{33} ）。

掃気の取出量 Q が更に増加して取出量 Q_{33} を越えた場合には、取り出した加圧空気をアシストブロー 33 で更に加圧したときの最大圧力（ブローアシストの限界圧）が喫水圧 P_{dH} を下回ってしまうので、空気潤滑として適正な空気量を空気供給口 4 から供給することができなくなる（区間 N_{33} ）。したがって、空気潤滑を行うことができるのは、取出量 Q_{33} を越えない範囲までである。

このように制御手段 54 では、主機関 10 の負荷により定まる過給機 20 の掃気圧と、船舶の喫水により定まる喫水圧を考慮してモータ手段 51 及びアシストブロー 33 を制御する。したがって、船舶の喫水や主機関 10 の負荷に変動が生じて、主機関 10 の運転効率を低下させずに空気潤滑を行うことができる。

また、制御手段 54 では、船舶の喫水に基づいてアシストブロー 33 を駆動し、主機関 10 の負荷に対応して必要な加圧空気の圧力が十分でない場合に、モータ手段 51 を運転す

るので、主機関10の負荷に対応して必要な加圧空気の圧力が十分な場合には、先ず喫水に基づいてアシストブロウ33が駆動される。したがってモータ手段51の運転頻度を抑え加圧空気の供給に必要なエネルギー量を低減することができる。喫水が深い条件では、先にモータ手段51を運転するよりも、アシストブロウ33を運転した方が効率面から加圧空気の供給に必要な電力を低減することができる場合が多い。

【0093】

図12は、船舶の喫水が大きく、かつ主機関10が中負荷運転時の場合である(条件5)。条件5において、必要掃気圧は P_{s05} であり、喫水圧は P_{dH} である。必要掃気圧 P_{s05} 及び喫水圧 P_{dH} は条件5により定まる。条件5においては、必要掃気圧 P_{s05} よりも、喫水圧 P_{dH} のほうが高い。

10

図12中の実線で示す斜線は過給機20の特性による掃気圧(可変ノズル23込み)を示す。また、 Q_{0s} は最適な掃気の出力量を示している。

【0094】

掃気の出力量 Q が取出量 $Q_{1s'}$ より多く取出量 $Q_{2s'}$ より少ない場合は、過給機20の余剰能力による掃気圧が、必要掃気圧 P_{s05} を上回るものの喫水圧 P_{dH} を下回ってしまうので、制御手段54はアシストブロウ33を駆動させる。取り出した加圧空気をアシストブロウ33で更に加圧することで、取り出した加圧空気の圧力が喫水圧 P_{dH} を上回り、空気潤滑として適正な空気量を空気供給口4から供給することができる(区間 $Y_{s'}$)。このように制御手段54では、過給機20の余剰能力による掃気圧が必要掃気圧 P_{s05} を上回り喫水圧 P_{dH} を下回るときは、モータ手段51よりも先にアシストブロウ33を駆動する。

20

掃気の出力量 Q が増加して取出量 $Q_{2s'}$ を越えた場合には、過給機20の余剰能力による掃気圧が必要掃気圧 P_{s05} を下回ってしまうので、制御手段54はモータ手段51を駆動させる。モータ手段51で過給機20の回転を加勢することで、必要掃気圧 P_{s05} が維持され、掃気を取り出すことができる。また、取り出した加圧空気の圧力は喫水圧 P_{dH} を下回るが、取り出した加圧空気をアシストブロウ33で更に加圧することで、取り出した加圧空気の圧力が喫水圧 P_{dH} を上回り、空気潤滑として適正な空気量を空気供給口4から供給することができる(区間 $Z_{s'}$)。

掃気の出力量 Q が更に増加して取出量 $Q_{3s'}$ を越えた場合には、取り出した加圧空気をアシストブロウ33で更に加圧したときの最大圧力が喫水圧 P_{dH} を下回ってしまうので、空気潤滑として適正な空気量を空気供給口4から供給することができなくなる(区間 $N_{s'}$)。したがって、空気潤滑を行うことができるのは、取出量 $Q_{3s'}$ を越えない範囲までである。

