

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 12 月 3 日(03.12.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/182157 A1

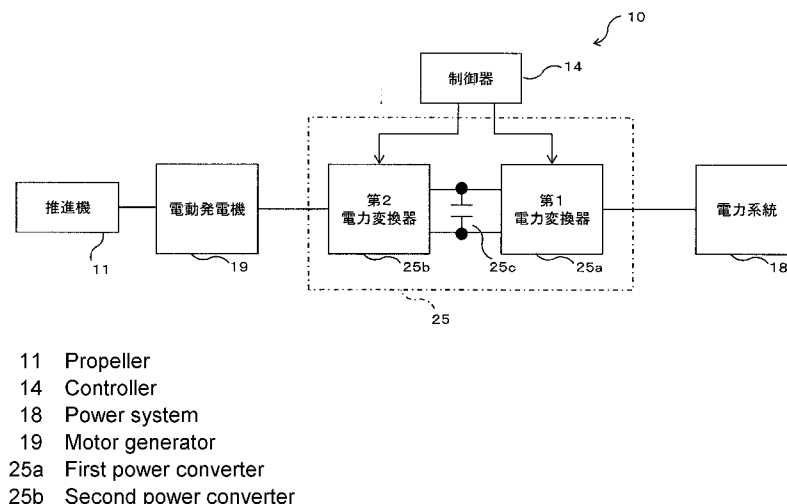
- (51) 国際特許分類:
B63H 21/20 (2006.01) *B63H 21/17* (2006.01)
B63H 3/10 (2006.01) *B63J 3/02* (2006.01)
B63H 21/12 (2006.01) *H02P 27/06* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/002733
- (22) 国際出願日: 2015 年 5 月 29 日(29.05.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-112955 2014 年 5 月 30 日(30.05.2014) JP
- (71) 出願人: 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町 3 丁目 1 番 1 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 江崎 秀明 (EZAKI, Hideaki). 浜松 正典 (HAMAMATSU, Masanori). 阪東 聡一郎 (BANDO, Soichiro). 檜野 武憲 (HINO, Takenori). 久次米 泰典 (KUJIME, Yasunori). 原田 芳輝 (HARADA, Yoshiteru).
- (74) 代理人: 特許業務法人 有古特許事務所 (PAT- 添付公開書類:
ENT CORPORATE BODY ARCO PATENT OF- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

FICE); 〒6500031 兵庫県神戸市中央区東町 1 2 3 番地の 1 貿易ビル 3 階 Hyogo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロピア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: HYBRID PROPULSION SYSTEM FOR MOBILE OBJECT, AND METHOD FOR CONTROLLING SAID SYSTEM

(54) 発明の名称: 移動体のハイブリッド推進システムおよびその制御方法



- 11 Propeller
14 Controller
18 Power system
19 Motor generator
25a First power converter
25b Second power converter

(57) Abstract: A hybrid propulsion system (10) for a mobile object is provided with an motor generator (19), a first power converter (25a), a second power converter (25b), and a controller (14), the controller including a first power command value output unit (140), a second power command value output unit (141), a mode selection unit (144), and a droop control unit (145). On the basis of a power command value, the droop control unit performs a control such that the frequency of a power system (18) and the generated power or electrical power from the motor generator is one point on a droop characteristic curve showing the relationship between a frequency target value of the power system, and a target value for the generated power or electrical power from the motor generator. The controller is configured so as to control the second power converter so that the voltage of a direct-current intermediate unit is fixed.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/182157 A1



移動体のハイブリッド推進システム（１０）は、電動発電機（１９）、第１電力変換器（２５ａ）、第２電力変換器（２５ｂ）および制御器（１４）とを備え、前記制御器は、第１電力指令値出力部（１４０）、第２電力指令値出力部（１４１）、モード選択部（１４４）およびドループ制御部（１４５）とを含み、前記ドループ制御部は、電力指令値に基づいて、電力系統（１８）の周波数と前記電動発電機の発電電力又は電動電力が、前記電力系統の周波数目標値と前記電動発電機の発電電力又は電動電力の目標値との関係を示すドループ特性線上の一点となるように制御し、且つ、前記制御器は、直流中間部の電圧が一定になるように前記第２電力変換器を制御するように構成されている。

明 細 書

発明の名称：

移動体のハイブリッド推進システムおよびその制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、電動動作および発電動作を行う電動発電機と双方向の電力変換装置とを備えた移動体のハイブリッド推進システムおよびその制御方法に関する。

背景技術

[0002] 電動動作および発電動作を行う電動発電機を備えた従来の船舶のハイブリッド推進システムとして、たとえば、特許文献1に示す第1の従来技術の構成が知られている。また、電動発電機を制御する方法として、非特許文献1に示す第2の従来技術の方法が開示されている。この非特許文献1の方法では、発電機相当のドループ特性を持たせた制御(以下、「ドループ制御」と称する。)を、電力変換装置に対して行うことにより、連系運転および自立運転のいずれにおいても電動発電機を制御することができる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：独国特許第10 2005 059 760号公報

非特許文献

[0004] 非特許文献1：G. Marina & E. Gatti, “Large Power PWM IGBT Converter for Shaft Alternator Systems”, 35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, 2004

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記特許文献1および非特許文献1に示す従来技術では、双方向電力変換装置の制御をシームレスに切り替えることについて未だ改善の余地があった

。このような課題は、特許文献 1 に示された船舶のハイブリッド推進システムに限らず、自動車・鉄道車両等の移動体のハイブリッド推進システムにも共通する課題である。

[0006] 本発明はこのような課題を解決するためになされたものであり、双方向電力変換装置の制御をシームレスに切替可能な移動体のハイブリッド推進システムを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明のある態様に係る移動体のハイブリッド推進システムは、移動体を推進する推進機を回転力によって駆動する駆動軸に動力伝達可能に接続された電動発電機と、交流端が電力系統に接続され且つ直流端が直流中間部に接続された第 1 電力変換器と、直流端が前記直流中間部に接続され且つ交流端が前記電動発電機に接続された第 2 電力変換器と、回転数指令値を設定可能であり、設定された回転数指令値に対する前記電動発電機の回転数の偏差に基づいて電力指令値を出力する第 1 電力指令値出力部と、電力指令値を設定可能であり、設定された電力指令値を出力する第 2 電力指令値出力部と、前記第 1 電力指令値出力部からの電力指令値と前記第 2 電力指令値出力部からの電力指令値とを選択して出力するモード選択部と、前記モード選択部から出力される電力指令値に基づいて前記第 1 電力変換器をドループ制御するドループ制御部と、前記直流中間部の電圧が一定になるように前記第 2 電力変換器を制御するよう構成された第 2 電力変換器制御部と、を備えている。

[0008] この構成によれば、第 1 電力指令値出力部からの回転数指令値に基づいた電力指令値と第 2 電力指令値出力部からの電力指令値とを選択し、選択された電力指令値に基づいて第 1 電力変換器をドループ制御している。これにより、回転数制御モードおよび電力制御モードのいずれにおいてもドループ制御を行うことができる。よって、回転数制御モードと電力制御モードとを切り替える際であっても、シームレスに制御を切り替えることができる。

[0009] また、第 1 電力指令値出力部からの回転数指令値に基づいた電力指令値と第 2 電力指令値出力部からの電力指令値とを選択している。これにより、シ

ステムの状態に応じて回転数制御モードと電力制御モードとを適切に使い分けることができる。

[0010] 移動体のハイブリッド推進システムでは、前記ドループ制御部は、前記電力指令値に基づいて、前記電力系統の周波数と前記第 1 電力変換器が前記電力系統に対し授与又は受給する前記電動発電機の発電電力又は電動電力（以下、対系統授受電力という）とが、前記電力系統の周波数目標値と前記対系統授受電力の目標値との関係を示すドループ特性線上の一点となるように制御するよう構成されていてもよい。

[0011] 移動体のハイブリッド推進システムでは、前記ドループ特性線は、前記電力系統の標準周波数に対しては電力指令値に設定し、前記標準周波数より高い周波数に対しては電力指令値より小さい前記電動発電機の発電電力又は電力指令値より大きい電動電力に設定し、前記標準周波数より低い周波数に対しては電力指令値より大きい前記電動発電機の発電電力又は電力指令値より小さい電動電力に設定されていてもよい。この構成によれば、電力系統の周波数目標値と第 1 電力変換器の対系統授受電力の目標値との関係を示すドループ特性線を、主発電機と連系させる上で好適に設定することができる。

[0012] 移動体のハイブリッド推進システムでは、前記ドループ制御部は、前記電力系統の周波数を、実際の前記対系統授受電力と前記ドループ特性線とから求まる周波数になるように制御するよう構成されていてもよい。この構成によれば、ドループ制御によって第 1 電力変換器を周波数制御することができる。

[0013] 移動体のハイブリッド推進システムでは、前記ドループ制御部は、前記対系統授受電力を、実際の前記電力系統の周波数と前記ドループ特性線とから求まる前記対系統授受電力になるように制御するよう構成されていてもよい。この構成によれば、ドループ制御によって第 1 電力変換器を電力制御することができる。

[0014] 移動体のハイブリッド推進システムでは、前記モード選択部から出力される電力指令値が、前記第 1 電力指令値出力部からの電力指令値と前記第 2 電

力指令値出力部からの電力指令値との間で切り替わる場合、前記ドループ制御部に入力される前記電力指令値が連続的に変化するように構成されていてもよい。この構成によれば、回転数制御モードと電力制御モードとが切り替えられる際、電力指令値が急激に変化しないことにより、船舶の推力あるいは供給電力の急激な変化を防止することができる。

[0015] 移動体のハイブリッド推進システムは、前記モード選択部から出力される前記電力指令値を、その変化を制限して前記ドループ制御部に入力するレートリミッタをさらに備えていてもよい。この構成によれば、レートリミッタにより、電力指令値の急激な変化がさらに抑制されるため、船舶の推力あるいは供給電力の急激な変化を防止することができる。

[0016] 移動体のハイブリッド推進システムは、前記推進機を駆動する前記駆動軸に動力伝達可能に接続された原動機をさらに備え、前記原動機が動作し且つ回転数制御される場合、前記モード選択部は、前記第2電力指令値出力部からの電力指令値を選択して出力するように構成されていてもよい。この構成によれば、原動機が回転数制御される場合、電動発電機が電力制御されるため、原動機および電動発電機の過負荷が防止される。

[0017] 移動体のハイブリッド推進システムでは、前記電力系統に電力を供給する他の機器が接続されていない場合、前記モード選択部は、前記第2電力指令値出力部からの電力指令値を選択して出力するように構成されていてもよい。この構成によれば、電動発電機が電力制御されることにより、停電または電動発電機の過負荷を防止することができる。

[0018] 移動体のハイブリッド推進システムでは、前記移動体は、電力供給が電力需要を満たすように各発電設備に発電要求を出力するパワーマネジメントシステムを有し、前記モード選択部は、前記パワーマネジメントシステムから前記発電要求を受けた場合は、前記第2電力指令値出力部からの電力指令値を選択して出力するよう構成されていてもよい。この構成によれば、電動発電機が電力制御されることにより、停電または電動発電機の過負荷を防止することができる。

[0019] 移動体のハイブリッド推進システムは、前記推進機を駆動する前記駆動軸に作用する負荷または前記推進機の回転数の周期的な変動分を検出し、前記変動の振幅が所定の閾値以上である場合、前記モード選択部は、前記第1電力指令値出力部からの電力指令値を選択して出力するように構成されていてもよい。この構成によれば、駆動軸の負荷または推進機の回転数が周期的な変動の振幅が大きい場合、電動発電機を回転数制御することにより、推進機の回転速度が超過することを防止することができる。

[0020] 移動体のハイブリッド推進システムは、前記推進機を駆動する前記駆動軸の回転速度を検出し、前記回転速度が所定の閾値以上である場合、前記モード選択部は、前記第1電力指令値出力部からの電力指令値を選択して出力するように構成されていてもよい。この構成によれば、駆動軸の回転速度が大きい場合、電動発電機を回転数制御することにより、推進機の回転速度が超過することを防止することができる。

[0021] 移動体のハイブリッド推進システムは、レバーをさらに備え、前記第1電力指令値出力部は、前記レバーの操作量に基づいて前記回転数指令値を設定し、前記第2電力指令値出力部は、前記レバーの操作量に基づいて前記電力指令値を設定するように構成されていてもよい。この構成によれば、1つのレバーにより回転数指令値および電力指令値を入力することができるため、操作性に優れる。

[0022] 移動体のハイブリッド推進システムでは、前記モード選択部から出力される電力指令値が、前記第1電力指令値出力部からの電力指令値と前記第2電力指令値出力部からの電力指令値との間で切り替わる場合、前記レバーの操作による前記回転数指令値または前記電力指令値の設定を無効化し、前記切り替わる直前の時点における実際の前記電動発電機の回転数を仮の回転数指令値に設定し、前記レバーの操作量に対応する前記第1電力指令値出力部からの前記回転数指令値が、前記仮の回転数指令値に一致するまで、または、レバーが離散的な操作量を与える場合は前記仮の回転数指令値に最も近い値に対応する操作量となる位置まで、前記レバーが操作された時点で前記無効

化を解除する、または、前記切り替わる直前の時点における実際の前記対系統授受電力を仮の電力指令値に設定し、前記レバーの操作量に対応する前記第2電力指令値出力部からの電力指令値が、前記仮の電力指令値に一致するまで、またはレバーが離散的な操作量を与える場合は前記仮の電力指令値に最も近い値に対応する操作量となる位置まで、前記レバーが操作された時点で前記無効化を解除するよう構成されていてもよい。この構成によれば、制御モードの切り替え時にレバーが無効化されることにより、操作者が意図しない指令値が入力されることを防止することができる。

[0023] 移動体のハイブリッド推進システムでは、第1電力指令値出力部が積分要素を備え、前記モード選択部から出力される電力指令値が、前記第2電力指令値出力部からの電力指令値から前記第1電力指令値出力部からの電力指令値に切り替わる場合、前記第1電力指令値出力部からの電力指令値が前記切り替わる直前の時点における実際の前記対系統授受電力に一致するよう、前記積分要素の値を設定するように構成されていてもよい。この構成によれば、積分要素の値を適宜設定することにより、実際の対系統授受電力の急激な変化を防止することができる。

