

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6679113号
(P6679113)

(45) 発行日 令和2年4月15日 (2020. 4. 15)

(24) 登録日 令和2年3月23日 (2020. 3. 23)

(51) Int. Cl.		F I	
B63H 21/17	(2006.01)	B63H	21/17
B63H 21/21	(2006.01)	B63H	21/21
HO2P 9/14	(2006.01)	HO2P	9/14

F

請求項の数 18 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2018-91327 (P2018-91327)	(73) 特許権者	501204525
(22) 出願日	平成30年5月10日 (2018. 5. 10)		国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
(62) 分割の表示	特願2013-253677 (P2013-253677) の分割		東京都三鷹市新川6丁目38番1号
原出願日	平成25年12月6日 (2013. 12. 6)	(74) 代理人	100098545
(65) 公開番号	特開2018-127224 (P2018-127224A)		弁理士 阿部 伸一
(43) 公開日	平成30年8月16日 (2018. 8. 16)	(74) 代理人	100087745
審査請求日	平成30年5月28日 (2018. 5. 28)		弁理士 清水 善廣
		(74) 代理人	100106611
			弁理士 辻田 幸史
		(74) 代理人	100189717
			弁理士 太田 貴章

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) 【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、

始動設定手段とを備え、

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、

前記原動機の前記回転数若しくは前記同期発電機の周波数、又は前記同期発電機の前記発電電圧に基づいて切り替えて連係するとともに、前記第2の発電制御モードとして、前記始動設定手段で始動が設定された場合に、前記原動機の回転数を一定始動回転数に保ちながら、前記同期発電機の前記発電電圧を設定発電電圧に従って0Vから徐々に上げて変化させる制御を行うことを特徴とする電気推進船の制御装置。

【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前記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 1 又は 2 に記載の電気推進船の制御装置において、前記第 1 の発電制御モードでは、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 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、前記母線の電圧を前記発電電圧に基づいて 0 V 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。

10

【請求項 5】

請求項 4 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 6】

請求項 4 又は 5 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。

20

【請求項 7】

請求項 4 から 6 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 8】

請求項 6 を引用する請求項 7 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すことを特徴とする電気推進船の制御システム。

30

【請求項 9】

請求項 6 を引用する請求項 7 又は 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 10】

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前記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。

40

【請求項 11】

請求項 10 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

50

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。

【請求項 1 2】

請求項 1 0 又は 1 1 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 1 3】

請求項 1 0 から 1 2 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。

【請求項 1 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 1 5】

請求項 1 4 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制御システム。

【請求項 1 6】

請求項 1 4 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ノ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たことを特徴とする電気推進船の制御システム。

【請求項 1 7】

請求項 1 4 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 1 8】

請求項 4 から 1 7 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】

【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

10

20

30

40

50

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。

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。 10

【先行技術文献】

【特許文献】

【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 20
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。

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 30
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、始動設定手段とを備え、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、原動機の回転数若しくは同期発電機の周波数、又は同期発電機の発電電圧に基づいて切り替えて連係するとともに、第2の発電制御モードとして、始動設定手段で始動が設定された場合に、原動機の回転数を一定始動回転数に保ちながら、同期発電機の発電電圧を設定発電電圧に従って0Vから徐々に上げて変化させる制御を行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0Vから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。また、原動機の回転数若しくは同期発電機の周波数、又は同期発電機の発電電圧に基づいて、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同期発電機の発電電圧を制 40 50

御することができる。

【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1の発電制御モードでは、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3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。

【0009】

請求項4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、母線の電圧を発電電圧に基づいて0V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4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。

【0010】

請求項5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5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。

【0011】

請求項6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6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。

【0012】

請求項7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7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たとともに、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。

【0013】

請求項8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8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。

【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9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。

【0015】

請求項10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

10

20

30

40

50

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10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。

【0016】

請求項11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11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単に発電電圧を設定し、発電制御を行うことができる。

【0017】

請求項12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12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。

【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、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13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。

【0019】

請求項14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14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。

【0020】

請求項15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15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。

