

(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2015-112883
(P2015-112883A)

(43) 公開日 平成27年6月22日(2015.6.22)

(51) Int. Cl.			F I		テーマコード (参考)	
B 6 3 H	21/17	(2006.01)	B 6 3 H	21/17	5 H 5 9 0	
B 6 3 J	3/04	(2006.01)	B 6 3 J	3/04		
B 6 3 J	99/00	(2009.01)	B 6 3 J	5/00	A	
H O 2 P	9/04	(2006.01)	H O 2 P	9/04	N	
H O 2 P	9/14	(2006.01)	H O 2 P	9/14	Z	
審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 27 頁)						

(21) 出願番号	特願2013-253677 (P2013-253677)	(71) 出願人	501204525 国立研究開発法人海上技術安全研究所 東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(22) 出願日	平成25年12月6日(2013.12.6)	(74) 代理人	100098545 弁理士 阿部 伸一
		(74) 代理人	100087745 弁理士 清水 善廣
		(74) 代理人	100106611 弁理士 辻田 幸史
		(74) 代理人	100111006 弁理士 藤江 和典
		(74) 代理人	100116241 弁理士 金子 一郎
		最終頁に続く	

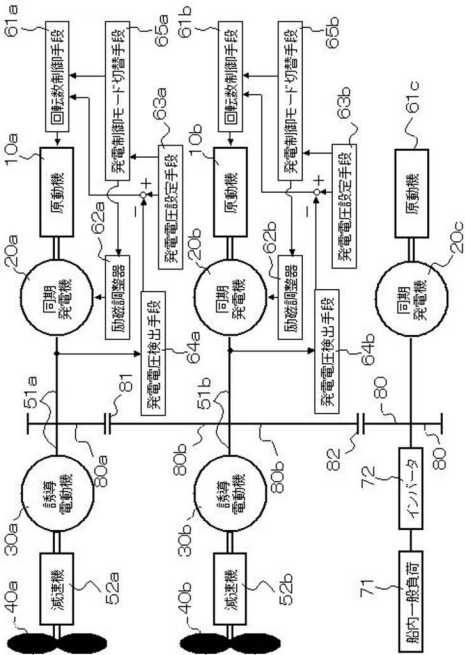
(54) 【発明の名称】 電気推進船の制御装置、電気推進船の制御システム、及び電気推進船

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 インバータや可変ピッチプロペラを使わないで船速を変更できるとともに、特に始動電流が過大になることなく誘導電動機を始動することができる電気推進船の制御装置、電気推進船の制御システム、及び電気推進船を提供する。

【解決手段】 電気推進船の制御装置においては、回転数制御手段により回転数を調整できる原動機10a、bにより駆動される同期発電機20a、bと、同期発電機に与える励磁電圧及び／又は励磁電流を調整する励磁調整器62a、bと、同期発電機により発電された電力により駆動される、プロペラ40a、bが接続された誘導電動機30a、bとを備え、回転数制御手段で原動機の回転数を調整することにより同期発電機の発電電圧を制御する第1の発電制御モードと、励磁調整器で励磁電圧及び／又は励磁電流を調整することのみにより同期発電機の発電電圧を制御する第2の発電制御モードと、を連係して行なうことを特徴とする。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転数制御手段により回転数を調整できる原動機により駆動される同期発電機と、
前記同期発電機に与える励磁電圧及び／又は励磁電流を調整する励磁調整器と、
前記同期発電機により発電された電力により駆動される、プロペラが接続された誘導電動機とを備え、
前記回転数制御手段で前記原動機の前記回転数を調整することにより前記同期発電機の発電電圧を制御する第 1 の発電制御モードと、
前記励磁調整器で前記励磁電圧及び／又は前記励磁電流を調整することのみにより前記同期発電機の前記発電電圧を制御する第 2 の発電制御モードと、
を連係して行なうことを特徴とする電気推進船の制御装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電気推進船の制御装置であって、
前記原動機の前記回転数又は前記同期発電機の発電電圧が所定の値で、前記第 1 の発電制御モードと前記第 2 の発電制御モードとを切り替えて連係することを特徴とする電気推進船の制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の電気推進船の制御装置において、
前記第 2 の発電制御モードでは、前記原動機の前記回転数を所定の一定値に保つことを特徴とする電気推進船の制御装置。

20

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の電気推進船の制御装置において、
前記原動機の前記回転数と前記同期発電機の前記発電電圧とを所定の関係において制御することを特徴とする電気推進船の制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の電気推進船の制御装置を使用した電気推進船の制御システムであって、
前記同期発電機及び前記誘導電動機を母線に接続し、
前記母線の電圧を 0 から所定の上限値まで変化させ、前記母線の周波数を所定の下限値から所定の上限値まで変化させることを特徴とする電気推進船の制御システム。

30

【請求項 6】

請求項 5 に記載の電気推進船の制御システムであって、
前記母線の電圧と周波数とを所定の関係を保って変化させることを特徴とする電気推進船の制御システム。

【請求項 7】

請求項 5 又は 6 に記載の電気推進船の制御システムであって、
前記同期発電機として、少なくとも第 1 の同期発電機と第 2 の同期発電機とを前記母線に接続し、
第 1 の前記同期発電機と第 2 の前記同期発電機とを切り離す同期運転切替手段を有することを特徴とする電気推進船の制御システム。

40

【請求項 8】

請求項 5 から 7 のいずれか 1 項に記載の電気推進船の制御システムであって、
前記母線には船内で使用する船内一般負荷が接続され、
前記船内一般負荷が接続されている前記母線と、前記同期発電機及び前記誘導電動機が接続されている前記母線とを切り離す電力系統切替手段を有することを特徴とする電気推進船の制御システム。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の電気推進船の制御システムであって、
第 1 の前記同期発電機と第 2 の前記同期発電機とを同期させて運転できないときに、
前記同期運転切替手段により、第 1 の前記同期発電機と第 2 の前記同期発電機とを切り離

50

すことを特徴とする電気推進船の制御システム。

【請求項 10】

請求項 8 又は 9 に記載の電気推進船の制御システムであって、
第 1 の前記同期発電機と第 2 の前記同期発電機とを同期させて運転できるときに、
前記同期運転切替手段により、第 1 の前記同期発電機と第 2 の前記同期発電機とを接続することを特徴とする電気推進船の制御システム。

【請求項 11】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の電気推進船の制御装置を使用した電気推進船の制御システムであって、
前記同期発電機の前記発電電圧を設定する発電電圧設定手段と、
前記同期発電機の前記発電電圧を検出する発電電圧検出手段とを有し、
前記発電電圧設定手段で設定した設定発電電圧と前記発電電圧検出手段で検出した発電電圧とを比較して前記同期発電機の発電制御をすることを特徴とする電気推進船の制御システム。

10

【請求項 12】

請求項 11 に記載の電気推進船の制御システムであって、
前記プロペラの回転数を設定する回転数設定手段と、
前記回転数設定手段で設定した設定回転数を前記発電電圧設定手段の前記設定発電電圧に変換する変換手段とを備え、
前記回転数設定手段の前記回転数の設定に従って前記同期発電機の発電制御を行うことを特徴とする電気推進船の制御システム。

20

【請求項 13】

請求項 11 又は 12 に記載の電気推進船の制御システムであって、
前記発電電圧設定手段で設定した前記設定発電電圧に従って、
前記発電電圧と周波数とを所定の関係を保って変化させることを特徴とする電気推進船の制御システム。

【請求項 14】

請求項 11 から 13 のいずれか 1 項に記載の電気推進船の制御システムであって、
前記発電電圧設定手段で設定した前記設定発電電圧に従って、
前記回転数制御手段により前記原動機の前記回転数を調整することを特徴とする電気推進船の制御システム。

30

【請求項 15】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の電気推進船の制御装置を使用した電気推進船の制御システムであって、
操船に伴う前記プロペラの運転状態を設定する設定手段を有することを特徴とする電気推進船の制御システム。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の電気推進船の制御システムであって、
前記設定手段は始動設定手段であり、
前記始動設定手段で始動を設定したときには
前記励磁調整器で前記励磁電圧及び／又は前記励磁電流を調整することのみにより前記同期発電機の前記発電電圧を制御する前記第 2 の発電制御モードを用い、
さらに前記同期発電機の前記発電電圧を 0 V から徐々に上げて変化させることを特徴とする電気推進船の制御システム。

40

【請求項 17】

請求項 15 に記載の電気推進船の制御システムであって、
前記設定手段は増速・減速設定手段であり、
前記増速・減速設定手段で増速・減速を設定したときには、
前記回転数制御手段で前記原動機の前記回転数を調整することにより前記同期発電機の前記発電電圧を制御する前記第 1 の発電制御モードを用いたことを特徴とする電気推進船の

50

制御システム。

【請求項 18】

請求項 15 に記載の電気推進船の制御システムであって、
前記設定手段は逆転設定手段であり、
前記逆転設定手段で逆転運転を設定したときには、
前記誘導電動機に供給される電力を逆相にして
前記励磁調整器で前記励磁電圧及び／又は前記励磁電流を調整することのみにより前記同期発電機の前記発電電圧を制御する前記第 2 の発電制御モードを用い、
さらに前記同期発電機の前記発電電圧を 0 V から徐々に上げて変化させることを特徴とする電気推進船の制御システム。

10

【請求項 19】

請求項 15 に記載の電気推進船の制御システムであって、
前記設定手段は停止設定手段であり、
前記停止設定手段で停止を設定したときには、
前記誘導電動機への電力の供給を停止した後に前記原動機を停止することを特徴とする電気推進船の制御システム。

【請求項 20】

請求項 5 から 19 のいずれか 1 項に記載の電気推進船の制御システムを搭載した電気推進船。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気推進船の制御装置、電気推進船の制御システム、及び電気推進船に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の電気推進船では、プロペラ駆動の推進電動機は、電圧、周波数一定の船内母線に繋がれており、エンジンで駆動される発電機により母線は、60 Hz、440 V 一定にキープされている。そして、プロペラの回転制御は、インバータによる周波数制御によって推進電動機の回転数を変更する方法と、可変ピッチのプロペラ翼角を変更する方法により行われていた。

30

ところで、特許文献 1 では、可変速エンジンと、可変速エンジンによって発電される同期発電機と、同期発電機に接続された極変換手段と、極変換手段に接続された同期電動機又は誘導電動機と、同期電動機又は誘導電動機によって駆動される固定ピッチプロペラを備えた船舶用電気推進システムを提案している。

また、特許文献 2 では、起動時に流れる突入電流を小さくするために、負荷電流が基準値以上になると、発電機駆動用のエンジン回転数を一時的に低下させ、その後定格回転数まで回転数を上昇する回転数制御を提案している。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0003】

【特許文献 1】特開 2010-241194 号公報

【特許文献 2】特開平 4-172980 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の電気推進船では、回転制御は簡単であるが、インバータや可変ピッチプロペラは高価であり、内航船のような安価な船には普及しにくいという問題がある。

