

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-136894

(P2017-136894A)

(43) 公開日 平成29年8月10日(2017.8.10)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
B63J	99/00	(2009.01)	B63J 99/00 A 5G066
B63H	21/17	(2006.01)	B63H 21/17 5H590
B63H	21/20	(2006.01)	B63H 21/20
B63H	21/14	(2006.01)	B63H 21/14
B63J	3/02	(2006.01)	B63J 3/02 A

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-17470 (P2016-17470)
 (22) 出願日 平成28年2月1日 (2016.2.1)

(71) 出願人 00000974
 川崎重工業株式会社
 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
 (74) 代理人 110000556
 特許業務法人 有古特許事務所
 (72) 発明者 江崎 秀明
 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内
 (72) 発明者 林 正人
 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内
 (72) 発明者 浜松 正典
 兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内

最終頁に続く

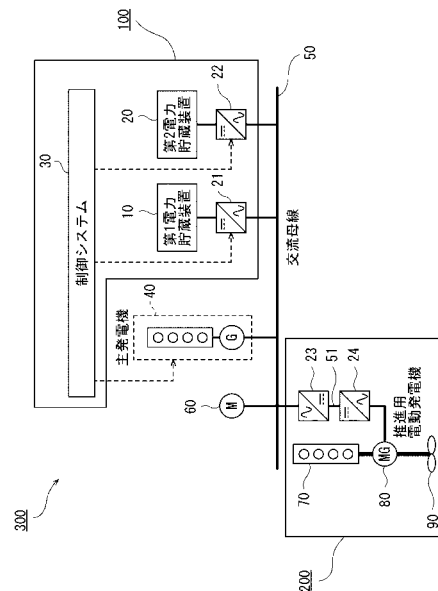
(54) 【発明の名称】 船舶の電力システム

(57) 【要約】

【課題】 船舶の電力システムにおいて電力貯蔵装置による船内電力への給電と、負荷変動補償とを、船舶の限られたスペースで両立させることを目的とする。

【解決手段】 船舶の電力システム100は、第1電力貯蔵装置10と、第2電力貯蔵装置20と、制御システム30とを備える。第1電力貯蔵装置10は第2電力貯蔵装置20よりもエネルギー密度が大きく、第2電力貯蔵装置20は第1電力貯蔵装置10よりも出力密度が大きい。制御システム30は、発電機用途として、船内母線50に接続された船内電力負荷60に連続的にベース電力を給電するように第1電力貯蔵装置10を第2電力貯蔵装置20より優先的に放電させ、系統安定化用途として、船内電力系統の周波数または電圧変動を補償するように第2電力貯蔵装置20を第1電力貯蔵装置10より優先的に充放電させるように構成されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

船内母線に設置された第 1 電力貯蔵装置と、前記船内母線に設置された第 2 電力貯蔵装置と、前記第 1 電力貯蔵装置及び前記第 2 電力貯蔵装置の充放電を制御する制御システムとを備え、前記第 1 電力貯蔵装置は前記第 2 電力貯蔵装置よりもエネルギー密度が大きく、前記第 2 電力貯蔵装置は前記第 1 電力貯蔵装置よりも出力密度が大きい、船舶の電力システムであって、

前記制御システムは、発電機用途として、前記船内母線に接続された船内電力負荷に連続的にベース電力を給電するように前記第 1 電力貯蔵装置を前記第 2 電力貯蔵装置より優先的に放電させ、系統安定化用途として、船内電力系統の周波数または電圧変動を補償するように前記第 2 電力貯蔵装置を前記第 1 電力貯蔵装置より優先的に充放電させるように構成されている、船舶の電力システム。

10

【請求項 2】

前記船舶は、主機と推進用電動機又は軸発電機又は推進用電動発電機とがプロペラに接続されるように構成された推進システムを備え、

前記制御システムは、主機負荷変動補償用途として、前記主機の負荷変動を低減するために前記推進用電動機又は軸発電機又は推進用電動発電機の駆動又は発電電力を調整するように前記第 2 電力貯蔵装置を前記第 1 電力貯蔵装置より優先的に充放電させるように構成されている、請求項 1 に記載の船舶の電力システム。

20

【請求項 3】

船内母線に設置された第 1 電力貯蔵装置と、前記船内母線に設置された第 2 電力貯蔵装置と、前記第 1 電力貯蔵装置及び前記第 2 電力貯蔵装置の充放電を制御する制御システムとを備え、前記第 1 電力貯蔵装置は前記第 2 電力貯蔵装置よりもエネルギー密度が大きく、前記第 2 電力貯蔵装置は前記第 1 電力貯蔵装置よりも出力密度が大きい、船舶の電力システムであって、

前記制御システムは、

前記船内母線に接続された船内電力負荷に連続的にベース電力を給電するための発電機用途と、船内電力系統の周波数または電圧変動を補償するための系統安定化用途のうち少なくとも一つの用途に、前記第 1 電力貯蔵装置及び前記第 2 電力貯蔵装置のうち少なくとも一つを使用するにあたり、各前記用途において必要な充放電の電力量に対応する第 1 所定値と電力に対応する第 2 所定値とを取得し、前記第 1 所定値が前記第 2 所定値よりも大きい場合には、前記第 1 電力貯蔵装置を前記第 2 電力貯蔵装置より優先的に充放電させ、前記第 2 所定値が前記第 1 所定値よりも大きい場合には、第 2 電力貯蔵装置を前記第 1 電力貯蔵装置より優先的に充放電させる、船舶の電力システム。

30

【請求項 4】

前記船舶は、主機と推進用電動機又は軸発電機又は推進用電動発電機とがプロペラに接続されるように構成された推進システムを備え、

前記制御システムは、

前記発電機用途と、前記系統安定化用途と、前記主機の負荷変動を低減するために前記推進用電動機又は前記軸発電機又は推進用電動発電機の駆動又は発電電力を調整するための主機負荷変動補償用途のうち少なくとも一つの用途に、前記第 1 電力貯蔵装置及び前記第 2 電力貯蔵装置のうち少なくとも一つを使用するにあたり、各前記用途において必要な充放電の電力量に対応する第 1 所定値と電力に対応する第 2 所定値とを取得し、前記第 1 所定値が前記第 2 所定値よりも大きい場合には、前記第 1 電力貯蔵装置を前記第 2 電力貯蔵装置より優先的に充放電させ、前記第 2 所定値が前記第 1 所定値よりも大きい場合には、第 2 電力貯蔵装置を前記第 1 電力貯蔵装置より優先的に充放電させる、請求項 3 に記載の船舶の電力システム。

40

【請求項 5】

前記第 1 電力貯蔵装置は二次電池であり、前記第 2 電力貯蔵装置はキャパシタである、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の船舶の電力システム。

50

【請求項 6】

前記船内母線に接続された主発電機と、前記船内母線と前記第 1 電力貯蔵装置の間に接続された第 1 電力変換器と、を備え、

前記制御システムは、前記発電機用途において、前記第 1 電力貯蔵装置が、単独で又は前記主発電機と並列で、少なくとも前記船内電力負荷に給電可能であり、前記主発電機に予期せず出力不足が生じた場合には自動的に前記第 1 電力貯蔵装置から放電されるように、前記第 1 電力変換器を制御する、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の船舶の電力システム。

【請求項 7】

前記船内母線に接続された主発電機と、前記船内母線と前記第 2 電力貯蔵装置の間に接続された第 2 電力変換器と、を備え、

前記制御システムは、前記系統安定化用途において、前記第 2 電力貯蔵装置の充放電電力が周波数又は電圧に対するドループ特性を有し、且つ有効電力変動に対する周波数変動又は電圧変動の追従の速さが前記主発電機又は前記第 1 電力貯蔵装置の有効電力変動に対する周波数変動又は電圧変動の追従の速さよりも遅くなるように、前記第 2 電力変換器を制御する、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の船舶の電力システム。

【請求項 8】

前記船内母線と前記第 2 電力貯蔵装置の間に接続された第 2 電力変換器を備え、

前記制御システムは、前記系統安定化用途において、前記船内電力負荷の負荷変動を検出し、当該負荷変動が小さくなるように、第 2 電力貯蔵装置の充放電電力を調節するように前記第 2 電力変換器を制御する、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の船舶の電力システム。

【請求項 9】

前記制御システムは、前記主機負荷変動補償用途において、前記主機の負荷変動を検出し、当該負荷変動が小さくなるように前記第 2 電力貯蔵装置の充放電電力を調整するように前記第 2 電力変換器を制御する、請求項 2 又は 4 に記載の船舶の電力システム。

【請求項 10】

前記第 1 電力貯蔵装置又は第 2 電力貯蔵装置は、前記船舶の交流母線に、個別の電力変換器を介して接続されている、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の船舶の電力システム。

