

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6750386号
(P6750386)

(45) 発行日 令和2年9月2日 (2020.9.2)

(24) 登録日 令和2年8月17日 (2020.8.17)

(51) Int.Cl.

F I

B 6 O W 20/50 (2016.01)

B 6 O W 10/08 (2006.01)

B 6 O L 3/00 (2019.01)

B 6 O L 50/16 (2019.01)

H O 2 P 29/024 (2016.01)

B 6 O W 20/50 Z H V

B 6 O W 10/08 9 O O

B 6 O L 3/00 J

B 6 O L 50/16

H O 2 P 29/024

請求項の数 5 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2016-158556 (P2016-158556)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成28年8月12日 (2016.8.12)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2018-24377 (P2018-24377A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成30年2月15日 (2018.2.15)	(74) 代理人	100121821
審査請求日	令和1年6月17日 (2019.6.17)		弁理士 山田 強
		(74) 代理人	100139480
			弁理士 日野 京子
		(74) 代理人	100125575
			弁理士 松田 洋
		(74) 代理人	100175134
			弁理士 北 裕介
		(72) 発明者	不破 康宏
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機の故障検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

エンジン（20）と、
前記エンジンと動力伝達可能に連結された三相回転電機（30、130）と、
直流電源（40）と、
前記三相回転電機と前記直流電源との間で電力変換するインバータ（50）と、
前記エンジンの運転状態に基づいて、前記電力変換時に前記インバータの各相をオン・オフする位相を制御する位相制御部（60）と、
を備えているシステム（10、110）に適用される三相回転電機の故障検出装置（70）であって、

前記三相回転電機の正常時において、前記電力変換時に前記エンジンの運転状態に基づいて制御される前記位相を記憶している記憶部（71）と、

前記位相制御部により制御されている前記電力変換時の前記位相と、前記記憶部に記憶されている対応する前記電力変換時の前記位相との乖離量に基づいて、前記三相回転電機の故障を判定する故障判定部（72）と、
を備え、

前記位相は、前記インバータの各相への印加電圧の位相であり、
前記記憶部は、前記エンジンの運転状態と、前記三相回転電機の正常時における前記印加電圧の位相と、を対応付けて記憶しており、

前記エンジンの運転状態は、前記エンジンの回転速度を含んでいることを特徴とする回

転電機の故障検出装置。

【請求項 2】

前記故障判定部は、前記乖離量が所定量よりも大きい場合に、前記三相回転電機が故障していると判定する請求項 1 に記載の回転電機の故障検出装置。

【請求項 3】

前記故障判定部は、前記乖離量の変化速度が所定変化速度よりも高い場合に、前記三相回転電機が故障していると判定する請求項 1 又は 2 に記載の回転電機の故障検出装置。

【請求項 4】

前記三相回転電機 (1 3 0) は、三相巻線の組 (3 1 A , 3 2 A , 3 3 A : 3 1 B , 3 2 B , 3 3 B) を複数備え、前記インバータに接続する前記組を切替可能であり、

10

前記記憶部は、前記三相回転電機の正常時において、前記電力変換時に前記エンジンの運転状態に基づいて制御される前記位相を前記組毎に記憶しており、

前記故障判定部は、前記インバータに接続されている前記組において、前記位相制御部により制御されている前記電力変換時の前記位相と、前記記憶部に記憶されている対応する前記電力変換時の前記位相との乖離量に基づいて、前記三相回転電機の故障を判定する請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の回転電機の故障検出装置。

【請求項 5】

前記三相回転電機は、前記エンジンから伝達される動力により発電を実行可能であり、

前記システムは、1 つ以上の補機 (8 0) を備えており、

前記エンジンの運転状態は、前記補機の電気負荷を含んでいる請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の回転電機の故障検出装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転電機の故障を検出する故障検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、交流モータの出力トルクがトルク指令値よりも小さい場合に、矩形波電圧の電圧位相を予め定められた上限位相以下の範囲で増加させ、電圧位相が上限位相に所定時間継続して一致した場合に、インバータが異常であると検出するものがある (特許文献 1 参照) 。特許文献 1 に記載のものでは、上限位相を一定値に予め定めている。これは、交流モータにおいて出力トルクが最大となる電圧位相は、一定値となるためである。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2 0 1 0 - 1 1 9 2 6 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に記載のものでは、電圧位相が上限位相に一致し、且つその状態が所定時間継続しなければ、インバータが異常であると検出することができない。このため、インバータの異常を早期に検出することができず、未だ改善の余地を残すものとなっている。

40

【0005】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その主たる目的は、回転電機の故障を早期且つ正確に検出することのできる回転電機の故障検出装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するため、本発明は以下の手段を採用した。

