

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5340139号
(P5340139)

(45) 発行日 平成25年11月13日(2013.11.13)

(24) 登録日 平成25年8月16日(2013.8.16)

(51) Int.Cl.	F 1
B63H 21/20	(2006.01)
H02P 9/04	(2006.01)
B63J 3/02	(2006.01)
B63J 99/00	(2009.01)
B63H 21/20	21/20
H02P 9/04	9/04
B63J 3/02	3/02
B63J 5/00	5/00
B63J 3/02	3/02

請求項の数 14 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2009-508269 (P2009-508269)
(86) (22) 出願日	平成19年3月2日(2007.3.2)
(65) 公表番号	特表2009-535258 (P2009-535258A)
(43) 公表日	平成21年10月1日(2009.10.1)
(86) 國際出願番号	PCT/EP2007/051988
(87) 國際公開番号	W02007/124968
(87) 國際公開日	平成19年11月8日(2007.11.8)
審査請求日	平成22年3月2日(2010.3.2)
(31) 優先権主張番号	102006020144.2
(32) 優先日	平成18年5月2日(2006.5.2)
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)

(73) 特許権者	390039413 シーメンス アクチエンゲゼルシヤフト Siemens Aktiengesellschaft ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン Wittelsbacherplatz 2, D-80333 Muenchen , Germany
(74) 代理人	100075166 弁理士 山口 嶽
(74) 代理人	100133167 弁理士 山本 浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】廃熱回収式船舶推進システムの運転のための方法ならびに廃熱回収式船舶推進システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

スクリュー(4)に連結されている軸装置(3)を駆動する主機(2)と、
主機(2)の廃熱から電気エネルギーを発生させて船内電気系統(5)に供給する廃熱
回収システム(20)と、

軸装置(3)に連結されかつコンバータ(12)を介して船内電気系統(5)に接続さ
れていて、電動機動作時には電気エネルギーを船内電気系統(5)から軸装置(3)の駆
動のための機械エネルギーに変換し、発電機動作時には軸装置(3)の機械エネルギーを
船内電気系統(5)のための電気エネルギーに変換する軸発電機/電動機(11)と
を含む廃熱回収式船舶推進システム(1、50)の運転のための方法において、

軸発電機/電動機(11)の電動機動作中における廃熱回収システム(20)によるエ
ネルギー発生の停止の際に、軸発電機/電動機(11)を電動機動作から発電機動作へと
切り換え、その切換時間中、船内電気系統(5)の電圧および周波数がそれぞれ予め与え
られている限界値を下回ることのないように、エネルギー源(17、52)から電気エネ
ルギーを船内電気系統(5)に供給する

ことを特徴とする、廃熱回収式船舶推進システムの運転のための方法。

【請求項 2】

コンバータとして直流電流中間回路形コンバータ(12)を使用し、エネルギー源とし
て船内電気系統(5)のための無効電力を発生するための回転調相機(17)を使用する
ことを特徴とする請求項1記載の方法。

10

20

【請求項 3】

コンバータとして直流電圧中間回路形コンバータ（51）を使用し、エネルギー源として直流電圧中間回路の中間回路コンデンサ（52）を使用することを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項 4】

コンバータ（12、51）が、各々制御可能な変換器弁を備えた系統側および電動機側変換器（13、14）を有し、軸発電機／電動機（11）の電動機動作から発電機動作への切換を変換器弁のオン時間の変化によって行なうことを特徴とする請求項1乃至3の1つに記載の方法。

【請求項 5】

軸発電機／電動機（11）の電動機動作から発電機動作への切換を、廃熱回収システム（20）によってソフトウェア制御の電力管理システム（30）の介在なしに実行することを特徴とする請求項1乃至4の1つに記載の方法。

【請求項 6】

廃熱回収システム（20）によるエネルギー発生の停止の際に船内電気系統（5）に接続されている船舶運転のために重要でない電気負荷（6）を遮断することを特徴とする請求項1乃至5の1つに記載の方法。

【請求項 7】

軸発電機／電動機（11）を電動機動作から発電機動作へ1秒よりも短い時間内に切り換えること特徴とする請求項1乃至6の1つに記載の方法。

10

【請求項 8】

スクリュー（4）に連結されている軸装置（3）を駆動する主機（2）と、
主機（2）の廃熱から船内電気系統（5）のための電気エネルギーを発生させるための廃熱回収システム（20）と、

軸装置（3）に連結されかつ電気的にコンバータ（12）を介して船内電気系統（5）に接続されていて、電動機動作時には電気エネルギーを船内電気系統（5）から軸装置（3）の駆動のための機械エネルギーに変換し、発電機動作時には軸装置（3）の機械エネルギーを船内電気系統（5）のための電気エネルギーに変換することを可能にする軸発電機／電動機（11）と