【0021】

請求項16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たことを特徴とする。請求項16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。

【0022】

請求項17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17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。

【0023】

請求項18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18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0Vから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、また原動機の回転数若しくは同期発電機の周波数、又は同期発電機の発電電圧に基づいて

、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同期発電機の発電電圧を制御することができる電気推進船を提供できる。

【発明の効果】

【0024】

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0Vから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。また、原動機の回転数若しくは同期発電機の周波数、又は同期発電機の発電電圧に基づいて、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同期発電機の発電電圧を制御することができる。

【0025】

また、原動機の回転数又は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。

【0026】

また、第1の発電制御モードでは、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。

【0027】

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。

【0028】

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。

【0029】

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。

【0030】

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たとともに、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。

【0031】

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。

【0032】

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。

【0033】

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。

【0034】

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。

【0035】

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。 10

【0036】

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。

【0037】

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。

【0038】

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。 20

【0039】

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た場合には、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。 30

【0040】

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に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ルリングを行うことができる。

【0041】

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0Vから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、また原動機の回転数若しくは同期発電機の周波数、又は同期発電機の発電電圧に基づいて、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同期発電機の発電電圧を制御することができる電気推進船を提供できる。 40

【図面の簡単な説明】

【0042】

【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

【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 50

【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】

【0043】

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。

【0044】

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。

【0045】

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。

【0046】

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。

【0047】

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

10

20

30

40

50

も低い場合には、発電制御モード切替手段 6 5 a では第 2 の発電制御モードとし、原動機 1 0 a の回転数を所定の値（例えば下限値）に保ち、励磁調整器 6 2 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 2 0 a の発電電圧を制御する。

【 0 0 4 8 】

第 2 の発電制御モードでは、発電制御モード切替手段 6 5 a は、発電電圧設定手段 6 3 a での設定発電電圧に従って 0 V 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 6 2 a 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 6 5 a 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 6 2 a の励磁電圧は、設定発電電圧に 2 次曲線的な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 6 4 a で検出される同期発電機 2 0 a の発電電圧はフィードバックされ、発電電圧設定手段 6 3 a での設定発電電圧と比較され、回転数制御手段 6 1 a 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。

【 0 0 4 9 】

この電気推進船の制御装置は、回転数制御手段 6 1 a で原動機 1 0 a の回転数を調整することと励磁調整器 6 2 a 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機 2 0 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 1 0 a の回転数を所定の値に保ち、励磁調整器 6 2 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 2 0 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 1 0 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。

【 0 0 5 0 】

誘導電動機 3 0 b と同期発電機 2 0 b（第 2 の同期発電機）とは、電力供給線 5 1 b で接続されている。なお、電力供給線 5 1 b は、母線 8 0 b を介して誘導電動機 3 0 b と同期発電機 2 0 b とを接続することもある。

プロペラ 4 0 b が接続された誘導電動機 3 0 b は、同期発電機 2 0 b により発電された電力により駆動される。同期発電機 2 0 b は原動機 1 0 b により駆動される。

プロペラ 4 0 b は、減速機 5 2 b を介して誘導電動機 3 0 b と接続される。

【 0 0 5 1 】

原動機 1 0 b は、ガバナー等の回転数制御手段 6 1 b により回転数が調整される。同期発電機 2 0 b は、励磁調整器 6 2 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 6 3 b は、同期電動機 2 0 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 6 1 b は、発電電圧設定手段 6 3 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 1 0 b の回転数を制御する。

同期発電機 2 0 b は、発電電圧設定手段 6 3 b により発電電圧が設定される。発電電圧検出手段 6 4 b は、同期発電機 2 0 b の発電電圧を検出する。

同期発電機 2 0 b は、発電電圧設定手段 6 3 b で設定した設定発電電圧と、発電電圧検出手段 6 4 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 6 3 b で設定した設定発電電圧が得られるように原動機 1 0 b の回転数を調整して発電制御される。

回転数制御手段 6 1 b と励磁調整器 6 2 b とは、発電制御モード切替手段 6 5 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。