50

【 0 0 0 7 】

第 1 の手段は、
エンジン (2 0) と、
前記エンジンと動力伝達可能に連結された三相回転電機 (3 0 、 1 3 0) と、
直流電源 (4 0) と、
前記三相回転電機と前記直流電源との間で電力変換するインバータ (5 0) と、
前記エンジンの運転状態に基づいて、前記電力変換時に前記インバータの各相をオン・オフする位相を制御する位相制御部 (6 0) と、
を備えているシステム (1 0 、 1 1 0) に適用される三相回転電機の故障検出装置 (7 0)
であって、

10

前記三相回転電機の正常時において、前記電力変換時に前記エンジンの運転状態に基づいて制御される前記位相を記憶している記憶部 (7 1) と、

前記位相制御部により制御されている前記電力変換時の前記位相と、前記記憶部に記憶されている対応する前記電力変換時の前記位相との乖離量に基づいて、前記三相回転電機の故障を判定する故障判定部 (7 2) と、
を備えていることを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

上記構成によれば、エンジンと三相回転電機とが動力伝達可能に連結されている。このため、例えば、エンジンの駆動力により三相回転電機に発電をさせたり、三相回転電機の駆動力によりエンジンの駆動力をアシストさせたりすることができる。インバータにより、三相回転電機と直流電源との間で電力変換される。位相制御部により、エンジンの運転状態に基づいて、電力変換時にインバータの各相をオンにする位相が制御される。

20

【 0 0 0 9 】

ここで、三相回転電機が故障している場合は、電力変換時に制御される位相が、正常時の位相から乖離する。このため、位相制御部により制御されている電力変換時の位相と、記憶部に記憶されている正常時における対応する電力変換時の位相との乖離量に基づいて、三相回転電機の故障を判定することができる。さらに、記憶部には、三相回転電機の正常時において、電力変換時にエンジンの運転状態に基づいて制御される位相が記憶されている。このため、エンジンの運転状態を反映して三相回転電機の故障を判定することができる、三相回転電機の故障を早期且つ正確に検出することができる。

30

【 0 0 1 0 】

なお、インバータの各相をオン・オフする位相は、位相を補正する補正量 (制御量) を含む。三相回転電機は、発電及び駆動の少なくとも一方を行うものであればよい。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】第 1 実施形態のシステムの概略を示すブロック図。

【図 2】進遅角制御の手順を示すフローチャート。

【図 3】正常時のエンジン回転速度と電気負荷と電圧位相制御量との関係を示すマップ。

【図 4】第 1 実施形態の故障検出の手順を示すフローチャート。

【図 5】故障検出の一例を示すタイムチャート。

40

【図 6】故障検出の変更例の手順を示すフローチャート。

【図 7】故障検出の他の例を示すタイムチャート。

【図 8】第 2 実施形態のシステムの概略を示すブロック図。

【図 9】正常時参照データ決定の手順を示すフローチャート。

【図 1 0】第 1 組の三相巻線接続時における正常時のエンジン回転速度と電気負荷と電圧位相制御量との関係を示すマップ。

【図 1 1】第 2 組の三相巻線接続時における正常時のエンジン回転速度と電気負荷と電圧位相制御量との関係を示すマップ。

【図 1 2】進遅角制御の変更例の手順を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 1 2 】

(第 1 実施形態)

以下、自動二輪車（車両）に搭載されたシステムとして具現化した第 1 実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

【 0 0 1 3 】

図 1 に示すように、システム 1 0 は、エンジン 2 0、M G（Motor Generator）3 0、直流電源 4 0、インバータ 5 0、電圧位相制御量演算部 6 0、故障検出装置 7 0、複数の補機 8 0 等を備えている。

【 0 0 1 4 】

エンジン 2 0 は、燃料を燃焼させることにより動力を発生する。エンジン 2 0 として、ガソリンエンジンや、ディーゼルエンジン、及びその他のエンジンを採用することができる。

10

【 0 0 1 5 】

M G 3 0（三相回転電機に相当）は、スタータ機能付き発電機である。M G 3 0 は、三相交流モータ及び三相交流発電機の機能を備えている。M G 3 0 は、ステータ巻線として、U相巻線 3 1、V相巻線 3 2、W相巻線 3 3 を備えている。U相巻線 3 1、V相巻線 3 2、W相巻線 3 3 の一端が中性点に共通接続されている。M G 3 0 の回転子は、磁石を備えており、エンジン 2 0 のクランクシャフトに直接連結されている。すなわち、エンジン 2 0 と M G 3 0 とは、動力伝達可能に連結されている。M G 3 0 には、回転子の角度位置を検出する角度位置センサ 3 6 が取り付けられている。

20

【 0 0 1 6 】

直流電源 4 0 は、P b バッテリ、L i イオンバッテリ、N i H バッテリ等からなる二次電池やキャパシタ等である。直流電源 4 0 の電圧 V_{dc} は、電圧センサ（図示略）により検出される。M G 3 0 の発電時には、電圧センサは M G 3 0 の発電電圧を検出する。