を含む廃熱回収式船舶推進システム（1）において、

30

廃熱回収システム（20）によるエネルギー発生の停止の際に軸発電機／電動機（11）を電動機動作から発電機動作に切り換えるための制御・調節システム（16）と、

電動機動作から発電機動作への切換中に電気エネルギー（E）を船内電気系統（5）に供給することを可能にするエネルギー源（17、52）と
を備えて、電動機動作から発電機動作への切換時間と、その切換時間中に船内電気系統（5）に供給され得るエネルギーに関するエネルギー源（17、52）の大きさとが、その切換中に船内電気系統（5）に供給されるエネルギーにより船内電気系統（5）の電圧および周波数がそれぞれ予め与えられている限界値を下回ることのないようにしたことを特徴とする廃熱回収式船舶推進システム。

【請求項 9】

40

コンバータが直流電流中間回路形コンバータ（12）として構成され、エネルギー源が船内電気系統（5）のための無効電力を発生するための回転調相機（17）であることを特徴とする請求項8記載の船舶推進システム。

【請求項 10】

コンバータが直流電圧中間回路形コンバータ（51）として構成され、エネルギー源が直流電圧中間回路の中間回路コンデンサ（52）であることを特徴とする請求項8記載の船舶推進システム。

【請求項 11】

コンバータ（12、51）が、各々制御可能な変換器弁を備えた系統側および電動機側変換器（13、14）を有し、制御・調節システム（16）が変換器弁のオン時間の変化

50

によって軸発電機／電動機（11）を電動機動作から発電機動作へ切り換えることを特徴とする請求項8乃至10の1つに記載の船舶推進システム。

【請求項12】

軸発電機／電動機（11）の電動機動作から発電機動作への切換が、廃熱回収システム（20）によってソフトウェア制御の電力管理システム（30）の介在なしに実行可能であることを特徴とする請求項8乃至11の1つに記載の船舶推進システム。

【請求項13】

廃熱回収システム（20）によるエネルギー発生の停止の際に船内電気系統（5）に接続されている船舶運転のために重要でない電気負荷（6）が遮断されることを特徴とする請求項8乃至12の1つに記載の船舶推進システム。

10

【請求項14】

軸発電機／電動機（11）が電動機動作から発電機動作へ1秒よりも短い時間内に切換可能であるように、軸発電機／電動機（11）、コンバータ（12、52）および制御・調節システム（16）が構成されていることを特徴とする請求項8乃至13の1つに記載の船舶推進システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、請求項1の前文による廃熱回収式船舶推進システムの運転のための方法と請求項8の前文に記載の廃熱回収式船舶推進システムに関する。この種の船舶推進システムは、例えば2004年4月28/29日にロンドンで開催された「Green Ship Conference April 2004」において公表された刊行物「Less emissions through waste heat recovery」(Waertsilae Corporation)から公知である。

20

【0002】

大型貨物船、例えばコンテナ船のための推進システムは、一般に、スクリューに連結された軸装置、例えばスクリュー軸の駆動のための機械エネルギーを発生するための低速走行する2サイクルディーゼルエンジンの形での主機を含む。この種のエンジンの推進出力は約10MWにおいて始まり、目下のところ70MW以上において終わる。

【0003】

30

船内の電気負荷は、一般に船内電気系統から電気エネルギーを供給され、電気エネルギーはここでも発電機から発生させられ、発電機は主機よりも高速走行する補機、一般に高速走行する4サイクルディーゼルエンジンによって駆動される。

【0004】

最近では、上昇する燃料費、少ない排気への要望および少ない動作コストへの要望が、エネルギー回収のための主機の廃熱利用への関心を強めた。利用可能な廃熱は、特に主機の排気ガスおよび冷媒に存在する。

【0005】

前述の刊行物から公知の船舶推進システムにおいては、廃熱回収システムが主機の廃熱から電気エネルギーを発生し、これを船内電気系統へ供給する。コンバータを介して電気系統に接続された軸発電機／電動機が軸装置に連結され、電動機動作時には船内電気系統からの電気エネルギーを軸装置駆動のための機械エネルギーに変換し、発電機動作時には軸装置の機械エネルギーを船内電気系統のための付加的な電気エネルギーに変換する。

40

【0006】

廃熱回収システムがエネルギーを船内電気系統に供給するや否や、電力管理システムによって、電流発生装置を駆動するための補機が負荷を軽減され、或いはそのうえ更に最善の場合には遮断される。付加的に軸発電機／電動機によって発電機動作にて電気エネルギーを船内電気系統に供給し、そのため補機からの電力需要がなお一層低下させられる。この措置によって、燃料および運転コストならびに補機の排気が著しく低減される。