[0024] 移動体のハイブリッド推進システムは、表示部をさらに備え、前記レバーの操作による前記回転数指令値または前記電力指令値の設定が無効化されている間、当該無効化を前記表示部に表示するように構成されていてもよい。この構成によれば、レバーの無効化が表示されることにより、操作者に無効化を知らせることができる。

[0025] 移動体のハイブリッド推進システムは、レバーをさらに備え、前記移動体が船舶であってもよい。

[0026] 移動体のハイブリッド推進システムは、前記レバーは、前記駆動軸に動力伝達可能に接続された原動機の回転数指令または燃料供給量指令をさらに兼ねていてもよい。この構成によれば、レバーにより原動機の回転数指令または燃料供給量指令をさらに入力できるため、操作性に優れる。

[0027] 移動体のハイブリッド推進システムでは、前記推進機は可変ピッチプロペ

ラであり、前記レバーは、可変ピッチプロペラの翼角指令をさらに兼ねていてもよい。この構成によれば、前記レバーにより可変ピッチプロペラの翼角指令をさらに入力することができるため、操作性に優れる。

[0028] 移動体のハイブリッド推進システムは、前記推進機は可変ピッチプロペラであり、前記レバーは、前記駆動軸に動力伝達可能に接続された原動機の回転数指令と前記可変ピッチプロペラの翼角指令とを、所定のコンビネーションカーブに沿って同時に指令する機能をさらに兼ねていてもよい。この構成によれば、原動機の回転数指令と可変ピッチプロペラの翼角指令をコンビネーションカーブに沿ってレバーにより同時に入力することができるため、操作性および燃費に優れる。

[0029] 本発明のある態様に係る移動体のハイブリッド推進システムの制御方法は、移動体を推進する推進機を回転力によって駆動する駆動軸に動力伝達可能に接続された電動発電機と、交流端が電力系統に接続され且つ直流端が直流中間部に接続された第1電力変換器と、直流端が前記直流中間部に接続され且つ交流端が前記電動発電機に接続された第2電力変換器と、を備える移動体のハイブリッド推進システムの制御方法であって、回転数指令値を設定し、設定された回転数指令値に対する前記電動発電機の回転数の偏差に基づいて電力指令値を出力する第1電力指令値出力ステップと、電力指令値を設定し、設定された電力指令値を出力する第2電力指令値出力ステップと、前記第1電力指令値出力ステップの電力指令値と前記第2電力指令値出力ステップの電力指令値とを選択して出力するモード選択ステップと、前記モード選択ステップによって出力される電力指令値に基づいて前記第1電力変換器をドループ制御するドループ制御ステップと、前記直流中間部の電圧が一定になるように前記第2電力変換器を制御する第2電力変換器制御ステップと、を含んでいる。

[0030] 移動体のハイブリッド推進システムの制御方法では、前記ドループ制御ステップにおいて、前記電力指令値に基づいて、前記電力系統の周波数と前記第1電力変換器が前記電力系統に対し授与又は受給する前記電動発電機の発

電電力又は電動電力（以下、対系統授受電力という）が、前記電力系統の周波数目標値と前記対系統授受電力の目標値との関係を示すドループ特性線上の一点となるように制御してもよい。

発明の効果

[0031] 本発明は、以上に説明した構成を有し、双方向電力変換装置の動作をシームレスに切替可能な移動体のハイブリッド推進システムを提供することができるという効果を奏する。

[0032] 本発明の上記目的、他の目的、特徴、及び利点は、添付図面参照の下、以下の好適な実施態様の詳細な説明から明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0033] [図1]本発明の実施の形態1に係る移動体のハイブリッド推進システムを概略的に示すブロック図である。

[図2]図2 Aは、発電動作する電動発電機を制御する際に設定されるドループ特性線である。図2 Bは、電動動作する電動発電機を制御する際に設定されるドループ特性線である。

[図3]図3 Aは、周波数制御時のドループ特性線である。図3 Bは、電力制御時のドループ特性線である。

[図4]移動体のハイブリッド推進システムの制御器の構成例を示すブロック図である。

[図5]本発明の実施の形態2に係る移動体のハイブリッド推進システムの制御器を概略的に示すブロック図である。

[図6]本発明の実施の形態3に係る移動体のハイブリッド推進システムを概略的に示すブロック図である。

[図7]図6のハイブリッド推進システムの運転モードを示す図である。

[図8]図6の制御器を概略的に示すブロック図である。

[図9]本発明の実施の形態5に係る移動体のハイブリッド推進システムを概略的に示すブロック図である。

[図10]本発明の実施の形態6に係る移動体のハイブリッド推進システムの制

御器を概略的に示すブロック図である。

[図11]第1および第2の従来技術、ならびに本発明の各運転モードにおける、第1電力変換器および第2電力変換器のそれぞれの制御方法を示す表である。

[0034] (本発明の基礎となった知見)

本発明者らは、移動体のハイブリッド推進システムに関して、双方向電力変換装置の制御をシームレスに切り替えることについて検討した。たとえば、電動発電機に加えて、原動機および電力系統の発電機を備えたシステムでは、双方向電力変換装置は、電動発電機が単独で発電する自立運転と、電動発電機及び電力系統の発電機の双方が発電する系統連系運転とを行う必要がある。一方、図11に示すように、原動機、発電機および電動発電機の運転モードとして、4つの運転モードがある。この運転モードとしては、電気推進モード、推進加勢モード、並列モードおよび軸発モードが挙げられる。

[0035] たとえば、電気推進モードでは、原動機が停止し、電動発電機が電動動作する。この場合、他に推進機の回転数を制御する動力源がないため、電動発電機の回転数を制御する必要がある。この電動発電機は、双方向電力変換装置によって制御される。双方向電力変換装置は、電力系統と電動発電機との間に設けられ、系統側電力変換器と、電動発電機側電力変換器と、両者を接続する直流中間部と、を備えている。

[0036] 第1の従来技術の電気推進モードでは、電動発電側電力変換器によって電動発電機をモータドライブ制御（たとえばベクトル制御）することによって、電動発電機の回転数制御を行うとともに、系統側電力変換器によって直流中間電圧一定制御を行っている。これに対し、電気推進モード以外の運転モード（推進加勢モード、並列モードおよび軸発モード）では、系統側電力変換器によって電力系統に対してドループ制御を行うことによって、系統周波数を維持しつつ電力需給を調整するとともに、電動発電機側電力変換器によって直流中間電圧一定制御を行っている。このため、電気推進モードから他の運転モードへ遷移させる際、双方向電力変換装置の制御方式を切り替えな

ければならない。

[0037] たとえば、電気推進モードで運転している際に、重量物を牽引する場合、電気推進モードから、供給可能推力が大きな推進加勢モードへ遷移させる。この際、系統側電力変換器は、直流中間電圧制御からドループ制御へ、電動発電機側電力変換器は、モータドライブ制御から直流中間電圧一定制御へ制御方式を切り替える。ここで、系統側電力変換器と電動発電機側電力変換器の両方が同時に直流中間電圧一定制御を行うことは、制御を不安定化させる要因となる。このため、推力を維持しなければならない状況にもかかわらず、ハイブリッド推進システムを一旦、停止しなければならないという課題があった。

[0038] また、第2の従来技術の電気推進モードでは、電動発電機側電力変換器によりモータドライブ制御することによって電動発電機の回転数制御を行い、系統側電力変換器により直流中間電圧一定制御を行っている。また、推進加勢モードでは、電動発電機側電力変換器によりモータドライブ制御することによって、電動発電機の電力制御を行い、系統側電力変換器により直流中間電圧一定制御を行っている。これに対し、電動発電機が発電動作する並列モードおよび軸発モードでは、系統側電力変換器により電力系統に対してドループ制御を行い、電動発電機側電力変換器により直流中間電圧一定制御を行っている。このため、電動動作と発電動作とを切り替える際に双方向電力変換装置の制御方式を切り替えなければならない。

[0039] 一方、船舶のハイブリッド推進システムでは、たとえば、波浪などの負荷変動を吸収することにより、発電機の燃費の最小化を図っている。このため、電動発電機の電動動作と発電動作とを数秒周期ごとに頻繁に切り替えている。しかしながら、動作の切り換えの際にハイブリッド推進システムを一旦停止しなければならない、制御方式を遷移させるための時間を要するため、燃費の向上が図れないという課題があった。

[0040] 本発明者らは、上述の分析から、系統側電力変換器に対するドループ制御と電動発電機の回転数制御及び電力制御とを両立させることにより、上述の

課題を解決できることに着目した。

[0041] そして、本発明者らは、系統側電力変換器に対してドループ制御を行うとともに、このドループ制御の上位に電動発電機の回転数制御と電力制御とを選択可能に設けることにより、ドループ制御を常時有効としたまま電動発電機の回転数制御と電力制御とを行うことができることを見出した。この知見によれば、双方向電力変換装置の自立運転と系統連系運転との切り替えをシームレスに行うことができるとともに、電動発電機の回転数制御及び電力制御を行うことができ且つ両者をシームレスに切り替えることができる。すなわち、電気推進モードと推進加勢モード、推進加勢モードと並列モード、並列モードと軸発モードのいずれのモード間の遷移においてもハイブリッド推進システムの停止が発生しない。

[0042] 本発明はこの知見に基づいてなされたものである。

[0043] 以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しながら具体的に説明する。なお、以下では全ての図面を通じて同一又は相当する要素には同一の参照符号を付して、その重複する説明を省略する。

[0044] (実施の形態1)

図1は、実施の形態1に係る移動体のハイブリッド推進システム10を概念的に示すブロック図である。図1に示すように、移動体は、ハイブリッド推進システム10および推進機11を備えている。ハイブリッド推進システム10は、電動発電機19および電力変換装置25および制御器14を備えている。電動発電機19は、1つまたは複数、移動体に設けられている。なお、移動体は、推進機11が発生した推力により移動する物であって、たとえば、船舶、自動車、鉄道車両などが挙げられる。

[0045] 推進機11は、移動体を推進する機器であって、たとえば、プロペラおよび駆動輪（タイヤ、キャタピラ等）が挙げられる。推進機11は、その駆動軸がハイブリッド推進システム10の電動発電機19に接続されており、電動発電機19から入力された動力を移動体の推力に変換する。

[0046] 電動発電機19は、交流電力を動力に変換する電動機能、および、動力を

交流電力に変換する発電機能を有している。電動発電機 19 は、推進機 11 を回転力によって駆動する駆動軸に動力伝達可能に接続されており、たとえば、減速装置、嵌脱可能なクラッチなどの動力伝達機構により推進機 11 の駆動軸に連結されている。また、電動発電機 19 の電気端子は、双方向の電力変換装置 25 を介して電力系統 18 に接続されると共に、母線を介して電力負荷に接続されている。電動発電機 19 は、電動機として機能（電動動作）する場合、電力系統 18 から電力変換装置 25 を介して入力された電力を回転動力に変換し、動力を推進機 11 に伝達する。一方、電動発電機 19 は、発電機として機能（発電動作）する場合、推進機 11 から入力された回転動力を電力に変換し、電力を、電力変換装置 25 を介して母線に出力する。

[0047] 電力系統 18 は、母線（図示せず）、母線に接続された電力負荷（図示せず）、及び発電機（図示せず）等の他の電力源で構成されている。

[0048] 双方向の電力変換装置 25 は、交流電力を一旦直流電力に変換し、その変換により得られた直流電力を交流電力に変換して、電力系統 18 および電動発電機 19 の交流の周波数および電圧を相互に変換する機器である。電力変換装置 25 は、その一方の端子が電力系統 18 に接続され、他方の端子が電動発電機 19 に接続されている。具体的には、電力変換装置 25 は、第 1 電力変換器 25 a、第 2 電力変換器 25 b および DC リンクキャパシタ 25 c を有している。第 1 電力変換器 25 a および第 2 電力変換器 25 b は、一対の配線で構成された DC リンク（直流中間部）により接続されている。DC リンクキャパシタ 25 c は、DC リンクに接続されており、DC リンクの電圧（直流中間電圧）の変動を平滑化する。

[0049] 第 1 電力変換器 25 a は、系統側電力変換器であって、たとえば双方向インバータで構成されている。第 1 電力変換器 25 a の交流端が電力系統 18 に接続され、かつ、直流端が DC リンクに接続されている。第 1 電力変換器 25 a は、DC リンクから入力された直流電力を交流電力に変換して電力系統 18 に出力する。また電力系統 18 から入力された交流電力を直流電力に変換して DC リンクに出力する。

- [0050] 第2電力変換器25bは、電動発電機側電力変換器であって、たとえば双方向インバータで構成されている。第2電力変換器25bの直流端がDCリンクに接続され、かつ、交流端が電動発電機19に接続されている。第2電力変換器25bは、電動発電機19から入力された交流電力を直流電力に変換してDCリンクへ出力する。また、DCリンクから入力された直流電力を交流電力に変換して電動発電機19に出力する。
- [0051] 制御器14は、第1電力変換器25aをドループ制御し、第2電力変換器25bを直流中間電圧が一定になるように制御することによって、電動発電機19を制御する。「ドループ制御」は、制御器14の内部に発電機を制御するガバナのモデルを構築することによって、第1電力変換器25aに発電機に相当する特性を持たせる制御である。第1電力変換器25aが発電機に相当する特性を有する結果、自立運転と系統連系運転とをシームレスに切り替えることができる。
- [0052] 「ドループ制御」は周知の技術であるので、詳しい説明は省略する。「ドループ制御」の詳細は、非特許文献1等を参照されたい。なお、「ドループ制御」においては、電力系統18の周波数と、電力系統18に対して第1電力変換器25aが授受する電力（有効電力）とがそれぞれのセンサ（図示せず）によって検出されて制御器14（正確には後述するドループ制御部145（図4参照））に入力され、ドループ制御におけるこれらの制御に用いられる。
- [0053] 本実施の形態では、「ドループ制御」の上位に電動発電機19の回転数制御と電力制御とが選択可能に設けられる。具体的には、本実施の形態では、ドループ制御において、電力系統18の標準周波数および電力指令値 P_c に基づいてドループ特性線を設定する。そして、ドループ特性線上の目標値になるように電力系統18の周波数または第1電力変換器25aの電力を制御している。このドループ特性線は、電力系統18の周波数目標値と第1電力変換器25aの「対系統授受電力」の目標値との関係を示す。本実施の形態においては、第1電力変換器25aが電力系統18に授与（出力）する電力