【 0 0 1 7 】

M G 3 0 と直流電源 4 0 との間には、インバータ 5 0 が接続されている。インバータ 5 0 は、U相アーム、V相アーム、W相アームを含む周知の三相インバータである。各相アームは、直流電源 4 0 の正極と負極との間に直列接続された 2 つのスイッチング素子を含んでいる。スイッチング素子に対して、逆並列にダイオードがそれぞれ接続されている。スイッチング素子のオン・オフは、電圧位相制御量演算部 6 0 から求まる電圧位相制御量に基づき演算される印加電圧 V_u 、 V_v 、 V_w （印加電圧指令値）によって制御される。各相アームの中間点は、M G 3 0 の各相の巻線 3 1、3 2、3 3 の各相端に接続されている。

30

【 0 0 1 8 】

直流電源 4 0 及びインバータ 5 0 には、複数の補機 8 0 が接続されている。補機 8 0 は、車両のヘッドライト、ヘッドライトのハイビームとロービームとを切り替えるディマースイッチ、ウインカー、ブレーキランプ、ホーン（警笛機）等を含んでいる。

【 0 0 1 9 】

電圧位相制御量演算部 6 0 及び故障検出装置 7 0 は、C P U、R O M、R A M、入出力インターフェース等を備える E C U により構成されている。E C U として、M G 3 0 を制御する M G E C U、エンジン 2 0 を制御するエンジン E C U、M G E C U 及びエンジン E C U を制御する上位のハイブリッド E C U 等を採用することができる。

40

【 0 0 2 0 】

電圧位相制御量演算部 6 0 には、M G 3 0 の回転子の角度位置 を微分した角速度、すなわち M G 3 0 の回転子に直接連結されたクランクシャフトの回転速度 N_E が入力される。電圧位相制御量演算部 6 0 には、電圧センサにより検出された電圧 V_{dc} が入力される。

【 0 0 2 1 】

電圧位相制御量演算部 6 0（位相制御部に相当）は、図 2 のフローチャートに示す手順により、電圧位相制御量を演算する。この一連の処理は、電圧位相制御量演算部 6 0 によ

50

って、所定の周期で繰り返し実行される。ここでは、MG30が発電を実行する場合を例に説明する。MG30が発電を実行する場合は、インバータ50の各相を回転子の回転角度（電気角度）で180°の期間オンにし、180°の期間オフにすることを繰り返す。

【0022】

まず、電圧位相制御量に初期値を設定する（S11）。電圧位相制御量は、磁極位置センサ信号に対する印加電圧Vu、Vv、Vwの進遅角量である。初期値は、MG30の正常時におけるエンジン20のアイドリング時の電圧位相制御量である。

【0023】

続いて、目標発電電圧が現在の発電電圧よりも高いか否か判定する（S12）。目標発電電圧は、1つ以上の補機80の動作状態、すなわち補機80の電気負荷に基づいて設定される。例えば、動作している補機80の数が多いほど、電気負荷が大きくなり、目標発電電圧が高く設定される。発電電圧は、上述した電圧センサにより検出される。

10

【0024】

目標発電電圧が現在の発電電圧よりも高いと判定した場合（S12：YES）、遅角加算量を演算する（S13）。遅角加算量は、磁極位置センサ信号に対し印加電圧Vu、Vv、Vwの位相を遅角させる量である。スイッチングを遅角させることにより、発電量を増加させることができる。また、目標発電電圧と現在の発電電圧との差V（差V＝目標発電電圧－現在の発電電圧）と、遅角加算量との関係が、予めテーブルに設定されている。このテーブルを参照して、差Vに基づいて遅角加算量を演算する。このテーブルは、エンジン20の回転速度NEに応じて設定されていてもよい。

20

【0025】

続いて、S11で設定した電圧位相制御量に遅角加算量を加算して、電圧位相制御量を演算する（S14）。そして、この一連の処理を一旦終了する（END）。

【0026】

一方、目標発電電圧が現在の発電電圧よりも高くないと判定した場合（S12：NO）、進角加算量を演算する（S15）。進角加算量は、磁極位置センサ信号に対し印加電圧Vu、Vv、Vwの位相を進角させる量である。スイッチングを進角させることにより、発電量を減少させることができる。また、目標発電電圧と現在の発電電圧との差Vと、進角加算量との関係が、予めテーブルに設定されている。このテーブルを参照して、差Vに基づいて進角加算量を演算する。このテーブルは、エンジン20の回転速度NEに応じて設定されていてもよい。

30

【0027】

続いて、S11で設定した電圧位相制御量から進角加算量を減算して、電圧位相制御量を演算する（S16）。そして、この一連の処理を一旦終了する（END）。故障検出装置70は、記憶部71と故障判定部72とを備えている。