【請求項 11】

前記第 1 電力貯蔵装置又は第 2 電力貯蔵装置は、前記船舶の直流母線に、個別の電力変換器を介して接続されている、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の船舶の電力システム。

【請求項 12】

前記船舶は、電動発電機又は電動機又は電動発電機を駆動するための電力変換器を備え、

前記第 1 電力貯蔵装置又は第 2 電力貯蔵装置は、前記電力変換器の直流部に、個別の電力変換器を介して接続されている、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の船舶の電力システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、船舶の電力システムに関する。

【背景技術】**【0002】**

二次電池を搭載して電気推進を行うタグボート等の各種船舶が実用化されている。例えば特許文献 1 には、船舶の給電線に電力貯蔵装置を設け、推進用電動機と船内電力に給電可能な船舶が開示されている。最近では、二次電池としてリチウムイオン電池を搭載し、滞泊時や低速での電気推進時にエンジンを起動する必要を無くし、港湾内でゼロエミッシ

10

20

30

40

50

ョンを実現した船舶が実用化されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】米国特許出願公開第2009/0156068号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、船舶の航行時や作業時には、一時的な船内電力負荷やプロペラ推力負荷の大きな変動があり、これに起因するエンジントリップによる停電や操船不能のリスクや、エンジンからの有害な黒煙の排出を低減するため、電力貯蔵装置をエネルギー源として利用し、負荷変動を補償することが望まれる。しかし、これらの用途は、消費電力量が小さい反面大きなパワーを要するが、二次電池はパワー密度が小さいため、大型の電池が必要となり、船舶の搭載スペースおよびコストの観点から、非現実的であった。

10

【0005】

そこで、本発明は、船舶の電力システムにおいて電力貯蔵装置による船内電力への給電と、負荷変動補償とを、船舶の限られたスペースで両立させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様に係る船舶の電力システムは、船内母線に設置された第1電力貯蔵装置と、前記船内母線に設置された第2電力貯蔵装置と、前記第1電力貯蔵装置及び前記第2電力貯蔵装置の充放電を制御する制御システムとを備え、前記第1電力貯蔵装置は前記第2電力貯蔵装置よりもエネルギー密度が大きく、前記第2電力貯蔵装置は前記第1電力貯蔵装置よりも出力密度が大きい、船舶の電力システムであって、前記制御システムは、発電機用途として、前記船内母線に接続された船内電力負荷に連続的にベース電力を給電するように前記第1電力貯蔵装置を前記第2電力貯蔵装置より優先的に放電させ、系統安定化用途として、船内電力システムの周波数または電圧変動を補償するように前記第2電力貯蔵装置を前記第1電力貯蔵装置より優先的に充放電させるように構成されている。

20

【0007】

上記構成によれば、エネルギー密度の大きい第1電力貯蔵装置により船内電力負荷に連続的にベース電力、すなわちホテル負荷や一定速度での航行における推進用の電力を給電し、出力密度の大きい第2電力貯蔵装置により船内電力システムの周波数又は電圧変動を補償する。つまり上記異なる用途に応じて好適な電力貯蔵装置を使い分けることで合計サイズが小さな電力貯蔵装置であっても船舶の電力システムに適用することができる。

30

【0008】

前記船舶は、主機と推進用電動機又は軸発電機又は推進用電動発電機とがプロペラに接続されるように構成された推進システムを備え、前記制御システムは、主機負荷変動補償用途として、前記主機の負荷変動を低減するために前記推進用電動機又は軸発電機又は推進用電動発電機の駆動又は発電電力を調整するように前記第2電力貯蔵装置を前記第1電力貯蔵装置より優先的に充放電させるように構成されていてもよい。

40

【0009】

上記構成によれば、推進システムにおいて、主機の負荷変動時には、出力密度の大きい第2電力貯蔵装置を充放電させることにより、推進用電動機又は軸発電機又は推進用電動発電機の駆動又は発電電力を調整して、主機の負荷変動を好適に低減することができる。

【0010】

本発明のその他の態様に係る船舶の電力システムは、船内母線に設置された第1電力貯蔵装置と、前記船内母線に設置された第2電力貯蔵装置と、前記第1電力貯蔵装置及び前記第2電力貯蔵装置の充放電を制御する制御システムとを備え、前記第1電力貯蔵装置は前記第2電力貯蔵装置よりもエネルギー密度が大きく、前記第2電力貯蔵装置は前記第1電力貯蔵装置よりも出力密度が大きい、船舶の電力システムであって、前記制御システム

50

は、前記船内母線に接続された船内電力負荷に連続的にベース電力を給電するための発電機用途と、船内電力系統の周波数または電圧変動を補償するための系統安定化用途のうちの少なくとも一つの用途に、前記第1電力貯蔵装置及び前記第2電力貯蔵装置のうち少なくとも一つを使用するにあたり、各前記用途において必要な充放電の電力量に対応する第1所定値と電力に対応する第2所定値とを取得し、前記第1所定値が前記第2所定値よりも大きい場合には、前記第1電力貯蔵装置を前記第2電力貯蔵装置より優先的に充放電させ、前記第2所定値が前記第1所定値よりも大きい場合には、第2電力貯蔵装置を前記第1電力貯蔵装置より優先的に充放電させるものである。

【0011】

上記構成によれば、各用途において必要な充放電の電力量と電力の大きさに応じて好適な電力貯蔵装置を使い分けることで、合計サイズが小さな電力貯蔵装置であっても船舶の電力システムに適用することができる。

10

【0012】

前記船舶は、主機と推進用電動機又は軸発電機又は推進用電動発電機とがプロペラに接続されるように構成された推進システムを備え、前記制御システムは、前記発電機用途と、前記系統安定化用途と、前記主機の負荷変動を低減するために前記推進用電動機又は前記軸発電機又は推進用電動発電機の駆動又は発電電力を調整するための主機負荷変動補償用途のうちの少なくとも一つの用途に、前記第1電力貯蔵装置及び前記第2電力貯蔵装置のうち少なくとも一つを使用するにあたり、各前記用途において必要な充放電の電力量に対応する第1所定値と電力に対応する第2所定値とを取得し、前記第1所定値が前記第2所定値よりも大きい場合には、前記第1電力貯蔵装置を前記第2電力貯蔵装置より優先的に充放電させ、前記第2所定値が前記第1所定値よりも大きい場合には、第2電力貯蔵装置を前記第1電力貯蔵装置より優先的に充放電させてもよい。

20

【0013】

前記第1電力貯蔵装置は二次電池であり、前記第2電力貯蔵装置はキャパシタでもよい。一般に、二次電池の充放電は化学反応であるので、キャパシタと比較して利用できる充放電サイクル回数が少ない。上記構成によれば、充放電回数の多い短時間の充放電用途に二次電池（第1電力貯蔵装置）よりもパワー密度が大きいキャパシタ（第2電力貯蔵装置）を用いることによって、電力システム全体の寿命を長くすることができる。

【0014】

上記船舶の電力システムは、前記船内母線に接続された主発電機と、前記船内母線と前記第1電力貯蔵装置の間に接続された第1電力変換器と、を備え、前記制御システムは、前記発電機用途において、前記第1電力貯蔵装置が、単独で又は前記主発電機と並列で、少なくとも前記船内電力負荷に給電可能であり、前記主発電機に予期せず出力不足が生じた場合には自動的に前記第1電力貯蔵装置から放電されるように、前記第1電力変換器を制御してもよい。

30

【0015】

上記構成によれば、発電中の主発電機以外にスタンバイ発電機を起動してアイドル運転を行わなくても、船内電力系統の冗長性を確保することができ、燃料消費と発電機の損耗が低減される。

40

【0016】

上記船舶の電力システムは、前記船内母線に接続された主発電機と、前記船内母線と前記第2電力貯蔵装置の間に接続された第2電力変換器と、を備え、前記制御システムは、前記系統安定化用途において、前記第2電力貯蔵装置の充放電電力が周波数又は電圧に対するドループ特性を有し、且つ有効電力変動に対する周波数変動又は電圧変動の追従の速さが前記主発電機又は前記第1電力貯蔵装置の有効電力変動に対する周波数変動又は電圧変動の追従の速さよりも遅くなるように、前記第2電力変換器を制御してもよい。

【0017】

上記構成によれば、ドループ制御の特性を利用することにより、船内電力負荷の状態を検知することなく、船内電力負荷の変動を補償できる。

50

【0018】

上記船舶の電力システムは、前記船内母線と前記第2電力貯蔵装置の間に接続された第2電力変換器を備え、前記制御システムは、前記系統安定化用途において、前記船内電力負荷の負荷変動を検出し、当該負荷変動が小さくなるように、第2電力貯蔵装置の充放電電力を調節するように前記第2電力変換器を制御してもよい。