30

このように制御手段54では、主機関10の負荷により定まる過給機20の掃気圧と、船舶の喫水により定まる喫水圧を考慮してモータ手段及びアシストブロウ33を制御する。したがって、船舶の喫水や主機関10の負荷に変動が生じて、主機関10の運転効率を低下させずに空気潤滑を行うことができる。

また、制御手段54では、船舶の喫水に基づいてアシストブロウ33を駆動し、主機関10の負荷に対応して必要な加圧空気の圧力が十分でない場合に、モータ手段51を運転するので、主機関10の負荷に対応して必要な加圧空気の圧力が十分な場合には、先ず喫水に基づいてアシストブロウ33が駆動される。したがってモータ手段51の運転頻度を抑え加圧空気の供給に必要なエネルギー量を低減することができる。

40

【0095】

図13を用いて掃気の出力量の算出方法について説明する。

図13に示すように、空気潤滑において空気供給量を増加すると、船体1の摩擦抵抗が減ることで省エネルギー量が増えるが、空気を供給するためのエネルギー量が多くなる。

船体1への取り出した加圧空気の供給により達成される省エネルギー量と、船体1への取り出した加圧空気の供給に必要なエネルギー量との関係から、最適な掃気の出力量 Q_0 を決定することができる。最適掃気取出量 Q_0 は、船舶の実運転により又は計算により各負荷条件で予め決定し、決定した最適掃気取出量 Q_0 で制御する。なお、前述した

50

ように主機関 10 の負荷や船舶の喫水圧によって必要なエネルギー量の変動するところ、省エネルギー量も変動し、この最適掃気取出量 Q_0 も主機関 10 の負荷出力や船舶の喫水圧により変動する。

【0096】

図 14 は、他の実施形態による空気潤滑式船舶の空気供給制御システムのブロック図である。

主機関 10 は、主機関操作盤 11 で操作される。主機関操作盤 11 では、停止はレバー 11 a を中立位置に操作し、前進はレバー 11 a を一方に倒す操作を行い、後退はレバー 11 a を他方に倒す操作を行う。レバー 11 a の一方又は他方に倒す度合いによって主機関 10 の回転数を設定できる。

主機関制御器 12 は、主機関操作盤 11 での設定に従って停止、前進・後退（逆回転又はギヤ切り換え）、回転数の変更の制御を実行する。

この主機関操作盤 11 の設定に従って、機関負荷に対応した主機関 10 の回転数が定まり、主機関 10 の燃焼に必要な掃気圧（掃気量）が定まる。

【0097】

ガバナー 13 は、設定回転数を燃料量に変換し、回転数に応じた燃料量を調整する。ガバナー 13 では、主機関 10 に設けた回転数検出器 43 a で検出される回転数をフィードバックすることで、設定回転数になるように燃料量が調整される。

燃料噴射弁 14 では、ガバナー 13 で制御された燃料量を主機関 10 で噴射する。

回転数検出器 43 a では、主機関 10 の出力軸（プロペラ 6 の駆動軸）の回転数を検出し、トルク検出器 43 b では、主機関 10 の出力軸（プロペラ 6 の駆動軸）のトルクを検出する。

【0098】

機関負荷算出部 12 a では、回転数検出器 43 a で検出した回転数と、トルク検出器 43 b で検出したトルクとから機関負荷を算出する。図 14 では、回転数検出器 43 a とトルク検出器 43 b とで負荷検出手段 43 を構成している。なお、機関負荷は、回転数と燃料ポンプマークからも算出することができる。

過給機 20 は、主機関 10 の運転に従って制御することができる。また、空気潤滑は、主機関 10 の運転に従って利用することができる。すなわち、制御シーケンス的に主機関操作盤 11 で、前進又は後退が設定されているときのみ過給機 20 の制御が可能となる。

【0099】

過給機制御器 54 a は可変ノズル 23 及び過給機モータ 51 を制御する。過給機制御器 54 a は特性記憶部 54 c を有している。特性記憶部 54 c では、過給機 20、可変ノズル 23、及びモータ手段（過給機モータ）51 のモータ特性を記憶している。

過給機制御器 54 a は、ある負荷における主機関 10 での必要掃気量を確保するために、可変ノズル 23 及び過給機モータ 51 を制御する。過給機制御器 54 a は、排気温度検出器 48 で検出される排気温度や掃気圧検出器 41 で検出される掃気圧に基づいて制御される。