は電動発電機 19 の発電電力に相当し、第 1 電力変換器 25 a が電力系統 18 から受給する（入力される）電力は電動発電機 19 の電動電力に相当する。そこで、便宜上、第 1 電力変換器 25 a が電力系統 18 に対し授与する電動発電機 19 の発電電力、または、第 1 電力変換器 25 a が電力系統 18 に対し受給する電動発電機 19 の電動電力を「対系統授受電力」と呼ぶ。なお、「対系統授受電力」は、電力系統 18 に対して第 1 電力変換器 25 a が授受する電力のうちの有効電力を意味する。

[0054] 次に、図 2 A および図 2 B を参照し、ドループ特性線の設定方法について説明する。図 2 A および図 2 B は、ドループ特性線を表すグラフである。図 2 A は、発電動作する電動発電機 19 を制御する際に設定されるドループ特性線である。図 2 B は、電動動作する電動発電機 19 を制御する際に設定されるドループ特性線である。各グラフの縦軸に電力系統 18 の周波数を示し、横軸に対系統授受電力を示す。図 2 A および図 2 B に示すように、ドループ特性線は、電力系統 18 の周波数の低下に応じて発電電力が増加して電動電力が減少する。

[0055] ドループ特性線は、電力系統 18 の標準周波数 F_s 、電動発電機 19 に対する電力指令値 P_c および傾きにより定められる。電力系統 18 の標準周波数 F_s は、電力系統 18 ごとに予め定められており、たとえば、船舶における電源の標準周波数：60 Hz や日本における電源の標準周波数：60 Hz または 50 Hz が用いられる。電力指令値 P_c は、後述するように、操作者などにより入力された操作情報に基づいて設定される。ドループ特性線の傾きは、所定の値である。このため、標準周波数 F_s および電力指令値 P_c により定められる点を通るように、ドループ特性線が設定される。これにより、電力指令値 P_c に応じてドループ特性線を変えることができる。なお、ここでは、標準周波数 F_s を電力系統 18 の周波数に設定したが、標準周波数 F_s は適宜設定される。

[0056] 次に、図 3 A および図 3 B を参照し、ドループ制御方法について説明する。図 3 A および図 3 B は、ドループ特性線を表すグラフである。前述したよ

うに、ドループ特性線は、電力系統 18 の標準周波数 F_s および電力指令値 P_c に基づいて設定される。図 3 A は、周波数制御時のドループ特性線である。図 3 B は、電力制御時のドループ特性線である。各グラフの縦軸に電力系統 18 の周波数を示し、横軸に対系統授受電力を示している。

[0057] 実際の電力系統 18 の周波数（実際値） f および実際の対系統授受電力（実際値） P は、各グラフの X 印で示される。図 3 A の周波数制御では、X 印で示す電力系統 18 の周波数の実際値 f は、X 印で示す対系統授受電力の実際値 P とドループ特性線上とから求める周波数目標値 f^* より小さい。このため、電力系統 18 の周波数の実際値 f が周波数目標値 f^* になるように、第 1 電力変換器 25 a が制御される。また、図 3 B の電力制御では、X 印で示す対系統授受電力の実際値 P は、X 印で示す電力系統 18 の周波数の実際値 f とドループ特性線とから求まる電力目標値 P^* より小さい。このため、対系統授受電力の実際値 P が電力目標値 P^* になるように、第 1 電力変換器 25 a が制御される。

[0058] 次に、図 4 を参照し、制御器 14 の具体的な構成について説明する。図 4 は、移動体のハイブリッド推進システム 10 の制御器 14 の構成例を示すブロック図である。

[0059] 制御器 14 は、演算装置で構成されており、第 1 電力変換器制御部および第 2 電力変換器制御部 130 を備えている。第 1 電力変換器制御部は、第 1 電力指令値出力部 140、第 2 電力指令値出力部 141、モード選択部 144 およびドループ制御部 145 を有している。第 1 電力指令値出力部 140 は、第 2 電力指令値出力部 141 および P I D 制御部 143 を含んでいる。これらの制御器 14 の各部は、それぞれ内蔵されるプログラムが演算装置により実行されることにより実現される機能である。

[0060] 第 1 電力変換器制御部では、第 1 電力指令値出力部 140 は、回転数指令値を設定可能であり、設定された回転数指令値に対する電動発電機 19 の回転数の偏差に基づいて電力指令値を出力する。第 2 電力指令値出力部 141 は、電力指令値を設定可能であり、設定された電力指令値を出力する。モード

選択部 144 は、モード指令に基づいて第 1 電力指令値出力部 140 からの電力指令値と第 2 電力指令値出力部 141 からの電力指令値とを選択して出力する。ドループ制御部 145 は、モード選択部 144 から出力される電力指令値に基づいて第 1 電力変換器 25a をドループ制御する。ここで、ドループ制御部 145 は、電力指令値に基づいて、電力系統 18 の周波数および対系統授受電力がドループ特性線上の一点となるように制御する。また、第 2 電力変換器制御部 130 は、直流中間部の電圧が一定になるように、第 2 電力変換器 25b を制御する。

[0061] 次に、図 4 を参照し、移動体のハイブリッド推進システム 10 の動作（制御方法）について説明する。ここでは、電動発電機 19 は、回転数制御モードおよび電力制御モードを有している。この回転数制御モードまたは電力制御モードは、図 11 に示す電動発電機 19 の動作形態に応じて切り換えられる。なお、図 1 には、推進機 11 に電動発電機 19 のみが接続される構成が示されている。この構成においては、移動体のハイブリッド推進システム 10 は、電気推進モードのみを有する。

[0062] 一方、推進機 11 に電動発電機 19 と原動機（図示せず）とが動力伝達機構（図示せず）を介して接続されるよう構成することもできる。この構成においては、移動体のハイブリッド推進システム 10 は、電気推進モード、推進加勢モード、並列モード、及び軸発モードを有する。たとえば、電気推進モードの場合、電動発電機 19 は回転数制御される。また、推進加勢モード、並列モード、及び軸発モードの場合、原動機が回転数制御され、電動発電機 19 は、電力制御されることが一般的である。ただし、電動発電機 19 が発電動作する場合（並列モード、及び軸発モード）、回転数制御モードを用いることも理論上可能である。以下では、電動発電機 19 が回転数制御される動作モードを「回転数制御モード」と呼び、電動発電機 19 が電力制御される動作モードを「電力制御モード」と呼ぶ。

[0063] 電動発電機 19 を回転数制御する場合、回転数制御モードである旨のモード指令を入力部 29（図 8 参照）から受けて、モード選択部 144 は、回転

数制御モードを選択する。これにより、操作者が推力を調整するためにレバーなどを操作すると、その操作情報が第1電力指令値出力部140の回転数指令値生成部142へ出力される。回転数指令値生成部142では、内蔵された操作情報と回転指令値との関係を示すルックアップテーブルに基づいて、入力された操作情報に対応する回転数指令値 n_c を生成する。PID制御部143では、入力された回転数指令値 n_c と、実際の電動発電機19の回転数（実際値） n との偏差 Δn を求め、回転数の偏差を比例処理、積分処理および微分処理することによって電力指令値 P_c を生成する。

[0064] ここでは、電動発電機19の回転数制御であるため、モード選択部144は、第1電力指令値出力部140からの電力指令値 P_c をドループ制御部145へ出力する。ドループ制御部145では、電力指令値 P_c に基づいて、図2Aまたは図2Bに示すようにドループ特性線を設定する。このドループ特性線によって、操作情報に応じた電力系統18の周波数目標値 f^* または対系統授受電力の目標値 P^* が定められる。

[0065] ドループ制御部145が第1電力変換器25aを周波数制御する場合には、図3Aに示すように、対系統授受電力の実際値 P とドループ特性線とから周波数目標値 f^* を求める。そして、周波数目標値 f^* に対する周波数の実際値 f の偏差 Δf を第1電力変換器25aへ出力する。これにより、周波数の実際値 f が周波数目標値 f^* になるように、第1電力変換器25aがドループ制御される。

[0066] また、ドループ制御部145が第1電力変換器25aを電力制御する場合には、図3Bに示すように、電力系統18の周波数の実際値 f とドループ特性線とから電力目標値 P^* を求める。そして、電力目標値 P^* に対する対系統授受電力の実際値 P の偏差 ΔP を第1電力変換器25aへ出力する。これにより、対系統授受電力の実際値 P が電力目標値 P^* になるように、第1電力変換器25aがドループ制御される。

[0067] このように、電力系統18の周波数または対系統授受電力が制御されると、それに伴い、直流中間電圧が変動する。これに応じて、第2電力変換器制

御部 130 が、直流中間電圧が一定になるように第 2 電力変換器 25 b を制御する。すると、この制御に応じて、電動発電機 19 が発電動作または電動動作する。この電動発電機 19 の発電動作における電動発電機 19 の回転数は、原動機から供給される動力と第 1 電力変換器 25 a から電力系統 18 に授与される電力との差によって定まる。電動発電機 19 の電動動作における電動発電機 19 の回転数は、推進機 11 に伝達される動力、すなわち原動機から供給される動力と第 1 電力変換器 25 a が電力系統から受け取る電力との和によって定まる。このようにして定まった電動発電機 19 の回転数が第 1 電力指令値出力部 140 に入力される。以上の制御により、第 1 電力変換器 25 a に対するドループ制御が行われるとともに、電動発電機 19 の回転数がフィードバック制御される。

[0068] 一方、電動発電機 19 を電力制御する場合、電力制御モードである旨のモード指令を入力部 29（図 9 参照）から受けて、モード選択部 144 は、電力制御モードを選択する。これにより、操作者が推力を調整するためにレバーなどを操作すると、その操作情報が第 2 電力指令値出力部 141 へ出力される。第 2 電力指令値出力部 141 では、内蔵された操作情報と電力指令値との関係を示すルックアップテーブルに基づいて、入力された操作情報に対応する電力指令値 P_c を生成する。

[0069] ここでは、電動発電機 19 の電力制御であるため、モード選択部 144 は、第 2 電力指令値出力部 141 からの電力指令値 P_c をドループ制御部 145 へ出力する。ドループ制御部 145 は、上述の回転数制御モードと同様の制御がなされ、それに伴い、直流中間電圧が変動する。これに応じて、第 2 電力変換器制御部 130 が、直流中間電圧が一定になるように第 2 電力変換器 25 b を制御する。すると、この制御に応じて、電動発電機 19 が発電動作または電動動作する。この電動発電機 19 の発電動作における電動発電機 19 の発電電力は、第 1 電力変換器 25 a から電力系統 18 に授与される電力によって定まり、発電に必要な動力は原動機から供給される。また、電動発電機 19 の電動動作における電動発電機 19 の消費電力は、第 1 電力変換

器 25 a が電力系統 18 から受給する電力によって定まる。以上の制御により、第 1 電力変換器 25 a に対するドループ制御が行われるとともに、このドループ制御において電動発電機 19 の電力（発電電力または消費電力（負の発電電力））がフィードバック制御される。

[0070] このように、上記構成によれば、双方向の電力変換装置 25 の自立運転と系統連系運転との切り替えをシームレスに行うことができるとともに、電動発電機 19 の回転数制御及び電力制御を行うことができ且つ両者をシームレスに切り替えることができる。その結果、たとえば、船舶のハイブリッド推進システム 10 では、電気推進モードから、供給可能推力が大きな推進加勢モードへ遷移する場合、システムを一旦停止する必要がなくなる。また、電動発電機の電動動作と発電動作とを数秒周期ごとに頻繁に切り替えることができるので、波浪などの負荷変動を吸収することにより、発電機の燃費を向上することができる。

[0071] （実施の形態 2）

実施の形態 2 に係る移動体のハイブリッド推進システム 10 では、図 5 に示すように、制御器 14 がレートリミッタ 146 をさらに備える。図 5 は、実施の形態 2 に係る移動体のハイブリッド推進システム 10 の制御器 14 を概略的に示すブロック図である。

[0072] レートリミッタ 146 は、制御器 14 においてモード選択部 144 およびドループ制御部 145 に接続されている。レートリミッタ 146 は、ドループ制御部 145 に入力される電力指令値 P_c が急激に変化した場合に、その変化を平滑化する。たとえば、回転数制御モードと電力制御モードとを切り替えた際に、電力指令値 P_c の入力元が第 1 電力指令値出力部 140 から第 2 電力指令値出力部 141 へ変わるため、電力指令値 P_c が急激に変化する。このとき、所定時間（演算周期）毎に電力指令値と前回の電力指令値との差分を求め、その差分が所定範囲を超えると、差分を所定の上限値および下限値で制限し、制限された差分を加算することにより電力指令値を連続的に変化させる。これにより、電力指令値 P_c の変化率が制限される。

[0073] なお、ここでは、電力指令値 P_c の変化率を制限するため、レートリミッタ 146 を用いた。ただし、第 1 電力指令値出力部 140 からの電力指令値 P_c と第 2 電力指令値出力部 141 からの電力指令値 P_c との間で切り替わる場合に、ドループ制御部 145 に入力される電力指令値 P_c を連続的に変化させるものであれば、レートリミッタ 146 に限定されず、たとえば一次遅れフィルタ等であってもよい。

[0074] 上記構成によれば、電動発電機 19 の制御モードの切り替えを円滑に行うことができる。すなわち、たとえば、回転数制御モードでは、操作情報に応じた回転数指令値 n_c と電動発電機 19 の回転数の実際値 n との偏差 Δn に基づいて、電力指令値 P_c が出力されている。これに対し、電力制御モードでは、操作情報に応じた電力指令値 P_c が出力されている。このため、回転数制御モードの電力指令値 P_c と電力制御モードの電力指令値 P_c とが大きく異なる。よって、電力制御モードと回転数制御モードとを切り替えると、電力指令値 P_c が急激に変化する。このような場合であっても、ドループ制御部 145 に入力される電力指令値の変化がレートリミッタ 146 によって平滑化されるため、制御モードの切り替えが円滑に行なわれる。