【0019】

上記構成によれば、電力負荷の変動を検知して第2電力貯蔵装置の充放電を行うので、積極的に船内電力負荷の変動を補償できる。例えば電力負荷の変動は、電力負荷及び/又は電力源それぞれに設置した電力計で直接検出してもよいし、電力系統の周波数または電圧変動から推定してもよい。

10

【0020】

前記制御システムは、前記主機負荷変動補償用途において、前記主機の負荷変動を検出し、当該負荷変動が小さくなるように前記第2電力貯蔵装置の充放電電力を調整するように前記第2電力変換器を制御してもよい。

【0021】

上記構成によれば、主機の負荷変動を検知して第2電力貯蔵装置の充放電を行うので、積極的に主機の負荷変動を補償できる。例えば主機の負荷変動は直接検出してもよいし、主機の回転数変動等から推定してもよい。

【0022】

尚、前記第1電力貯蔵装置又は第2電力貯蔵装置は、前記船舶の交流母線に、個別の電力変換器を介して接続されていてもよい。

20

【0023】

また、前記第1電力貯蔵装置又は第2電力貯蔵装置は、前記船舶の直流母線に、個別の電力変換器を介して接続されていてもよい。

【0024】

その他にも、前記船舶は、電動発電機又は電動機又は電動発電機を駆動するための電力変換器を備え、前記第1電力貯蔵装置又は第2電力貯蔵装置は、前記電力変換器の直流部に、個別の電力変換器を介して接続されていてもよい。

【発明の効果】

【0025】

本発明によれば、船舶の電力システムにおいて電力貯蔵装置による船内電力への給電と、急激な負荷変動の補償とを、船舶の限られたスペースで両立させることが可能になる。

30

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】図1は、第1実施形態に係る船舶の電力システムを備える船舶の構成を概略的に示す図である。

【図2】図2は、船舶における船内電力負荷及び主機負荷の経時変化を模式的に示すグラフである。

【図3】図3は、図1の制御システムの構成を示すブロック図である。

【図3A】図3Aは、第1実施形態の変形例に係る制御システムの構成を示すブロック図である。

40

【図4】図4は、制御システムにおいて各電力貯蔵装置をドループ制御するために使用されるドループ特性線である。

【図5】図5は、第2実施形態に係る船舶の電力システムにおける制御システムの構成を示すブロック図である。

【図6】図6は、第1電力貯蔵装置と第2電力貯蔵装置の性能限界を示すグラフである。

【図7】図7は、第1変形例に係る船舶の電力システムを備える船舶の構成を概略的に示す図である。

【図8】図8は、第2変形例に係る船舶の電力システムを備える船舶の構成を概略的に示す図である。

50

【図 9】図 9 は、上記船舶の電力システムを備えるその他の船舶の構成を概略的に示す図である。

【図 10】図 10、上記船舶の電力システムを備えるその他の船舶の構成を概略的に示す図である。

【図 11】図 11 は、上記船舶の電力システムを備えるその他の船舶の構成を概略的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下、本発明に係る実施形態について図面を参照しつつ説明する。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じ符号を付して、重複する説明は省略する。

10

【0028】

(第 1 実施形態)

図 1 は、第 1 実施形態に係る船舶の電力システム 100 を備えた船舶の構成を概略的に示す図である。図 1 に示すように、船舶 300 において、交流の船内母線 50 には主発電機 40 と、第 1 電力変換器 21 を介して第 1 電力貯蔵装置 10 と、第 2 電力変換器 22 を介して第 2 電力貯蔵装置 20 と、船内負荷 60 と、船舶 300 の推進システム 200 が接続される。

【0029】

ここで船舶 300 の推進システム (以下、単に推進システムという) 200 の構成は、船舶の種類に依存して異なる。本発明の船舶 300 の電力システム (以下、単に電力システムという) 100 が搭載される船舶 300 の典型例として、ハイブリッド船、電気推進船、軸発電機搭載機械推進船及び機械推進船が挙げられる。本実施形態の船舶 300 はハイブリッド船である。推進システム 200 は、プロペラ 90 の主駆動源としての主機 70 と、プロペラ 90 の補助駆動源としての電動発電機 80 と、第 3 電力変換器 23、第 4 電力変換器 24 を備えている。電動発電機 80 は、主機 70 と、減速装置 (図示せず) を介してプロペラ 90 とに機械的に接続されている。また、電動発電機 80 は第 4 電力変換器 24 と電氣的に接続され、第 4 電力変換器 24 は直流中間部 51 を介して第 3 電力変換器 23 に接続されている。第 3 電力変換器 23 は船内母線 50 に接続されている。ハイブリッド船では、電動発電機 80 が、船内母線 50 に接続された主発電機 40 から第 3 電力変換器 23 及び第 4 電力変換器 24 を介して電力を受給して駆動力を発生し、それをプロペラ 90 に授与することによって、主機 70 によるプロペラ 90 の駆動をアシストする。また、電動発電機 80 が、主機 70 から動力を受給して発電し、それを第 4 電力変換器 24 及び第 3 電力変換器 23 を介して船内母線 50 に授与することによって主発電機 40 による船内母線への電力供給をアシストする。あるいは、主発電機 40 を停止して、電動発電機 80 を主たる電力源としてもよい。

20

30

【0030】

ハイブリッド船における推進システム 200 は、一般に、電気推進モード、推進加勢モード、機械推進モード、及び軸発モードの 4 つの動作モードを有する。電気推進モードは、電動発電機 80 を電動機として動作させて電気推進力によりプロペラ 90 を駆動する動作モードである。推進加勢モードは、電動発電機 80 を電動機として動作させて主機 70 の推力をアシストする動作モードである。機械推進モードは、電動発電機 80 の動作を停止させて、主機 70 の推力のみでプロペラ 90 を駆動する動作モードである。軸発モードは、電動発電機 80 を軸発電機として動作させて主発電機 40 の電力をアシストし、主機 70 の推力によりプロペラ 90 を駆動する動作モードである。あるいは、主発電機 40 を停止してもよい。換言すると、電気推進モードの動作は電気推進船の推進システムの動作に相当する。機械推進モードの動作は、機械推進船の推進システムの動作に相当する。軸発モードの動作は軸発電機搭載機械推進船の推進システムの動作に相当する。

40

【0031】

主発電機 40 は、推進用電動発電機 80 や船舶の船内負荷 60 に電力を供給する主な電力源であって、複数設けられてもよい。主発電機 40 は、通常、航海中には船舶 300 の

50

推進に用いられる電動機または電動発電機の電力と、船舶300内で使用する電力とを賄っている。この電力の変動が非常に大きいと、エンジントリップによって主発電機40からの電力供給が遮断される恐れがある。

【0032】

電力システム100は、補助電源として推進用電動発電機80や船舶の船内負荷60に船内母線50を介して接続されており、停泊中や港湾付近での低速航行時には、船内に電力を供給する唯一の電力源として動作させることができる。これにより、港湾でのゼロエミッションが実現できる。また、上記のような電力負荷変動が大きい場合には、エンジントリップを防ぐため、負荷変動の補償を行う。このとき、電力システム100は、適宜、主発電機40をアシストして電力を負荷60に供給し、または、主発電機40から電力を受給して貯蔵する。船内負荷60は、電力を消費する機器であって、複数設けられる。この船内負荷60は、船内母線50にそれぞれ接続されている。船内負荷60には例えば船舶の照明・空調等のホテル負荷(hotel loads)などの連続的に動作する設備、ウインチ、主機70エンジンスタターモータ等の短時間に動作する装置が含まれる。ここで、連続的に動作する設備による定常的な消費電力をベース電力と呼ぶ。なお、スラスト負荷は、港湾付近での低速航行時にはほぼ変動しないため、ベース電力に含めて考えることができるが、作業時や荒天時には大きく変動する。

10

【0033】

電力システム100は、第1電力貯蔵装置10と、第2電力貯蔵装置20と、第1電力変換器21と、第2電力変換器22と、制御システム30とを有する。第1電力貯蔵装置10は第2電力貯蔵装置20よりもエネルギー密度が大きく、第2電力貯蔵装置20は第1電力貯蔵装置10よりも出力密度が大きい。本実施形態では第1電力貯蔵装置10は二次電池であり、第2電力貯蔵装置20はキャパシタである。二次電池は、電荷を化学反応を介して蓄積し、蓄積した電荷を、逆反応を介して放出する大容量型蓄電デバイスである。二次電池としては、たとえば、リチウムイオン電池、ニッケル水素電池および鉛蓄電池が用いられる。キャパシタは、電荷を直接(反応を介さずに)蓄積し、蓄積した電荷を直接放出する高出力型蓄電デバイスである。キャパシタとして、たとえば、リチウムイオンキャパシタ、電気二重層キャパシタ、ナノハイブリッドキャパシタ、カーボンナノチューブキャパシタが用いられる。