掃気圧と排気温度は、主機関 10 の熱負荷に関連した物理量として重要であり、物理量として取り出して一定の変数として用いることで、過給機 20 を支障なく好適に制御できる。

なお、可変ノズル 23 は、空気潤滑を行わない時でも機関負荷が大きい時に制御される。

【0100】

過給機モータ 51 は、主機関 10 の運転開始時に、加圧空気（掃気）量を確保するためにも駆動される。運転開始時には過給機 20 の回転数が低いため、十分に加圧空気量が得られないが、過給機モータ 51 で過給機 20 を加勢することにより、始動に必要な加圧空気量を確保することができる。

主機関 10 の必要掃気量を確保するために、掃気圧を検出してまず、可変ノズル 23 を制御して掃気圧が所定圧になるように制御し、可変ノズル 23 の制御が限界に達すると過

10

20

30

40

50

給機モータ 5 1 を制御し掃気圧が所定圧になるように制御する。

取出量設定手段 5 3 を含む空気潤滑設定器 5 3 a は、主機関 1 0 の運転設定時に空気潤滑スイッチをオンとすることができる。

【 0 1 0 1 】

空気潤滑設定器 5 3 a では、空気供給口 4 の数や加圧空気（掃気）の取出量を設定することができる。加圧空気（掃気）の取出量の設定は、流量として設定することも、また船舶の載荷状態（満載、バラスト）を設定し予め定めた適正流量と対応付けることも、喫水に応じた適正量を自動設定することも可能である。

加圧空気（掃気）の取出量の最適値（最適掃気取出量）は、図 1 3 の関係に従い予め求められ、最適値記憶部 5 4 d に記憶されている。

空気潤滑制御器 5 4 b では、空気潤滑設定器 5 3 a で空気潤滑スイッチがオンされ、空気潤滑の開始が設定されると、取出手段 5 2 によって取出バルブ 3 2 を開成する。取出バルブ 3 2 は、設定した加圧空気（掃気）の取出量が得られる開度に調節される。

取出バルブ 3 2 を全開しても設定した取出量が得られない場合は、過給機制御器 5 4 a によって可変ノズル 2 3 を制御し、その後過給機モータ 5 1 を制御する。

【 0 1 0 2 】

加圧空気の取出量は流量センサ 4 5 a で検出され、空気潤滑制御器 5 4 b で設定値と比較され、加圧空気の取出量が設定値となるように、取出バルブ 3 2 の開度が調整され、過給機制御器 5 4 a によって可変ノズル 2 3 と過給機モータ 5 1 とが制御される。

載荷量（なお、積載量は喫水圧検出器 4 4 でも検出できる。）が多く、可変ノズル 2 3 及び過給機モータ 5 1 を制御しても取出量が不足する場合には、空気潤滑制御器 5 4 b はアシストブロワ 3 3 を運転させる。

【 0 1 0 3 】

ここで、図 1 4 では、過給機制御器 5 4 a 及び空気潤滑制御器 5 4 b は制御手段 5 4 を構成している。

空気潤滑開始時は、経路開閉弁 3 4 を閉成した状態で取出バルブ 3 2 及びバイパス経路 3 5 のバイパス経路選択手段 3 6 を開成し、空気溜 5 5 に取り出した加圧空気を貯えてから経路開閉弁 3 4 を開成する。

船速検出器 4 6 は船速を、喫水圧検出器（喫水圧検出手段）4 4 は船体 1 の喫水を、傾斜検出器 4 7 は船体 1 のローリング、ヒール、ピッチング等を検出する。

なお、ヒールとは、船体 1 が幅方向に継続的に一方に傾いた状態を指す。

傾斜検出器 4 7 は、例えば加速度センサで構成され、船舶の船体 1 の揺れとしてのローリングを検出するローリング検出手段、船舶の揺れとしての船体 1 のピッチングを検出するピッチング検出手段として機能する。

また、船体 1 のヒールを検出するヒール検出手段としては、加速度センサは使用できないため傾斜計等が用いられる。

船速検出器 4 6 で検出される船速、喫水圧検出器 4 4 で検出される船体 1 の喫水、及び傾斜検出器 4 7 で検出される船体 1 の傾きによって、加圧空気の取出量の変更や経路開閉弁 3 4 の開閉が制御され、適正に空気潤滑を行うことができる。