【0028】

記憶部71は、不揮発性のメモリであり、ROM、書き換え可能な不揮発性メモリ、バックアップRAM等により構成されている。記憶部71は、MG30の正常時において、インバータ50による電力変換時にエンジン20の運転状態に基づいて制御される電圧位相を記憶している。詳しくは、図3に示すように、MG30の正常時において予め試験等により、電気負荷の大きさとエンジン20の回転速度NEとインバータ50の電圧位相との関係が測定されて記憶されている。すなわち、エンジン運転状態は、補機80の電気負荷と、エンジン20の回転速度NEとを含んでいる。また、記憶部71は、後述する電圧位相制御量の乖離量、及び／もしくは、電圧位相制御量の乖離量の変化速度に対する異常判定閾値を記憶している。

40

【0029】

ここでは、MG30が発電を実行する場合を例に示している。電気負荷が大きいほど、エンジン20の回転速度NEが低いほど、インバータ50の電圧位相制御量は遅角している。電圧位相制御量（電圧位相）は、U相，V相，W相の少なくとも1つについて記憶されていればよい。

50

【 0 0 3 0 】

故障判定部 7 2 は、図 4 のフローチャートに示す手順により、M G 3 0 の故障を検出する。ここでは、M G 3 0 が発電を実行する場合を例に説明する。この一連の処理は、M G 3 0 による発電時に、故障判定部 7 2 によって所定の周期で繰り返し実行される。

【 0 0 3 1 】

まず、現在の電圧位相制御量と正常時の対応する電圧位相制御量との乖離量を演算する (S 2 1)。正常時の電圧位相制御量は、記憶部 7 1 に記憶されている図 3 のマップにおいて、エンジン 2 0 の現在の運転状態に対応する電圧位相制御量を読み出すことで取得する。現在の電圧位相制御量は、電圧位相制御量演算部 6 0 がエンジン 2 0 の現在の運転状態においてインバータ 5 0 の制御に用いている電圧位相制御量を、電圧位相制御量演算部 6 0 から入力することで取得する。そして、現在の電圧位相制御量から正常時の電圧位相制御量を減算することで、乖離量を演算する (乖離量 = 現在の電圧位相制御量 - 正常時の電圧位相制御量)。

10

【 0 0 3 2 】

続いて、S 2 1 で演算した乖離量が異常判定閾値よりも大きいか否かを判定する (S 2 2)。異常判定閾値 (所定量に相当) は、M G 3 0 の正常時には生じ得ない所定の乖離量に設定されている。この判定において、乖離量が異常判定閾値よりも大きいと判定した場合 (S 2 2 : Y E S)、M G 3 0 が異常であると確定する (S 2 3)。すなわち、M G 3 0 が故障していると判定する。具体的には、異常判定フラグをオンに設定する。M G 3 0 の故障としては、巻線 3 1 ~ 3 3 のいずれかの断線、短絡等が考えられる。そして、この一連の処理を一旦終了する (E N D)。

20

【 0 0 3 3 】

一方、S 2 2 の判定において、乖離量が異常判定閾値よりも大きくないと判定した場合 (S 2 2 : N O)、M G 3 0 が異常であると確定することは行わない (S 2 4)。具体的には、異常判定フラグをオフに設定する。この場合に、乖離量の大きさに応じて、M G 3 0 が異常の可能性ありと判定したり、M G 3 0 が異常であると仮判定したりしてもよい。そして、この一連の処理を一旦終了する (E N D)。

【 0 0 3 4 】

図 5 は、本実施形態の故障検出の一例を示すタイムチャートである。

【 0 0 3 5 】

時刻 t 1 よりも前では、補機 8 0 の電気負荷に基づいて電圧位相制御量が演算され、電圧位相制御量の実際の制御量と正常時データとが一致している。このため、実際の電圧位相制御量と正常時の電圧位相制御量との乖離量は略 0 になる。そして、異常判定フラグはオフに設定される。

30

【 0 0 3 6 】

時刻 t 1 において、例えば M G 3 0 の U 相巻線に断線が生じると、現在の発電電圧が目標発電電圧よりも低くなり、遅角加算量が増加される。そして、電圧位相制御量の初期値に遅角加算量が増加されて、電圧位相制御量が増加する。その結果、実際の電圧位相制御量と正常時の電圧位相制御量との乖離量が増加する。

【 0 0 3 7 】

時刻 t 2 において、実際の電圧位相制御量と正常時の電圧位相制御量との乖離量が異常判定閾値よりも大きくなると、M G 3 0 が異常であると確定される。そして、異常判定フラグがオンに設定される。

40

【 0 0 3 8 】

以上詳述した本実施形態は、以下の利点を有する。

【 0 0 3 9 】

・ M G 3 0 が故障している場合は、インバータ 5 0 による電力変換時に制御される位相が、正常時の位相から乖離する。このため、電圧位相制御量演算部 6 0 により制御されている電力変換時の位相と、記憶部 7 1 に記憶されている正常時における対応する電力変換時の位相との乖離量に基づいて、M G 3 0 の故障を判定することができる。さらに、記憶