[0075] なお、上記では、電動発電機 19 の制御モードの切り替え時以外にも、レートリミッタ 146 により電力指令値の変化が所定範囲に制限された。ただし、電動発電機 19 の制御モードの切り替え時のみに、レートリミッタ 146 により電力指令値の変化が所定範囲に制限されるようにしてもよい。

[0076] (実施の形態 3)

実施の形態 3 に係る移動体のハイブリッド推進システム 10 は、実施の形態 1 の移動体のハイブリッド推進システム 10 を船舶に適用した一例である。図 6 は、実施の形態 3 に係る移動体のハイブリッド推進システム 10 を概略的に示すブロック図である。

[0077] ハイブリッド推進システム 10 は、推力および電力供給系統 13 および記憶部 15 をさらに備えている。推力および電力供給系統 13 は、プロペラ 11 および船内電力負荷 21 に接続され、構成機器 17、18、19 により生

じた推力（動力）および電力を各負荷 11、21 に供給する系統である。構成機器は、回転動力または電力を発生する機器であって、主機 17、主発電機 18、電動発電機 19 により構成されている。主機 17、主発電機 18 および電動発電機 19 は、それぞれ、1 つまたは複数、船内に設けられている。

[0078] 主機 17 は、ハイブリッド推進システム 10 における主動力源であり、たとえば、エンジンなどの原動機が用いられる。主機 17 は、動力伝達機構を介してプロペラ 11 および電動発電機 19 に連結されている。動力伝達機構は、たとえば、プロペラ 11 の駆動軸、減速装置 20 および主機 17 の軸により構成されている。減速装置 20 は、主機 17 からの動力の回転速度を減じてトルクを増加させ、動力をプロペラ 11 や電動発電機 19 に伝達する。

[0079] 主発電機 18 は、電動発電機 19 や船舶の船内電力負荷 21 に電力を供給する主電力源であって、船内母線 22 に接続されている。この船内母線 22 に船内電力負荷 21 および電動発電機 19 が接続されている。船内電力負荷 21 としては、たとえば、サイドスラスト（図示せず）、補機（図示せず）、操作卓 23、電熱器（図示せず）、電灯（図示せず）が挙げられる。船内電力負荷 21 および電動発電機 19 は、PMS（Power Management System）24 に接続されており、船内電力負荷 21 および電動発電機 19 が動作する際に必要な電力の要求を PMS 24 に出力する。PMS 24 は、船内電力負荷 21 および電動発電機 19 に加えてさらに制御器 14 および供給系統 13 の各機器に接続されている。PMS 24 は、各電力負荷 19、21 からの要求電力に基づいてハイブリッド推進システム 10 に対する需要電力を求め、需要電力を制御器 14 へ出力する。また、PMS 24 は、供給系統 13 の各機器の停止および動作を制御する。

[0080] 電動発電機 19 は、動力伝達機構を介してプロペラ 11 および主機 17 に連結されている。動力伝達機構は、電動発電機 19 の軸、プロペラ 11 の駆動軸、減速装置 20 および主機 17 の軸により構成されている。また、電動発電機 19 は、主発電機 18 に接続されると共に、船内母線 22 を介して船

内電力負荷 21 に接続されている。電動発電機 19 は、電動機として機能（電動動作）する場合、主発電機 18 からの電力を受けて回転動力を発生する。これにより、回転動力は電動発電機 19 から減速装置 20 を介してプロペラ 11 に伝達されて、プロペラ 11 が回転し推力を発生する。一方、電動発電機 19 は、発電機として機能（発電動作）する場合、主機 17 の回転動力を受けて発電し、電力を、船内母線 22 を介して船内電力負荷 21 に供給する。

[0081] 電力変換装置 25 が電動発電機 19 と主発電機 18 との間に設けられている。電力変換装置 25 は、主発電機 18 および電動発電機 19 からの交流を双方向に変換する電力変換装置である。つまり、電力変換装置 25 は、図 1 に示す第 1 電力変換器 25 a および第 2 電力変換器 25 b を有している。第 1 電力変換器 25 a の交流端が船内母線 22 に接続され、第 2 電力変換器 25 b の交流端が電動発電機 19 に接続されている。

[0082] 記憶部 15 は、ハイブリッド推進システム 10 の運転モードを記憶している。運転モードは、複数あり、主機 17 の動作または停止、主発電機 18 の動作または停止、および、電動発電機 19 の電動動作、発電動作または停止の組み合わせにより設定される。

[0083] プロペラ 11 は、船舶に推力を与える推進機であって、1 つまたは複数、船舶に設けられている。プロペラ 11 は、減速装置 20 に接続されている。プロペラ 11 は、主機 17 および／または電動動作する電動発電機 19 から出力される回転動力を、減速装置 20 を介して受けて、回転動力を推力に変換する。プロペラ 11 の推力は、減速装置 20 により調整されるプロペラ 11 の回転数、および、ピッチ角調整機構（図示せず）により調整されるプロペラ 11 のピッチ角（翼角）によって制御される。

[0084] レバー 12 は、操作者が船舶の需要推力を入力するための操縦桿であって、たとえば、スロットルレバーが用いられ、操作卓 23 に設けられている。レバー 12 は、PCS（Propulsion Control System）26 に接続されており、操作者によるレバー 12 の操作量（操作情報）を PCS 26 へ出力する。

P C S 2 6 は、レバー 1 2 に加えてさらに制御器 1 4、主機 1 7 の制御装置およびピッチ角調整機構に接続されている。P C S 2 6 は、レバー 1 2 の操作量に基づいて需要推力、主機 1 7 の回転数およびプロペラ 1 1 のピッチ角を求める。そして、P C S 2 6 は、需要推力を制御器 1 4 へ出力し、主機 1 7 の回転数を主機 1 7 の制御装置へ出力し、プロペラ 1 1 のピッチ角をピッチ角調整機構へ出力する。このプロペラ 1 1 の回転数およびピッチ角によってプロペラ 1 1 の推力が制御される。

[0085] 入力部 2 9 は、制御器 1 4 に接続されており、たとえば、キーボードやタッチパッドなどが用いられ、操作卓 2 3 に設けられている。

[0086] なお、制御器 1 4、P M S 2 4 および P C S 2 6 は、1 つの制御装置で構成されていてもよいし、3 つの個別の制御装置でそれぞれ構成されていてもよい。これら 1 4、2 4、2 6 が 1 つの制御装置で構成される場合、制御器 1 4、P M S 2 4 および P C S 2 6 の機能は制御装置に格納されたプログラムによって実現される。

[0087] 次に、移動体のハイブリッド推進システム 1 0 の運転モードについて説明する。図 7 A ~ 図 7 E は、移動体のハイブリッド推進システム 1 0 の運転モードを示すブロック図である。運転モードは、たとえば、図 7 A ~ 図 7 E に示す 5 つの態様がある。このうち、図 7 A の機械推進モードは、電動発電機 1 9 が停止し、主機 1 7 および主発電機 1 8 がそれぞれ独立して動作する運転モードである。図 7 B ~ 図 7 D の電気推進モード、推進加勢モード、並列モードは、系統連系運転モードである。図 7 E の軸発モードは、自立運転モードである。また、電気推進モードでは電動発電機 1 9 を回転数制御することが必要であり、推進加勢モード、並列モード、及び軸発モードでは、電動発電機 1 9 を電力制御することが必要である。

[0088] 図 7 A の機械推進モードでは、主機 1 7 が動作し、主発電機 1 8 が動作し、電動発電機 1 9 が停止する。この機械推進モードでは、主機 1 7 が回転動力を減速装置 2 0 を介してプロペラ 1 1 に供給する。主発電機 1 8 は、船内母線 2 2 を介して船内電力負荷 2 1 (図 1) に電力を供給する。このように

、プロペラ 11 の推力は主機 17 の回転動力により与えられ、船内電力負荷 21 の電力は主発電機 18 から与えられる。

[0089] 図 7 B の電気推進モードでは、主機 17 が停止し、主発電機 18 が動作し、電動発電機 19 が電動動作する。この電気推進モードでは、主発電機 18 は、船内母線 22 を介して船内電力負荷 21 に電力を供給すると共に、電力変換装置 25 を介して電動発電機 19 に電力を供給する。電動発電機 19 は、主発電機 18 からの電力を受けて回転動力を発生し、減速装置 20 を介してプロペラ 11 に回転動力を供給する。このため、プロペラ 11 の推力は電動発電機 19 の回転動力により与えられる。一般に、電動発電機 19 の出力は主機 17 の出力より小さく設計されるため、電気推進モードの供給可能推力は図 7 A の機械推進モードより小さくなる。

[0090] 図 7 C の推進加勢モードでは、主機 17 が動作し、主発電機 18 が動作し、電動発電機 19 が電動動作する。この推進加勢モードでは、主発電機 18 は、船内母線 22 を介して船内電力負荷 21 に電力を供給すると共に、電動発電機 19 に電力を供給する。電動発電機 19 および主機 17 は、回転動力を、減速装置 20 を介してプロペラ 11 に回転動力を供給する。このように、プロペラ 11 の推力は主機 17 の回転動力に加えて電動発電機 19 の回転動力によっても与えられるため、推進加勢モードの供給可能推力は図 7 A の機械推進モードより大きくなる。

[0091] 図 7 D の並列モードでは、主機 17 が動作し、主発電機 18 が動作し、電動発電機 19 が発電動作する。この並列モードでは、主発電機 18 は、船内母線 22 を介して船内電力負荷 21 に電力を供給する。主機 17 はプロペラ 11 および電動発電機 19 に回転動力を供給する。電動発電機 19 は、主機 17 からの回転動力を受けて発電し、電力を、電力変換装置 25 および船内母線 22 を介して船内電力負荷 21 に供給する。このように、電力は主発電機 18 に加えて電動発電機 19 からも船内電力負荷 21 に与えられるため、並列モードの供給可能電力は図 7 A の機械推進モードより大きくなる。

[0092] 図 7 E の軸発モードでは、主機 17 が動作し、主発電機 18 が停止し、電

動発電機 19 が発電動作する。この軸発モードでは、主機 17 はプロペラ 11 および電動発電機 19 に回転動力を供給する。電動発電機 19 は、主機 17 からの回転動力を受けて発電し、電力を、電力変換装置 25 および船内母線 22 を介して船内電力負荷 21 に供給する。このように、電力は電動発電機 19 のみから与えられる。電動発電機 19 の出力が主発電機 18 の出力より小さく設計されている場合には、軸発モードの供給可能電力は図 7 A の機械推進モードより小さくなる。

[0093] 次に、各運転モードにおける制御方法について説明する。図 8 は、実施の形態 3 に係る移動体のハイブリッド推進システム 10 の制御器 14 を概略的に示すブロック図である。なお、図 8 では、レートリミッタ 146 が制御器 14 に設けられているが、実施の形態 1 と同様に設けられていなくてもよい。

[0094] 図 7 B に示す電気推進モードでは、主機 17 が停止し、電動発電機 19 が電動動作している。この場合、電動発電機 19 が動力をプロペラ 11 に供給し推進力を得ている。電動発電機 19 はプロペラ 11 の唯一の動力源であるから、プロペラ 11 の速度超過防止のために、電動発電機 19 の回転数を制御する必要がある。よって、図 8 のモード選択部 144 では、回転数制御のモード指令に応じて回転数制御モードが選択される。これにより、第 1 電力指令値出力部 140 からの電力指令値 P_c がドループ制御部 145 に入力される。このため、図 11 の表に示すように、電気推進モードでは、回転数制御モードに基づいたドループ特性線によって第 1 電力変換器 25 a がドループ制御される。

[0095] ただし、海象条件が静穏な場合、あるいはプロペラ 11 の推力が比較的小さな場合など、プロペラ 11 の速度超過の恐れがないことが明白な状況では、電気推進モード時に電力制御モードを選択することもできる。一般に、電力制御は回転数制御より電力の変動が小さいため、燃費を改善することができる。この場合は、第 2 電力指令値出力部 141 からの電力指令値 P_c がドループ制御部 145 に入力されるようにすればよい。

[0096] 図7Cに示す推進加勢モードでは、主機17が動作し、電動発電機19が電動動作している。このため、主機17および電動発電機19が動力をプロペラ11に供給し推進力を得ている。このように複数の原動機（主機17、電動発電機19）がプロペラ11の駆動軸に連結されている場合、主機17および電動発電機19の両方を回転数制御モードすると、制御が干渉し、過負荷などの問題がある。このため、動力の大きな主機17を回転数制御し、電動発電機19を電力制御する。よって、図8のモード選択部144では、電力制御のモード指令に応じて電力制御モードが選択される。これにより、第2電力指令値出力部141からの電力指令値 P_c がドループ制御部145に入力される。このため、図11の表に示すように、推進加勢モードでは、電力制御に基づいたドループ特性線によって第1電力変換器25aがドループ制御される。

[0097] ただし、推進加勢モードにおいて、理論的には主機17が推力を制御し、電動発電機19を回転数制御することも可能である。この場合は、第1電力指令値出力部140からの電力指令値 P_c がドループ制御部145に入力されるようにすればよい。

[0098] 図7Eに示す軸発モードでは、電力系統に電力を供給する他の機器が接続されていない。この場合、需要を賄うように、電動発電機19を電力制御する。このため、図8のモード選択部144では、電力制御のモード指令に応じて電力制御モードが選択される。これにより、第2電力指令値出力部141からの電力指令値 P_c がドループ制御部145に入力される。このため、図11の表に示すように、軸発モードでは、電力制御に基づいたドループ特性線によって第1電力変換器25aがドループ制御される。

[0099] 図7Dに示す並列モードおよび図7Eに示す軸発モードでは、電力供給が電力需要を満たすようにPMS24が各発電設備18、19に発電要求を出力する。モード選択部144では、電力制御のモード指令としてのPMS24からの発電要求に応じて電力制御モードが選択される。そして、第2電力指令値出力部141からの電力指令値 P_c がドループ制御部145に入力さ

れる。これにより、図 11 の表に示すように、並列モードおよび軸発モードでは、電力制御に基づいたドループ特性線によって第 1 電力変換器 25a がドループ制御される。