【 0 1 0 4 】

複数に分岐した分岐路 3 9 にそれぞれ設けた経路開閉弁 3 4 を、それぞれの空気供給口 4 への取り出した加圧空気の供給量を制御する供給量制御弁 3 4 として、また傾斜検出器（加速度センサ）4 7 を船舶の船体 1 のローリングを検出するローリング検出手段として機能させ、空気潤滑制御器 5 4 b では、ローリング検出手段の検出結果に基づいて複数の供給量制御弁 3 4 を制御して、喫水圧が低い方の空気供給口 4 への取り出した加圧空気の供給量を減少させる。従って、船体 1 がローリングにより傾いても、喫水圧が低い方の空気供給口 4 への取り出した加圧空気の供給量を減少させることで空気潤滑を効率よく行える。なお、取り出した加圧空気の供給量の減少には、供給量の停止を含み、例えば喫水よりも上方に空気供給口 4 が開口した場合は、開口した空気供給口 4 については、取り出した加圧空気の供給を停止することが好ましい。また、喫水圧が高い方の空気供給口 4 への

10

20

30

40

50

取り出した加圧空気の供給量を増加させることも有効であるが、それ以前と同レベルに維持してもよい。

【 0 1 0 5 】

また、複数に分岐した分岐路 3 9 にそれぞれ設けた経路開閉弁 3 4 を、それぞれの空気供給口 4 への取り出した加圧空気の供給量を制御する供給量制御弁 3 4 として、また傾斜検出器（傾斜計） 4 7 を船舶の船体 1 のヒールを検出するヒール検出手段として機能させ、空気潤滑制御器 5 4 b では、ヒール検出手段の検出結果に基づいて複数の供給量制御弁 3 4 を制御して、喫水圧が低い方の空気供給口 4 への取り出した加圧空気の供給量を減少させる。従って、船体 1 がヒールにより傾いても、喫水圧が低い方の空気供給口 4 への取り出した加圧空気の供給量を減少させることで空気潤滑を効率よく行える。なお、取り出した加圧空気の供給量の減少には、供給量の停止を含み、例えば喫水よりも上方に開口した場合は、開口した空気供給口 4 については、取り出した加圧空気の供給を停止することが好ましい。また、喫水圧が高い方の空気供給口 4 への取り出した加圧空気の供給量を増加させることも有効であるが、それ以前と同レベルに維持してもよい。

10

【 0 1 0 6 】

また、複数に分岐した分岐路 3 9 にそれぞれ設けた経路開閉弁 3 4 を、それぞれの空気供給口 4 への取り出した加圧空気の供給量を制御する供給量制御弁 3 4 として、また傾斜検出器（加速度センサ） 4 7 を船舶の船体 1 のピッチングを検出するピッチング検出手段として機能させ、空気潤滑制御器 5 4 b では、ピッチング検出手段の検出結果に基づいて複数の供給量制御弁 3 4 を制御して、喫水圧の変動に応じて空気供給口 4 への取り出した加圧空気の供給量を増減させる。従って、船体 1 がピッチングにより喫水圧が変動しても、喫水圧が低い時には空気供給口 4 への取り出した加圧空気の供給量を減少させることで空気潤滑を効率よく行える。なお、取り出した加圧空気の供給量の減少には供給量の停止を含み、また喫水圧が高い時には空気供給口 4 への取り出した加圧空気の供給量を増加させることも有効であるが、それ以前と同レベルに維持してもよい。

20

【 0 1 0 7 】

空気潤滑を停止する場合は、空気潤滑設定器 5 3 a で空気潤滑スイッチをオフとすると、
空気潤滑制御器 5 4 b は、先に経路開閉弁 3 4 を閉成し、後から取出手段 5 2 によって取出バルブ 3 2 を閉成する。なお、アシストブロワ 3 3 が運転されている場合は、先に経路開閉弁 3 4 を閉成し、次にアシストブロワ 3 3 の運転を停止し、最後に取出バルブ 3 2 を閉成する。