20

【0034】

一般に、二次電池の充放電は化学反応であるので、キャパシタと比較して利用できる充放電サイクル数が少ない。したがって、充放電サイクル数の多い短時間の充放電用途に二次電池(第1電力貯蔵装置)よりもパワー密度が大きいキャパシタ(第2電力貯蔵装置)を用いることによって、電力システム100全体の寿命を長くすることができる。

30

【0035】

制御システム30は、演算装置で構成されており、主発電機40を制御するとともに、電力システム100の用途に応じて第1電力貯蔵装置10及び第2電力貯蔵装置20の充放電を制御するように構成される。制御システム30は、発電機用途として、船内電力負荷60に連続的にベース電力を給電するように第1電力貯蔵装置10を第2電力貯蔵装置20より優先的に放電させ、系統安定化用途として、船内電力系統が交流であれば周波数変動を、または直流であれば電圧変動を補償するように第2電力貯蔵装置20を第1電力貯蔵装置10より優先的に充放電させるように構成されている。そして、主機負荷変動補償として、主機70の負荷変動を低減するために推進用電動発電機80(又は電動機又は軸発電機)の駆動又は発電電力を調整するように第2電力貯蔵装置20を第1電力貯蔵装置10より優先的に充放電させるように構成されている。

40

【0036】

図2は、船舶における典型的な船内電力負荷及び主機の推進負荷の経時変化を模式的に示すグラフである。図2の上段に示すように、船舶300が港湾で待機する場合には、必要最小限の船内負荷のみ使用されるため、必要なベース電力(A)は小さいが、待機時間が長い場合必要な電力量は大きい。そこで、発電機用途として、高エネルギー密度の第1電

50

力貯蔵装置 10 を使用する。一方、船舶 300 がスラスト・ウインチなどを使用した負荷変動を伴う作業を行う場合には負荷変動補償に必要な電力 (B) はベース電力 (A) よりも大きい。そこで、系統電力安定化用途として、高パワ密度の第 2 電力貯蔵装置 20 を用いる。

【0037】

図 2 の下段に示すように、船舶 300 が港湾付近を電気推進モードで低速推進する場合には必要最小限の推進負荷のみ使用されるため、必要なベース電力 (A) は小さいが、港湾付近での停泊時間が長いと必要な電力量は大きい。一例として、ハイブリッド方式のタグボートを想定すると、停泊時の電力は 50 kW 程度、一晚停泊した場合の電力量は 400 kWh 程度である。そこで、発電機用途として高エネルギー密度の第 1 電力貯蔵装置 10 を使用する。一方、船舶 300 が主機 70 による荒天環境下において機械推進モードで高速推進する場合は、負荷変動補償に必要な電力 (B) は発電機用途に必要な電力 (A) よりも大きい。前記のタグボートでは、負荷変動補償に用いる最大電力は充放電それぞれ 1000 kW 程度であるが、図 2 に示すように、一周期内で充電と放電を交互に繰り返すので、消費電力量は電力変換器等による損失分のみで済む。そこで、主機負荷変動補償用途として、高パワ密度の第 2 電力貯蔵装置 20 を用いる。このように、発電機用途として、高エネルギー密度の第 1 電力貯蔵装置 10 を用い、系統電力安定化用途及び主機負荷変動補償用途として、高パワ密度の第 2 電力貯蔵装置 20 を用いることにより、電力貯蔵装置の合計サイズを小さくできる。

10

【0038】

例えば、第 1 電力貯蔵装置 10 として、エネルギー密度 0.1 kWh/kg、パワ密度 0.1 kW/kg の二次電池が、第 2 電力貯蔵装置 20 として、エネルギー密度 0.01 kWh/kg、パワ密度 1 kW/kg のキャパシタが利用できるとする。前記の運用条件 (電力量 400 kWh、電力 1000 kW) を二次電池のみで満たす場合、二次電池 10 t (出力 1000 kW) を用意する必要がある。一方、前記の運用条件を二次電池とキャパシタの組み合わせで満たす場合、二次電池 4 t (容量 400 kWh)、キャパシタ 1 t (出力 1000 kW) を用意すればよく、合計重量は二次電池のみを用いる場合の半分の 5 t となる。

20

【0039】

次に、制御システム 30 の構成について図 3 のブロック図を用いて説明する。図 3 に示すように、制御システム 30 は、第 1 ドループ制御部 31 と、第 2 ドループ制御部 32 と、第 3 ドループ制御部 33 と、運転状態切替部 34 と、第 1 電力指令部 35.1 と、第 2 電力指令部 35.2 と、第 3 電力指令部 35.3 と、を備える。これらの各部は、演算装置においてプログラムが実行されることにより実現される機能である。なお、第 1 ドループ制御部 31、第 2 ドループ制御部 32、第 3 ドループ制御部 33 の機能は、それぞれ、第 1 電力変換器 21 の演算装置、第 2 電力変換器 22 の演算装置、主発電機 40 のエンジン制御装置のプログラムに含めてもよい。また、第 1 電力指令部 35.1 と、第 2 電力指令部 35.2 と、第 3 電力指令部 35.3 の機能は、船舶の電力需給を管理するパワマネジメントシステムのプログラムに含めてもよいし、あるいは、運転状態切替部 34 が格納される制御装置のプログラムに含めてもよい。

30

40

【0040】

運転状態切替部 34 は、操作卓 38 の操作情報に従って、船舶 300 の運転状態を切替える。運転状態切替部 34 は、例えば操作卓 38 に設けられたレバーから入力されたレバーの位置を示す操作情報に基づいて推進システム 200 の動作モードを選択し、推進システム 200 の構成機器を起動・停止させる。また、主発電機 40 は、運転状態切替部 34 から起動・停止されてもよいし、パワマネジメントシステムから起動・停止されてもよい。

【0041】

第 1 ドループ制御部 31 は、発電機用途において、第 1 電力貯蔵装置 10 が、単独に又は主発電機 40 と並列で、少なくとも船内電力負荷 60 に給電可能であり、主発電機 40

50

の予期せぬ出力不足が生じた場合には、自動的に第1電力貯蔵装置10から放電されるように、第1電力変換器21を制御する。一般に、ドループ制御によって制御される主発電機は、外部からの切替信号を受け取らずとも、自立運転と他の主発電機等の電力源との並列運転とを自動的に切替可能である。第1ドループ制御部31の動作も、これと同様、外部からの切替信号を受け取らずとも、自立運転と他の主発電機・電力貯蔵装置等の電力源との並列運転とを自動的に切替可能である。

【0042】

以下、系統が交流である場合を例に、第1ドループ制御部31の具体的な制御について説明する。図4は、制御システム30において電力貯蔵装置をドループ制御するために使用されるドループ特性線である。図4に示すように、ドループ特性は有効電力（発電時を正とする）と系統周波数との関係であり、有効電力が大きいほど系統周波数が低くなるよう設定される。ドループ率は、定格負荷時の周波数と無負荷時の周波数との差を定格周波数で除したもので定義される。通常、ドループ率は、各電力源で同じ値に設定されるが、必要に応じて異なる値に設定してもよい。

10

【0043】

第1ドループ制御部31は、有効電力を検出し、ドループ特性に基づいて周波数目標値を求める。第1電力変換器21の演算装置は、周波数目標値から電圧または電流目標値を算出して、第1電力変換器21を電圧制御または電流制御する。負荷変動に対する周波数変動の追従の速さは、主発電機と同等に設定することが望ましい。具体的には、主発電機の動揺方程式等の動的モデルを模擬してもよいし、周波数目標値にローパスフィルタを掛けてもよい。

20

【0044】

第1電力指令部351、第2電力指令部352、第3電力指令部353は、第1ドループ制御部31、第2ドループ制御部32、第3ドループ制御部33のドループ特性線をそれぞれ上げ下げすることで、船内電力負荷60の各装置への電力配分を指令する。もしくは定格周波数に対して、ドループ特性線が示す有効電力の値を指令してもよい。第1電力変換器21はドループ制御されているので、電力貯蔵装置10は、自立運転で船内電力負荷60の全部に電力を供給することも、主発電機40と連系して、船内電力負荷60の一部を分担して電力を供給することもできる。