【 0 0 5 2 】

発電制御モード切替手段 6 5 b は、発電電圧設定手段 6 3 b での設定発電電圧から原動機 1 0 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 6 5 b では第 1 の発電制御モードとし、回転数制御手段 6 1 b により原動機 1 0 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 6 5 b では第 2 の発電制御モードとし、原動機 1 0 b の回転数を所定の値（例えば下限値）に保ち、励磁調整器 6 2 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。

【0053】

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。

【0054】

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 20 b 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 10 b 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。

【0055】

なお、上記実施形態の説明では、発電電圧設定手段 63 a と発電電圧設定手段 63 b とは、それぞれ異なる原動機 10 a、10 b、及び同期発電機 20 a、20 b 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 10 a、10 b、及び同期発電機 20 a、20 b 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 10 a、10 b 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 10 a、10 b 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。

【0056】

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 68 a、68 b で、電力供給線 51 a、51 b 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 ± 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 80 a と母線 80 b 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 40 a、40 b の回転数を連動して変更することができる。

【0057】

電力供給線 51 a が接続されている母線 80 a と電力供給線 51 b が接続されている母線 80 b 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 61 c により駆動される同期発電機 20 c が接続されている。

電力供給線 51 a が接続されている母線 80 a と電力供給線 51 b が接続されている母線 80 b 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 51 b が接続されている母線 80 b 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。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

従って、同期運転切替手段 8 1 によって、電力供給線 5 1 a と電力供給線 5 1 b とを切り離すことができ、電力系統切替手段 8 2 によって、電力供給線 5 1 b が接続されている母線 8 0 b と船内一般負荷 7 1 が接続されている母線 8 0 とを切り離すことができる。

すなわち、同期発電機 2 0 a と同期発電機 2 0 b 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 8 1 により、電力供給線 5 1 a と電力供給線 5 1 b とを切り離し、電力系統切替手段 8 2 により、船内一般負荷 7 1 が接続されている母線 8 0 と、電力供給線 5 1 b が接続されている母線 8 0 b とを切り離すことで、同期発電機 2 0 a と同期発電機 2 0 b 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 1 0 a 及び原動機 1 0 b 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。 10

【 0 0 5 9 】

また、同期発電機 2 0 a と同期発電機 2 0 b とを同期させて運転できるときには、同期運転切替手段 8 1 により、電力供給線 5 1 a と電力供給線 5 1 b とを母線 8 0 a、8 0 b を介して接続することで、原動機 1 0 a 及び原動機 1 0 b の回転数変動が少ない場合には、複数の同期発電機 2 0 a、2 0 b を同期させて制御し、誘導電動機 3 0 a、3 0 b に共通的に電力供給をすることができる。

【 0 0 6 0 】

また、同期発電機 2 0 a と同期発電機 2 0 b とを同期させて運転でき、誘導電動機 3 0 a、3 0 b の負荷が小さいときには、電力系統切替手段 8 2 により、船内一般負荷 7 1 が接続されている母線 8 0 と、電力供給線 5 1 b が接続されている母線 8 0 b とを接続することで、船内一般負荷 7 1 に電力を供給できる。 20

この場合、同期発電機 2 0 a と同期発電機 2 0 b との同期運転を行いつつ、母線 8 0 の周波数及び電圧を制御して誘導電動機 3 0 a、3 0 b の回転数を制御できる。母線 8 0 の電圧は、0 から所定の上限値まで変化させ、母線 8 0 の周波数は所定の下限値から所定の上限値まで変化させることができる。なお、0 から所定の上限値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。

同期運転切替手段 8 1 及び電力系統切替手段 8 2 により、母線 8 0、母線 8 0 a、及び母線 8 0 b を接続する場合には、母線 8 0 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 7 1 に電力を供給できる。 30