30

これらの制御は、空気供給口 4 から空気供給経路 3 1 内に水が逆流することを防止するためである。これらの停止制御中に、空気溜 5 5 には取り出した加圧空気が溜められ、経路開閉弁 3 4 よりも後に取出バルブ 3 2 を閉成することによって、空気溜 5 5 に取り出した加圧空気が保持されるため、空気潤滑を行わないときに経路開閉弁 3 4 に微少漏れが発生しても、空気供給経路 3 1 内に水が逆流することを防止できる。

また、主機関 1 0 が継続して運転される場合には、これらの停止制御中に、主機関 1 0 に供給される加圧空気量が過剰とならないように、過給機モータ 5 1 及び可変ノズル 2 3 は過給機制御器 5 4 a により適宜制御される。

40

【 0 1 0 8 】

以上のように本実施形態によれば、喫水圧変動の影響を対策するため余力を持たせたことにより、高価である高性能な電動ブロワ（ターボ式）を装備することなく、主機関 1 0 の低負荷運転時においても、空気潤滑に必要な加圧空気を過給機 2 0 から効率よく取り出すことができる。

【 産業上の利用可能性 】**【 0 1 0 9 】**

本発明の空気潤滑式船舶の空気供給制御システムは、高性能な電動ブロワ（ターボ式）を装備することなく、主機関の低負荷運転時においても、空気潤滑に必要な加圧空気を過給機から効率よく取り出すことができ、また、主機関の負荷と船舶の喫水を考慮すること

50

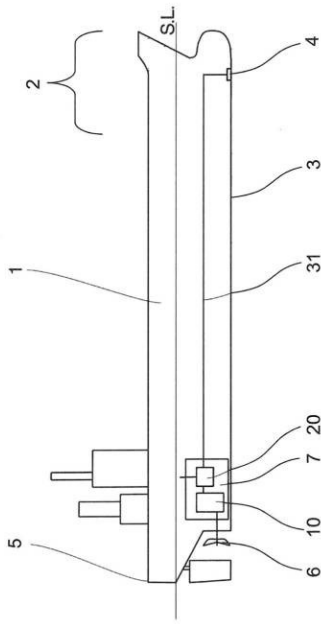
によって、船舶の喫水や主機関の負荷に変動が生じても、主機関の運転効率を低下させずに空気潤滑を行うことができるため、大型から小型の船舶のみならず船舶と同様な主機関と過給機を備えて航行する、浮体や水中航行体にも適用できる。