【0045】

あるいは、第1電力貯蔵装置10はスタンバイ発電機の代わりとして使用される。この時、第3電力指令部353と第1電力指令部351は、主発電機が図4Aの(a)点、第1電力変換器21が(b)点でそれぞれ動作するようにドループ特性を設定する。すなわち、主発電機40が正常に動作している場合は、主発電機40が全ての負荷を負担する。主発電機40がトリップした場合は、図4Aに示すように、第1電力貯蔵装置10が全ての負荷を負担し、動作点は矢印に沿って(c)点に収束する。周波数は低下するものの、停電を誘発することなく船内負荷60への電力の供給が継続される。次に、図4Bに示すように、例えば船内負荷60が増加すると、主発電機40と第1電力変換器21の動作点は図4Bのそれぞれ(a)点と(b)点から矢印に沿って(e)点と(d)点に収束する。これにより、第1電力貯蔵装置10は一旦放電する。その後、パワマネジメント機能により、第3電力指令部353は図4Cに示すように、主発電機40のドループ特性を調節する。これにより、主発電機40と第1電力変換器21の動作点は(g)点と(f)点になる。再び船内負荷60への電力は専ら主発電機40から供給されるようになる。放電によって減少した残容量は航行中または接岸時の適切なタイミングで充電すればよい。このように発電機用途として、第1電力変換器21をドループ制御することにより、スタンバイ発電機を備え、アイドル運転を行わなくても、第1電力貯蔵装置10により船内電力系統の冗長性を確保することができ、燃料消費と主発電機40の損耗が低減される。

30

40

【0046】

第2ドループ制御部32は、系統安定化用途として、第2電力貯蔵装置20の充放電電力が系統周波数に対するドループ特性を有し、且つ船内電力負荷60の負荷変動に対する

50

周波数変動の追従の速さが主発電機 40 または第 1 電力貯蔵装置 10 よりも遅くなるように、第 2 電力変換器 22 を制御する。

【0047】

第 2 ドループ制御部 32 は、有効電力を検出し、ドループ特性に基づいて周波数目標値を求める。第 2 電力変換器 22 の演算装置は、周波数目標値から電圧または電流目標値を算出して、第 2 電力変換器 22 を、電圧制御または電流制御する。負荷変動に対する周波数変動の追従の速さは、主発電機 40 または他の第 1 電力貯蔵装置 10 よりも遅く設定される。具体的には、より慣性の大きな発電機の動揺方程式等の動的モデルを模擬してもよいし、周波数目標値により時定数の大きなローパスフィルタを掛けてもよい。

【0048】

第 3 電力指令部 353 と第 2 電力指令部 352 の動作を図 4D に示す。通常、主発電機 40 は(a)点、第 2 電力変換器 22 は(b)点で動作する。船内負荷 60 の投入(スラスト・ウインチを使用する等)によりステップ状の負荷変動があった場合、それに起因して第 2 電力変換器 22 の周波数は他の電力源よりも遅く変動する。一方、電力系統の性質から、電力負荷は発電量の総和に等しく、系統全体で周波数は同じであるので、主発電機 40 と第 2 電力変換器 22 の動作点はそれぞれ(i)点と(h)点に移動し、その後緩やかにそれぞれ(e)点と(d)点に収束する。そのため、第 2 電力変換器 22 が一時的に負荷変動の大部分を負担し、主発電機 40 の負荷変動を抑制することができる。

【0049】

第 3 ドループ制御部 33 は、有効電力を検出し、ドループ特性に基づいて周波数目標値を求め、主発電機 40 の原動機(エンジン・タービン等)の回転数制御を行う。負荷変動に対する周波数変動の追従の速さは、発電機の慣性などの機械的特性によって決まる。

【0050】

本実施形態によれば、エネルギー密度の大きい第 1 電力貯蔵装置 10 により船内電力負荷 60 に連続的にベース電力を給電し、出力密度の大きい第 2 電力貯蔵装置 20 により船内電力系統の周波数又は電圧変動を補償する。また、主機 70 の負荷変動時には、出力密度の大きい第 2 電力貯蔵装置 20 を充放電させることにより、推進用電動発電機 80 の駆動又は発電電力を調整して、主機 70 の負荷変動を好適に低減することができる。つまり上記用途に応じて好適な電力貯蔵装置を使い分けることで合計サイズが小さな電力貯蔵装置であっても船舶の電力システム 100 に適用することができる。

【0051】

尚、本実施形態では第 1 電力変換器 21 および第 2 電力変換器 22 はドループ制御されたが、このような構成に限定されない。図 3A は、第 1 実施形態の変形例に係る制御システムの構成を示すブロック図である。図 3A に示すように、本変形例では、制御システム 30 は、第 1 ドループ制御部 31 に代えて、定電圧定周波数制御部 360 及び第 1 電力制御部 361 を備え、第 2 ドループ制御部 32 に代えて、第 2 電力制御部 362 を備える。そして、第 1 電力変換器 21 は定電圧定周波数制御と電力制御が瞬時に切替可能となるよう構成され、第 2 電力変換器 22 は電力制御される。この構成では、制御システム 30 は、同じ母線上で運転されている他の電力源の有無を検出し、いずれの電力源も運転されていなければ第 1 電力変換器 21 を定電圧定周波数制御とするよう指令し、運転されてい

【0052】

(第 2 実施形態)

次に、第 2 実施形態について説明する。本実施形態の電力システムを備える船舶の構成は、第 1 実施形態と同様である。以下では、第 1 実施形態と共通する構成の説明は省略し、相違する構成についてのみ説明する。

【0053】

図 5 は、第 2 実施形態に係る船舶の電力システムにおける制御システムの構成を示すブロック図である。図 5 に示すように、第 1 実施形態と比較すると、制御システム 30A が

10

20

30

40

50

、船内負荷変動検出部 3 6 及び主機負荷変動検出部 3 7 を更に備え、第 2 ドループ制御部 3 2 に代えて、電力制御部 3 2 A により、第 2 電力変換器 2 2 を電力制御する点が異なる。

【 0 0 5 4 】

船内負荷変動検出部 3 6 は、船内電力負荷 6 0 の負荷変動を検出する。電力制御部 3 2 A は、系統安定化用途として、船内負荷変動検出部 3 6 により検出された負荷変動が小さくなるように、第 2 電力貯蔵装置 2 0 の充放電電力を調節するように第 2 電力変換器 2 2 を電力制御する。電力負荷の変動は、電力負荷及び / 又は電力源それぞれに設置した電力計で直接検出してもよいし、電力系統の周波数または電圧変動から推定してもよい。または / 及び、船内負荷変動検出部 3 6 は、エンジンスタートモータ等の短時間動作する船内電力負荷 6 0 の起動又は停止信号を検出し、電力制御部 3 2 A は、これらの検出時に第 2 電力貯蔵装置 2 0 から放電するように第 2 電力変換器 2 2 を制御する。上記構成によれば、電力負荷の変動を検知して第 2 電力貯蔵装置 2 0 の充放電を行うので、積極的に船内電力負荷 6 0 の変動を補償できる。

10

【 0 0 5 5 】

主機負荷変動検出部 3 7 は推進システム 2 0 0 から主機の負荷変動を検出する。電力制御部 3 2 A は、主機負荷変動検出部 3 7 により検出された負荷変動が小さくなるように第 2 電力貯蔵装置 2 0 の充放電電力を調整するように第 2 電力変換器 2 2 を制御する。ここで主機負荷変動検出部 3 7 は、主機の負荷変動を直接検出するか、または主機回転数等から主機の負荷変動を推定する。上記構成によれば、主機の負荷変動を検知して第 2 電力貯蔵装置 2 0 の充放電を行うので、積極的に主機の負荷変動を補償できる。

20

【 0 0 5 6 】

(第 3 実施形態)

次に、第 3 実施形態について説明する。本実施形態の電力システムを備える船舶の構成は、第 1 実施形態と同様である。以下では、第 1 実施形態と共通する構成の説明は省略し、相違する構成についてのみ説明する。

【 0 0 5 7 】

本実施形態の制御システムは、第 1 実施形態と比較すると、上記発電機用途と、系統安定化用途と、主機負荷変動補償用途のうち少なくとも一つの用途に、第 1 電力貯蔵装置 1 0 及び第 2 電力貯蔵装置 2 0 のいずれかを使用するものである点は共通する。本実施形態の制御システムは、各用途において必要な充放電の電力量に対応する第 1 所定値と電力に対応する第 2 所定値とを取得し、第 1 所定値が第 2 所定値よりも大きい場合には、第 1 電力貯蔵装置 1 0 を第 2 電力貯蔵装置 2 0 より優先的に充放電させ、第 2 所定値が第 1 所定値よりも大きい場合には、第 2 電力貯蔵装置 2 0 を第 1 電力貯蔵装置 1 0 より優先的に充放電させる点が第 1 実施形態と異なる。例えば、第 1 所定値は 0 k W h ~ 第 1 電力貯蔵装置の容量 (前出の例であれば 4 0 0 k W h) を 0 ~ 1 に対応させ、第 2 所定値は 0 k W ~ 第 2 電力貯蔵装置の出力 (前出の例であれば 1 0 0 0 k W) を 0 ~ 1 に対応させる。