また、特許文献 1 では、極変換手段によって極微速においても加速、減速を行えるとしているが、電動機の始動時に過大な始動電流が流れることを有効に防止できない。

50

また、特許文献2では、負荷電流を基準として制御し始動電流が過大になることなく誘導電動機を始動することができるが、特許文献2は、始動後は定格運転される誘導電動機であり、始動後の定常運転時に回転数制御するものではなく、回転数を基準として制御するものでもない。

【0005】

そこで、本発明はインバータや可変ピッチプロペラを使わないで船速を変更できるとともに、特に始動電流が過大になることなく誘導電動機を始動することができる電気推進船の制御装置、電気推進船の制御システム、及び電気推進船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】

【0006】

請求項1記載の本発明に対応した電気推進船の制御装置においては、回転数制御手段により回転数を調整できる原動機により駆動される同期発電機と、同期発電機に与える励磁電圧及び／又は励磁電流を調整する励磁調整器と、同期発電機により発電された電力により駆動される、プロペラが接続された誘導電動機とを備え、回転数制御手段で原動機の回転数を調整することにより同期発電機の発電電圧を制御する第1の発電制御モードと、励磁調整器で励磁電圧及び／又は励磁電流を調整することのみにより同期発電機の発電電圧を制御する第2の発電制御モードと、を連係して行なうことを特徴とする。請求項1に記載の本発明によれば、第1の発電制御モードによって同期発電機の発電電圧を制御することで、インバータや可変ピッチのプロペラ翼角の変更を行うことなく船速を変更でき、また第2の発電制御モードによって始動電流が過大になることなく誘導電動機を始動することができる。

【0007】

請求項2記載の本発明は、原動機の回転数又は前記同期発電機の発電電圧が所定の値で、第1の発電制御モードと第2の発電制御モードとを切り替えて連係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、原動機の回転数又は同期発電機の発電電圧を基準として、例えば原動機回転数の下限値又は所定の値の発電電圧で第1の発電制御モードと第2の発電制御モードとを切り替えることで、誘導電動機の始動電流を抑えてソフトスタートができるとともに、スタート後には原動機の回転数によって同期発電機の発電電圧を制御することができる。

【0008】

請求項3記載の本発明は、第2の発電制御モードでは、原動機の回転数を所定の一定値に保つことを特徴とする。請求項3に記載の本発明によれば、原動機を一定の回転数で回転するように制御でき、原動機の一定の回転数の下で同期発電機の発電電圧を徐々に上昇させることができる。

【0009】

請求項4記載の本発明は、原動機の回転数と同期発電機の発電電圧とを所定の関係において制御することを特徴とする。請求項4に記載の本発明によれば、例えば比例関係によって原動機の回転数と同期発電機の発電電圧を制御することで、誘導電動機の回転数を制御できる。

【0010】

請求項5記載の本発明に対応した電気推進船の制御装置を使用した電気推進船の制御システムにおいては、同期発電機及び誘導電動機を母線に接続し、母線の電圧を0から所定の上限値まで変化させ、母線の周波数を所定の下限値から所定の上限値まで変化させることを特徴とする。請求項5に記載の本発明によれば、同期発電機を接続した母線の周波数及び電圧を制御して誘導電動機の回転数を制御できる。

【0011】

請求項6記載の本発明は、母線の電圧と周波数とを所定の関係を保って変化させることを特徴とする。請求項6に記載の本発明によれば、母線の電圧と周波数との所定の関係を保った変化で誘導電動機を制御できる。

【0012】

請求項 7 記載の本発明は、同期発電機として、少なくとも第 1 の同期発電機と第 2 の同期発電機とを母線に接続し、第 1 の同期発電機と第 2 の同期発電機とを切り離す同期運転切替手段を有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、同期運転切替手段によって第 1 の同期発電機と第 2 の同期発電機とを単独運転又は同期運転することができる。

【0013】

請求項 8 記載の本発明は、母線には船内で使用する船内一般負荷が接続され、船内一般負荷が接続されている母線と、同期発電機及び誘導電動機が接続されている母線とを切り離す電力系統切替手段を有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、誘導電動機への電力供給と船内一般負荷への電力供給とを共用して行えるとともに、誘導電動機への電力供給を、船内一般負荷への電力供給から切り離して行うこともできる。

10

【0014】

請求項 9 記載の本発明は、第 1 の同期発電機と第 2 の同期発電機とを同期させて運転できないときに、同期運転切替手段により、第 1 の同期発電機と第 2 の同期発電機とを切り離すことを特徴とする。請求項 9 に記載の本発明によれば、単独運転を行うことで、原動機の回転数を大きく変動させることができ、また回転数が変動しても問題なく運転ができる。

【0015】

請求項 10 記載の本発明は、第 1 の同期発電機と第 2 の同期発電機とを同期させて運転できるときに、同期運転切替手段により、第 1 の同期発電機と第 2 の同期発電機とを接続することを特徴とする。請求項 10 に記載の本発明によれば、原動機の回転数変動が少ない場合には、複数の原動機を同期させて制御することができる。

20

【0016】

請求項 11 記載の本発明に対応した電気推進船の制御装置を使用した電気推進船の制御システムにおいては、同期発電機の発電電圧を設定する発電電圧設定手段と、同期発電機の発電電圧を検出する発電電圧検出手段とを有し、発電電圧設定手段で設定した設定発電電圧と発電電圧検出手段で検出した発電電圧とを比較して同期発電機の発電制御をすることを特徴とする。請求項 11 に記載の本発明によれば、発電電圧検出手段で検出した発電電圧をフィードバックして発電電圧設定手段で設定した設定発電電圧が得られるように同期発電機を発電制御できる。

30

【0017】

請求項 12 記載の本発明は、プロペラの回転数を設定する回転数設定手段と、回転数設定手段で設定した設定回転数を発電電圧設定手段の設定発電電圧に変換する変換手段とを備え、回転数設定手段の回転数の設定に従って同期発電機の発電制御を行うことを特徴とする。請求項 12 に記載の本発明によれば、設定されたプロペラの回転数に従って簡便に発電電圧を設定し、発電制御を行うことができる。

【0018】

請求項 13 記載の本発明は、発電電圧設定手段で設定した設定発電電圧に従って、発電電圧と周波数とを所定の関係を保って変化させることを特徴とする。請求項 13 に記載の本発明によれば、プロペラの回転数を発電電圧と周波数の所定の関係で調整できる。

40

【0019】

請求項 14 記載の本発明は、発電電圧設定手段で設定した設定発電電圧に従って、回転数制御手段により原動機の回転数を調整することを特徴とする。請求項 14 に記載の本発明によれば、設定発電電圧に従って回転数制御手段により原動機の回転数を調整して変化させることができる。

【0020】

請求項 15 記載の本発明に対応した電気推進船の制御装置を使用した電気推進船の制御システムは、操船に伴うプロペラの運転状態を設定する設定手段を有することを特徴とする。請求項 15 に記載の本発明によれば、設定手段によって、例えば、停止、始動、増速、減速、逆転、及びクラッシュアスターンを行うことができる。

50

【0021】

請求項16記載の本発明は、設定手段は始動設定手段であり、始動設定手段で始動を設定したときには励磁調整器で励磁電圧及び／又は励磁電流を調整することのみにより同期発電機の発電電圧を制御する第2の発電制御モードを用い、さらに同期発電機の発電電圧を0Vから徐々に上げて変化させることを特徴とする。請求項16に記載の本発明によれば、原動機の任意の一定始動回転数の下で、同期発電機の発電電圧を徐々に上げることで、始動電流が過大になることなく誘導電動機を始動することができる。

【0022】

請求項17記載の本発明は、設定手段は増速・減速設定手段であり、増速・減速設定手段で増速・減速を設定したときには、回転数制御手段で原動機の回転数を調整することにより同期発電機の発電電圧を制御する第1の発電制御モードを用いたことを特徴とする。請求項17に記載の本発明によれば、原動機の回転数を変えることで、増速又は減速を行うことができる。

10

【0023】

請求項18記載の本発明は、設定手段は逆転設定手段であり、逆転設定手段で逆転運転を設定したときには、誘導電動機に供給される電力を逆相にして励磁調整器で励磁電圧及び／又は励磁電流を調整することのみにより同期発電機の発電電圧を制御する第2の発電制御モードを用い、さらに同期発電機の発電電圧を0Vから徐々に上げて変化させることを特徴とする。請求項18記載の本発明によれば、逆相電圧を誘導電動機に与えることで逆転を行うことができ、同期発電機の発電電圧を徐々に上げることで、始動電流が過大になることなく誘導電動機を始動することができる。

20

【0024】

請求項19記載の本発明は、設定手段は停止設定手段であり、停止設定手段で停止を設定したときには、誘導電動機への電力の供給を停止した後に原動機を停止することを特徴とする。請求項19に記載の本発明によれば、誘導電動機への電力の供給を確保した上、例えば、停止後の原動機のアイドリングを行うことができる。

【0025】

請求項20記載の本発明に対応した電気推進船においては、これらの電気推進船の制御システムを搭載したことを特徴とする。請求項20に記載の本発明によれば、インバータや可変ピッチのプロペラ翼角の変更を行うことなく船速を変更でき、また第2の発電制御モードによって始動電流が過大になることなく誘導電動機を始動することができる電気推進船を提供できる。

30

【発明の効果】

【0026】

本発明の電気推進船の制御装置によれば、第1の発電制御モードによって同期発電機の発電電圧を制御することで、インバータや可変ピッチのプロペラ翼角の変更を行うことなく船速を変更でき、また第2の発電制御モードによって始動電流が過大になることなく誘導電動機を始動することができる。

【0027】

また、原動機の回転数又は前記同期発電機の発電電圧が所定の値で、第1の発電制御モードと第2の発電制御モードとを切り替えて連係する場合には、原動機の回転数又は同期発電機の発電電圧の設定値を基準として、例えば原動機回転数の下限値又は所定の値の発電電圧で第1の発電制御モードと第2の発電制御モードとを切り替えることで、誘導電動機の始動電流を抑えてソフトスタートができるとともに、スタート後には原動機の回転数によって同期発電機の発電電圧を制御することができる。

40

【0028】

また、第2の発電制御モードでは、原動機の回転数を所定の一定値に保つ場合には、原動機を一定の回転数で回転するように制御でき、原動機の一定の回転数の下で同期発電機の発電電圧を徐々に上昇させることができる。

【0029】

50

また、原動機の回転数と同期発電機の発電電圧とを所定の関係において制御する場合には、例えば比例関係によって原動機の回転数と同期発電機の発電電圧を制御することで、誘導電動機の回転数を制御できる。