50

部 7 1 には、M G 3 0 の正常時において、電力変換時にエンジン 2 0 の運転状態に基づいて制御される位相が記憶されている。このため、エンジン 2 0 の運転状態を反映して M G 3 0 の故障を判定することができ、M G 3 0 の故障を早期且つ正確に検出することができる。

【 0 0 4 0 】

・故障判定部 7 2 により、制御されている位相と正常時における位相との乖離量が異常判定閾値よりも大きい場合に、M G 3 0 が故障していると判定される。このため、M G 3 0 の故障を、簡易に検出することができる。

【 0 0 4 1 】

・M G 3 0 により発電される発電電圧は、エンジン 2 0 の回転速度 N E に応じて変化する。このため、電力変換時にインバータ 5 0 の各相をオンにする位相も、エンジン 2 0 の回転速度 N E に応じて変化する。この点、記憶部 7 1 には、M G 3 0 の正常時において電力変換時に制御される位相が、エンジン 2 0 の回転速度 N E に応じて記憶されている。したがって、エンジン 2 0 の回転速度 N E を反映して、M G 3 0 の故障を正確に判定することができる。

10

【 0 0 4 2 】

・M G 3 0 が発電する際の目標発電電圧は、補機 8 0 の電気負荷に応じて変化する。このため、電力変換時にインバータ 5 0 の各相をオンにする位相も、複数の補機 8 0 の電気負荷に応じて変化する。この点、記憶部 7 1 には、M G 3 0 の正常時において電力変換時に制御される位相が、補機 8 0 の電気負荷に応じて記憶されている。したがって、補機 8 0 の電気負荷を反映して、M G 3 0 の故障を正確に判定することができる。

20

【 0 0 4 3 】

なお、第 1 実施形態を、以下のように変更して実施することもできる。

【 0 0 4 4 】

・故障判定部 7 2 は、制御されている位相と正常時における位相との乖離量の変化速度が異常判定閾値よりも高い場合に、M G 3 0 が故障していると判定することもできる。

【 0 0 4 5 】

図 6 は、こうした故障検出の手順を示すフローチャートである。ここでは、S 3 1 において、図 4 の S 2 1 と同様に演算した乖離量の変化速度を演算する。乖離量の変化速度は、今回演算した乖離量から前回演算した乖離量を減算することで演算する。続いて、S 3 1 で演算した乖離量の変化速度が異常判定閾値よりも大きいか否かが判定する (S 3 2)。乖離量の変化速度に関する異常判定閾値 (所定変化速度に相当) は、M G 3 0 の正常時には生じ得ない所定の変化速度に設定されている。S 3 3 及び S 3 4 の処理は、それぞれ図 4 の S 2 3 及び S 2 4 の処理と同一である。

30

【 0 0 4 6 】

図 7 は、上記故障検出の一例を示すタイムチャートである。時刻 t 1 までの動作は、図 5 と同一である。そして、図 5 の時刻 t 2 よりも前の時刻 t 3 において、乖離量の変化速度が異常判定閾値よりも高くなると、M G 3 0 が異常であると確定される。そして、異常判定フラグがオンに設定される。上記構成によれば、乖離量が急激に大きくなる場合に、M G 3 0 の故障を早期に検出することができる。

40

【 0 0 4 7 】

(第 2 実施形態)

以下、第 2 実施形態について、第 1 実施形態との相違点を中心に説明する。第 1 実施形態と同一の部材については、第 1 実施形態と同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【 0 0 4 8 】

図 8 は、本実施形態のシステム 1 1 0 の概略を示すブロック図である。

【 0 0 4 9 】

M G 1 3 0 は、巻線 3 1 A , 3 2 A , 3 3 A の第 1 組と、巻線 3 1 B , 3 2 B , 3 3 B の第 2 組とを備えている。巻線 3 1 A , 3 2 A , 3 3 A の巻数は、巻線 3 1 B , 3 2 B ,

50

33Bの巻数よりも多くなっている。そして、MG130は、インバータ50に接続する三相巻線の組を第1組と第2組とで切替可能になっている。具体的には、MG130は、巻線31Aと巻線31Bとを切り替える切替部37、巻線32Aと巻線32Bとを切り替える切替部38、及び巻線33Aと巻線33Bとを切り替える切替部39を備えている。切替部37、38、39の動作は、巻線切替制御部65により制御される。

【0050】

巻線切替制御部65は、電圧位相制御量演算部60及び故障検出装置70と同様に、MG30を制御するMGECU、エンジン20を制御するエンジンECU、MGECU及びエンジンECUを制御する上位のハイブリッドECU等により構成されている。巻線切替制御部65は、エンジン20の回転速度NEが所定回転速度よりも低い場合に、インバータ50に接続する巻線を切替部37、38、39によりそれぞれ巻線31A、32A、33Aに切り替えさせる。巻線切替制御部65は、エンジン20の回転速度NEが所定回転速度よりも高い場合に、インバータ50に接続する巻線を切替部37、38、39によりそれぞれ巻線31B、32B、33Bに切り替えさせる。