【0007】

50

優先的な狙いは、できるかぎり廃熱回収システムによって回収した全ての電気エネルギーを船内電気系統に供給することにある。廃熱回収システムが船内電気負荷にとって必要であるよりも多いエネルギーさえも発生する場合には、このエネルギー余剰分により軸発電機 / 電動機が電動機動作にて運転され、従って付加的な駆動力がスクリュー軸に対して与えられる。この動作状態では、廃熱回収システムのみにより電気エネルギーが船内電気系統に供給され、これに対して補機は遮断される。

【0008】

廃熱回収システムによるエネルギー発生の突然停止の際には、一般に上位の電力管理システムによって補機が始動されて、それによって駆動される発電機が船内電気系統のための電流を発生するまでに若干の時間がかかる。従って、廃熱回収システムによるエネルギー発生の停止は、系統電圧および系統周波数に急激な変化をもたらし、それによって船内電気系統の完全停電に至るまでの船内負荷の安全遮断、即ち船の運転にとって重要な負荷の遮断をもたらす。

10

【0009】

本発明の課題は、廃熱回収システムによるエネルギー発生停止の際における電気系統故障、特に船の停電を回避することを可能にする冒頭に述べた如き船舶推進システムの運転のための方法および船舶推進システムを提供することにある。

【0010】

方法に関する課題は請求項1による方法によって解決される。方法の有利な実施形態は従属請求項2乃至7の対象である。船舶推進システムに関する課題は請求項8による船舶推進システムによって解決される。船舶推進システムの有利な実施形態は従属の請求項9乃至14の対象である。

20

【0011】

本発明による方法によれば、軸発電機 / 電動機の電動機動作中における廃熱回収システムのエネルギー発生停止の際に、軸発電機 / 電動機が電動機動作から発電機動作に切り換えられ、切換時間中に、船内電気系統の電圧および周波数がそれぞれ予め与えられる限界値を下回らないように、エネルギー源が電気エネルギーを船内電気系統に供給する。

る。

【0012】

船内電気系統の電圧および周波数のための各限界値の適切な選定により、系統故障が回避される。特に、廃熱回収システムによるエネルギー発生の停止時、狙いを定めて船の運転にとり重要な船内負荷の機能準備を確保することで、船の停電を回避できる。

30

【0013】

本発明による方法の有利な形態によれば、コンバータとして直流電流中間回路形コンバータが使用され、エネルギー源として船内電気系統のための無効電力を発生するための回転調相機が使用される。この種のコンバータにおける無効電力発生のためにいざれにせよ必要な調相機が、廃熱回収システムによるエネルギー発生の停止の際ににおける船内電気系統の支えのために利用される。それにより、他の付加的なエネルギー源のための付加的な占有スペースが回避される。

【0014】

40

本発明の方法の代替的な形態では、コンバータとして直流電圧中間回路形コンバータが使用され、エネルギー源としてこのコンバータの直流電圧中間回路の中間回路コンデンサが使用される。この場合にも、コンバータ動作のため、特にその無効電力発生のためにも何れにせよ必要な中間回路コンデンサ、従って既存の中間回路コンデンサが、廃熱回収システムによるエネルギー発生の停止時に、船内電気系統の支えのために利用される。その結果、他の付加的なエネルギー源のための付加的な占有スペースが回避される。

【0015】

軸発電機 / 電動機の電動機動作から発電機動作への特に高速の切換は、コンバータが、各々制御可能な変換器弁を備えた系統側変換器および電動機側変換器を有し、軸発電機 / 電動機の電動機動作から発電機動作への切換が変換器弁のオン時間の変化によって行なわ

50

れることによって可能である。

【0016】

更に、軸発電機 / 電動機の電動機動作から発電機動作への特に高速の切換は、軸発電機 / 電動機の電動機動作から発電機動作への切換が廃熱回収システムによってソフトウェア制御の電力管理システムの介在なしに作動させられる場合に行なわれる。

【0017】

切換中に供給すべきエネルギーに関するエネルギー源の大きさおよびその占有スペースは、廃熱回収システムによるエネルギー発生の停止の際に船内電気系統に接続されている船舶運転のために重要でない電気負荷が遮断されることによって小さく保たれる。

【0018】

本発明による廃熱回収式船舶推進システムは、特に本発明による方法の実施のために、次のように構成されている。

10

廃熱回収システムによるエネルギー発生の停止の際に軸発電機 / 電動機を電動機動作から発電機動作に切り換えるための制御・調節システムと、

電動機動作から発電機動作への切換中に電気エネルギーを船内電気系統に供給することを可能にするエネルギー源とを備え、

電動機動作から発電機動作への切換時間と切換時間中に船内電気系統に供給可能なエネルギーに関するエネルギー源の大きさとが、切換中に船内電気系統に供給されるエネルギーのおかげで船内電気系統の電圧および周波数がそれぞれ予め与えられている限界値を下回らないように、互いに調整されている。