【0030】

本発明の電気推進船の制御システムによれば、同期発電機を接続した母線の周波数及び電圧を制御して誘導電動機の回転数を制御できる。

【0031】

また、母線の電圧と周波数とを所定の関係を保って変化させる場合には、母線の電圧と周波数との所定の関係を保った変化で誘導電動機を制御できる。

【0032】

また、同期発電機として、少なくとも第1の同期発電機と第2の同期発電機とを母線に接続し、第1の同期発電機と第2の同期発電機とを切り離す同期運転切替手段を有する場合には、同期運転切替手段によって第1の同期発電機と第2の同期発電機とを単独運転又は同期運転することができる。

【0033】

また、母線には船内で使用する船内一般負荷が接続され、船内一般負荷が接続されている母線と、同期発電機及び誘導電動機が接続されている母線とを切り離す電力系統切替手段を有する場合には、誘導電動機への電力供給と船内一般負荷への電力供給とを共用して行えるとともに、誘導電動機への電力供給を、船内一般負荷への電力供給から切り離して行うこともできる。

【0034】

また、第1の同期発電機と第2の同期発電機とを同期させて運転できないときに、同期運転切替手段により、第1の同期発電機と第2の同期発電機とを切り離す場合には、単独運転を行うことで、原動機の回転数を大きく変動させることができ、また回転数が変動しても問題なく運転ができる。

【0035】

また、第1の同期発電機と第2の同期発電機とを同期させて運転できるときに、同期運転切替手段により、第1の同期発電機と第2の同期発電機とを接続する場合には、原動機の回転数変動が少ない場合には、複数の原動機を同期させて制御することができる。

【0036】

本発明の電気推進船の制御システムによれば、発電電圧検出手段で検出した発電電圧をフィードバックして発電電圧設定手段で設定した設定発電電圧が得られるように同期発電機を発電制御できる。

【0037】

また、プロペラの回転数を設定する回転数設定手段と、回転数設定手段で設定した設定回転数を発電電圧設定手段の設定発電電圧に変換する変換手段とを備え、回転数設定手段の回転数の設定に従って同期発電機の発電制御を行う場合には、設定されたプロペラの回転数に従って簡便に発電電圧を設定し、発電制御を行うことができる。

【0038】

また、発電電圧設定手段で設定した設定発電電圧に従って、発電電圧と周波数とを所定の関係を保って変化させる場合には、プロペラの回転数を発電電圧と周波数の所定の関係で調整できる。

【0039】

また、発電電圧設定手段で設定した設定発電電圧に従って、回転数制御手段により原動機の回転数を調整する場合には、発電電圧や周波数を回転数制御手段により原動機の回転数を調整して変化させることができる。

【0040】

本発明の電気推進船の制御システムによれば、設定手段によって、例えば、停止、始動、増速、減速、逆転、及びクラッシュアスターンを行うことができる。

【0041】

また、設定手段は始動設定手段であり、始動設定手段で始動を設定したときには第2の発電制御モードを用い、励磁調整器で励磁電圧及び／又は励磁電流を調整することのみにより同期発電機の発電電圧を制御し、さらに同期発電機の発電電圧を0 Vから徐々に上げて変化させる場合には、原動機の任意の一定始動回転数の下で、同期発電機の発電電圧を徐々に上げることで、始動電流が過大になることなく誘導電動機を始動することができる。

【0042】

また、設定手段は増速・減速設定手段であり、増速・減速設定手段で増速・減速を設定したときには、回転数制御手段で原動機の回転数を調整することにより同期発電機の発電電圧を制御する場合には、原動機の回転数を変えることで、増速又は減速を行うことができる。

10

【0043】

また、設定手段は逆転設定手段であり、逆転設定手段で逆転運転を設定したときには、誘導電動機に供給される電力を逆相にして励磁調整器で励磁電圧及び／又は励磁電流を調整することのみにより同期発電機の発電電圧を制御する第2の発電制御モードを用い、さらに同期発電機の発電電圧を0 Vから徐々に上げて変化させる場合には、逆相電圧を誘導電動機に与えることで逆転を行うことができ、同期発電機の発電電圧を徐々に上げることで、始動電流が過大になることなく誘導電動機を始動することができる。

【0044】

また、設定手段は停止設定手段であり、停止設定手段で停止を設定したときには、誘導電動機への電力の供給を停止した後原動機を停止する場合には、誘導電動機への電力の供給を確保した上、例えば、停止後の原動機のアイドリングを行うことができる。

20

【0045】

本発明の電気推進船によれば、インバータや可変ピッチのプロペラ翼角の変更を行うことなく船速を変更でき、また第2の発電制御モードによって始動電流が過大になることなく誘導電動機を始動することができる電気推進船を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】本発明の一実施形態による電気推進船の制御システムを示す基本構成図

【図2】同電気推進船の制御システムを示すブロック図

30

【図3】同電気推進船の制御システムにおける第1と第2の発電制御モードの制御方法を示す説明図

【図4】同電気推進船の制御システムにおける制御フローチャート

【図5】同電気推進船の制御システムにおける設定手段の概念図

【図6】本発明の他の実施形態による電気推進船の制御システムを示すブロック図

【図7】本発明の更に他の実施形態による電気推進船の同期を取る方法及び逆転切り替えの方法を示すブロック図

【図8】原動機の回転数（周波数）と電圧との関係を示す図

【発明を実施するための形態】

【0047】

40

図1は本発明の一実施形態による電気推進船の制御システムを示す基本構成図、図2は同電気推進船の制御システムを示すブロック図である。

図1に示すように、本発明の一実施形態による電気推進船は、原動機10により駆動される同期発電機20と、同期発電機20により発電された電力により駆動される誘導電動機30とを備え、誘導電動機30によりプロペラ40を回転する。同期発電機20は、励磁調整器62により励磁電圧及び／又は励磁電流が調整される。

これら原動機10、同期発電機20、誘導電動機30、プロペラ40及び励磁調整器62より、電気推進船の制御装置は主として構成される。

図2では、プロペラ40aとプロペラ40bとを備えた2軸プロペラの電気推進船の制御システムを示している。

50

【0048】

誘導電動機30aと同期発電機20a（第1の同期発電機）とは、電力供給線51aで接続されている。なお、電力供給線51aは、母線80aを介して誘導電動機30aと同期発電機20aとを接続することもある。

プロペラ40aが接続された誘導電動機30aは、同期発電機20aにより発電された電力により駆動される。同期発電機20aは原動機10aにより駆動される。

プロペラ40aは、減速機52aを介して誘導電動機30aと接続される。

【0049】

原動機10aは、ガバナー等の回転数制御手段61aにより回転数が調整される。同期発電機20aは、励磁調整器62aにより励磁電圧及び／又は励磁電流が調整される。

発電電圧設定手段63aは、同期発電機20aにより発電される電力の発電電圧を設定する。

発電電圧設定手段63aで設定可能な発電電圧は、予め定められた原動機10aの性能、同期発電機20a、誘導電動機30aの電氣的性能を考慮して、周波数（原動機10aの回転数）と発電電圧の関係において制定される。

回転数制御手段61aは、発電電圧設定手段63aでの設定発電電圧に対応する周波数を割り出し、原動機10aの回転数を制御する。

同期発電機20aは、この発電電圧設定手段63aにより発電電圧が設定される。発電電圧検出手段64aは、同期発電機20aの発電電圧を検出する。

【0050】

同期発電機20aは、発電電圧設定手段63aで設定した設定発電電圧と、発電電圧検出手段64aで検出した発電電圧をフィードバックして比較し、発電電圧設定手段63aで設定した設定発電電圧が得られるように原動機10aの回転数を調整して発電制御される。

回転数制御手段61aと励磁調整器62aとは、発電制御モード切替手段65aによる回転数を基準としたモード切り替えによって動作する。なお、回転数を基準としたモード切り替えは、発電電圧を基準としたモード切り替えであるとも言える。この発電電圧を基準としたモード切り替えには、設定発電電圧を基準とする場合と、検出した発電電圧を基準とする場合の2つケースがあり得る。

【0051】

発電制御モード切替手段65aは、発電電圧設定手段63aでの設定発電電圧から原動機10aの回転数を割り出し、回転数が所定値よりも低いか高いかを判断する。回転数が所定値よりも高い場合には、発電制御モード切替手段65aでは第1の発電制御モードとし、回転数制御手段61aにより原動機10aの回転数を調整する。回転数が所定値よりも低い場合には、発電制御モード切替手段65aでは第2の発電制御モードとし、原動機10aの回転数を所定の値（例えば下限値）に保ち、励磁調整器62aで励磁電圧及び／又は励磁電流を調整することのみにより同期発電機20aの発電電圧を制御する。

【0052】

第2の発電制御モードでは、発電制御モード切替手段65aは、発電電圧設定手段63aでの設定発電電圧に従って0Vから設定発電電圧になるまで発電電圧を徐々に上げていくよう励磁調整器62aでの励磁電圧を調整する。

なお、第1の発電制御モードにおいても、発電制御モード切替手段65aは、設定発電電圧に比例的に励磁電圧を加える。また、励磁調整器62aの励磁電圧は、設定発電電圧に2次曲線的に比例するものや固定値であってもよいし、段階的な値をとってもよい。

発電電圧検出手段64aで検出される同期発電機20aの発電電圧はフィードバックされ、発電電圧設定手段63aでの設定発電電圧と比較され、回転数制御手段61aを介して、発電電圧が設定発電電圧となるように微調整される。

【0053】

この電気推進船の制御装置は、回転数制御手段61aで原動機10aの回転数を調整することと励磁調整器62aで励磁電圧及び／又は励磁電流を調整することにより同期発電

10

20

30

40

50

機 20 a の発電電圧を制御する第 1 の発電制御モードと、原動機 10 a の回転数を所定の値に保ち、励磁調整器 62 a で励磁電圧及び／又は励磁電流を調整することのみにより同期発電機 20 a の発電電圧を制御する第 2 の発電制御モードとを有している。第 1 の発電制御モードと第 2 の発電制御モードは、原動機 10 a の回転数が所定の値で切り替えているが、発電電圧を基準として切り替えることもできる。

【0054】

誘導電動機 30 b と同期発電機 20 b（第 2 の同期発電機）とは、電力供給線 51 b で接続されている。なお、電力供給線 51 b は、母線 80 b を介して誘導電動機 30 b と同期発電機 20 b とを接続することもある。

プロペラ 40 b が接続された誘導電動機 30 b は、同期発電機 20 b により発電された電力により駆動される。同期発電機 20 b は原動機 10 b により駆動される。

プロペラ 40 b は、減速機 52 b を介して誘導電動機 30 b と接続される。

【0055】

原動機 10 b は、ガバナー等の回転数制御手段 61 b により回転数が調整される。同期発電機 20 b は、励磁調整器 62 b により励磁電圧及び／又は励磁電流が調整される。