30

【 0 0 5 8 】

なお、ある用途に必要な電力量を求めるためには、当該用途が継続する時間を求める必要があるが、例えば停泊の際に停泊予定時間を入力するなど、乗組員が時間情報を明示的に与えてもよいし、学習技術を用いて、現在の充放電電力量や機器の使用状況と船舶の過去の運用履歴を照合し、運用時間を推定してもよい。

40

【 0 0 5 9 】

図 6 は、第 1 電力貯蔵装置と第 2 電力貯蔵装置の性能限界を示すグラフである。縦軸は第 1 所定値を示し、横軸は第 2 所定値を示している。制御システムは、各用途において必要な充放電電力量から第 1 所定値を、電力から第 2 所定値を計算する。領域 A では第 1 所定値が第 2 電力貯蔵装置の性能限界を超えた領域であるので、第 1 電力貯蔵装置で動作させる。領域 D では第 2 所定値が第 1 電力貯蔵装置の性能限界を超えた領域であるので、第 2 電力貯蔵装置で動作させる。

【 0 0 6 0 】

50

領域 B と領域 C では両貯蔵装置を使用することができる領域である。そこで、充放電電力量に応じた第 1 所定値と電力に応じた第 2 所定値とを比較する。第 1 所定値が第 2 所定値よりも大きい場合には、第 1 電力貯蔵装置 10 を第 2 電力貯蔵装置 20 より優先的に充放電させる（領域 B）。第 2 所定値が第 1 所定値よりも大きい場合には、第 2 電力貯蔵装置 20 を第 1 電力貯蔵装置 10 より優先的に充放電させる（領域 C）。

【0061】

このように、各用途において電力量と電力の大きさに応じて好適な電力貯蔵装置を使い分けることで、合計サイズが小さな電力貯蔵装置であっても船舶の電力システムに適用することができる。

【0062】

尚、本実施形態において、上記発電機用途と、上記系統安定化用途のうちの少なくとも一つの用途に、第 1 電力貯蔵装置 10 及び第 2 電力貯蔵装置 20 のうち少なくとも一つを使用してもよい。その場合も、各用途において必要な充放電の電力量に対応する第 1 所定値と電力に対応する第 2 所定値とを取得し、第 1 所定値が第 2 所定値よりも大きい場合には、第 1 電力貯蔵装置 10 を第 2 電力貯蔵装置 20 より優先的に充放電させ、第 2 所定値が第 1 所定値よりも大きい場合には、第 2 電力貯蔵装置 20 を第 1 電力貯蔵装置 10 より優先的に充放電させる。

【0063】

（変形例）

尚、上記各実施形態では第 1 電力貯蔵装置 10 及び第 2 電力貯蔵装置 20 は、交流の船内母線 50 に個別の電力変換器を介して接続されたが（図 1 参照）、このような構成に限定されない。共通の電力変換器を介して接続されてもよいし、電動発電機又は電動機を駆動するために設けられた電力変換器の直流部に、個別の電力変換器を介して接続されていてもよい。図 7 は、変形例（A）（B）（C）（D）（F）（G）に係る船舶の電力システムを備える船舶の構成を概略的に示す図である。なお、図 7 において、破線で囲まれた（A）（B）（C）（D）（F）（G）が各変形例に対応するので、破線で囲まれた（A）（B）（C）（D）（F）（G）で示す構成のうちいずれか一つを備えればよく、複数を備えてもよい。図 7 に示すように、交流の船内母線 50 には、第 1 電力貯蔵装置 10 A, 10 C, 10 D 及び第 2 電力貯蔵装置 20 B, 20 C, 20 D が個別の電力変換器 21 A, 22 B, 21 C, 22 C, 21 D, 22 D を介して接続されている。また、電動発電機 80 を駆動するために設けられた第 3 電力変換器 23 及び第 4 電力変換器 24 の直流中間部 51 に、第 1 電力貯蔵装置 10 B, 10 F, 10 G 及び第 2 電力貯蔵装置 20 A, 20 F, 20 G が個別の電力変換器 22 A, 21 B, 21 F, 22 F, 21 G, 22 G を介して接続されている。

【0064】

また、第 1 電力貯蔵装置及び第 2 電力貯蔵装置は、直流の船内母線に、個別の電力変換器を介して接続されていてもよい。図 8 は、変形例（H）（I）に係る船舶の電力システムを備える船舶の構成を概略的に示す図である。なお、図 8 において、枠囲み（H）（I）が各変形例に対応するので、実際は枠囲み（H）（I）で示す構成のうちいずれか一つを備えればよく、複数を備えてもよい。図 8 に示すように、直流の船内母線 52 には、第 1 電力貯蔵装置 10 H, 10 I 及び第 2 電力貯蔵装置 20 H, 20 I が個別の電力変換器 21 H, 22 H, 21 I, 22 I を介して接続されている。また、直流の船内母線 52 には第 0 電力変換器 25 を介して主発電機 40 が接続されている。

【0065】

図 8 の構成においては、第 0 電力変換器 25、第 1 電力変換器 21 H は制御器（図示せず）によってドループ制御され、第 2 電力変換器 22 H はドループ制御または電力制御されてもよい。この場合、ドループ特性は有効電力と直流電圧との関係であり、有効電力が大きいほど直流電圧が低くなるよう設定される。ドループ率は、定格負荷時の直流電圧と無負荷時の直流電圧との差を定格直流電圧で除したもので定義され、通常、各電力源で同じ値に設定するが、必要に応じて異なる値に設定してもよい。第 0 電力変換器 25、第 1 電

10

20

30

40

50

力変換器 2 1 H は、有効電力を検出し、ドループ特性に基づいて直流電圧目標値を定め、電圧制御で動作する。負荷変動に対する電圧変動の追従の速さは、両電力変換器で同じに設定することが望ましい。システムの動作は図 4 A ~ 図 4 C において、図中の周波数を電圧に読み替えたものとなるので、詳細な説明は省略する。

【 0 0 6 6 】

また、図 8 の構成においては、第 0 電力変換器 2 5 は付属の制御器(図示せず)によってドループ制御され、第 1 電力変換器 2 1 H , 2 1 H 定電圧制御と電力制御が瞬時に切替可能となるよう構成され、第 2 電力変換器 2 2 H , 2 2 I は電力制御されてもよい。制御システムは、同じ母線上で運転されている他の電力源の有無を検出し、いずれの電力源も運転されていなければ第 1 電力変換器 2 1 H , 2 1 I を定電圧制御とするよう指令し、運転されていれば第 1 電力変換器 2 1 H , 2 1 I を電力制御として、第 1 電力貯蔵装置 1 0 H , 1 0 I が分担する電力を指令する。

10

【 0 0 6 7 】

(その他の実施形態)

尚、上記各実施形態の船舶 3 0 0 はハイブリッド船としたが、電気推進船、軸発電機搭載機械推進船及び機械推進船のいずれでもよい。図 9 ~ 図 1 1 は、上記船舶の電力システム 1 0 0 を備えるその他の船舶の構成を概略的に示す図である。ここでも制御システム 3 0 は、発電機用途として、第 1 電力貯蔵装置を第 2 電力貯蔵装置 2 0 より優先的に放電させ、系統安定化用途として、第 2 電力貯蔵装置 2 0 を第 1 電力貯蔵装置 1 0 より優先的に充放電させるように構成されている。図 9 の船舶 3 0 0 は軸発電機搭載機械推進船である。軸発電機搭載機械推進船の推進システム 2 0 0 A は軸発電推進システムである。軸発電推進システムでは軸発電機 8 1 を動作させて主発電機 4 0 の電力をアシストし、主機 7 0 の推力によりプロペラ 9 0 を駆動するように構成されている。あるいは、主発電機 4 0 を停止してもよい。図 9 では、制御システム 3 0 は、主機負荷変動補償用途としては、主機 7 0 の負荷変動を低減するために軸発電機 8 1 の発電電力を調整するように第 2 電力貯蔵装置 2 0 を第 1 電力貯蔵装置 1 0 より優先的に充放電させるように構成されている。

20

【 0 0 6 8 】

また、図 1 0 の船舶 3 0 0 は機械推進船である。機械推進船の推進システム 2 0 0 B は機械推進システムである。機械推進システムでは主機 7 0 は主発電機 4 0 とは独立しており、主機 7 0 の推力のみでプロペラ 9 0 を駆動するように構成されている。また、図 1 1 の船舶 3 0 0 は電気推進船である。電気推進船の推進システム 2 0 0 C は、推進用の電動機 8 2 を動作させて電気推進力によりプロペラ 9 0 を駆動するように構成されている。図 1 1 では、制御システム 3 0 は、主機負荷変動補償用途としては、主機の負荷変動を低減するために推進用電動機 8 2 の駆動を調整するように第 2 電力貯蔵装置 2 0 を第 1 電力貯蔵装置 1 0 より優先的に充放電させるように構成されている。図 9 ~ 図 1 1 の推進システム 2 0 0 A ~ 2 0 0 C の態様に応じて、上記各実施形態及び各変形例を適用することが可能である。