20

【0019】

本発明による方法に対して述べた利点は、本発明による船舶推進システムに対してそれ相応に当てはまる。

【0020】

以下、本発明ならびに従属請求項の特徴による本発明の他の有利な構成を図示の実施例に基づいて更に詳細に説明する。

【0021】

図1に概略的に示す大型コンテナ船用の廃熱吸収式船舶推進システム1は、低速走行する2サイクルディーゼルエンジンとして構成された主機2を有し、主機2はスクリュー軸3を介して船舶推進用スクリュー4を有する。

30

【0022】

船内電気系統5は、船内の電気的な機器およびシステムへの給電のために用いられる。この場合、遮断が船の停電をもたらす重要な負荷と、船の停電をもたらさない非重要負荷（例えばホテル負荷）とが区別されるべきである。図の見易さのため、図1には、各々唯一の重要負荷6および唯一の非重要負荷7だけを示すが、実際には非常に多数のこの種負荷6、7が船内電気系統5から電流を供給される。

【0023】

船内電気系統5用のエネルギー発生のために、各々主機より高速走行する補機9により駆動される多数の発電機8が設けられている。補機9は、一般に、例えば5MW迄の出力の高速走行する4サイクルディーゼルエンジンである。一般に、各々において発電機8およびディーゼルエンジン9は、1つのディーゼル発電機セット10にまとめられている。

40

【0024】

軸発電機 / 電動機11がスクリュー軸3に機械的に結合されていて、電気的にはコンバータ12および変圧器35を介して船内電気系統5に接続されている。コンバータ12は直流電流中間回路形コンバータとして構成されていて、電動機側変換器13および系統側変換器14から構成されている。

【0025】

軸電動機 / 発電機11は、低速走行する同期機として構成されており、介挿ギアなしに直接にスクリュー軸に作用するとよい。しかし、発電機 / 電動機11をギアを介してスクリュー軸3に結合してもよいし、或いは主機2のクランクシャフトに結合してもよく、し

50

かもスクリュー軸 3 から離れたところにある端部に接続してもよい。

【0026】

軸発電機 / 電動機 11 のための励磁電流 I_E が同様に船内電気系統 5 から取り込まれ、励磁用変換器 15 を介して制御および調節をされる。

【0027】

コンバータ 12 および励磁電流 I_E による電気的なエネルギーの流れの制御および調節によって、軸発電機 / 電動機 11 を電動機としても発電機としても動作させ得る。電動機動作時には船内電気系統 5 からの電気エネルギーがスクリュー 4 の駆動のための機械エネルギーに変換される。従って、船内電気系統 5 における出力蓄積が船の推進出力増強のために使用可能であり、それによって船の速度を高めるか、又は同じままの船の速度において主機 2 の負荷が軽減される。発電機動作時にはスクリュー軸 3 の機械エネルギーが船内電気系統 5 のための電気エネルギーに変換される。これによって主機 2 の出力蓄積が船内電気系統 5 のためのエネルギー発生のために利用される。このために、軸発電機 / 電動機 11 の定格出力は主機 2 の定格出力の少なくとも 5 % であると好ましい。

10

【0028】

コンバータ 12 と励磁用変換器 15 による軸発電機 / 電動機の制御と調節は、共通な、好ましくはデジタル技術で構成された制御・調節システム 16 によって行なわれる。この場合、電動機側変換器 13、系統側変換器 14 および励磁用変換器 15 は、制御・調節システム 16 によって互いに独立に制御および調節可能である。

20

【0029】

このために制御・調節システム 16 は、図示しない測定装置を介して、軸発電機 / 電動機の回転数、電動機電圧 U_M 、電動機周波数 f_M 、中間回路電流 I_d 、系統電圧 U_N および系統周波数 f_M を検出する。

【0030】

直流中間回路形コンバータが有効電力のみを船内電気系統 5 へ供給可能とすべく、船内電気系統 5 の無効電力需要は同期発電機として構成された調相機 17 により用意する。調相機 17 は通常動作時に移相機としてのみ動作し、有効電力を系統 5 に供給しない。始動用コンバータ 18 と始動用電動機 19 が調相機 17 の始動のために使用される。始動用コンバータ 18 の制御は同様に制御・調節システム 16 によって行なわれる。

30

【0031】

附加的に廃熱回収システム 20 が主機 2 の熱を船内電気系統 5 のための電気エネルギーに変換する。このため、主機 2 の排ガスからの熱が熱交換器 21 を介して図示しない蒸気循環路に伝達される。蒸気循環路中に蒸気タービン 22 が接続されていて、蒸気タービン 22 はタービン発電機 23 に連結されている。そのうえ排ガスの一部が熱交換器 21 への供給前に動力タービン 24 に供給され、動力タービン 24 は同様にタービン発電機 23 に連結されている。タービン発電機 23 で発生された電気エネルギーが船内電気系統 5 へ供給される。