発電電圧設定手段 63 b は、同期電動機 20 b により発電される電力の発電電圧を設定する。

回転数制御手段 61 b は、発電電圧設定手段 63 b での設定発電電圧に対応する周波数を割り出し、原動機 10 b の回転数を制御する。

同期発電機 20 b は、発電電圧設定手段 63 b により発電電圧が設定される。発電電圧検出手段 64 b は、同期発電機 20 b の発電電圧を検出する。

同期発電機 20 b は、発電電圧設定手段 63 b で設定した設定発電電圧と、発電電圧検出手段 64 b で検出した発電電圧をフィードバックして比較し、発電電圧設定手段 63 b で設定した設定発電電圧が得られるように原動機 10 b の回転数を調整して発電制御される。

回転数制御手段 61 b と励磁調整器 62 b とは、発電制御モード切替手段 65 b による回転数を基準としたモード切り替えによって動作する。

【0056】

発電制御モード切替手段 65 b は、発電電圧設定手段 63 b での設定発電電圧から原動機 10 b の回転数を割り出し、回転数が所定値よりも高いか低いかを判断する。回転数が所定値よりも高い場合には、発電制御モード切替手段 65 b では第 1 の発電制御モードとし、回転数制御手段 61 b により原動機 10 b の回転数を調整する。回転数が所定値よりも低い場合には、発電制御モード切替手段 65 b では第 2 の発電制御モードとし、原動機 10 b の回転数を所定の値（例えば下限値）に保ち、励磁調整器 62 b で励磁電圧及び／又は励磁電流を調整することのみにより同期発電機 20 b の発電電圧を制御する。

【0057】

第 2 の発電制御モードでは、発電制御モード切替手段 65 b は、発電電圧設定手段 63 b での設定発電電圧に従って 0 V から設置電圧になるまで発電電圧を徐々に上げていくよう励磁調整器 62 b での励磁電圧を調整する。

なお、第 1 の発電制御モードにおいても、の発電制御モード切替手段 65 b は、設定発電電圧に比例的に励磁電圧を加える。また、励磁調整器 62 b の励磁電圧は、設定発電電圧に 2 次曲線的に比例するものや固定値であってもよいし、段階的な値をとってもよい。

発電電圧検出手段 64 b で検出される同期発電機 20 b の発電電圧はフィードバックされ、発電電圧設定手段 63 b での設定発電電圧と比較され、回転数制御手段 61 b を介して、発電電圧が設定発電電圧となるように微調整される。

【0058】

この電気推進船の制御装置は、回転数制御手段 61 b で原動機 10 b の回転数を調整することと励磁調整器 62 b で励磁電圧及び／又は励磁電流が調整することにより同期発電機 20 b の発電電圧を制御する第 1 の発電制御モードと、原動機 10 b の回転数を所定の値に保ち、励磁調整器 62 b で励磁電圧及び／又は励磁電流を調整することのみにより同

期発電機 20b の発電電圧を制御する第 2 の発電制御モードとを有している。第 1 の発電制御モードと第 2 の発電制御モードとは、原動機 10b の回転数が所定の値で切り替えているが、前述のように発電電圧を基準として切り替えることもできる。

【0059】

なお、上記実施形態の説明では、発電電圧設定手段 63a と発電電圧設定手段 63b とは、それぞれ異なる原動機 10a、10b、及び同期発電機 20a、20b を設定対象としたものを示したが、一体化した一つの発電電圧設定手段によって、原動機 10a、10b、及び同期発電機 20a、20b を設定してもよい。

例えば、一つのハンドルを有した発電電圧設定手段で設定発電電圧を変更し、各原動機 10a、10b の回転数を変更することができる。

この場合、発電電圧設定手段で発電電圧を設定し、各原動機 10a、10b の同期が取れた段階で、ハンドルで発電電圧の設定を変更できる。

【0060】

複数の原動機の同期を取る方法及び逆転切り替えの方法を図 7 に示す。

図 7 において、電力状態検出器 68a、68b で、電力供給線 51a、51b の電圧、周波数、位相を検出し、同期投入装置 69 で、検出した電圧、周波数、位相の差を算出し、かつ経過時間を検出している。

予め、投入条件として定めた、例えば電圧差が $\pm 0.03\%$ 以内、周波数差が ± 0.8 Hz 以内、位相差が $\pm \pi/18$ rad 以内、かつ許容経過時間が 1 分以内の条件が満たされた場合、同期投入条件が整ったと判断して、同期運転切替手段 81 に母線 80a と母線 80b を接続するように指示する。

同期運転条件が満たされている場合は、一つのハンドルを有した発電電圧設定手段で設定発電電圧を変更し、プロペラ 40a、40b の回転数を連動して変更することができる。

【0061】

電力供給線 51a が接続されている母線 80a と電力供給線 51b が接続されている母線 80b は、船内一般負荷 71 が接続されている母線 80 と接続されている。

船内で使用する船内一般負荷 71 は、インバータ 72 を介して母線 80 に接続されている。また、母線 80 には、回転数を調整できる原動機 61c により駆動される同期発電機 20c が接続されている。

電力供給線 51a が接続されている母線 80a と電力供給線 51b が接続されている母線 80b とは、同期運転切替手段 81 で接続されている。また、電力供給線 51b が接続されている母線 80b と船内一般負荷 71 が接続されている母線 80 とは、電力系統切替手段 82 で接続されている。

【0062】

従って、同期運転切替手段 81 によって、電力供給線 51a と電力供給線 51b とを切り離すことができ、電力系統切替手段 82 によって、電力供給線 51b が接続されている母線 80b と船内一般負荷 71 が接続されている母線 80 とを切り離すことができる。

すなわち、同期発電機 20a と同期発電機 20b とを同期させて運転できないときには、同期運転切替手段 81 により、電力供給線 51a と電力供給線 51b とを切り離し、電力系統切替手段 82 により、船内一般負荷 71 が接続されている母線 80 と、電力供給線 51b が接続されている母線 80b とを切り離すことで、同期発電機 20a と同期発電機 20b との単独運転を行うことができる。単独運転を行うことで、原動機 10a 及び原動機 10b の回転数を大きく変動させることができる。また、何らかの原因で回転数が変動して同期外れとなった場合でも問題なく運転ができる。

【0063】

また、同期発電機 20a と同期発電機 20b とを同期させて運転できるときには、同期運転切替手段 81 により、電力供給線 51a と電力供給線 51b とを母線 80a、80b を介して接続することで、原動機 10a 及び原動機 10b の回転数変動が少ない場合には、複数の同期発電機 20a、20b を同期させて制御し、誘導電動機 30a、30b に共

通的に電力供給をすることができる。

【0064】

また、同期発電機20aと同期発電機20bとを同期させて運転でき、誘導電動機30a、30bの負荷が小さいときには、電力系統切替手段82により、船内一般負荷71が接続されている母線80と、電力供給線51bが接続されている母線80bとを接続することで、船内一般負荷71に電力を供給できる。

この場合、同期発電機20aと同期発電機20bとの同期運転を行いつつ、母線80の周波数及び電圧を制御して誘導電動機30a、30bの回転数を制御できる。母線80の電圧は、0から所定の上限值まで変化させ、母線80の周波数は所定の下限值から所定の上限值まで変化させることができる。なお、0から所定の上限值までの電圧の変化は、不連続な部分を有した変化であってもよい。

10

同期運転切替手段81及び電力系統切替手段82により、母線80、母線80a、及び母線80bを接続する場合には、母線80の電圧と周波数を所定の関係を保って変化させることで、船内一般負荷71に電力を供給できる。

【0065】

また、母線80の電圧と周波数との変化があってもインバータ72で船内一般負荷71への電力を調整できる。

母線80a、及び母線80bを接続する場合、あるいは母線80、母線80a、及び母線80bを接続する場合には、母線80a、及び母線80bあるいは母線80、母線80a、及び母線80bの電圧と周波数の関係は V/f 一定の比例の関係とし、周波数一定で電圧を制御して誘導電動機30a、30bの回転数を変更するのは始動時だけで、始動後には V/f 一定の関係で誘導電動機30a、30bの回転数を変更する。誘導電動機30の回転数は、電圧と周波数で変更することができる。

20

【0066】

なお、母線80、母線80a、及び母線80bを接続する場合には、船内一般負荷71には、原動機10a、10bにより駆動される同期発電機20a、20bから電力を供給することができ、インバータ72によって所定の周波数及び所定の電圧が供給される。

【0067】

定常運転時には、母線80、母線80a、及び母線80bを接続して、複数の同期発電機20を同期させて運転を行うことができる。

30

【0068】

電力系統切替手段82によって、電力供給線51bが接続されている母線80bと船内一般負荷71が接続されている母線80とを切り離す場合には、船内一般負荷71は、原動機61cにより駆動される同期発電機20cから電力が供給される。この場合には、インバータ72によらずに、所定の周波数及び所定の電圧を供給することもできる。

【0069】

始動時や、同期発電機20の発電電圧又は周波数の変動が大きいときなど、複数台の同期発電機20を同期して運転できなくなったときには、母線80から母線80bを切り離し、母線80aを母線80bから切り離すことで、同期発電機20の単独運転を行う。

【0070】

40

このように、電力系統切替手段82を有することで、誘導電動機30a、30bへの電力供給と船内一般負荷71への電力供給とを共用して行えたとともに、誘導電動機30a、30bへの電力供給を、船内一般負荷71への電力供給から切り離して行うこともできる。

なお、本実施形態では、誘導電動機30と同期発電機20とを同数とし、誘導電動機30aと同期発電機20aとを対応させ、誘導電動機30bと同期発電機20bとを対応させたが、誘導電動機30と同期発電機20とが同数でなくてもよい。例えば1つの誘導電動機30に対して2つ又は3つの同期発電機20が母線80a、80bに接続されていてもよく、2つの誘導電動機30に対して1つの同期発電機20が母線80a、80bに接続されていてもよい。

50

【0071】

図3は同電気推進船の制御システムにおける第1と第2の発電制御モードの制御方法を示す説明図である。

図3(a)は原動機10の周波数(回転数)と電圧との関係を示している。

図3(a)では、定格周波数の30%で、回転数を所定の値に保ち、定格電圧の30%の電圧を得て、その後は周波数と電圧とを一定の比例関係で上昇させている。すなわち、定格周波数の30%を越えると、原動機10a、10bの回転数を上昇させ、回転数と電圧とを一定の比例関係で上昇させる(第1の発電制御モード)。第1の発電制御モードでは、回転数制御手段61a、61bによって原動機10a、10bの回転数を調整する。また、励磁調整器62a、62bにより、設定発電電圧に比例的な励磁電圧及び／又は励磁電流を加える。

10

また、定格周波数の30%までは、原動機10の回転数を一定とした回転数とし、図3(b)に示すように励磁調整器62a、62bの励磁電圧を調整することのみにより同期発電機20a、20bの発電電圧を制御している(第2の発電制御モード)。