【0051】

記憶部71は、MG130の正常時において、インバータ50による電力変換時にエンジン20の運転状態に基づいて制御される電圧位相を、三相巻線の組毎に記憶している。詳しくは、図10に示すように、MG30の正常時において予め試験等により、インバータ50に巻線31A、32A、33Aが接続された状態で、電気負荷の大きさとエンジン20の回転速度NEとインバータ50の電圧位相との関係が測定されて記憶されている。また、図11に示すように、MG30の正常時において予め試験等により、インバータ50に巻線31B、32B、33Bが接続された状態で、電気負荷の大きさとエンジン20の回転速度NEとインバータ50の電圧位相との関係が測定されて記憶されている。すなわち、エンジン運転状態は、補機80の電気負荷と、エンジン20の回転速度NEとを含んでいる。

【0052】

本実施形態では、故障判定部72は、図4、6に示す故障検出を実行する際に、インバータ50に接続されている三相巻線の組における正常時の電圧位相制御量のデータを参照する。図9は、正常時参照データ決定の手順を示すフローチャートである。この一連の処理は、故障判定部72により、所定の周期で繰り返し実行される。

【0053】

まず、三相巻線の組を切り替える前であるか否か判定する(S41)。詳しくは、巻線切替制御部65により、三相巻線の組が巻線31B、32B、33Bに切り替えられていないか否か判定する。この判定において、三相巻線の組を切り替える前であると判定した場合(S41:YES)、三相巻線の組を切り替える前の正常時の電圧位相制御量を参照データに決定する(S42)。すなわち、図10に示すインバータ50に巻線31A、32A、33Aが接続された状態での電気負荷の大きさとエンジン20の回転速度NEとインバータ50の電圧位相との関係を、参照データに決定する。その後、この一連の処理を一旦終了する(END)。

【0054】

一方、S41の判定において、三相巻線の組を切り替える前でないとして判定した場合(S41:NO)、三相巻線の組を切り替えた後の正常時の電圧位相制御量を参照データに決定する(S43)。すなわち、図11に示すインバータ50に巻線31B、32B、33Bが接続された状態での電気負荷の大きさとエンジン20の回転速度NEとインバータ50の電圧位相との関係を、参照データに決定する。その後、この一連の処理を一旦終了する(END)。

【0055】

本実施形態によれば、巻線31A、32A、33Aの第1組と、巻線31B、32B、33Bの第2組とを備え、インバータ50に接続する三相巻線の組を切替部37、38、39により切替可能である。記憶部71には、MG130の正常時において、電力変換時

10

20

30

40

50

にエンジン 20 の運転状態に基づいて制御される位相が三相巻線の組毎に記憶されている。そして、インバータ 50 に接続されている組において、電圧位相制御量演算部 60 により制御されている電力変換時の位相と、記憶部 71 に記憶されている対応する電力変換時の位相との乖離量に基づいて、MG 130 の故障が判定される。したがって、MG 130 が備えている三相巻線の各組について、故障を早期且つ正確に検出することができる。

【0056】

なお、第 1 及び第 2 実施形態を、以下のように変更して実施することもできる。

【0057】

・エンジン 20 の回転速度 NE を、エンジン 20 のクランク角を検出するクランク角センサの検出値に基づいて演算することもできる。また、エンジン 20 の運転状態として、エンジン 20 の回転速度 NE に代えて、回転速度 NE に演算処理を行った値や、エンジン 20 が備えるカムシャフトの回転速度を用いることもできる。

【0058】

・図 4 の S 22 又は図 6 の S 32 の判定が肯定された時点からカウンタを加算して、カウンタ値が所定カウンタ値を超えたことを条件として、MG 30 が異常であると確定してもよい。すなわち、図 4 の S 22 又は図 6 の S 32 の判定が所定時間肯定されたことを条件として、MG 30 が異常であると確定してもよい。第 2 実施形態では、図 4、6 に示す故障検出を実行する際に、参照する正常時の電圧位相制御量のデータが、インバータ 50 に接続されている三相巻線の組に応じて切り替えられる。そこで、三相巻線の組毎にカウンタを設定するとよい。こうした構成によれば、カウンタによるカウント中に、インバータ 50 に接続されている三相巻線の組が切り替えられたとしても、切り替え前のカウンタにおいてカウンタ値を保持することができる。そして、各組のカウンタによるカウント値に基づいて、各組の三相巻線の断線等を検出することができる。