【0032】

ソフトウェア制御の電力管理システム 30 は、種々の負荷のための電気エネルギーの需要に応じた供給を配慮し、要求および自由使用可能な出力に応じ、開閉器 31、32、33 を介して、個々の負荷 6、7、ディーゼル発電機セット 10、タービン発電機 23 又は軸発電機 / 電動機 11 を投入又は遮断する。電力管理システム 30 は、このために制御線 34 又は他の通信接続を介して開閉器 31、32、33、ディーゼル発電機ユニット 10、制御・調節システム 16 ならびに廃熱回収システム 20 の図示しない制御・調節システムに接続されている。

40

【0033】

船舶推進システム 1 の運転時の優先的な目標は、廃熱回収システム 20 により回収した全ての電気エネルギーを船内電気系統 5 に供給することにある。タービン発電機 23 が船内電気系統へエネルギーを供給するや否や、電力管理システムによりディーゼル発電機セット 10 が負荷を軽減され、可能であれば遮断さえもされる。この措置に伴い、燃料コス

50

トと運転コストならびにディーゼル発電機セット 10 の排気を著しく減らせる。

【0034】

廃熱回収システム 20 が、更に船内電気負荷 6、7 のために必要とされるよりも多量のエネルギーを発生する場合には、このエネルギー余剰分により軸発電機 / 電動機 11 が電動機動作で運転され、そのためスクリュー軸 3 に付加的な駆動力が与えられる。従って、この運転状態では廃熱回収システム 20 のみが電気エネルギーを船内電気系統に供給し、これに対しディーゼル発電機セット 10 は遮断される。

【0035】

廃熱回収システム 20 によるエネルギー発生の突然の停止、例えば故障時の停止は、重要および非重要な負荷 6、7 の安全遮断という結果を伴う船内電気系統 5 の電圧および周波数の急激な変化、従って船の停電を招いていた。何故ならば、ディーゼル発電機セット 10 が始動されて船内電気系統 5 のためのエネルギー供給に自由使用可能になる迄に数秒の時間がかかるからである。

10

【0036】

これを回避すべく、軸発電機 / 電動機が故障信号発生後 1 秒よりも短い時間内に電動機動作から発電機動作に切り換えられる。切換時間中は、系統 5 のエネルギー需要が調相機 18 の回転運動エネルギーで満たされる。これは一時的に重要負荷のためのエネルギー供給を引き受け、このためのエネルギーを船内電気系統 5 に供給し、特に船内電気系統 5 の電圧と周波数がそれぞれ予め与えられた限界値を下回らないように供給する。限界値は船内停電を招き得る重要な船内負荷 6 の安全遮断を回避できるように選定される。切換時間と切換時間中の調相機のエネルギー発生能力とは、このために相互に調整されている。更に、1 秒よりも短い切換時間においては、一般に使用される 4 ~ 7 MVA の出力を有する調相機のエネルギー蓄積・エネルギー発生能力は十分であるので、切換時間中におけるエネルギー供給目的に狙いを定めた過大な設計は必ずしも必要としない。

20

【0037】

タービン発電機 23 が船内電気系統 5 および種々の電力変換器の無効電力需要を満たし得る場合に、調相機 17 の運転は必要でなく、調相機 17 は遮断され得る。勿論この場合には、タービン発電機 23 の故障時に船内電気系統 5 を支えるために、調相機の回転運動エネルギーも利用できない。従って、調相機 17 はタービン発電機 23 によるエネルギー発生時にも運転され続ける。

30

【0038】

短い切換時間は、一方では廃熱回収システム 20 が制御・調節システム 16 に直接の導線接続 36 を介して、即ちソフトウェア制御の電力管理システム 30 をバイパスして、故障信号を送ることによって得られる。これによって、電力管理システムのソフトウェアによる信号伝達遅れが回避できる。

【0039】

制御・調節システム 16 は、このために信号入力を有する。この信号入力は、導線接続 36 を介して、即ち「ハード」配線によって直接に廃熱回収システム 20 の故障通報信号発生器に接続されている信号入力を有する。実施例において、信号発生器は、故障時にタービン発電機 23 を系統 5 から切り離すべく開路される、開閉器 32 の図示しない絶縁された補助接点である。

40

【0040】

更に、このような短い切換時間は、変換器 13、14 および励磁用変換器 15 の制御が電動機動作から発電機動作への切換時にパルス遮断なしに、即ち変換器弁のオン時点およびそれに伴うオン時間の変化のみにより行なわれることで得られる。変換器弁としてサイリスタが使用される場合には、一般にオン時点は所謂制御角 α を介して制御される。GTO、IGBT 又は IGBT を使用する場合には、オン時点もオフ時点も制御可能である。