30

【 0 0 6 9 】

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、その構造及び機能の一方又は双方の詳細を実質的に変更できる。

40

【産業上の利用可能性】

【 0 0 7 0 】

本発明は、船舶の補助電源として使用される電力システムに有用である。

【符号の説明】

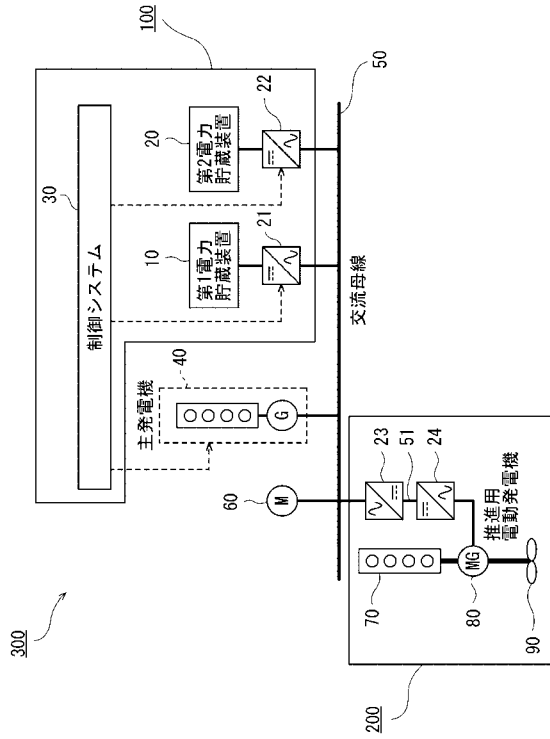
【 0 0 7 1 】

- 1 0 第 1 電力貯蔵装置
- 2 0 第 2 電力貯蔵装置
- 2 1 第 1 電力変換器

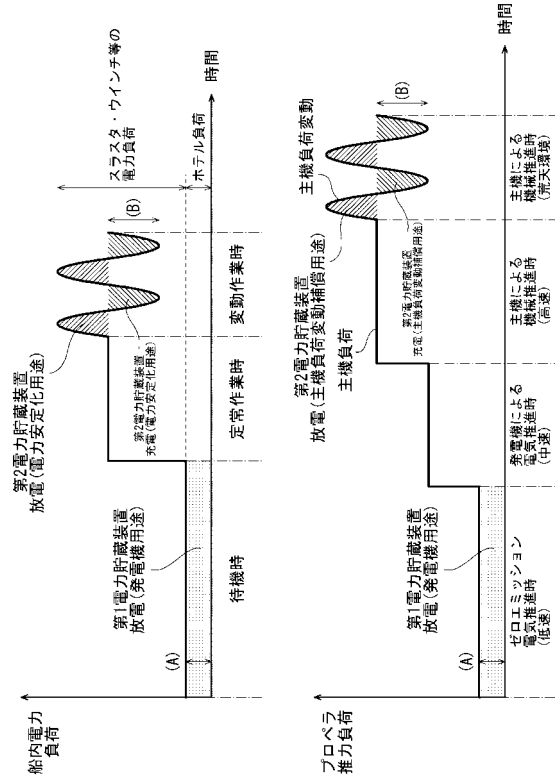
50

2 2	第 2 電力変換器	
2 3	第 3 電力変換器	
2 4	第 4 電力変換器	
2 5	第 0 電力変換器	
3 0	制御システム	
3 1	第 1 ドループ制御部	
3 2	第 2 ドループ制御部	
3 2 A	電力制御部	
3 3	第 3 ドループ制御部	
3 4	運転状態切替部	10
3 6	船内負荷変動検出部	
3 7	主機負荷変動検出部	
3 8	操作卓	
4 0	主発電機	
5 0	船内母線（交流）	
5 1	直流中間部	
5 2	船内母線（直流）	
6 0	船内電力負荷	
7 0	主機	
8 0	推進用電動発電機	20
8 1	軸発電機	
8 2	推進用電動機	
9 0	プロペラ	
1 0 0 , 1 0 0 A , 1 0 0 B	電力システム	
2 0 0 , 2 0 0 A , 2 0 0 B , 2 0 0 C	推進システム	
3 0 0	船舶	
3 5 1	第 1 電力指令部	
3 5 2	第 2 電力指令部	
3 5 3	第 3 電力指令部	
3 6 0	定電圧定周波数制御部	30
3 6 1	第 1 電力制御部	
3 6 2	第 2 電力制御部	