【 0 0 6 1 】

また、母線 8 0 の電圧と周波数との変化があってもインバータ 7 2 で船内一般負荷 7 1 への電力を調整できる。

母線 8 0 a、及び母線 8 0 b を接続する場合、あるいは母線 8 0、母線 8 0 a、及び母線 8 0 b を接続する場合には、母線 8 0 a、及び母線 8 0 b あるいは母線 8 0、母線 8 0 a、及び母線 8 0 b 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 3 0 a、3 0 b 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 3 0 a、3 0 b の回転数を変更する。誘導電動機 3 0 の回転数は、電圧と周波数で変更することができる。 40

【 0 0 6 2 】

なお、母線 8 0、母線 8 0 a、及び母線 8 0 b を接続する場合には、船内一般負荷 7 1 には、原動機 1 0 a、1 0 b により駆動される同期発電機 2 0 a、2 0 b から電力を供給することができ、インバータ 7 2 によって所定の周波数及び所定の電圧が供給される。

【 0 0 6 3 】

定常運転時には、母線 8 0、母線 8 0 a、及び母線 8 0 b を接続して、複数の同期発電機 2 0 を同期させて運転を行うことができる。

【 0 0 6 4 】

電力系統切替手段 8 2 によって、電力供給線 5 1 b が接続されている母線 8 0 b と船内一般負荷 7 1 が接続されている母線 8 0 とを切り離す場合には、船内一般負荷 7 1 は、原動機 6 1 c により駆動される同期発電機 2 0 c から電力が供給される。この場合には、イ 50

ンバータ 7 2 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。

【 0 0 6 5 】

始動時や、同期発電機 2 0 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 2 0 を同期して運転できなくなったときには、母線 8 0 から母線 8 0 b を切り離し、母線 8 0 a を母線 8 0 b から切り離すことで、同期発電機 2 0 の単独運転を行う。

【 0 0 6 6 】

このように、電力系統切替手段 8 2 を有することで、誘導電動機 3 0 a、3 0 b への電力供給と船内一般負荷 7 1 への電力供給とを共用して行えるとともに、誘導電動機 3 0 a、3 0 b への電力供給を、船内一般負荷 7 1 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 3 0 と同期発電機 2 0 とを同数とし、誘導電動機 3 0 a と同期発電機 2 0 a とを対応させ、誘導電動機 3 0 b と同期発電機 2 0 b とを対応させたが、誘導電動機 3 0 と同期発電機 2 0 とが同数でなくてもよい。例えば 1 つの誘導電動機 3 0 に対して 2 つ又は 3 つの同期発電機 2 0 が母線 8 0 a、8 0 b に接続されていてもよく、2 つの誘導電動機 3 0 に対して 1 つの同期発電機 2 0 が母線 8 0 a、8 0 b に接続されていてもよい。

【 0 0 6 7 】

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 1 0 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 3 0 % で、回転数を所定の値に保ち、定格電圧の 3 0 % 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 3 0 % を越えると、原動機 1 0 a、1 0 b 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 6 1 a、6 1 b によって原動機 1 0 a、1 0 b の回転数を調整する。また、励磁調整器 6 2 a、6 2 b 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。

また、定格周波数の 3 0 % までは、原動機 1 0 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 6 2 a、6 2 b の励磁電圧を調整することのみにより同期発電機 2 0 a、2 0 b 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 6 2 a、6 2 b の励磁電圧に代わり、励磁電流を制御してもよい。

【 0 0 6 8 】

なお、第 1 の発電制御モードでは、励磁調整器 6 2 a、6 2 b 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 6 2 a、6 2 b 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 1 0 a、1 0 b の回転数を調整してもよい。

【 0 0 6 9 】

原動機 1 0 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 2 0 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 1 0 の回転数を所定の一定値に保つことで、原動機 1 0 を一定の回転数で回転するように制御でき、原動機 1 0 の一定の回転数の下で励磁調整器 6 2 の励磁電圧及び / 又は励磁電流を調整し、同期発電機 2 0 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 3 0 をつないだときの始動時において行われる。

【 0 0 7 0 】

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 1 0 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連係は、原動機 1 0 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 10 a、10 b 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連係させてもよい。

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連係することで、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。