【0041】

このようなパルス遮断なしの変換器弁制御は、制御・調節システム 16 がコンバータ 12 と電力変換器 15 を介して軸発電機 / 電動機を電動機動作および発電機動作にて同じ調

50

節様式にて調節することによって可能である。この結果、電動機動作と発電機動作のための異なる調節様式の場合に必要な、電動機動作から発電機動作への移行時におけるパルス遮断およびそれに伴う遅れを回避できる。

【0042】

軸発電機 / 電動機が電動機動作時にも発電機動作時にもトルク調節され、従って授受される電気出力に比例して調節されるとよい。何故なら、回転数が比較的緩やかに変化するからである。この際、制御・調節システム16は、図2に従い、一方では発電機動作におけるトルク目標値 M_G の発生のための調節構成要素41を有し、他方では電動機動作におけるトルク目標値 M_M の発生のための調節構成要素42を有し、切換手段43によって、両目標値の一方のみが、発電機動作と電動機動作におけるコンバータ12と15の制御のための後続の制御構成要素44に接続される。調節構成要素41、42、切換手段43および制御構成要素44は、ソフトウェアにおける機能ブロックとして実現するとよい。 10

【0043】

以下、図3を参照しつつ、電力変換器13、14、15において変換器弁としてサイリスタが使用される場合につき、電動機動作から発電機動作への切換を説明する。この場合には、電力変換器13、14、15の変換器弁のオン時間およびそれに伴う電動機動作から発電機動作への切換は、その都度の制御角を介して制御される。サイリスタを通る電流はそれらの点弧時点に依存する。制御角は、電圧零通過時点の点弧に対して点弧時点がどれ程の角度だけずらされているかを示す。制御角の制御により電力変換器を通る電流の流れを制御でき、従って電力変換器出力側における電流および電圧を制御できる。 20

【0044】

図3は、信号線36上の故障信号S、船内電気系統5の電力需要 P_N 、コンバータ12の系統側での電力授受 P_M 、電動機側変換器13の制御角 θ_M 、系統側変換器14の制御角 θ_N および励磁電流 I_E の時間的経過を示す。 20

【0045】

時点 t_1 において、故障信号Sが値 S_0 への跳躍によって廃熱回収システム20の故障を合図する。これに伴い、一方で電力管理システム30の介在なしに船内電気系統5の電力需要 P_N が非重要負荷7の遮断によって低下される。他方で制御・調節システム16が軸発電機 / 電動機11を1秒より短い時間内に電動機動作から発電機動作に切り換える。このため、第1のステップにおいて系統側変換器14が次のように制御される。即ち、系統5から変換器14への電流の流れが最大限の速度にて阻止され、それによって船内電気系統5からの電気エネルギーへの需要も更に低下させられる。 30

【0046】

このため、電動機動作のための調節構成要素42がトルク目標値 M_M を速やかに零に低下させ、それに伴い変換器14の弁制御のための制御角 θ_N を元の値 θ_{N1} から値 θ_{N2} へ増大させる。

【0047】

結局、この措置により、船内電気系統の電力需要 P_N が値 P_{Nmin} に低下する。更に、系統周波数の瞬時値が後での発電機動作のための目標値として制御・調節システム16に保存される。 40

【0048】

軸発電機 / 電動機11が電動機動作時に界磁弱め領域で運転されていた場合、次のステップにおいて、励磁用変換器15が、励磁電流 I_E を介して電動機電圧 U_M がコンバータ12のサイリスタのインバータ転流失敗の危険が回避できる限り低減されるように制御される。これは励磁用変換器15のサイリスタのための制御角 θ_E の変化により行なわれる。

【0049】

軸発電機 / 電動機11の励磁が発電機動作のための目標値に減少する迄の時間は、励磁電流 I_E が先ず実際に発電機動作のための目標値よりも小さい値に低下させられてから引き続いて目標値迄引き上げられるように励磁用変換器15を制御することで短縮される。実施例の場合におけるように、励磁電流を先ず $0.6 \times I_{E_{max}}$ に低下させ、かかる後に0 50

. $8 \times I_{E_{max}}$ に引き上げることが特に有利であることが分かった。

【0050】

軸発電機 / 電動機 11 が電動機動作にて界磁弱め領域外で運転されていた場合、電動機電圧 U_M はコンバータにおけるインバータ転流失敗を回避するに既に十分に小さい。