なお、励磁調整器62a、62bの励磁電圧に代わり、励磁電流を制御してもよい。

【0072】

なお、第1の発電制御モードでは、励磁調整器62a、62bにより、励磁電圧及び／又は励磁電流を回転数に比例させてもよいが、励磁調整器62a、62bによる励磁電圧及び／又は励磁電流を2次曲線的に比例させたり、固定値としたり、あるいは段階的に変えて原動機10a、10bの回転数を調整してもよい。

20

【0073】

原動機10が所定の回転数となるまでは、第2の発電制御モードで同期発電機20の発電電圧を制御する。

第2の発電制御モードでは、原動機10の回転数を所定の一定値に保つことで、原動機10を一定の回転数で回転するように制御でき、原動機10の一定の回転数の下で励磁調整器62の励磁電圧及び／又は励磁電流を調整し、同期発電機20の発電電圧を徐々に上昇させることができる。この第2の発電制御モードは、誘導電動機30をつないだときの始動時において行われる。

【0074】

第2の発電制御モードから第1の発電制御モードへの切り替えは、設定発電電圧まで発電電圧が到達したとき、例えば原動機10の回転数の下限値で行う。第1の発電制御モードと第2の発電制御モードとの切り替えによる関係は、原動機10の回転数を上げるときと下げるときで設定値を異ならせることもでき、第1の発電制御モードと第2の発電制御モードとを交互にステップ状に行うことで調整することもできる。また、必ずしも固定的に原動機10a、10bの下限値とせず、下限値近傍で設定発電電圧に対して傾きを持たせたり、曲線的に変えて切り替えを関係させてもよい。

30

本実施形態においては、第1の発電制御モードと第2の発電制御モードとは、原動機10の回転数が所定の値で切り替えて関係することで、誘導電動機30の始動電流を抑えてソフトスタートができるとともに、スタート後には原動機10によって同期発電機20の発電電圧を制御することができる。

40

【0075】

原動機10の回転数と同期発電機20の発電電圧は、所定の関係において制御することが好ましい。原動機10の回転数と同期発電機20の発電電圧は、例えば比例関係によって制御することで、誘導電動機30の回転数を制御できる。なお、この場合における比例関係は、一定の比例係数である必要はなく、異なる比例係数でもよく、更には、比例の関係ではなく、2次曲線的な関係であってもよい。

【0076】

図4は同電気推進船の制御システムにおける制御フローチャートである。

同電気推進船における制御システムは、操船に伴うプロペラの運転状態を設定する設定手段90を有し、設定手段90によって、停止、始動、増速、減速、逆転、及びクラッシ

50

ュアスターンを行うことができる。なお、この設定手段 90 は後述のように、同期発電機 20 a、20 b の発電電圧設定手段 63 a、63 b と連携しており、同期発電機 20 a、20 b の発電制御を執り行う。

設定手段 90 が始動設定手段 91 であり、始動設定手段 91 で始動を設定したときには発電制御モード切替手段 65 a、65 b は、励磁調整器 62 a、62 b で励磁電圧及び／又は励磁電流を調整することのみにより同期発電機 20 a、20 b の発電電圧を制御し、さらに同期発電機 20 a、20 b の発電電圧を 0 V から徐々に上げて変化させる。このように、原動機 10 a、10 b の任意の一定始動回転数の下で、同期発電機 20 a、20 b の発電電圧を徐々に上げることで、始動電流が過大になることなく誘導電動機 30 a、30 b を始動することができる。

10

【0077】

なお、始動設定手段 91 による始動設定後には増速・減速設定手段 92 に移行する。

設定手段 90 が増速・減速設定手段 92 であり、増速・減速設定手段 92 で増速・減速を設定したときには、同期発電機 20 a、20 b が同期運転可能か否かが判断される（ステップ 1）。

ステップ 1 において、同期発電機 20 a、20 b が同期運転可能であると判断された場合には、同期運転手段により回転数制御手段 61 a、61 b で同時に原動機 10 a、10 b の回転数を調整することにより同期発電機 20 a、20 b の発電電圧を制御する。このように、複数の同期発電機 20 a、20 b が同期運転可能であるときには、原動機 10 a、10 b の回転数を同時に変えることで、増速又は減速を行うことができる。

20

ステップ 1 において、同期発電機 20 a、20 b が同期運転不可能であると判断された場合には、同期発電機 20 a、20 b は単独運転を行う。

なお、増速・減速設定手段 92 の設定は、通常運転時にプロペラ 40 の回転数が極く低い低回転数領域を有した電気推進船においては、第 1 の発電制御モードと第 2 の発電制御モードを跨いで制御することも可能である。

【0078】

設定手段 90 が逆転設定手段 93 であり、逆転設定手段 93 で逆転運転を設定したときには、誘導電動機 30 a、30 b に供給する電力を逆相にして励磁調整器 62 a、62 b で励磁電圧及び／又は励磁電流を調整することのみにより同期発電機 20 a、20 b の発電電圧を制御し、さらに同期発電機 20 a、20 b の発電電圧を 0 V から徐々に上げて変化させる。このように、逆相電圧を誘導電動機 30 a、30 b に与えることで逆転を行うことができ、同期発電機 20 a、20 b の発電電圧を徐々に上げることで、始動電流が過大になることなく誘導電動機 30 a、30 b を逆転始動することができる。

30

逆転設定手段 93 がクラッシュアスターンである場合には、ブレーキをかける瞬間から逆相電圧を誘導電動機 30 a、30 b に与え、プロペラ 40 a、40 b が逆転するまでそのまま与え続ける。電圧の大きさは、電流の大きさが定格電流の 2 倍程度以下となるように調整する。

【0079】

設定手段 90 が停止設定手段 94 であり、停止設定手段 94 で停止を設定したときには、誘導電動機 30 a、30 b への電力の供給を停止した後に原動機 10 a、10 b を停止することで、誘導電動機 30 a、30 b への電力の供給を確保した上、停止後の原動機 10 a、10 b のアイドルリングを行うことができる。

40

【0080】

図 5 は、同電気推進船の制御システムにおける設定手段の概念図である。

設定手段は、実際の電気推進船の場合、図 5 に示すようなレバー 70 を有した設定手段 90 により実現される。レバー 70 を垂直に立て「停止」位置に臨ませると、プロペラ 40 a、40 b の停止が設定され、原動機 10 a、10 b も止まり、発電電力も供給されない状態となる。この設定手段 90 の「停止」位置とレバー 70 が停止設定手段 94 を構成している。

【0081】

50

レバー７０を右側に倒していくと、まず「始動」位置となる。この「始動」位置にレバー７０を臨ませることにより、上記した始動設定手段９１が実現され、制御的にも始動時の制御が行われる（第２の発電制御モード）。

「始動」位置にレバー７０を固定して臨ませた場合には、原動機１０ａ、１０ｂが下限値の回転数で運転され、対応した発電電圧での出力が得られる。

レバー７０を更に右に倒していくことにより、プロペラ４０ａ、４０ｂの回転数の上がった状態が設定され、原動機１０ａ、１０ｂの回転数を上げ、発電電圧と周波数を次第に大きくするように増速制御がされる。逆にレバー７０を戻すとプロペラ４０ａ、４０ｂの回転数を下げる状態が設定され、原動機１０ａ、１０ｂの回転数を下げ、発電電圧と周波数を次第に小さくするように減速制御がされる（第１の発電制御モード）。

10

【００８２】

この際の設定手段９０における増速・減速を設定する範囲とレバー７０が、増速・減速設定手段９２を構成している。

プロペラ４０ａ、４０ｂを逆転させるには、レバー７０を一旦「停止」位置にキープし停止信号を出した後、更にレバー７０を左側に倒す必要がある。この逆転を設定した場合、正転と同様に始動からスタートし、原動機は正転に始動すると共に同期発電機２０ａ、２０ｂは第２の発電制御モードで発電するが、電力供給線５１ａ、５１ｂの三相線を図７に示すように、逆相切替スイッチ７３ａ、７３ｂにより逆相電圧が印加される状態に切り替え、誘導電動機３０ａ、３０ｂの回転方向を逆転させる。正転時と同様に、逆転時においても始動時の制御（第２の発電制御モード）、増速、減速時の制御（第１の発電制御モード）が実行される。

20

【００８３】

電気推進船を緊急停止させるクラッシュアスターンは、プロペラ４０ａ、４０ｂの回転を正転から逆転に切り替え、船を緊急停止させる制御である。レバー７０を正転運転位置（増速・減速位置）から停止位置を通過してクラッシュアスターン位置左側一杯に倒すことにより設定ができる。この制御が行われた場合、プロペラ４０ａ、４０ｂは最初は船体により正転方向に連れまわされているが、正転回転数がある値以下となった時点で、原動機１０が始動し同期発電機２０ａ、２０ｂの電圧を誘導電動機３０ａ、３０ｂに逆相電圧が印加されるようにして、誘導電動機３０ａ、３０ｂが正転しているのに逆相電圧がかかるいわゆるブラギングブレーキがかかる状態となる。このまま逆相電圧をかけ続けるとプロペラ４０ａ、４０ｂの回転数は０となり、更に逆相電圧をかけるとプロペラ４０ａ、４０ｂはついに逆回転し始める。そして、船が完全に停止するまで逆回転し続ける。

30

【００８４】

この設定手段９０における左側での始動、増速・減速、クラッシュアスターンの設定範囲とレバー７０が、逆転設定手段９３を構成している。

例えば、プロペラ４０ａ、４０ｂが正転しているレバー７０が右側に存在する状態から、緊急対応としてレバー７０を一気に左側一杯に倒しても、レバー７０の通過した一連の必要な制御を処理した後、クラッシュアスターン運転がされる。すなわち、正転での減速から停止、逆転での始動から増速を最短で実行してからクラッシュアスターン状態になる。

40

また図７に示すように、設定手段９０におけるレバー７０の位置設定により、停止、始動、増速・減速、逆転、クラッシュアスターンが設定された場合、プロペラ４０ａ、４０ｂの設定回転数が発電電圧設定手段６３ａ、６３ｂに伝えられ、原動機１０ａ、１０ｂの回転数制御手段６１ａ、６１ｂに伝えられるが、この途中で誘導電動機３０ａ、３０ｂにスリップがあるため若干の補正が行なわれる。

【００８５】

以上から明らかなように、設定手段９０による設定や発電電圧設定手段６３ａ、６３ｂによる設定発電電圧は即座に設定されても、制御システムはこれらの設定条件や設定発電電圧が得られるようにフィードバック制御を行い、時間をかけて設定条件や設定発電電圧を得る結果となる。

50

なお、図5における切替点は、正転、逆転とも第1の発電制御モードと第2の発電制御モードの相当回転数位置を示す。必ずしも第2の発電制御モードが始動のみでなく、始動後の増速・減速の回転数範囲が、一部、第2の発電制御モードで行われてもよいことを示唆している。