【0071】

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。

【0072】

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。

【0073】

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。

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。

【0074】

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。

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。

【0075】

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。

【0076】

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。

10

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。

【0077】

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 10 a、10 b が下限

20

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 40 a、40 b の回転数の上がった状態が設定され、原動機 10 a、10 b 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 40 a、40 b の回転数を下げる状態が設定され、原動機 10 a、10 b 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）。

【0078】

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 40 a、40 b を逆転させるには、レバー 70 を一旦「停止」位置にキープし

30

【0079】

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 40 a、40 b 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 40 a、40 b 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 20 a、20 b の電圧を誘導電動機 30 a、30 b に逆相電圧が印加されるようにして、誘導電動機 30 a、30 b 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 40 a、40 b の回転数は 0 となり、更に逆相電圧をかけるとプロペラ 40 a、40 b 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。

40

【0080】

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

50

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 40 a、40 b 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。

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 40 a、40 b の設定回転数が発電電圧設定手段 63 a、63 b に伝えられ、原動機 10 a、10 b の回転数制御手段 61 a、61 b に伝えられるが、この途中で誘導電動機 30 a、30 b にスリップがあるため若干の補正が行なわれる。 10

【0081】

以上から明らかのように、設定手段 90 による設定や発電電圧設定手段 63 a、63 b 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。

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。 20

【0082】

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 40 a、40 b の回転数を設定する回転数設定手段 66 a、66 b と、回転数設定手段 66 a、66 b で設定した設定回転数を発電電圧設定手段 63 a、63 b の設定発電電圧に変換する変換手段 67 a、67 b 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 66 a、66 b の設定されたプロペラ 40 の回転数に従って同期発電機 20 a、20 b 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 40 a、40 b 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。 30

なお、回転数変換手段 67 a、67 b 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。

【0083】

プロペラ 40 a、40 b 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 10 a、10 b 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。

【0084】

発電電圧設定手段 63 a、63 b での設定発電電圧に従って、回転数制御手段 61 a、61 b により原動機 10 a、10 b 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 40 a、40 b の回転数を調整できる。 40