【符号の説明】

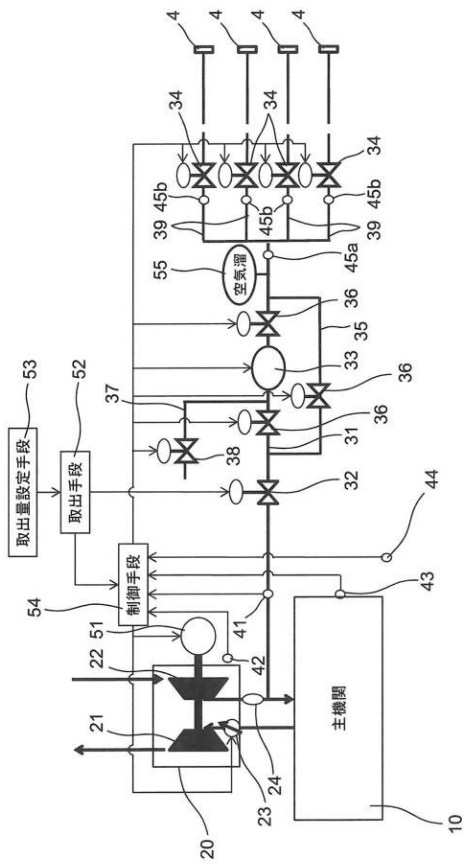
【 0 1 1 0 】

- 1 船体
- 4 空気供給口
- 1 0 主機関
- 2 0 過給機
- 2 3 可変ノズル 10
- 2 4 空気冷却機
- 3 1 空気供給経路
- 3 2 取出バルブ（取出手段）
- 3 3 アシストブロワ
- 3 4 経路開閉弁（供給量制御弁）
- 3 9 分岐路
- 4 1 掃気圧検出器
- 4 2 過給機回転数検出器
- 4 3 負荷検出手段
- 4 3 a 回転数検出器 20
- 4 3 b トルク検出器
- 4 4 喫水圧検出手段（喫水圧検出器）
- 4 5 a 流量センサ
- 4 5 b 流量センサ
- 4 7 傾斜検出器（ローリング検出手段、ヒール検出手段、ピッチング検出手段）
- 5 1 モータ手段（過給機モータ）
- 5 2 取出手段
- 5 3 取出量設定手段
- 5 3 a 空気潤滑設定器
- 5 4 制御手段 30
- 5 4 a 過給機制御器
- 5 4 b 空気潤滑制御器
- 5 5 空気溜