【0086】

図6は本発明の他の実施形態による電気推進船の制御システムを示すブロック図である。なお、上記実施形態と同一機能構成には同一符号を付して説明を省略する。

図6に示すように、本実施形態による電気推進船は、プロペラ40a、40bの回転数を設定する回転数設定手段66a、66bと、回転数設定手段66a、66bで設定した設定回転数を発電電圧設定手段63a、63bの設定発電電圧に変換する変換手段67a、67bを備えている。

本実施形態による電気推進船の制御システムでは、一般的に船舶の操船時に用いられる回転数設定手段66a、66bの設定されたプロペラ40の回転数に従って同期発電機20a、20bの発電制御を行う。本実施形態による電気推進船の制御システムによれば、プロペラ40a、40bの設定された回転数に従って発電制御を行うことができる。

なお、回転数変換手段67a、67bは、操船時における設定回転数を所定のテーブルや所定の関係式により、自動的に設定発電電圧に変換するものであることが好ましいが、操船者が人為的に設定回転数を読み取り設定発電電圧に変換可能な、変換表や変換グラフのような補助的な手段であってもよい。

【0087】

プロペラ40a、40bの回転数は、電圧と周波数で調整される。すなわち、図8に示すように、電圧に従って原動機10a、10bに対する周波数を所定の関係（ V/f 一定の比例の関係）を保って変化させる。図8は、図3（a）相当図である。

【0088】

発電電圧設定手段63a、63bでの設定発電電圧に従って、回転数制御手段61a、61bにより原動機10a、10bの回転数（周波数）を設定発電電圧と所定の関係（ V/f 一定の比例の関係）を保って変化させることで、プロペラ40a、40bの回転数を調整できる。

【0089】

以上で述べた、各実施形態における電気推進船の制御システムは、従来に無い次のような利点も有している。

すなわち、従来の電気推進船の制御システムは、始動時の誘導電動機の始動電流が過大となるので、一つの誘導電動機でプロペラが推進されるシステムであっても、原動機と同期発電機が2台必要であった。また、原動機の一つが故障した場合のために予備の原動機が必要であった（原動機と同期発電機が合計3セット必要）。しかし、本電気推進船の制御システムでは、始動電流が過大でないため、原動機と同期発電機が1セットでも始動でき、予備の原動機を含めて2セットの原動機と同期発電機でシステムが構築できる。これにより、設置スペースの低減とコストの合理化が図れる。

【産業上の利用可能性】

【0090】

本発明によれば、インバータや可変ピッチのプロペラ翼角の変更を行うことなく船速を変更でき、電気推進船に広く適用が可能である。

【符号の説明】

【0091】

- 10 原動機
- 10a 原動機
- 10b 原動機
- 20 同期発電機
- 20a 同期発電機（第1の同期発電機）
- 20b 同期発電機（第2の同期発電機）

10

20

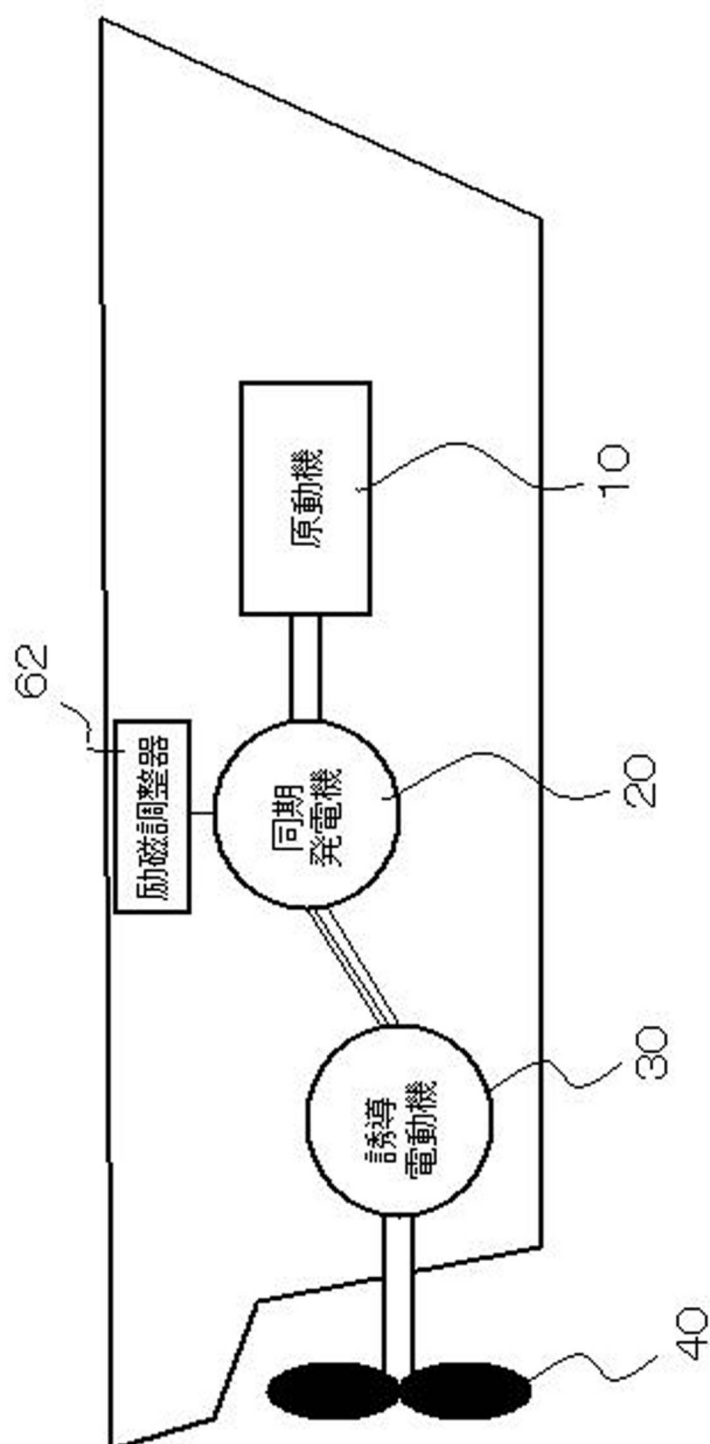
30

40

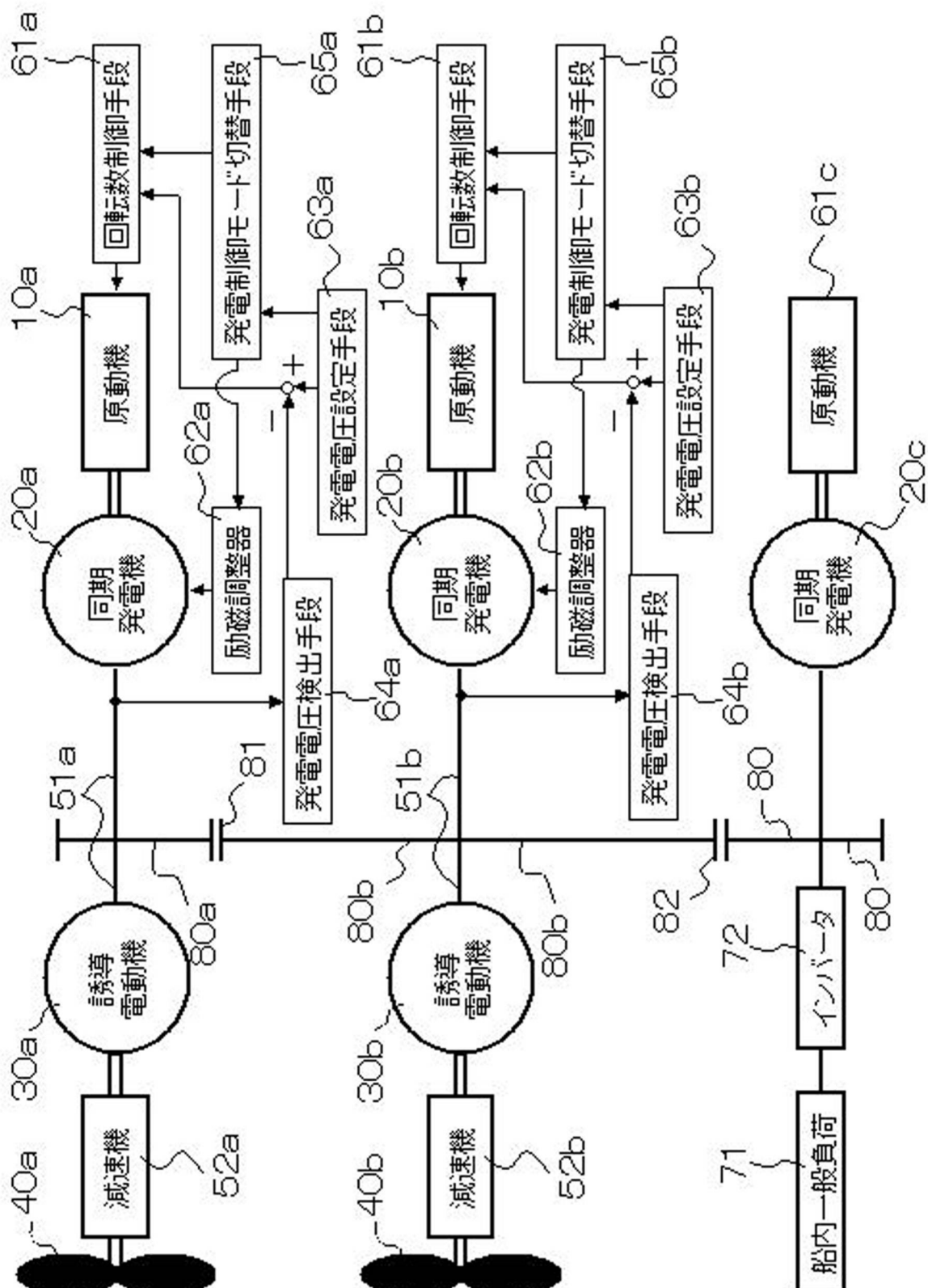
50

2 0 c	同期発電機	
3 0	誘導電動機	
3 0 a	誘導電動機	
3 0 b	誘導電動機	
4 0	プロペラ	
4 0 a	プロペラ	
4 0 b	プロペラ	
5 1 a	電力供給線	
5 1 b	電力供給線	
5 2 a	減速機	10
5 2 b	減速機	
6 1 a	回転数制御手段	
6 1 b	回転数制御手段	
6 1 c	原動機	
6 2 a	励磁調整器	
6 2 b	励磁調整器	
6 3 a	発電電圧設定手段	
6 3 b	発電電圧設定手段	
6 4 a	発電電圧検出手段	
6 4 b	発電電圧検出手段	20
6 5 a	発電制御モード切替手段	
6 5 b	発電制御モード切替手段	
6 6 a	回転数設定手段	
6 6 b	回転数設定手段	
6 7 a	変換手段	
6 7 b	変換手段	
7 1	船内一般負荷	
7 2	インバータ	
8 0	母線	
8 0 a	母線	30
8 0 b	母線	
8 1	同期運転切替手段	
8 2	電力系統切替手段	
9 0	設定手段	
9 1	始動設定手段	
9 2	増速・減速設定手段	
9 3	逆転設定手段	
9 4	停止設定手段	