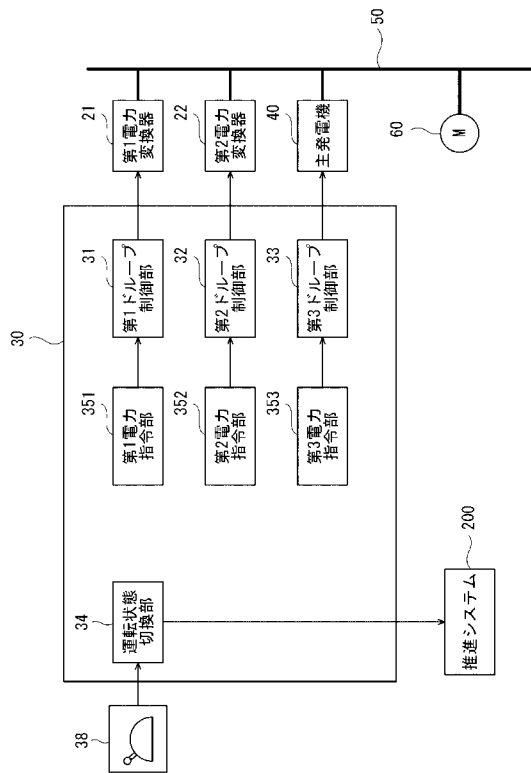
【図 1】



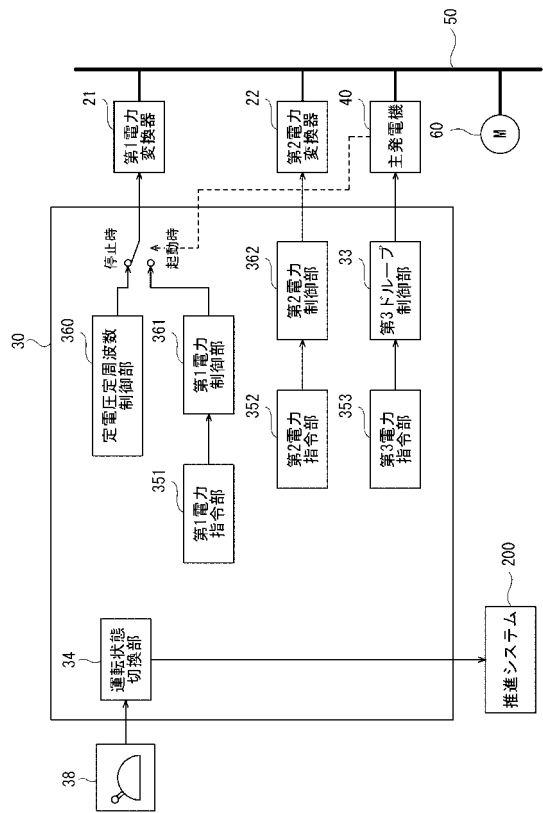
【図 2】



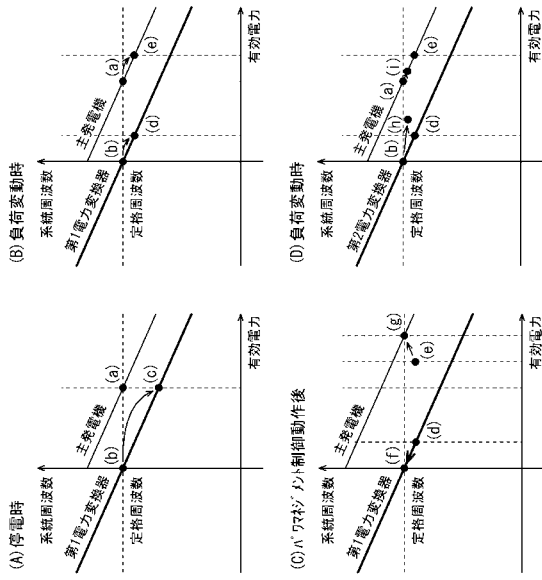
【図 3】



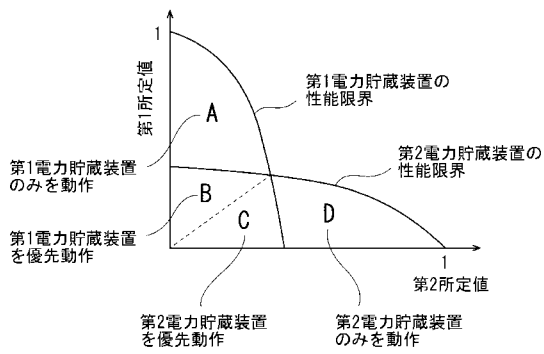
【図 3 A】



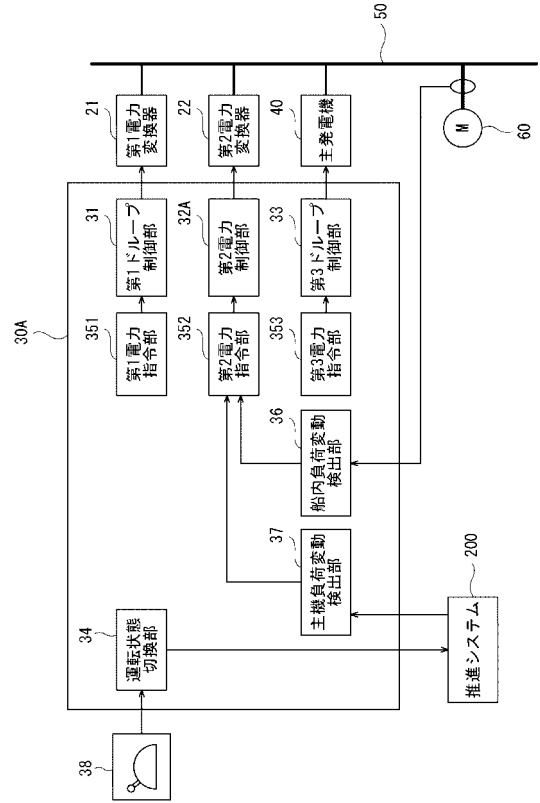
【 図 4 】



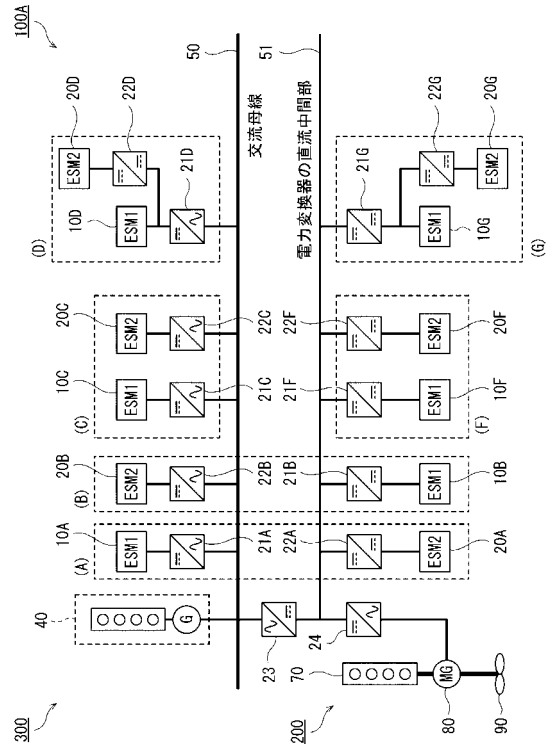
【 図 6 】



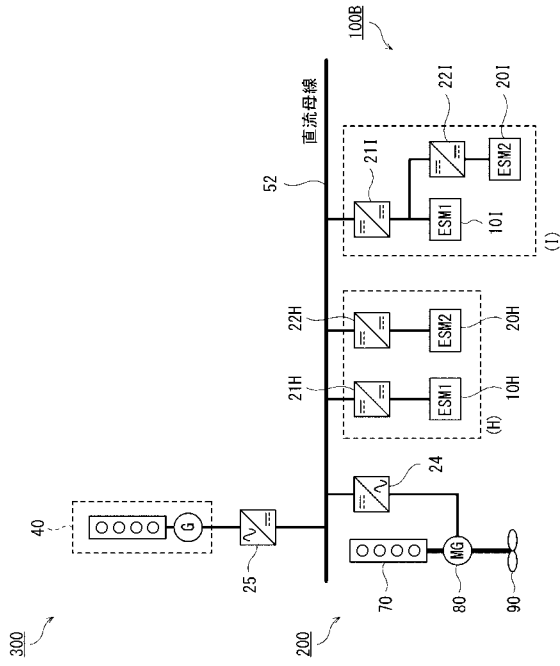
【 図 5 】



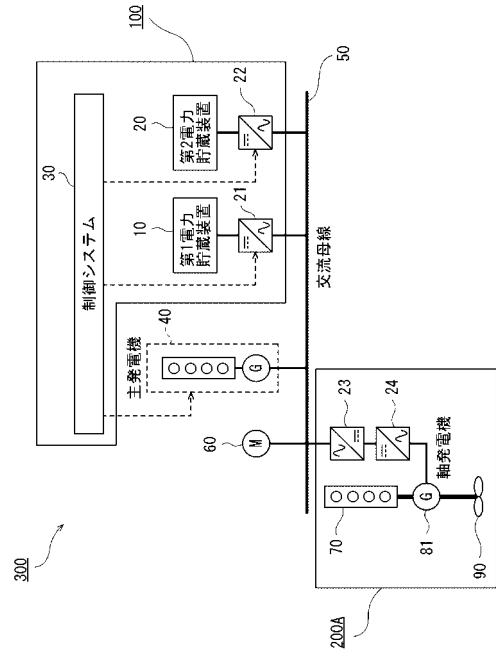
【 図 7 】



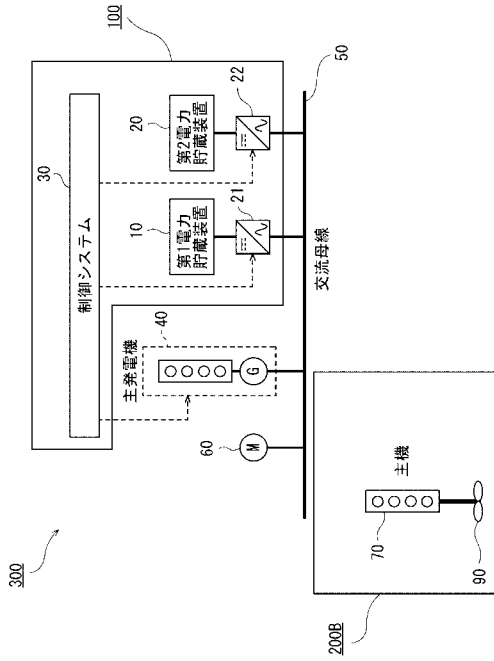
【図 8】



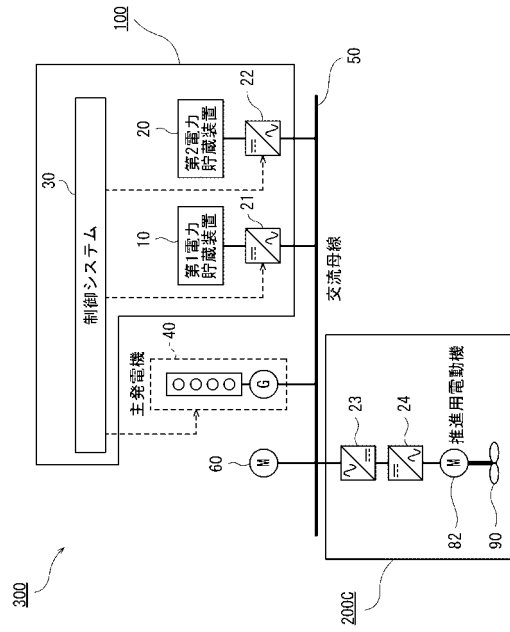
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)	
H 0 2 J	3/24	(2006.01)	H 0 2 J	3/24	
H 0 2 J	3/46	(2006.01)	H 0 2 J	3/46	
H 0 2 J	3/38	(2006.01)	H 0 2 J	3/38	1 1 0
H 0 2 P	9/04	(2006.01)	H 0 2 P	9/04	N
H 0 2 P	101/35	(2015.01)	H 0 2 P	101:35	

- (72)発明者 阪東 聡一郎
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内
- (72)発明者 徳山 和馬
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内
- (72)発明者 大野 達也
兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社 神戸工場内
- (72)発明者 武田 和也
兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社 神戸工場内
- (72)発明者 久次米 泰典
兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社 神戸工場内
- Fターム(参考) 5G066 AD14 HB01 HB03 HB08 HB09 JA05 JB03 JB04 LA06
5H590 AA03 CA22 CD01 CD03 CE03 FA08 HA06