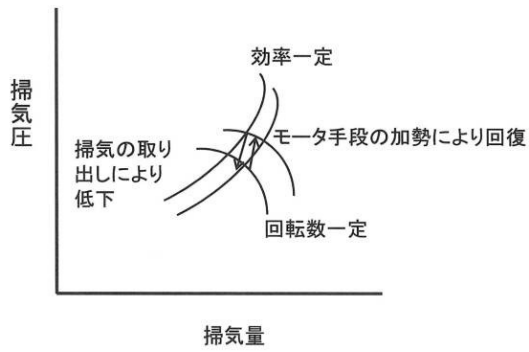
【図1】



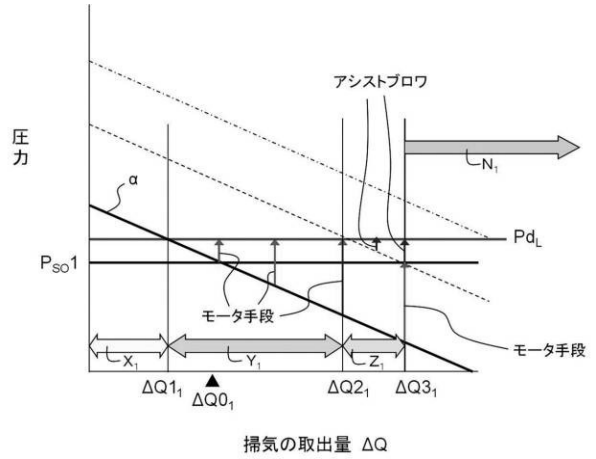
【図2】



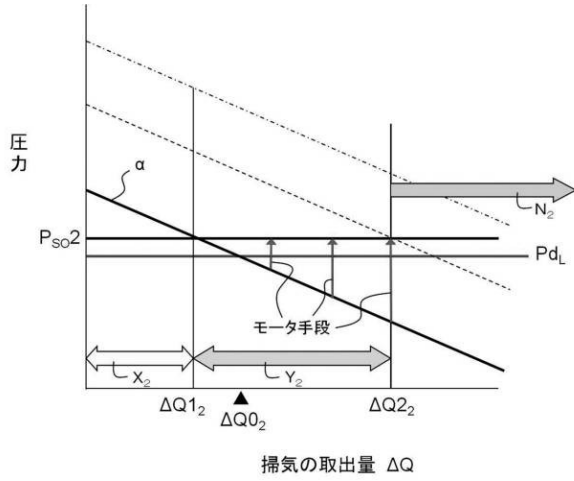
【図3】



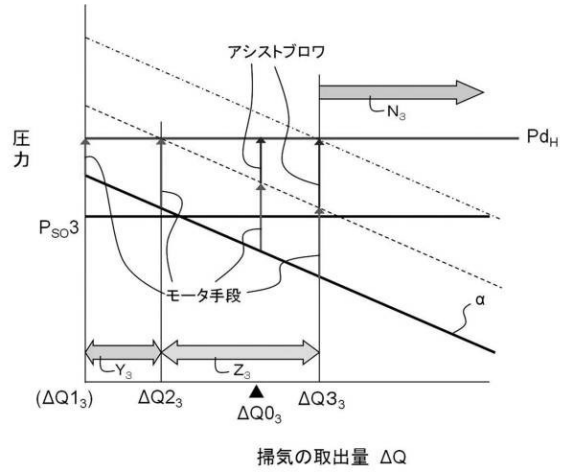
【図4】



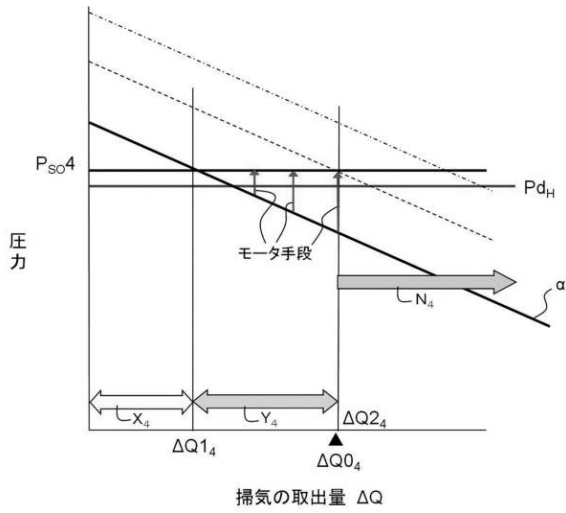
【図 5】



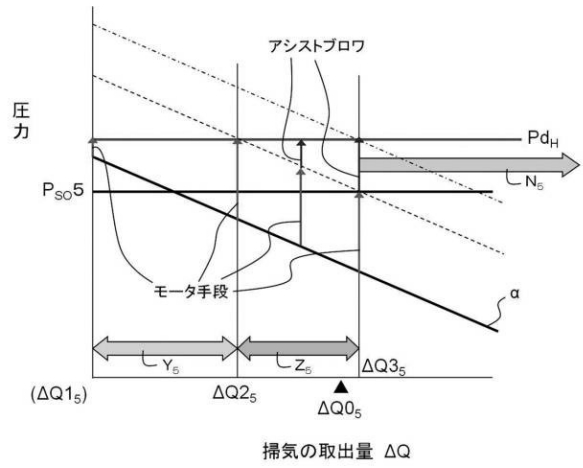
【図 6】



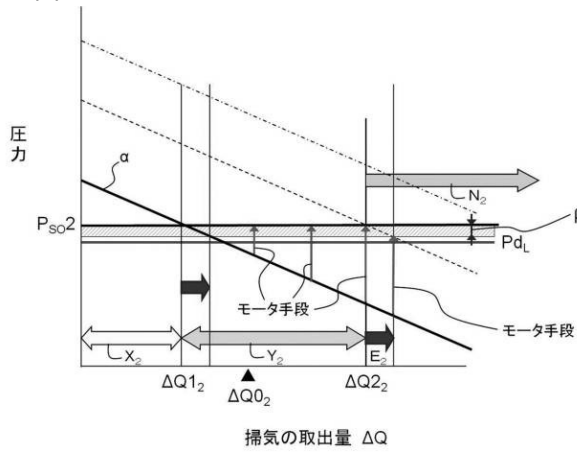
【図 7】



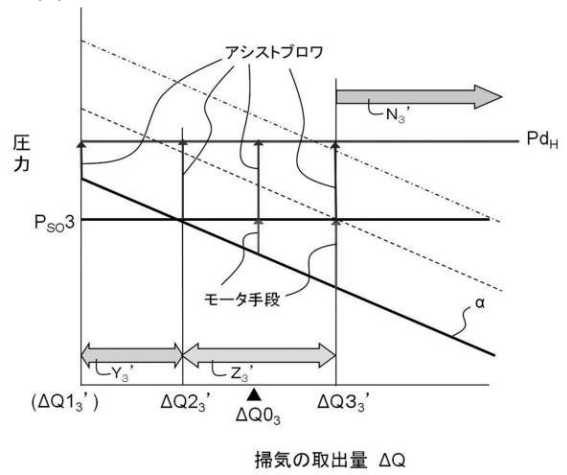
【図 8】



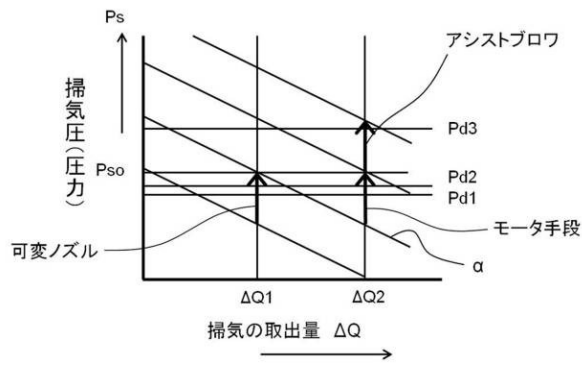
【図 9】



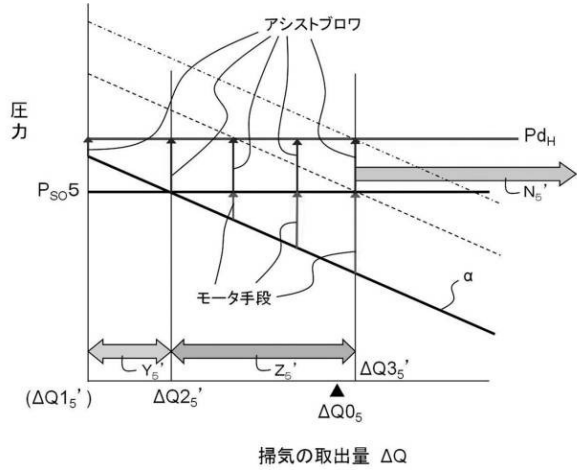
【図 11】