[0100] 次に、運転モードの遷移時の制御方法について説明する。ハイブリッド推進システム 10 の運転モードは、たとえば、運転モードの供給可能能力、燃費および冗長度などにより設定される。たとえば、需要より大きな供給可能能力を有し、燃費が良く、必要な冗長度を満たす運転モードに設定される。このため、最も燃費が良い運転モードに遷移したり、需要を賄う運転モードへ遷移したりする。この運転モードの遷移は、操作者が入力部 29 を操作することによって、または、PMS 24 からの発電要求などに基づいて、実行される。入力部 29 が操作された場合、運転モードに対応する電動発電機 19 の制御モードのモード指令が入力部 29 から制御器 14 のモード選択部 144 に入力される。モード選択部 144 は、モード指令に応じて回転数制御モードまたは電力制御モードを選択する。

[0101] たとえば、電気推進モードまたは推進加勢モードから並列モードまたは軸発モードに遷移する場合、電動発電機 19 は電動動作から発電動作へ動作形態が切り替えられる。この際、図 8 のモード選択部 144 は、PMS 24 からの発電要求、または、制御器 14 や入力部 29 からのモード指令に応じて電力制御モードを選択し、電動発電機 19 を発電動作させる。

[0102] また、電気推進モードから推進加勢モード、並列モードまたは軸発モードへ遷移する場合、電動発電機 19 の制御モードは回転数制御モードから電力制御モードへ切り替えられる。この際、図 8 のモード選択部 144 は、制御器 14 や入力部 29 からのモード指令に応じて電力制御モードを選択する。

[0103] 上記実施の形態によれば、電気推進モードでは回転数制御モードにより電動発電機 19 を制御することにより、推進力を制御することができる。

[0104] また、推進加勢モードのように複数の原動機がプロペラ 11 に動力を供給する場合、主機 17 を回転数制御し、電動発電機 19 を電力制御している。これにより、過負荷などの問題を防止することができる。

[0105] さらに、軸発モードのように発電動作する電動発電機 19 により電力が賄われる場合、電動発電機 19 を電力制御する。これにより、停電または電動発電機 19 の過負荷を防止することができる。また、PMS 24 から電力要求が出力された場合、電動発電機 19 を電力制御する。これにより、停電または電動発電機 19 の過負荷を防止することができる。

[0106] (実施の形態 4)

実施の形態 4 に係る移動体のハイブリッド推進システム 10 では、推進機 11 の駆動軸に作用する負荷または推進機 11 の回転数の周期的な変動に基づいて、電動発電機 19 の制御モードを設定する。

[0107] 具体的には、制御器 14 は、プロペラ 11 の駆動軸に作用する荷重、または、プロペラ 11 の回転数を適宜なセンサ（図示せず）によって検出し、その周期的な変動分を検出する。通常、船舶が推進するためには、プロペラ 11 が荷重を受けながら回転する。ただし、波浪など海象条件が悪い場合、プロペラ 11 が海面上に浮上する状態（プロペラレーシング）になる。これにより、プロペラ 11 に作用する荷重が低下したり、プロペラ 11 の回転数が非常に大きくなったりする。このプロペラレーシングは、船体が揺れることにより、繰り返し起こるため、荷重および回転数は周期的に変動する。

[0108] よって、制御器 14 は、荷重の周期的な変動分、または、回転数の変動分を検出する。そして、周期的な変動分（変動の振幅）が所定の閾値以上である場合、図 8 のモード選択部 144 は、回転数制御モードを選択し、第 1 電力指令値出力部 140 からの電力指令値 P_c を選択してドループ制御部 145 へ出力する。これにより、電動発電機 19 が回転数制御され、ハイブリッド推進システム 10 は電気推進モードで運転される。

[0109] これにより、主機 17 が停止し、電動発電機 19 が電動動作することにより、電動発電機 19 がプロペラ 11 を回転する。電動発電機 19 は回転数制御されるため、プロペラ 11 の回転数が一定に維持される。よって、プロペラ 11 の速度超過を防止することができる。

[0110] (実施の形態 5)

実施の形態５に係る移動体のハイブリッド推進システム１０は、推進機１１の駆動軸の回転速度に基づいて、電動発電機１９の制御モードを選択する。図９は、実施の形態５に係る移動体のハイブリッド推進システム１０を概略的に示すブロック図である。

[0111] 図９に示すように、制御器１４は、推進機１１を駆動する駆動軸の回転速度を回転速度検出器１１ａにより検出する。この回転速度が所定の閾値以上である場合、図８に示すように、モード選択部１４４は、第１電力指令値出力部１４０からの電力指令値 P_c を選択してドループ制御部１４５へ出力する。これにより、電動発電機１９が回転数制御されることにより、プロペラ１１の速度超過を防止することができる。ただし、推進加勢モードのように複数の原動機がプロペラ１１に動力を供給する場合、主機１７を回転数制御し、電動発電機１９を電力制御してもよい。

[0112] (実施の形態６)

実施の形態６に係る移動体のハイブリッド推進システム１０は、制御モードの切り替え時に、レバー１２からの回転数指令または電力指令を一時的に無効化する。図１０は、実施の形態６に係る移動体のハイブリッド推進システム１０の制御器１４を概略的に示すブロック図である。なお、図１０では、レートリミッタ１４６が制御器１４に設けられているが、実施の形態１と同様に設けられていなくてもよい。

[0113] レバー１２は、回転数指令値および電力指令値の入力機器である。電動発電機１９が回転数制御される場合、レバー１２の操作量に基づいて第１電力指令値出力部１４０の回転数指令値生成部１４２が回転数指令値を生成する。電動発電機１９が電力制御される場合、レバー１２の操作量に基づいて第２電力指令値出力部１４１が電力指令値を設定する。ただし、電動発電機１９の制御モードが切り替えられる際、レバー１２から入力された回転数指令および電力指令は一時的に無効化される。

[0114] 具体的には、たとえば、ハイブリッド推進システム１０の運転モードを電気推進モードへ遷移させる操作が入力部２９になされると、モード指令が入

力部 29 からモード選択部 144 に入力される。モード選択部 144 は、モード指令に基づいて電力制御モードから回転数制御モードへ切り替える。これにより、モード選択部 144 から出力される電力指令値 P_c は、第 2 電力指令値出力部 141 からの電力指令値から第 1 電力指令値出力部 140 からの電力指令値に切り替わる。そして、レバー位置判定部 147 は、第 1 切換部 149 において“NO”に設定する。これにより、回転数指令値生成部 142 からの回転数指令値 n_c が P I D 制御部 143 に入力されないため、レバー 12 の操作量に基づく回転数指令値 n_c の設定が無効化される。

[0115] また、第 1 切換部 149 において“NO”に設定されると、切り替わる直前の時点における電動発電機 19 の回転数の実際値 n が仮の回転数指令値として、第 1 メモリ 148 から P I D 制御部 143 に入力される。P I D 制御部 143 において、仮の回転数指令値と、電動発電機 19 からの回転数の実際値との偏差、微分処理および積分処理により仮の電力指令値が生成される。

[0116] なお、第 1 電力指令値出力部 140 が積分要素を備える。これにより、P I D 制御部 143 の積分処理では、電力制御モードから回転数制御モードに切り替わる場合、仮の電力指令値が、切り替わる直前の時点における実際の対系統授受電力に一致するように、積分要素に値を設定する。

[0117] そして、ドループ制御部 145 は、P I D 制御部 143 から入力された仮の電力指令値に基づきドループ特性線を設定し、このドループ特性線を用いて第 1 電力変換器 25 a を制御する。これにより、電力指令値の急激な変化を防止しつつ、ドループ制御が継続する。

[0118] このように無効化の間、レバー 12 の操作量に基づく回転数指令値 n_c は、P I D 制御部 143 へ出力されないが、レバー位置判定部 147 に入力される。そして、レバー位置判定部 147 は、この回転数指令値 n_c を、第 1 メモリ 148 の仮の回転数指令値と比較する。そして、回転数指令値 n_c が、仮の回転数指令値に一致するまで、または、レバー 12 が離散的な操作量を与える場合は仮の回転数指令値に最も近い値になるまで、レバー 12 が操

作されると、レバー位置判定部 147 は第 1 切換部 149 において “YES” に設定する。これにより、回転数指令値生成部 142 からの回転数指令値 n_c が PID 制御部 143 に入力され、レバー 12 の無効化が解除される。

[0119] 一方、ハイブリッド推進システム 10 の運転モードを電気推進モードから遷移させる操作が入力部 29 になされると、モード指令が入力部 29 からモード選択部 144 へ出力される。モード選択部 144 は、モード指令に基づいて回転数制御モードから電力制御モードへ切り替える。これにより、モード選択部 144 から出力される電力指令値 P_c が、第 1 電力指令値出力部 140 からの電力指令値から第 2 電力指令値出力部 141 からの電力指令値に切り替わる。そして、レバー位置判定部 147 は、第 2 切換部 151 において “NO” に設定する。これにより、第 2 電力指令値出力部 141 からの電力指令値 P_c がドループ制御部 145 に入力されないため、レバー 12 の操作量による電力指令値 P_c の設定が無効化される。

[0120] また、第 2 切換部 151 において “NO” に設定されると、切り替わる直前の時点における対系統授受電力の実際値 P が仮の電力指令値として、第 2 メモリ 150 からドループ制御部 145 に入力される。これにより、この仮の電力指令値 P_c に基づきドループ特性線が設定され、ドループ特性線を用いて第 1 電力変換器 25a が制御されて、電力指令値の急激な変化を防止しつつ、ドループ制御が継続する。

[0121] このように無効化の間、レバー 12 の操作量に基づく電力指令値 P_c は、ドループ制御部 145 へ出力されないが、レバー位置判定部 147 に入力される。そして、レバー位置判定部 147 は、この電力指令値 P_c と、第 2 メモリ 150 の仮の電力指令値とを比較する。電力指令値 P_c が仮の電力指令値に一致するまで、または、レバー 12 が離散的な操作量を与える場合は仮の電力指令値に最も近い値になるまで、レバー 12 が操作されると、レバー位置判定部 147 は第 2 切換部 151 において “YES” に設定する。これにより、第 2 電力指令値出力部 141 からの電力指令値 P_c がドループ制御部 145 に入力されて、レバー 12 の無効化が解除される。

[0122] 上記構成によれば、回転数指令値の入力および電力指令値の入力に共通のレバー 12 が用いられた。これにより、ハイブリッド推進システム 10 の運転モードや電動発電機 19 の制御モードに応じて操作者はレバー 12 を変更することなく、1 つのレバー 12 で操作することができる。

[0123] また、電動発電機 19 の制御モードの切り替え時にレバー 12 が無効化される。これにより、操作者が意図しない指令値が入力されることを防止することができる。

[0124] なお、図 10 に示すように、移動体のハイブリッド推進システム 10 は操作卓 23 に設けられた表示部 28 をさらに備えていてもよい。この場合、レバー 12 が無効化されている間、この無効化の情報が表示部 28 に表示される。これにより、レバー 12 が無効化されていることを操作者に知らせることができる。

[0125] また、電動発電機 19 だけでなく、原動機（主機 17）の回転数指令または燃料供給量指令を入力する機器として、レバー 12 を用いることもできる。たとえば、レバー 12 の操作領域を停止位置から近い順に第一の部分、第二の部分、第三の部分に分けることができる。レバー 12 が第一の部分にある場合は電気推進モードとし、電動発電機 19 を回転数制御モードまたは電力制御モードで電動させる。レバー 12 が第二の部分にある場合は並列モードとし、主機 17 を回転数制御または燃料供給量制御し、電動発電機 19 を電力制御モードで発電させる。レバー 12 が第三の部分にある場合は推進加勢モードとし、主機 17 を回転数制御または燃料供給量制御し、電動発電機 19 を電力制御モードで電動させる。

[0126] これにより、レバー 12 の操作位置を停止位置から遠ざけるほど、プロペラ推力は大きくなり、また、推力に応じて必要なモード遷移が同時に行われる。このため、操作者の操作性に優れる。

[0127] また、プロペラ 11 の翼角（ピッチ）を入力する機器としてレバー 12 を用いることもできる。このプロペラ 11 は、可変ピッチプロペラ(CPP) 11 である。また、原動機（主機 17）の回転数は所定値に設定されている。また

、レバー 12 の操作量とプロペラ 11 の翼角との関係は予め定められている。この所定の関係に基づいて、操作者によるレバー 12 の操作量に応じたプロペラ 11 の翼角が求められる。そして、翼角がピッチ角調整機構（図示せず）に出力されて、プロペラ 11 の翼角が制御される。このように、レバー 12 によって、プロペラ 11 の翼角も設定することができるため、操作者の操作性に優れる。

[0128] また、原動機（主機 17）の回転数指令値およびプロペラ 11 の翼角（ピッチ）を入力する機器としてレバー 12 を用いることもできる。このプロペラ 11 は、可変ピッチプロペラ 11 である。また、レバー 12 の操作量と原動機の回転数およびプロペラ 11 の翼角との関係（コンビネーションカーブ）は予め定められている。この所定のコンビネーションカーブに基づいて、レバー 12 の操作量に応じた原動機の回転数およびプロペラ 11 の翼角が求められる。そして、翼角がピッチ角調整機構に出力されて、プロペラ 11 の翼角が制御される。また、回転数指令値によって、原動機の回転数を制御する。このように、レバー 12 によって、原動機の回転数およびプロペラ 11 の翼角を同時に設定することができるため、効率の良い回転数および翼角を保った状態でハイブリッド推進システム 10 を制御することができる。

[0129] なお、上記全実施の形態は、互いに相手を排除しない限り、互いに組み合わせてもよい。

[0130] 上記説明から、当業者にとっては、本発明の多くの改良や他の実施の形態が明らかである。従って、上記説明は、例示としてのみ解釈されるべきであり、本発明を実行する最良の態様を当業者に教示する目的で提供されたものである。本発明の精神を逸脱することなく、その構造及び／又は機能の詳細を実質的に変更できる。

産業上の利用可能性

[0131] 本発明の移動体のハイブリッド推進システムは、双方向電力変換装置 25 の制御をシームレスに切替可能な移動体のハイブリッド推進システム等として有用である。