【0085】

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 50

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】

【0086】

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。

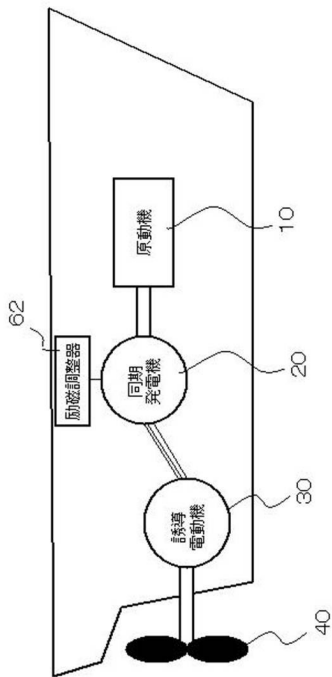
【符号の説明】

【0087】

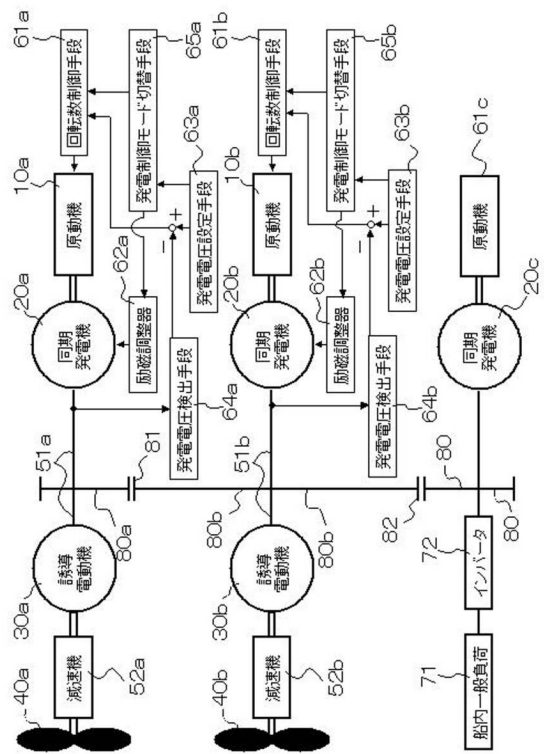
10	原動機	10
10 a	原動機	
10 b	原動機	
20	同期発電機	
20 a	同期発電機（第1の同期発電機）	
20 b	同期発電機（第2の同期発電機）	
20 c	同期発電機	
30	誘導電動機	
30 a	誘導電動機	
30 b	誘導電動機	20
40	プロペラ	
40 a	プロペラ	
40 b	プロペラ	
51 a	電力供給線	
51 b	電力供給線	
52 a	減速機	
52 b	減速機	
61 a	回転数制御手段	
61 b	回転数制御手段	
61 c	原動機	30
62 a	励磁調整器	
62 b	励磁調整器	
63 a	発電電圧設定手段	
63 b	発電電圧設定手段	
64 a	発電電圧検出手段	
64 b	発電電圧検出手段	
65 a	発電制御モード切替手段	
65 b	発電制御モード切替手段	
66 a	回転数設定手段	
66 b	回転数設定手段	40
67 a	変換手段	
67 b	変換手段	
71	船内一般負荷	
72	インバータ	
80	母線	
80 a	母線	
80 b	母線	
81	同期運転切替手段	
82	電力系統切替手段	
90	設定手段	50