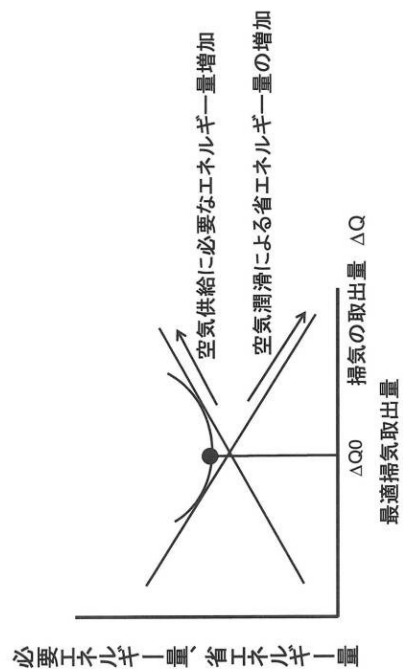
【図 10】



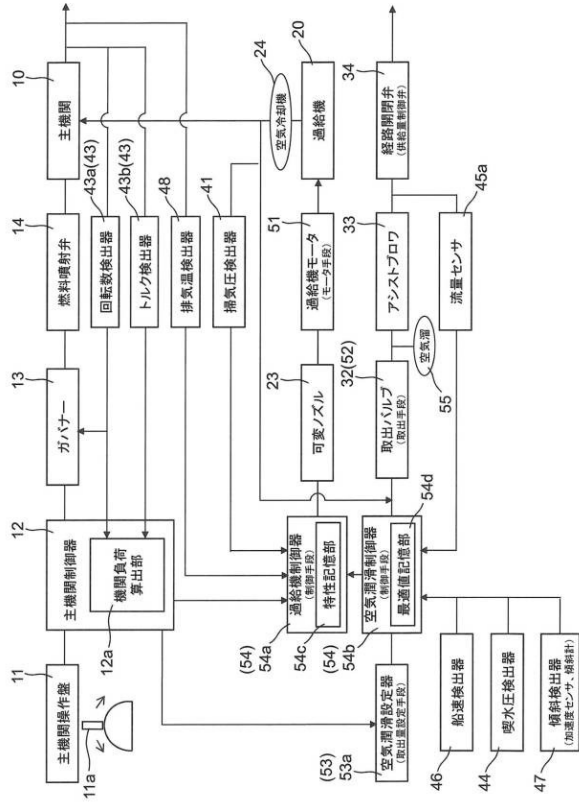
【図 12】



【図 13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 ボンダレンコ オレクシー

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

審査官 畔津 圭介

(56)参考文献 特開2013-091376(JP,A)

特開2014-076783(JP,A)

特開2013-129406(JP,A)

米国特許出願公開第2008/0083361(US,A1)

特開2012-171582(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 3 B 1 / 3 8

B 6 3 H 2 1 / 1 4

F 0 2 B 3 7 / 0 0

F 0 2 B 3 7 / 1 0

H 0 2 P 3 1 / 0 0