【0059】

・MG 30 が直流電源 40 から供給される電力によりエンジン 20 の駆動力をアシストする場合、すなわち MG 30 が駆動（力行）を実行する場合に、MG 30 の故障を検出することもできる。この場合、図 2 の進遅角制御に代えて、目標駆動トルクに基づく電圧位相制御量の進遅角制御を実行する。詳しくは、MG 30 が駆動を実行する場合も、インバータ 50 の各相を回転子の回転角度（電気角度）で 180° の期間オンにし、180° の期間オフにすることを繰り返す（矩形波電圧制御）。また 180° の間でオンオフを繰り返す、正弦波駆動制御、過変調駆動制御や、オン期間が 120° となる 120 度通電制御を用いてもよい。そして、目標駆動トルクが現在の MG 30 の駆動トルクよりも大きい場合に電圧位相制御量を進角させ、目標駆動トルクが現在の MG 30 の駆動トルクよりも小さい場合に電圧位相制御量を遅角させる。さらに、図 3 の電気負荷を電源電圧に、遅角量を進角量に代えた関係を予め測定しておき、図 4 及び図 6 の少なくとも一方の故障検出を実行すればよい。

【0060】

モータのトルク T は $T = p \cdot \frac{1}{\omega} \cdot i_q$ で求めることができる。p は磁極対数、 $\frac{1}{\omega}$ は誘起電圧定数、 i_q は q 軸電流である。p、 $\frac{1}{\omega}$ は固定となるため、トルクは i_q を用いて簡易的に求めることができる。 i_q は、電圧位相制御量、電源電圧、モータ回転速度に基づき予め設定されたマップを参照することで求めることができる。

【0061】

図 12 のフローチャートを用いて動作を具体的に説明する。まず電圧位相制御量に初期値を設定する（S 51）。初期値としては、MG 30 の正常時におけるエンジン 20 のアイドリング時の電圧位相制御量を設定する。

【0062】

続いて、目標トルクが現在トルクよりも高いか否かを判定する（S 52）。目標トルクが現在のトルクよりも高いと判定した場合（S 52：YES）、進角加算量を演算する（S 53）。進角加算量は、磁極位置センサ信号に対し印加電圧 Vu、Vv、Vw の位相を進角させる量である。目標トルクと現在トルクとの差 $T_{\text{差}} = \text{目標トルク} - \text{現在トルク}$

ク)と、進角加算量との関係が、予めテーブルに設定されている。このテーブルを参照して、差 T に基づいて進角加算量を演算する。このテーブルは、エンジン 20 の回転速度 NE に応じて設定されていてもよい。

【0063】

続いて、電圧位相制御量に進角加算量を加算して、電圧位相制御量を演算する (S54)。そして、この一連の処理を一旦終了する (END)。

【0064】

一方、目標トルクが現在トルクよりも高くないと判定した場合 (S52:NO)、遅角加算量を演算する (S55)。遅角加算量は、磁極位置センサ信号に対し印加電圧 Vu、Vv、Vw の位相を遅角させる量である。目標トルクと現在トルクとの差 T と、遅角加算量との関係が、予めテーブルに設定されている。このテーブルを参照して、差 T に基づいて遅角加算量を演算する。このテーブルは、エンジン 20 の回転速度 NE に応じて設定されてもよい。

【0065】

続いて、電圧位相制御量から遅角加算量を減算して、電圧位相制御量を演算する (S56)。そして、この一連の処理を一旦終了する (END)。

【0066】

MG30 が力行する場合、電源電圧が低いほど、エンジン 20 の回転速度が高いほど、インバータ 50 の電圧位相制御量は進角する。

【0067】

そして発電制御同様、図 4 または図 6 のフローチャートに示す手順により、MG30 の故障を検出する。

【0068】

例えば、MG30 の U 相巻線に断線が生じると、現在トルクが目標トルクよりも低くなり、進角加算量が増加される。そして、電圧位相制御量の初期値に進角加算量が加算され、電圧位相制御量が増加する。その結果、実際の電圧位相制御量と正常時の電圧位相制御量との乖離量が増加する。実際の電圧位相制御量と正常時の電圧位相制御量との乖離量が異常判定閾値よりも大きくなると、MG30 が異常であると確定される。そして異常判定フラグがオンになる。

【0069】

・三相回転電機による発電の実行時に三相回転電機の故障を検出する場合は、三相回転電機として MG、オルタネータを採用することができる。三相回転電機による駆動の実行時に三相回転電機の故障を検出する場合は、三相回転電機として MG、モータを採用することができる。

【0070】

以上、本発明のそれぞれの実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の実施形態に適用することができる。

【0071】

例えば、変形例 1 として、現在の電圧位相制御量と正常時の対応する電圧位相制御量との乖離量が異常判定閾値よりも大きくなった際、仮判定として一旦保留し、現在制御されている位相と正常時における位相との乖離量の変化速度が異常判定閾値よりも高くなった際に本判定として異常と判定することもできる。

【0072】

このとき、記憶部 71 には正常時においてインバータによる電力変換時にエンジン 20 の運転状態に基づいて制御される電圧位相と、その電圧位相の変化速度を記憶している。

【0073】

この記憶部 71 に記憶されている電圧位相、及び電圧位相の変化速度に基づいて、閾値が決定され、図 4、及び図 6 に示されるようなフローチャートにしたがって各判定は行われる。