符号の説明

[0132]	1 0	ハイブリッド推進システム
	1 1	プロペラ（推進機）
	1 4	制御器
	1 7	主機
	1 8	主発電機（電力系統）
	1 9	電動発電機
	2 5	電力変換装置
	2 5 a	第1 電力変換器
	2 5 b	第2 電力変換器
	1 4 0	第1 電力指令値出力部
	1 4 1	第2 電力指令値出力部
	1 4 4	モード選択部
	1 4 5	ドループ制御部

請求の範囲

- [請求項1] 移動体を推進する推進機を回転力によって駆動する駆動軸に動力伝達可能に接続された電動発電機と、
- 交流端が電力系統に接続され且つ直流端が直流中間部に接続された第1電力変換器と、
- 直流端が前記直流中間部に接続され且つ交流端が前記電動発電機に接続された第2電力変換器と、
- 回転数指令値を設定可能であり、設定された回転数指令値に対する前記電動発電機の回転数の偏差に基づいて電力指令値を出力する第1電力指令値出力部と、
- 電力指令値を設定可能であり、設定された電力指令値を出力する第2電力指令値出力部と、
- 前記第1電力指令値出力部からの電力指令値と前記第2電力指令値出力部からの電力指令値とを選択して出力するモード選択部と、
- 前記モード選択部から出力される電力指令値に基づいて前記第1電力変換器をドループ制御するドループ制御部と、
- 前記直流中間部の電圧が一定になるように前記第2電力変換器を制御するよう構成された第2電力変換器制御部と、を備えている、移動体のハイブリッド推進システム。
- [請求項2] 前記ドループ制御部は、前記電力指令値に基づいて、前記電力系統の周波数と前記第1電力変換器が前記電力系統に対し授与又は受給する前記電動発電機の発電電力又は電動電力（以下、対系統授受電力という）とが、前記電力系統の周波数目標値と前記対系統授受電力の目標値との関係を示すドループ特性線上の一点となるように制御するよう構成されている、請求項1に記載の移動体のハイブリッド推進システム。
- [請求項3] 前記ドループ特性線は、前記電力系統の標準周波数に対しては電力指令値に設定し、前記標準周波数より高い周波数に対しては電力指令

値より小さい前記電動発電機の発電電力又は電力指令値より大きい電動電力に設定し、前記標準周波数より低い周波数に対しては電力指令値より大きい前記電動発電機の発電電力又は電力指令値より小さい電動電力に設定される、請求項 2 に記載の移動体のハイブリッド推進システム。

[請求項4] 前記ドループ制御部は、前記電力系統の周波数を、実際の前記対系統授受電力と前記ドループ特性線とから求まる周波数になるように制御するよう構成されている、請求項 2 または 3 に記載の移動体のハイブリッド推進システム。

[請求項5] 前記ドループ制御部は、前記対系統授受電力を、実際の前記電力系統の周波数と前記ドループ特性線とから求まる前記対系統授受電力になるように制御するよう構成されている、請求項 2 または 3 に記載の移動体のハイブリッド推進システム。

[請求項6] 前記モード選択部から出力される電力指令値が、前記第 1 電力指令値出力部からの電力指令値と前記第 2 電力指令値出力部からの電力指令値との間で切り替わる場合、前記ドループ制御部に入力される前記電力指令値が連続的に変化するように構成されている、請求項 2 ～ 4 のいずれか一項に記載の移動体のハイブリッド推進システム。

[請求項7] 前記モード選択部から出力される前記電力指令値を、その変化を制限して前記ドループ制御部に入力するレートリミッタをさらに備える、請求項 6 に記載の移動体のハイブリッド推進システム。

[請求項8] 前記推進機を駆動する前記駆動軸に動力伝達可能に接続された原動機をさらに備え、

前記原動機が動作し且つ回転数制御される場合、前記モード選択部は、前記第 2 電力指令値出力部からの電力指令値を選択して出力するように構成されている、請求項 2 ～ 7 のいずれか一項に記載の移動体のハイブリッド推進システム。

[請求項9] 前記電力系統に電力を供給する他の機器が接続されていない場合、

前記モード選択部は、前記第 2 電力指令値出力部からの電力指令値を選択して出力するように構成されている、請求項 2～7 のいずれか一項に記載の移動体のハイブリッド推進システム。

[請求項10] 前記移動体は、電力供給が電力需要を満たすように各発電設備に発電要求を出力するパワーマネジメントシステムを有し、

前記モード選択部は、前記パワーマネジメントシステムから前記発電要求を受けた場合は、前記第 2 電力指令値出力部からの電力指令値を選択して出力するよう構成されている、請求項 2～7 のいずれか一項に記載の移動体のハイブリッド推進システム。

[請求項11] 前記推進機を駆動する前記駆動軸に作用する負荷または前記推進機の回転数の周期的な変動分を検出し、前記変動の振幅が所定の閾値以上である場合、前記モード選択部は、前記第 1 電力指令値出力部からの電力指令値を選択して出力するように構成されている、請求項 2～7 のいずれか一項に記載の移動体のハイブリッド推進システム。

[請求項12] 前記推進機を駆動する前記駆動軸の回転速度を検出し、前記回転速度が所定の閾値以上である場合、前記モード選択部は、前記第 1 電力指令値出力部からの電力指令値を選択して出力するように構成されている、請求項 2～7 のいずれか一項に記載の移動体のハイブリッド推進システム。

[請求項13] レバーをさらに備え、

前記第 1 電力指令値出力部は、前記レバーの操作量に基づいて前記回転数指令値を設定し、

前記第 2 電力指令値出力部は、前記レバーの操作量に基づいて前記電力指令値を設定するように構成されている、請求項 2～12 のいずれか一項に記載の移動体のハイブリッド推進システム。

[請求項14] 前記モード選択部から出力される電力指令値が、前記第 1 電力指令値出力部からの電力指令値と前記第 2 電力指令値出力部からの電力指令値との間で切り替わる場合、前記レバーの操作による前記回転数指

令値または前記電力指令値の設定を無効化し、

前記切り替わる直前の時点における実際の前記電動発電機の回転数を仮の回転数指令値に設定し、前記レバーの操作量に対応する前記第 1 電力指令値出力部からの前記回転数指令値が、前記仮の回転数指令値に一致するまで、または、レバーが離散的な操作量を与える場合は前記仮の回転数指令値に最も近い値に対応する操作量となる位置まで、前記レバーが操作された時点で前記無効化を解除する、または、

前記切り替わる直前の時点における実際の前記対系統授受電力を仮の電力指令値に設定し、前記レバーの操作量に対応する前記第 2 電力指令値出力部からの電力指令値が、前記仮の電力指令値に一致するまで、または、レバーが離散的な操作量を与える場合は前記仮の電力指令値に最も近い値に対応する操作量となる位置まで、前記レバーが操作された時点で前記無効化を解除するよう構成されている、請求項 1 3 に記載の移動体のハイブリッド推進システム。

[請求項15] 第 1 電力指令値出力部が積分要素を備え、前記モード選択部から出力される電力指令値が、前記第 2 電力指令値出力部からの電力指令値から前記第 1 電力指令値出力部からの電力指令値に切り替わる場合、前記第 1 電力指令値出力部からの電力指令値が前記切り替わる直前の時点における実際の前記対系統授受電力に一致するよう、前記積分要素の値を設定するように構成されている、請求項 1 4 に記載の移動体のハイブリッド推進システム。

[請求項16] 表示部をさらに備え、
前記レバーの操作による前記回転数指令値または前記電力指令値の設定が無効化されている間、当該無効化を前記表示部に表示するように構成されている、請求項 1 4 または 1 5 に記載の移動体のハイブリッド推進システム。

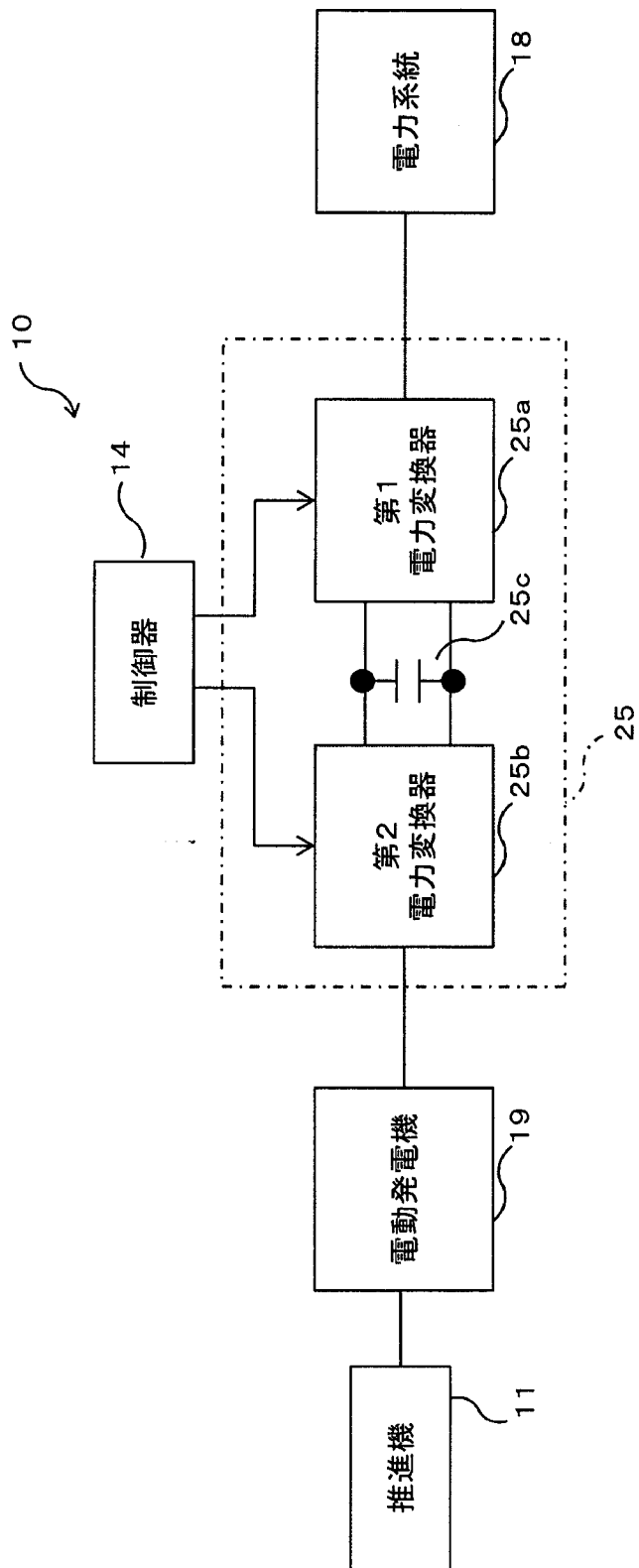
[請求項17] 前記移動体が船舶である、請求項 1 3 ～ 1 6 のいずれか一項に記載の移動体のハイブリッド推進システム。

- [請求項18] 前記レバーは、前記駆動軸に動力伝達可能に接続された原動機の回転数指令または燃料供給量指令をさらに兼ねている、請求項17に記載の移動体のハイブリッド推進システム。
- [請求項19] 前記推進機は可変ピッチプロペラであり、
前記レバーは、前記可変ピッチプロペラの翼角指令をさらに兼ねている、請求項17に記載の移動体用のハイブリッド推進システム。
- [請求項20] 前記推進機は可変ピッチプロペラであり、
前記レバーは、前記駆動軸に動力伝達可能に接続された原動機の回転数指令と前記可変ピッチプロペラの翼角指令とを、所定のコンビネーションカーブに沿って同時に指令する機能をさらに兼ねている、請求項17に記載の移動体のハイブリッド推進システム。
- [請求項21] 移動体を推進する推進機を回転力によって駆動する駆動軸に動力伝達可能に接続された電動発電機と、
交流端が電力系統に接続され且つ直流端が直流中間部に接続された第1電力変換器と、
直流端が前記直流中間部に接続され且つ交流端が前記電動発電機に接続された第2電力変換器と、を備える移動体のハイブリッド推進システムの制御方法であって、
回転数指令値を設定し、設定された回転数指令値に対する前記電動発電機の回転数の偏差に基づいて電力指令値を出力する第1電力指令値出力ステップと、
電力指令値を設定し、設定された電力指令値を出力する第2電力指令値出力ステップと、
前記第1電力指令値出力ステップの電力指令値と前記第2電力指令値出力ステップの電力指令値とを選択して出力するモード選択ステップと、
前記モード選択ステップによって出力される電力指令値に基づいて前記第1電力変換器をドループ制御するドループ制御ステップと、

前記直流中間部の電圧が一定になるように前記第 2 電力変換器を制御する第 2 電力変換器制御ステップとを含む、移動体のハイブリッド推進システムの制御方法。

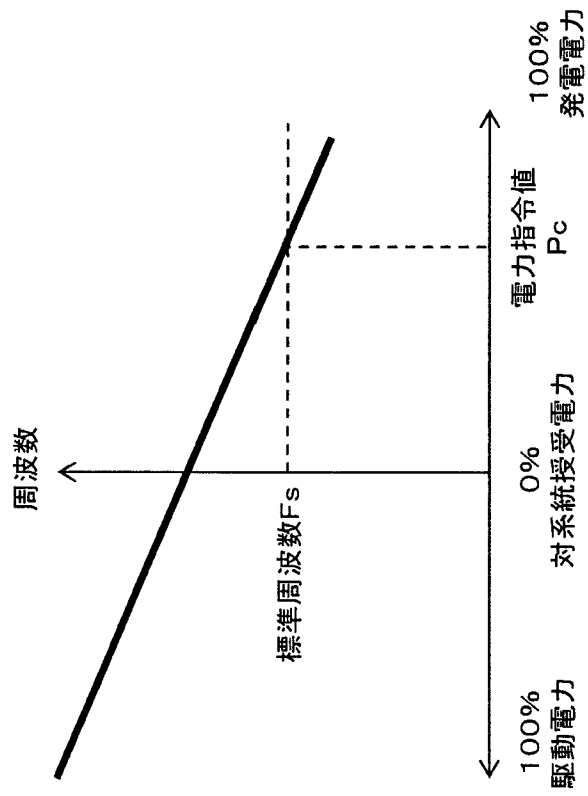
[請求項22] 前記ドループ制御ステップにおいて、前記電力指令値に基づいて、前記電力系統の周波数と前記第 1 電力変換器が前記電力系統に対し授与又は受給する前記電動発電機の発電電力又は電動電力（以下、対系統授受電力という）が、前記電力系統の周波数目標値と前記対系統授受電力の目標値との関係を示すドループ特性線上の一点となるように制御する、請求項 2 1 に記載の移動体のハイブリッド推進システムの制御方法。