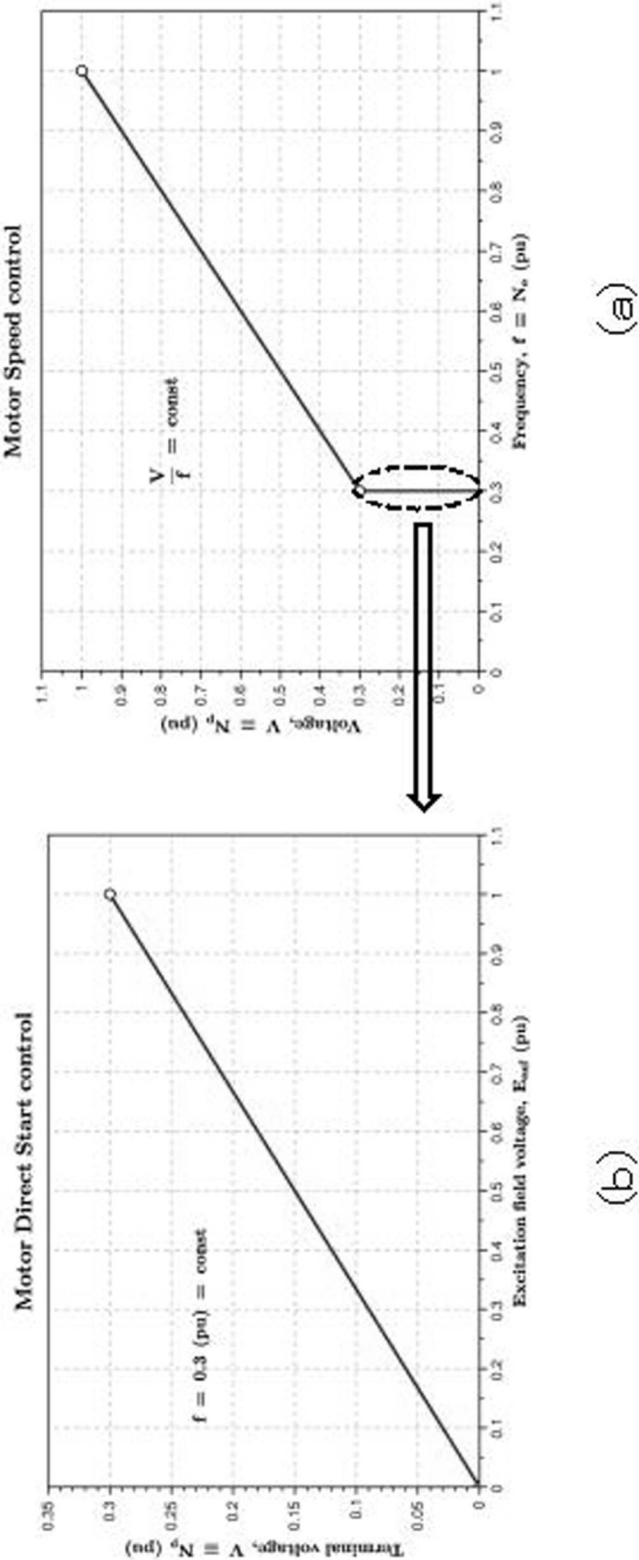
【図 1】



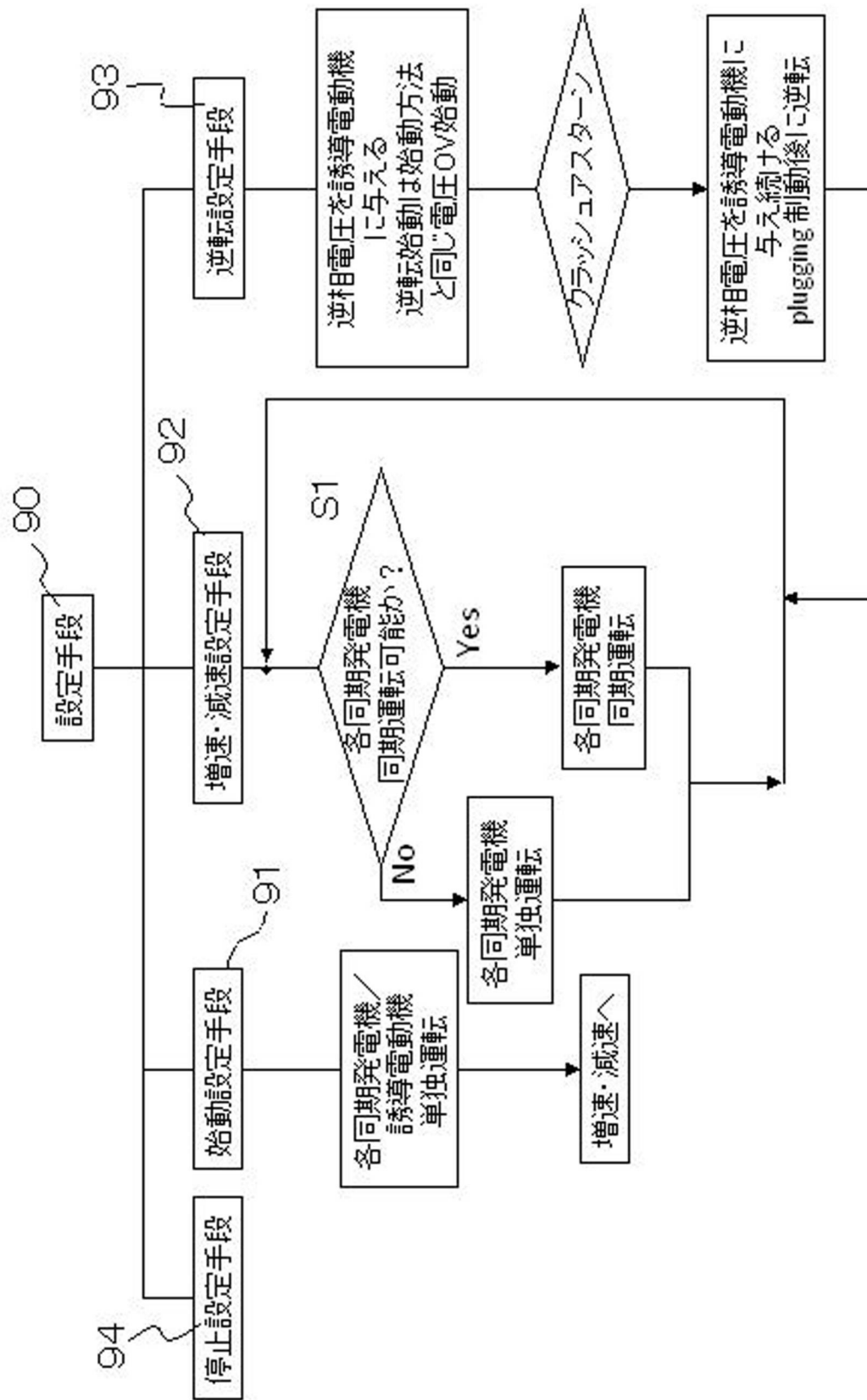
【図 2】



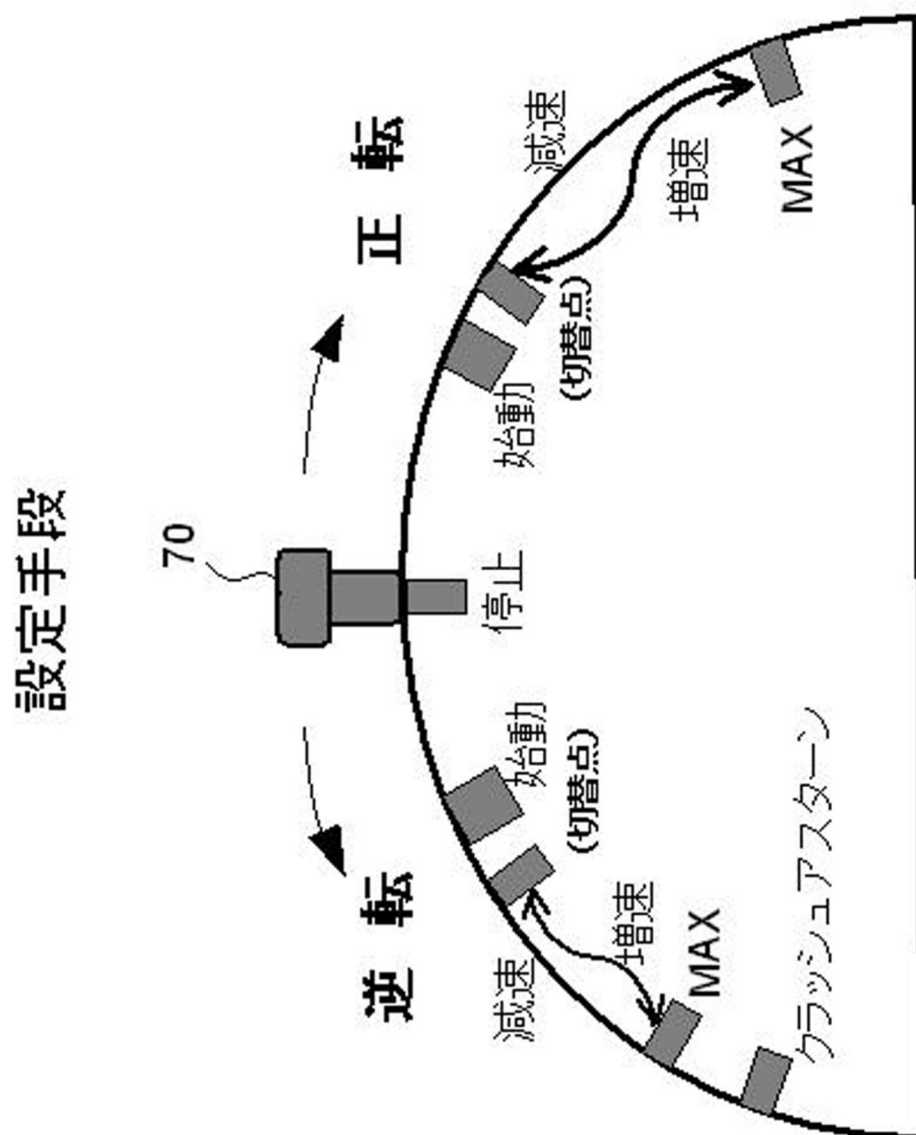
【図 3】



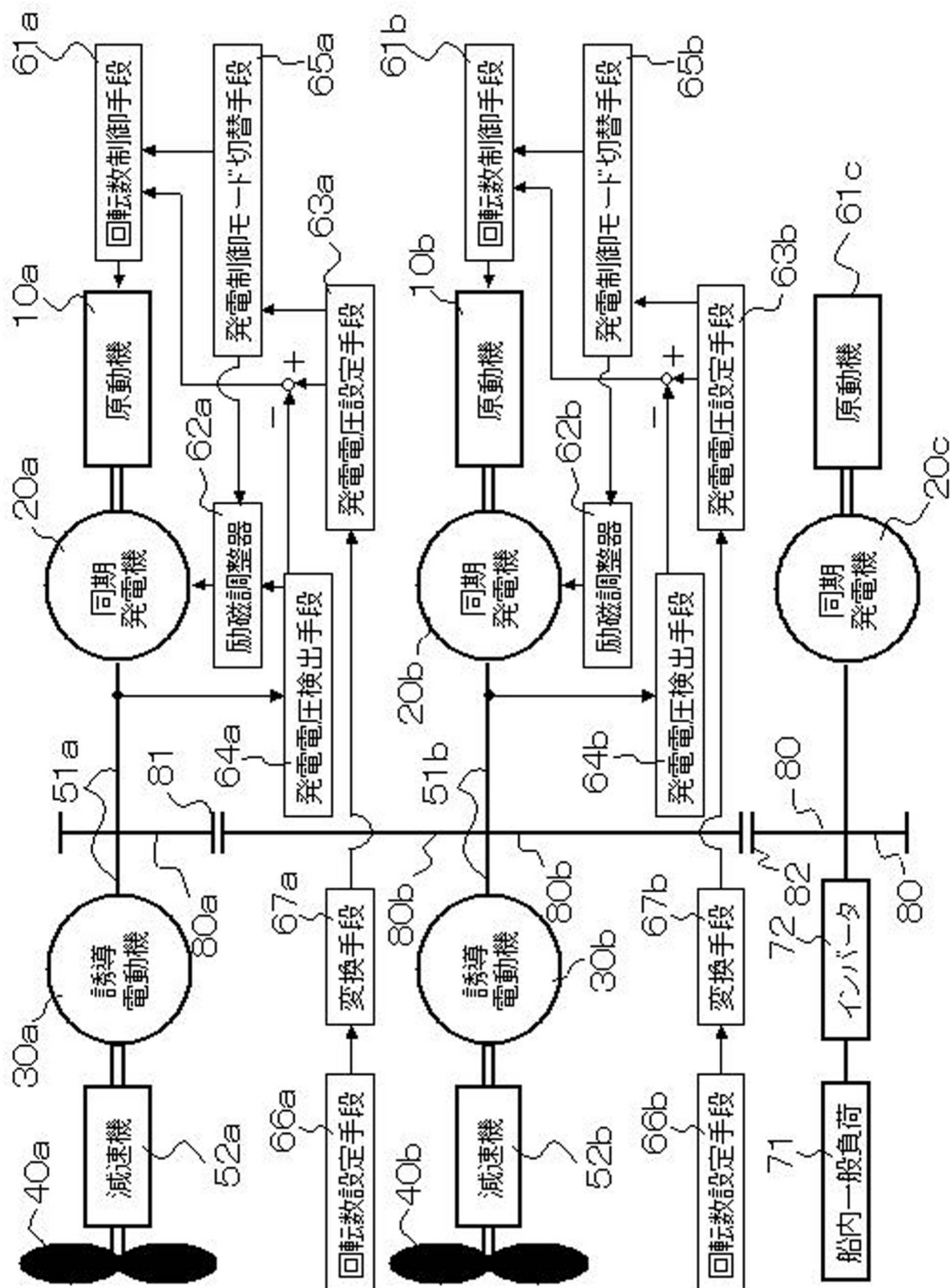
【図 4】



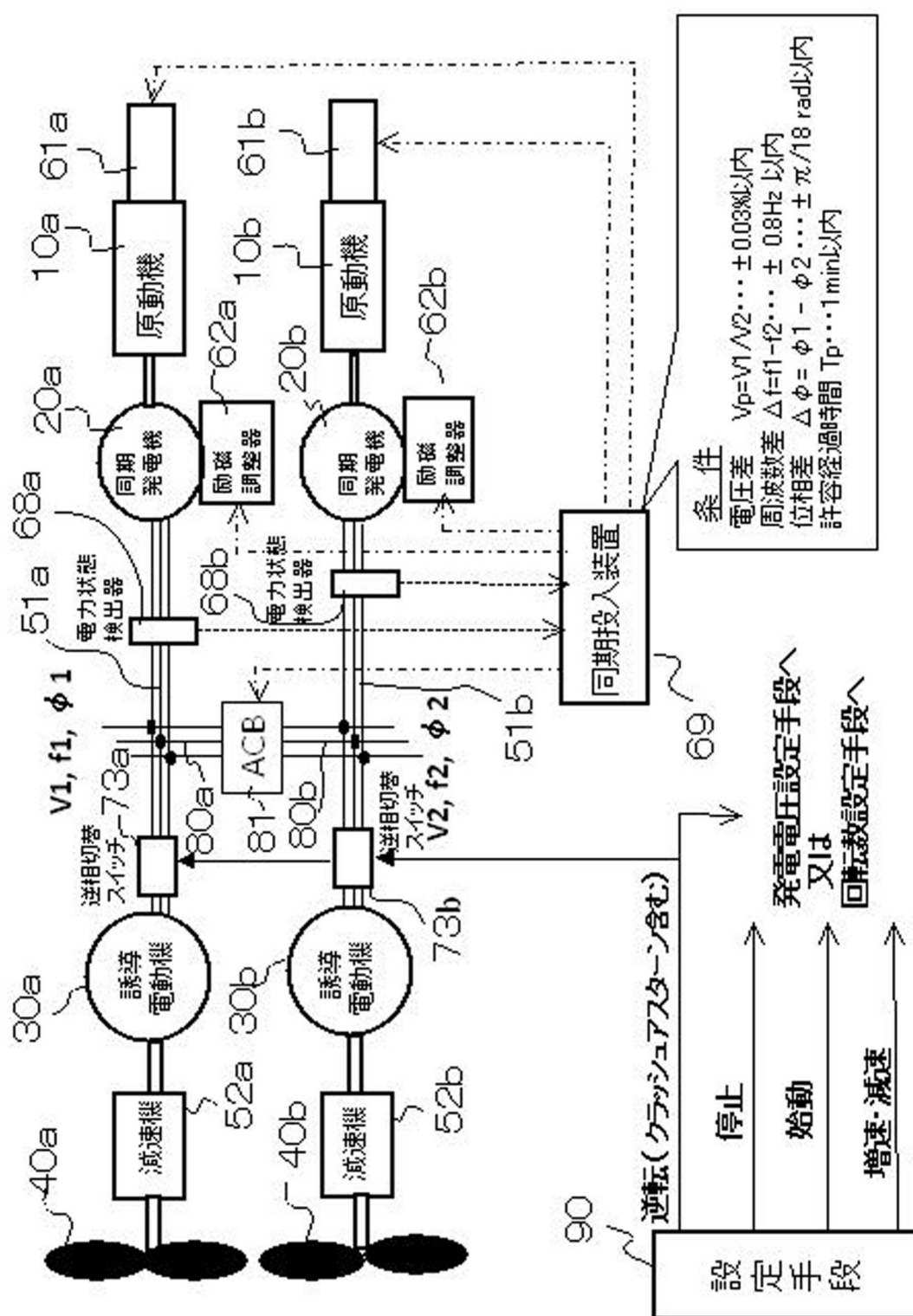
【図 5】



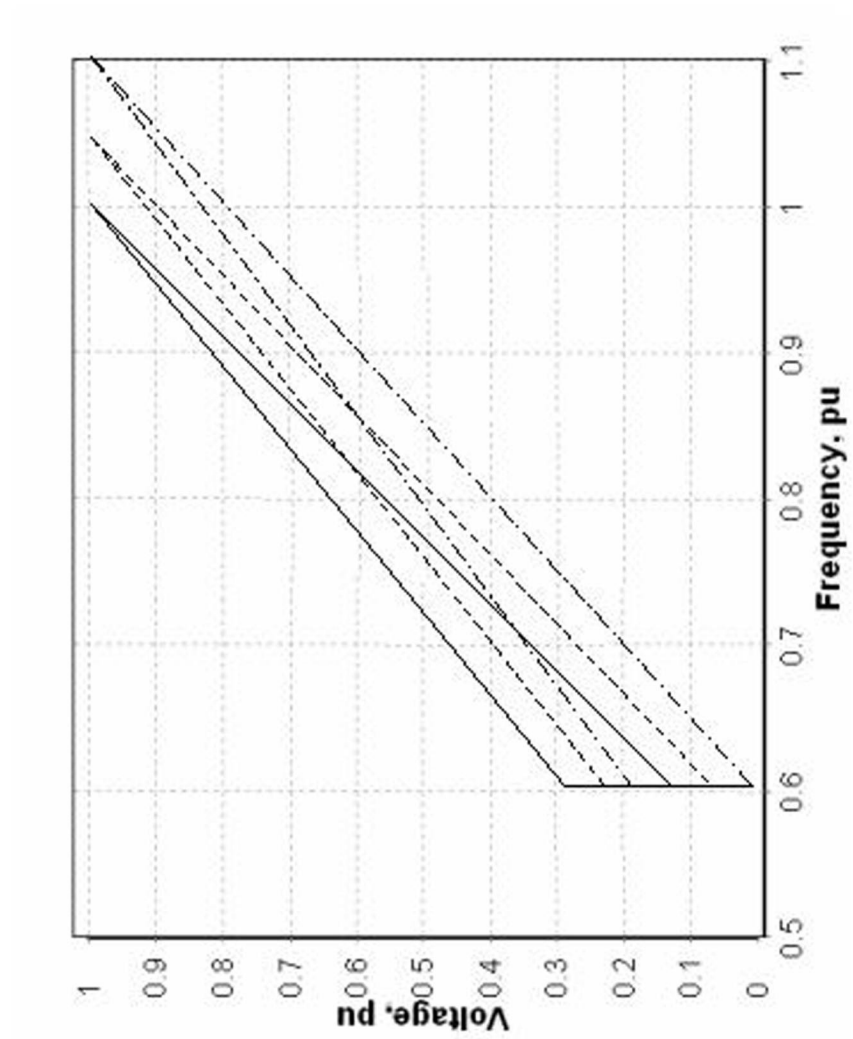
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 福田 哲吾

東京都三鷹市新川6丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

(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3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

Fターム(参考) 5H590 AA30 AB02 CA22 CA28 CC01 CE03 CE04