【0051】

次のステップでは、時点 t_2 で制御・調節システム 16 によって電動機側変換器 13 が次のように制御される。即ち、変換器 13 を通るエネルギー流れ方向が逆になり、従って変換器 13 が軸発電機 / 電動機 11 からエネルギーを受け入れて、直流電流に変換し、直流電流中間回路 37 に供給するように制御される。これは、変換器 13 の弁制御のための制御角 M を元の値 M_1 から値 M_2 へ縮小することによって行なわれる。軸発電機は今や電動機動作から発電機動作へ移行する。 10

【0052】

次のステップでは、時点 t_3 において制御・調節システム 16 によって系統側変換器 14 が次のように制御される。即ち、系統側変換器 14 が、直流電流中間回路 37 に変換器 13 から供給されるエネルギーを船内電気系統 5 の周波数を持った電流に変換し、船内電気系統 5 に供給するように制御される。これは、変換器 14 の弁制御のための制御角 N を値 N_2 から値 N_3 へ縮小することによって行なわれる。

【0053】

コンバータ 12 は、今や、主機 2 の回転数に依存した周波数、従って船内電気系統 5 とは異なる周波数を有する電動機側電流を、船内電気系統 5 の周波数を有する電流に変換する。この場合、系統電圧の周波数は制御・調節システム 16 によって切換開始前の船内電気系統 5 における瞬時値に調節される。 20

【0054】

発電機動作への切換の時間中に船内電気系統 5 が必要とするエネルギー E は調相機 17 によって供給されるので、船内電気系統 5 の周波数と電圧が それ 予め与えられている限界値を下回ることはなく、限界値は重要負荷 7 の安全遮断が確実に回避されるように選定されている。

【0055】

直流電流中間回路形コンバータ 12 の代わりに、直流電圧中間回路形コンバータも使用可能である。この場合、船内電気系統 5 の無効電力需要が直流電圧中間回路形コンバータの中間回路コンデンサによって満たされるので、特別な無効電力調整機は必要でない。 30

【0056】

図 4 は、これに関して、直流電流中間回路形コンバータが直流電圧中間回路形コンバータ 51 によって置き換えられ、調相機が省略されていることを除けば図 1 の船舶推進システム 1 に対応する船舶推進システム 50 を示す。

【0057】

電動機動作から発電機動作への切換中には、船内電気系統 5 の電圧および周波数が それ 予め与えられている限界値を下回らないように、中間回路コンデンサ 52 が電気エネルギーを船内電気系統に供給する。切換時間中に船内電気系統 5 に供給可能なエネルギーに關係する電動機動作から発電機動作への切換のための時間および中間回路コンデンサ 52 の容量がこのために相互に調整される。 40

【0058】

サイリスタ変換器弁を有する電力変換器および制御角 α を介するそれらの制御の説明例において、1秒よりも短い切換時間 $t_3 - t_1$ が達成される。

【0059】

ターンオンに関してもターンオフに関しても制御可能な変換器弁、例えば IGBT 変換器弁が使用される場合には、それらの制御が、制御角を介して行なわれる代わりに、パルスパターンを介して行なわれる（パルス幅変調）。この場合には、系統から系統側変換器への電流の流れの阻止、電動機側におけるエネルギー方向の転換および系統側変換器による系統電圧および系統周波数を有する船内電気系統へのエネルギー供給が、その都度変換 50

器のパルスパターンの変化によって行なわれる。このため、100 ms の範囲内の切換時間さえも可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 0 】