[図1]

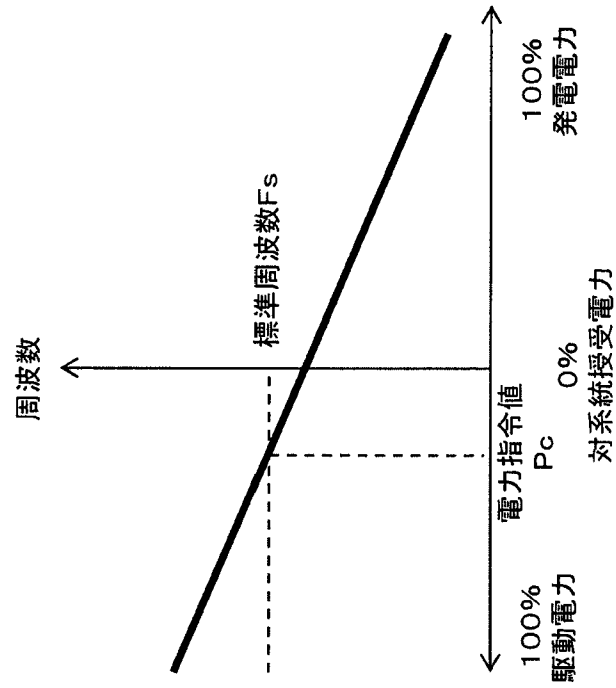


[図2]

(図2A)

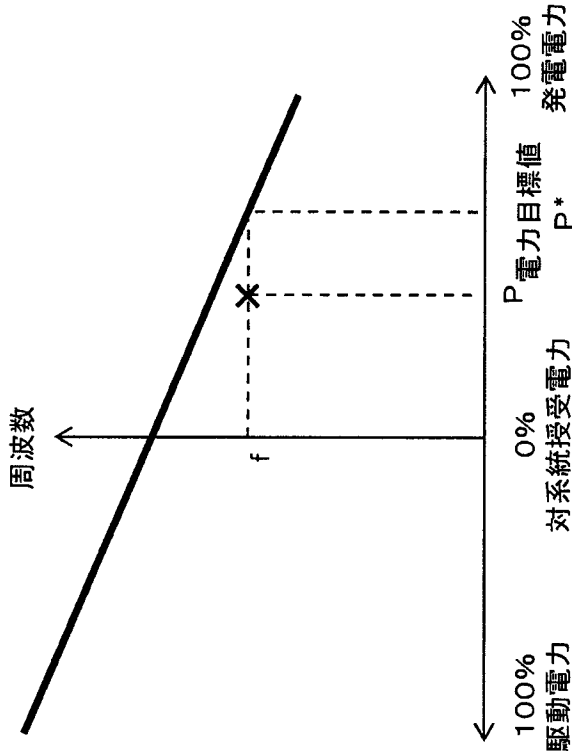


(図2B)

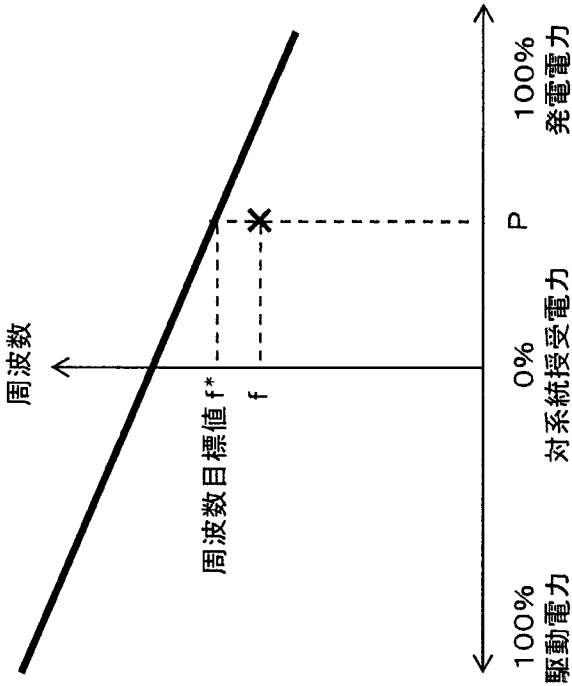


[図3]

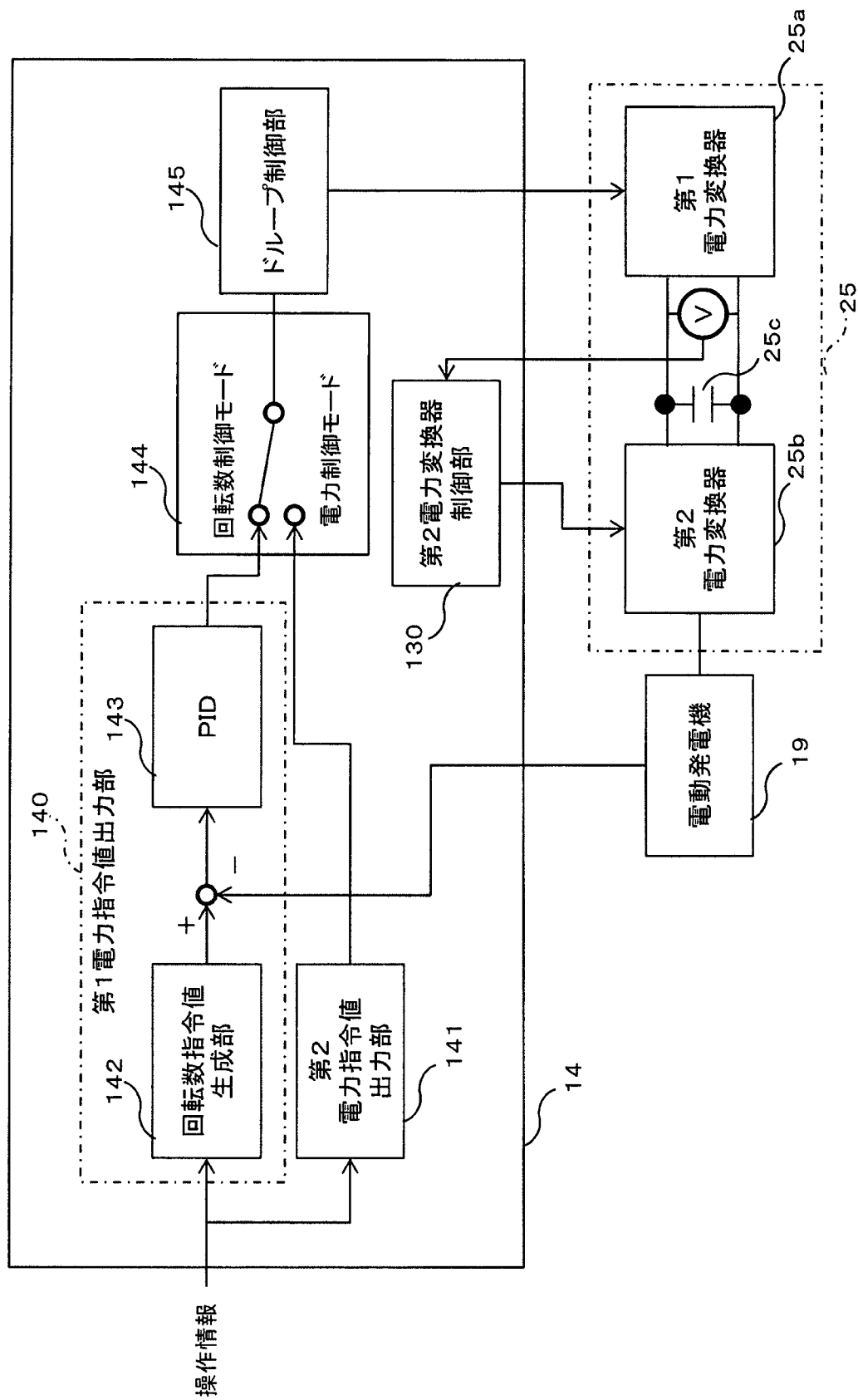
(図3B)



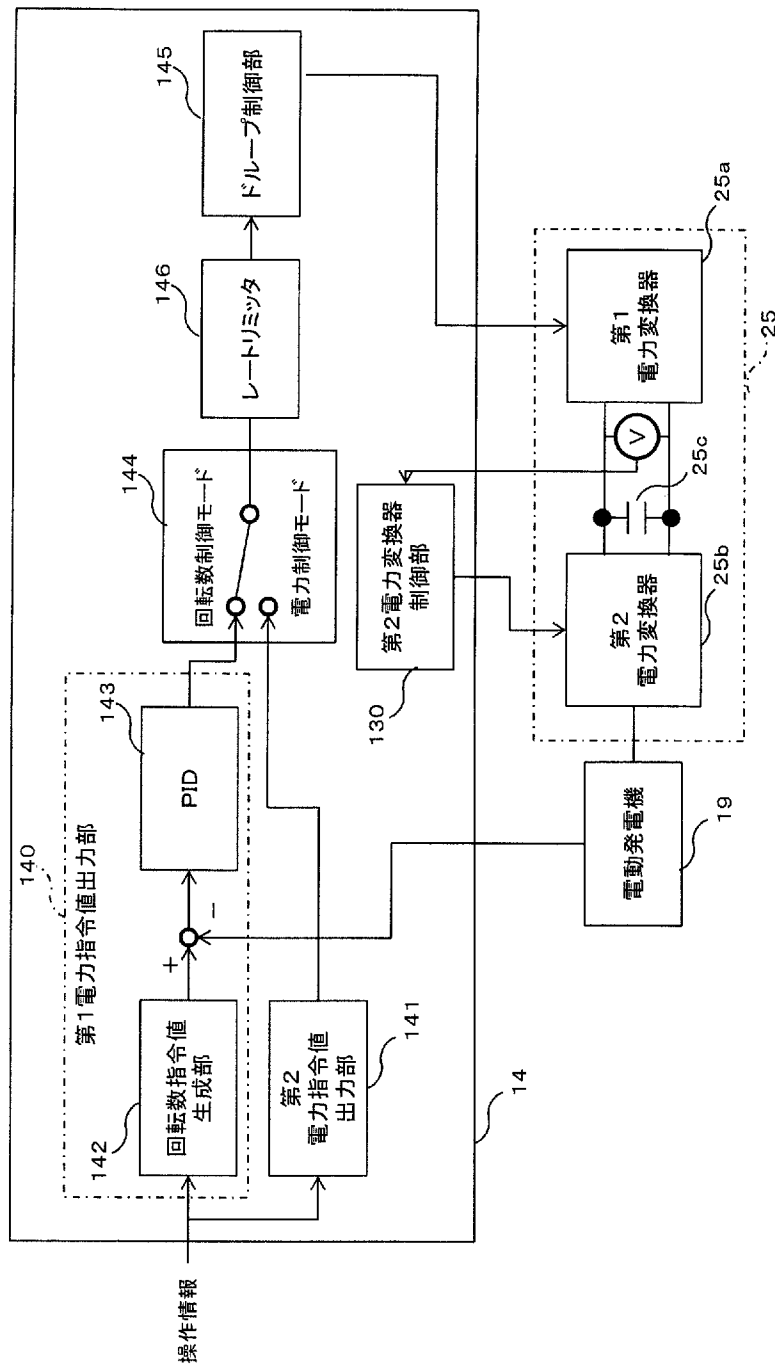
(図3A)



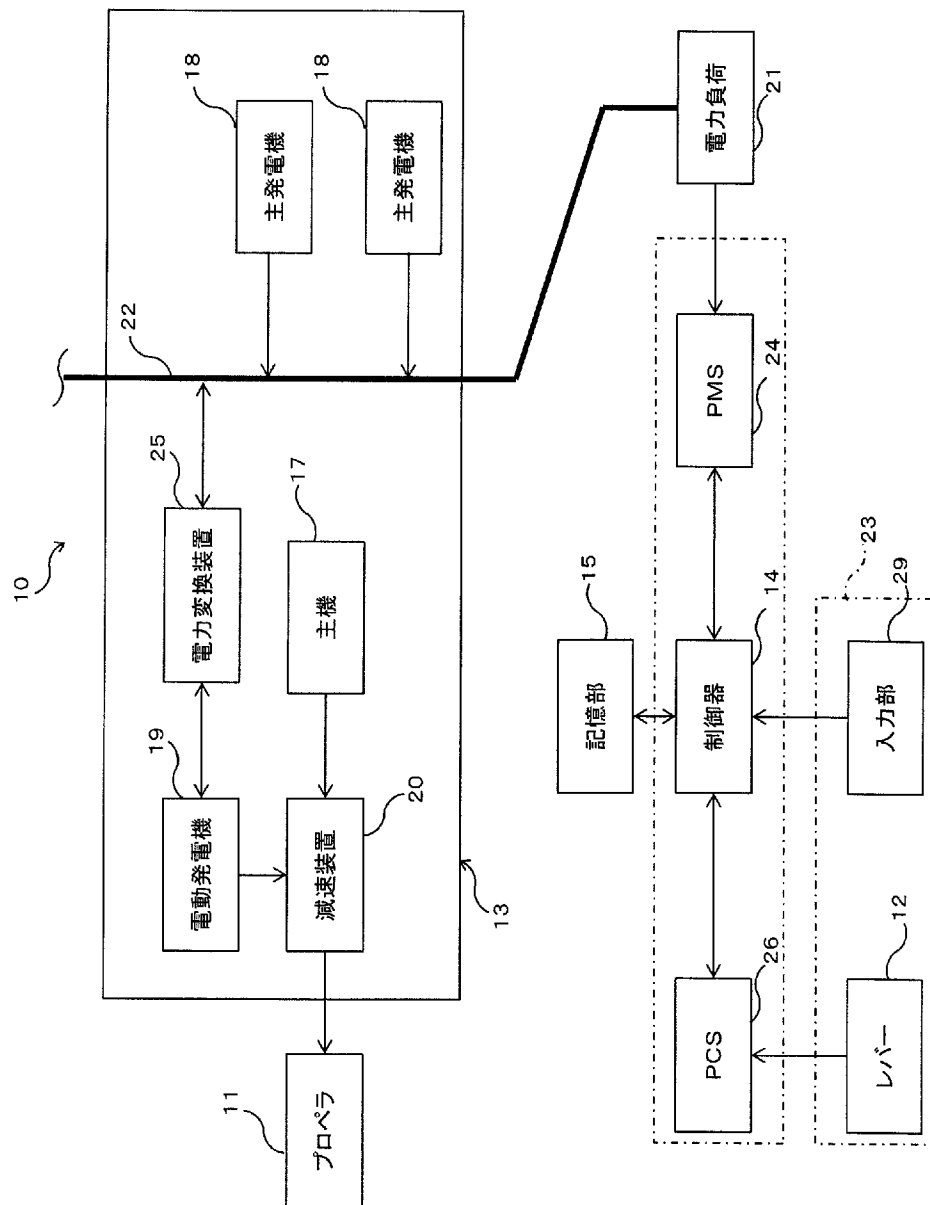
[図4]