- 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

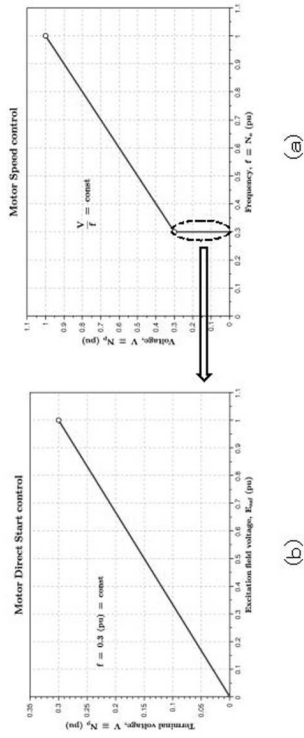
【 図 1 】



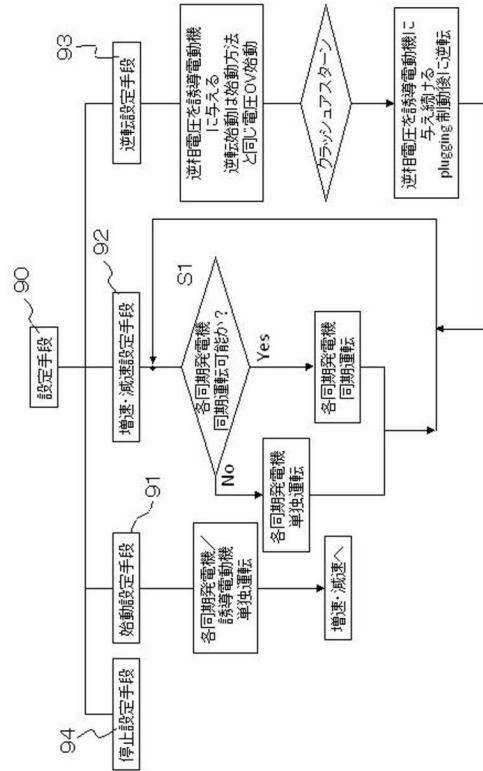
【 図 2 】



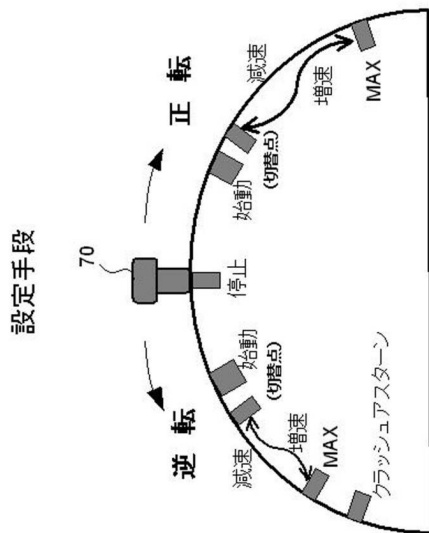
【図3】



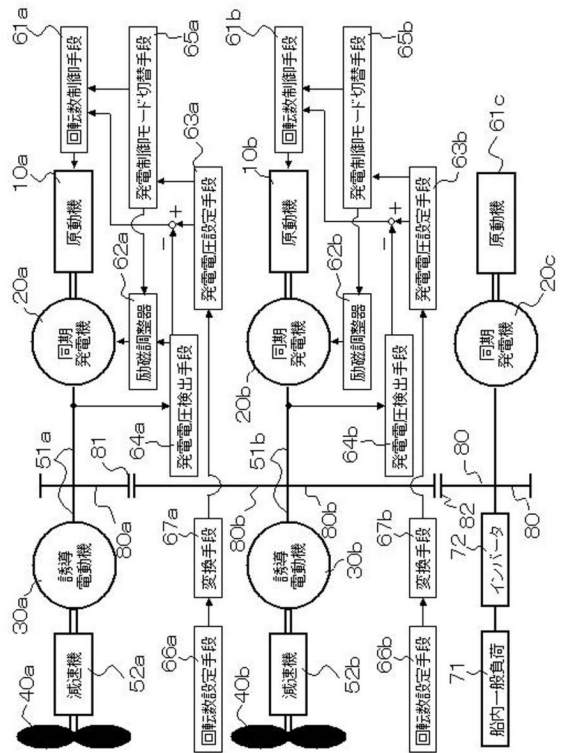
【図4】



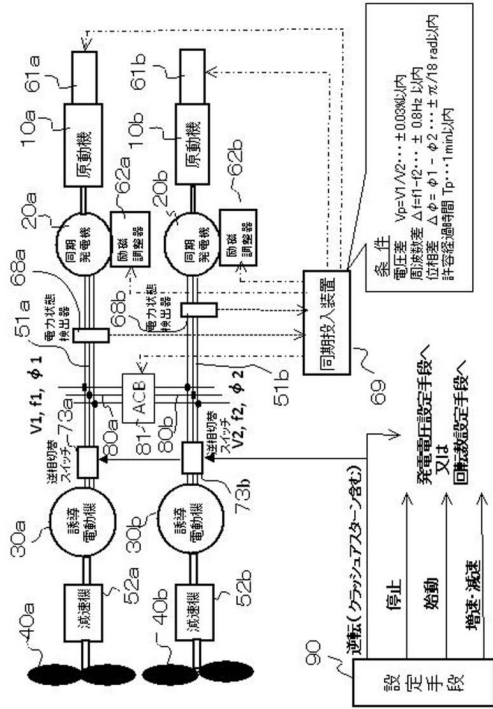
【図5】



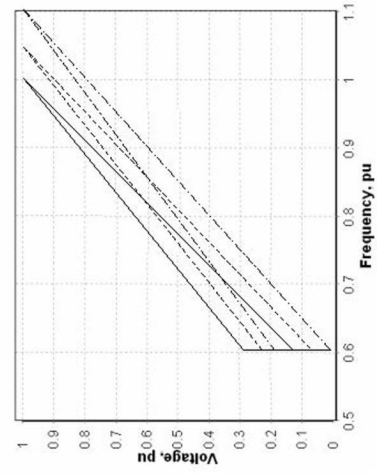
【図6】



【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38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

(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38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

審査官 伊藤 秀行

(56)参考文献 特開平05 - 219767 (JP, A)

特開2007 - 089315 (JP, A)

特開平11 - 285291 (JP, A)

米国特許出願公開第2012 / 0190554 (US, A1)

特開2010 - 241194 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B63H 21 / 17

B63H 21 / 20

B63H 21 / 21

H02P 1 / 00 - 1 / 58

H02P 9 / 00 - 9 / 48