【図1】本発明の第1の有利な実施形態による船舶推進システムの原理図

【図2】図1の制御・調節システムの構成例を示すブロック図

【図3】軸発電機/電動機の電動機動作から発電機動作への切換例を示すタイムチャート

【図4】本発明の第2の有利な実施形態による船舶推進システムの原理図

【符号の説明】

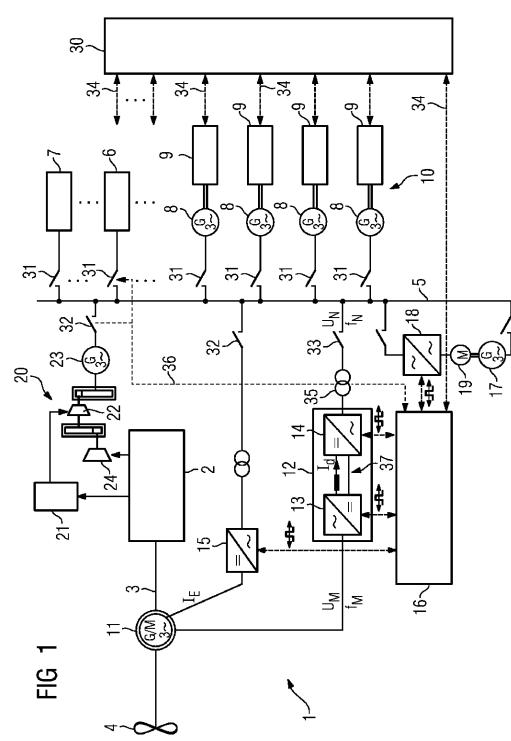
〔 0 0 6 1 〕

1 船舶推進システム、2 主機、3 スクリュー軸、4 スクリュー、5 船内電気系統、6 重要負荷、7 非重要負荷、8 発電機、9 補機、10 ディーゼル発電機セット、11 軸発電機 / 電動機、12 直流電流中間回路形コンバータ、13 電動機側変換器、14 系統側変換器、15 励磁用変換器、16 制御・調節システム、17 調相機、18 始動用コンバータ、19 始動用電動機、20 廃熱回収システム、21 熱交換器、22 蒸気タービン、23 タービン発電機、24 動力タービン、30 電力管理システム、31 ~ 33 開閉器、34 制御線、35 变压器、36 道線接続

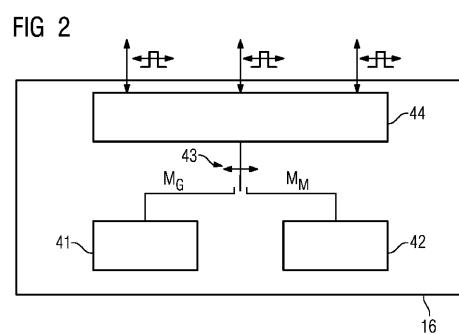
37 直流電流中間回路、41、42 調節構成要素、43 切換器、44 制御構成要素、50 船舶推進システム、51 直流電圧中間回路形コンバータ、52 中間回路コンデンサ

10

(1)

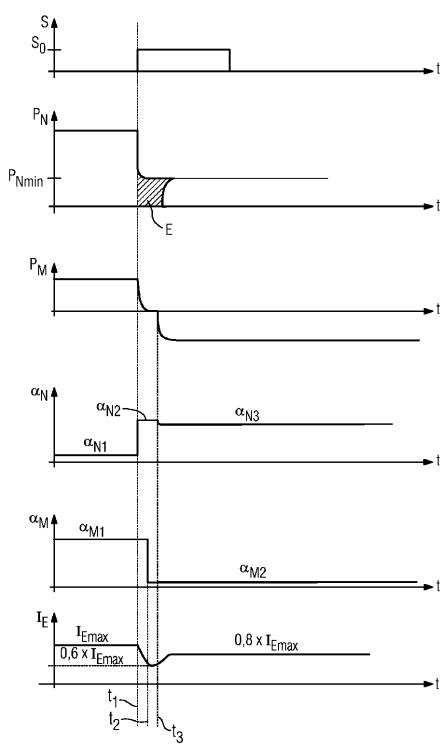


〔 2 〕



【図3】

FIG 3



【図4】

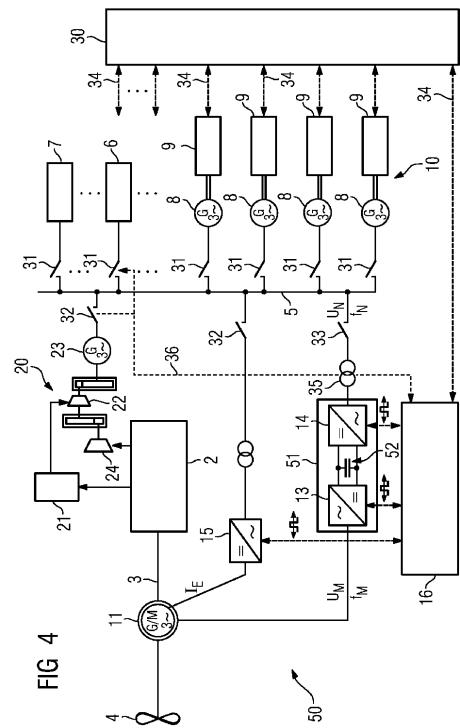


FIG 4

フロントページの続き

(72)発明者 フレーリッヒ、ハンス ヨアヒム
ドイツ連邦共和国 22117 ハンブルク ラインスカンプ 5ベー

(72)発明者 ティッゲス、カイ
ドイツ連邦共和国 21698 ハルゼフェルト シュタインフェルトシュトラーセ 34

審査官 志水 裕司

(56)参考文献 特開昭54-080998 (JP, A)
特開平11-266532 (JP, A)
特開平06-046600 (JP, A)
実開平07-039300 (JP, U)
特開2003-164165 (JP, A)
特公昭40-015624 (JP, B1)
特開昭57-049005 (JP, A)
特開昭62-221825 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 3 H	2 1 / 2 0
B 6 3 J	3 / 0 2
B 6 3 J	9 9 / 0 0
H 0 2 P	9 / 0 4