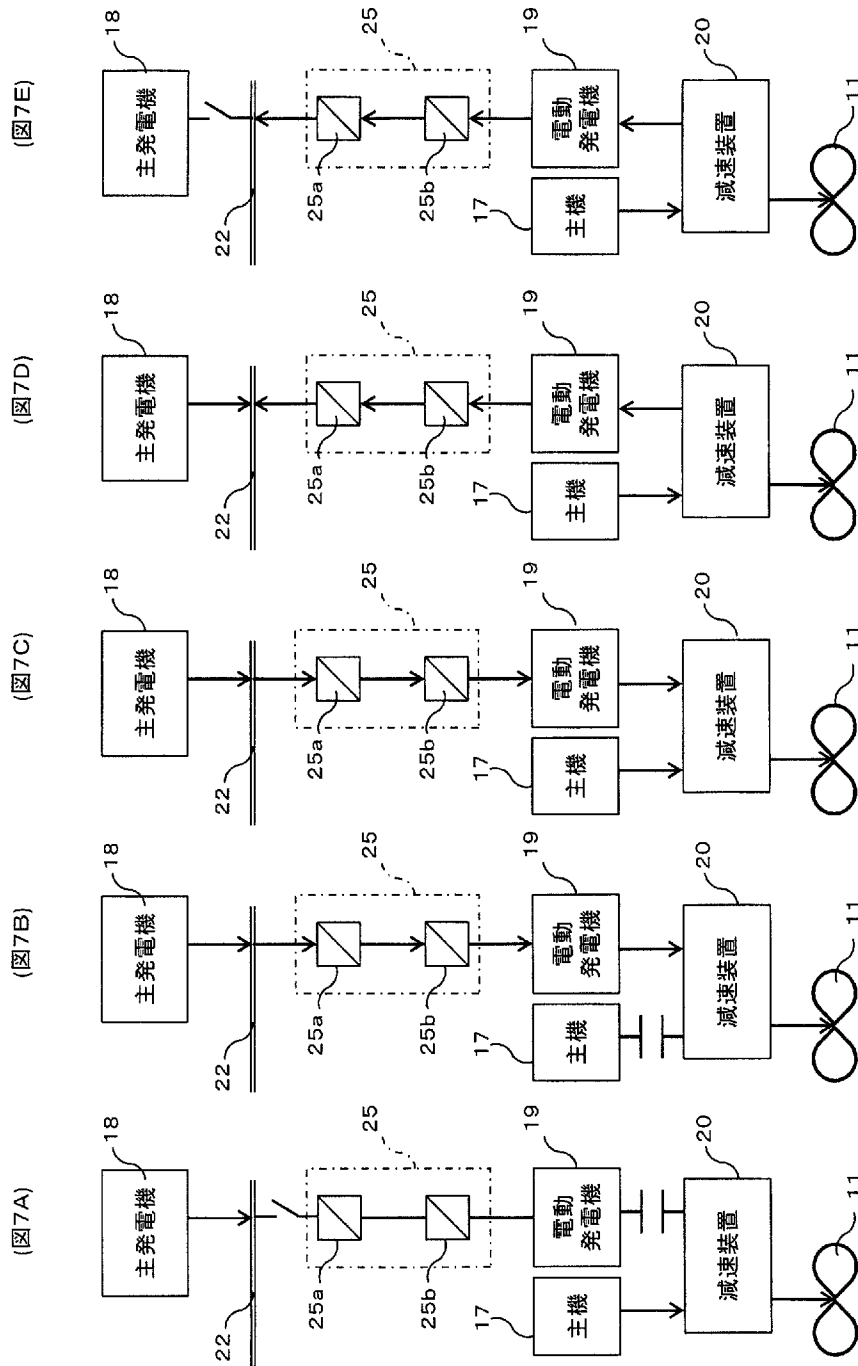
[図5]



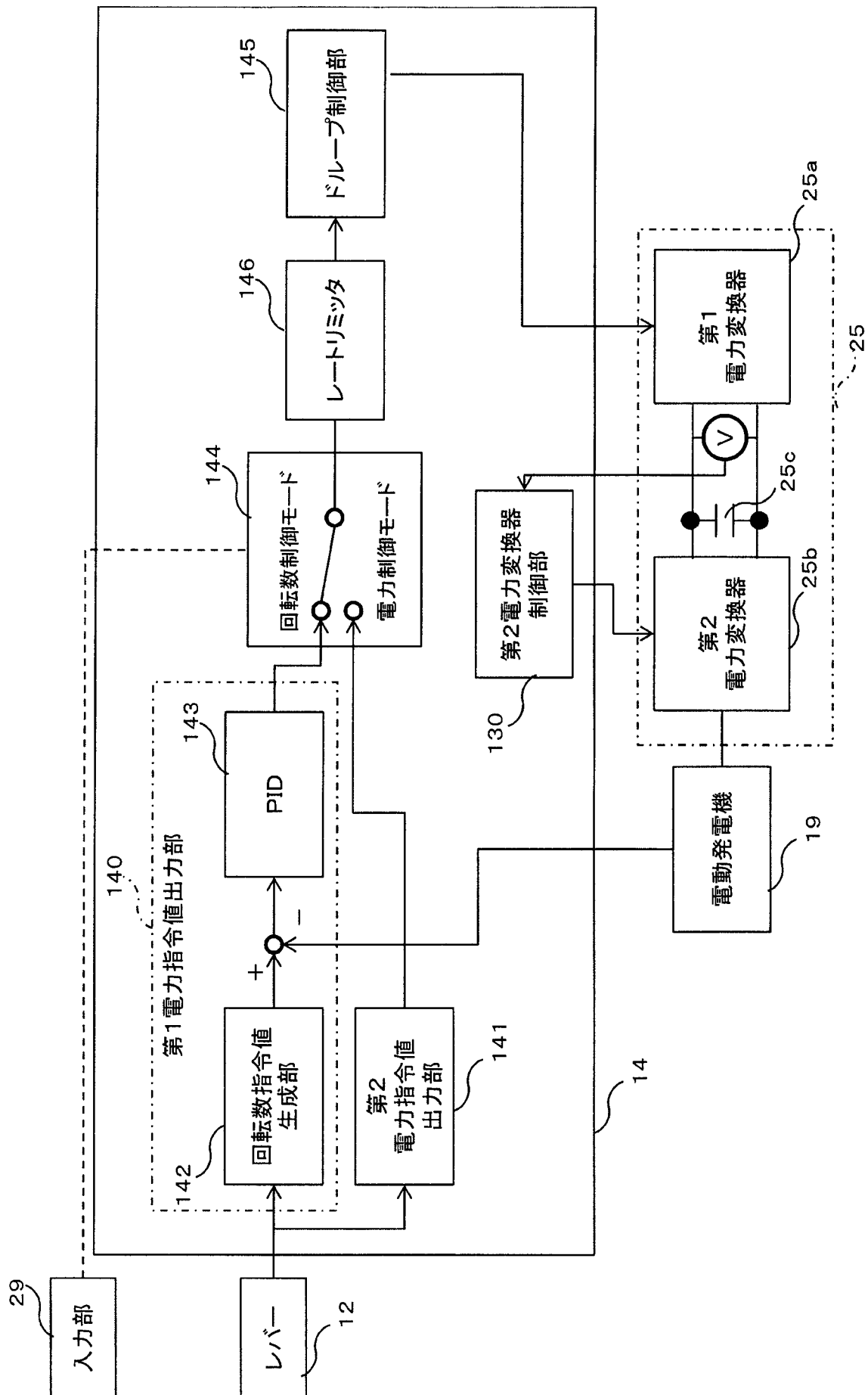
[図6]



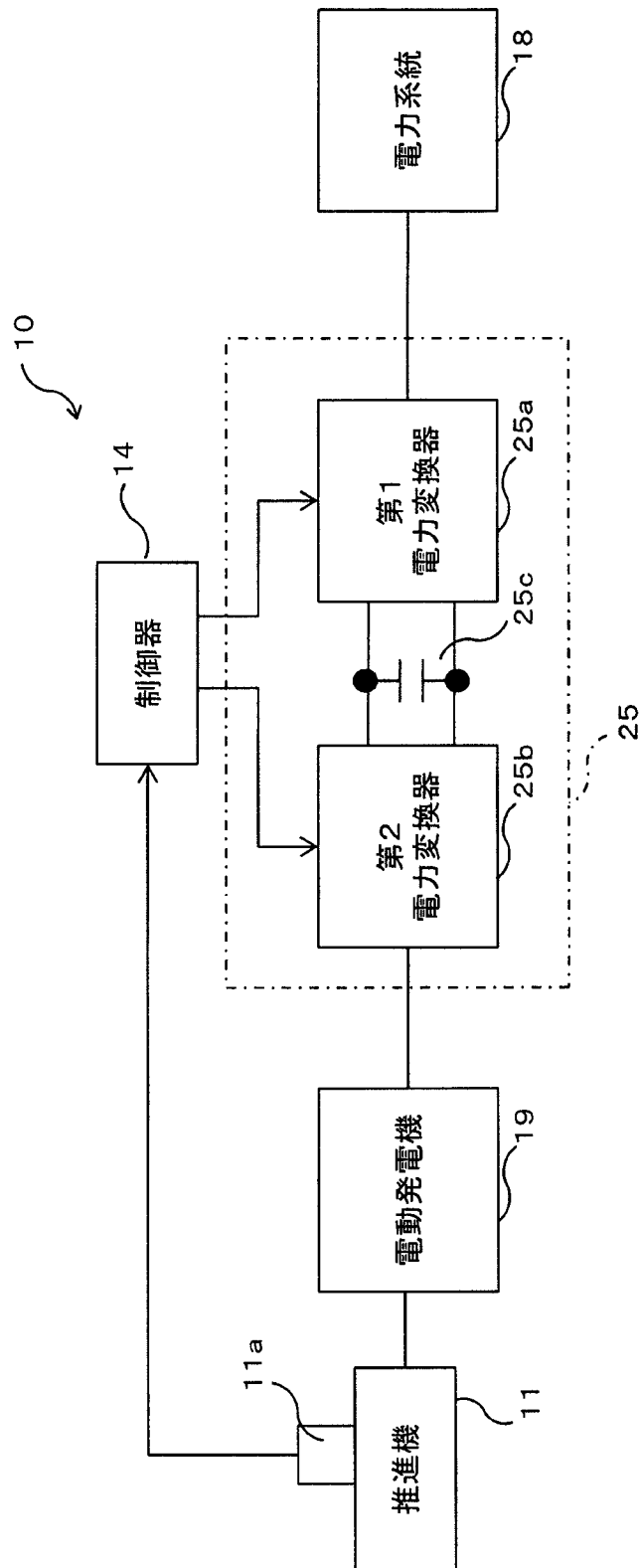
[図7]



[図8]



[図9]



[図11]

運転モード	電気推進	推進加勢	並列	軸発
原動機 (主機)	停止	動作 (回転数制御)	動作	動作
発電機 (主発電機)	動作	動作	動作	停止
電動発電機	電動 (回転数制御)	電動 (電力制御)	(連系)発電	(自立)発電
第1 従来技術	系統側 電力変換器	直流中間電圧 一定制御	ドループ制御	
	電動発電機側 電力変換器	モータドライブ制御 (回転数制御)	直流中間電圧一定制御	
第2 従来技術	系統側 電力変換器	直流中間電圧一定制御	ドループ制御	
	電動発電機側 電力変換器	モータドライブ制御 (回転数制御)	直流中間電圧一定制御	
本発明	系統側 電力変換器 (第1電力変換器)	回転数制御	電力制御	
		ドループ制御		
	電動発電機側 電力変換器 (第2電力変換器)	直流中間電圧一定制御		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/002733

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B63H21/20(2006.01)i, B63H3/10(2006.01)i, B63H21/12(2006.01)i, B63H21/17(2006.01)i, B63J3/02(2006.01)i, H02P27/06(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B63H21/20, B63H3/10, B63H21/12, B63H21/17, B63J3/02, H02P27/06

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-116070 A (Nishishiba Electric Co., Ltd.), 27 May 2010 (27.05.2010), entire text (Family: none)	1-22
A	JP 2005-210868 A (Yanmar Co., Ltd.), 04 August 2005 (04.08.2005), entire text (Family: none)	1-22

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

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 July 2015 (21.07.15)

Date of mailing of the international search report
04 August 2015 (04.08.15)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B63H21/20(2006.01)i, B63H3/10(2006.01)i, B63H21/12(2006.01)i, B63H21/17(2006.01)i,
B63J3/02(2006.01)i, H02P27/06(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B63H21/20, B63H3/10, B63H21/12, B63H21/17, B63J3/02, H02P27/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-116070 A（西芝電機株式会社）2010.05.27, 文献全体（ファミリーなし）	1-22
A	JP 2005-210868 A（ヤンマー株式会社）2005.08.04, 文献全体（ファミリーなし）	1-22

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 1 . 0 7 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 4 . 0 8 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

川村 健一

3 D

9 6 2 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 4 1