【 0 0 7 4 】

また、変形例 2 として、上記変形例 1 の仮判定と本判定の順序を逆にすることもできる。すなわち、乖離量の変化速度が異常判定閾値よりも高くなった際に、仮判定として一旦保留し、さらに現在の電圧位相制御量と正常時の対応する電圧位相制御量との乖離量が異常判定閾値よりも大きくなった際に本判定として異常と判定することができる。

【 0 0 7 5 】

変形例 2 によれば、乖離量の変化速度が大きくなり、瞬間的に乖離量の変化速度が異常判定閾値を超えたとしても、すぐに異常であると判定せず、現在の電圧位相制御量と正常時の対応する電圧位相制御量との乖離量が異常判定閾値よりも大きくなった際に本判定として異常を判定するので、より精度の高い異常判定を行うことができる。

10

【 0 0 7 6 】

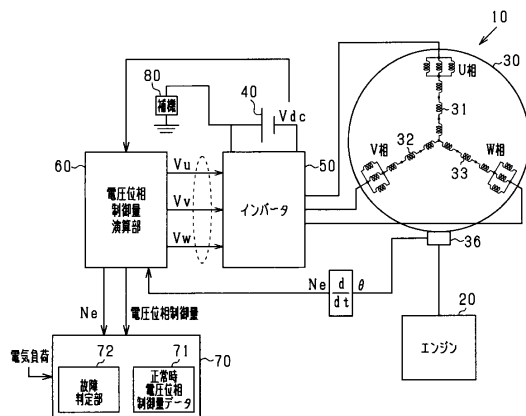
これにより、搭乗者へ意図しない異常を伝達することを抑制することができ、回転電機の故障を正確に判定することが可能となる。

【 符号の説明 】

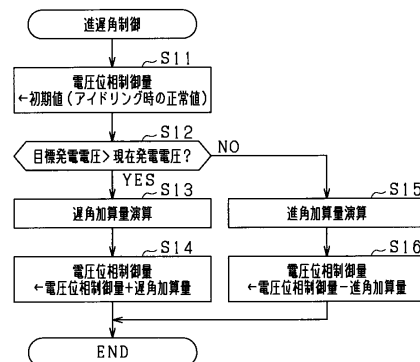
【 0 0 7 7 】

1 0 ... システム、2 0 ... エンジン、3 0 ... MG、4 0 ... 直流電源、5 0 ... インバータ、6 0 ... 電圧位相制御量演算部、7 0 ... 故障検出装置、7 1 ... 記憶部、7 2 ... 故障判定部、1 1 0 ... システム。

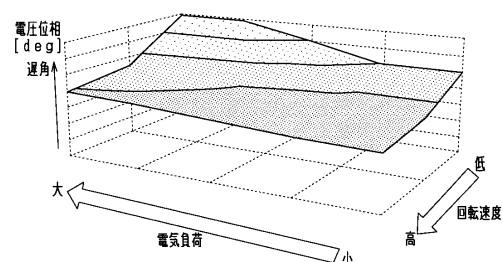
【 図 1 】



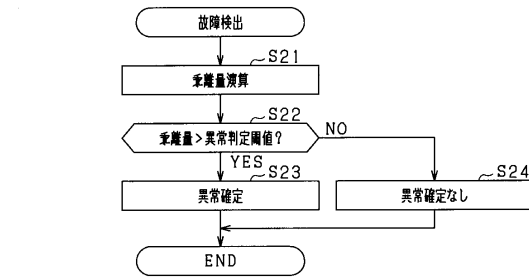
【 図 2 】



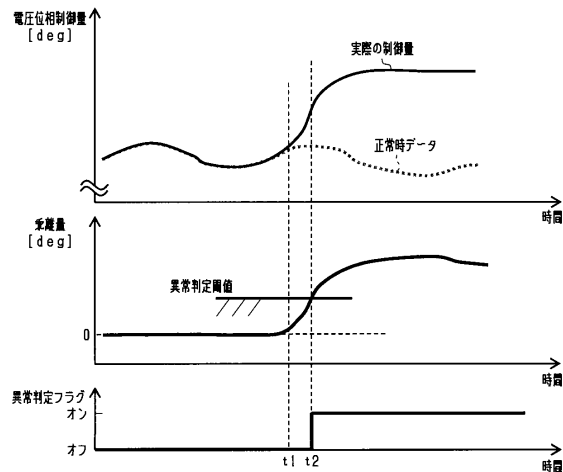
【 図 3 】



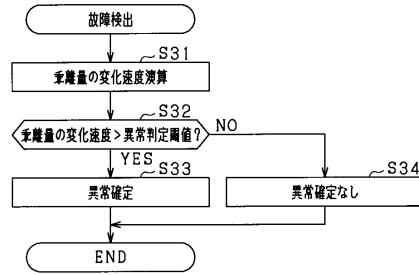
【図 4】



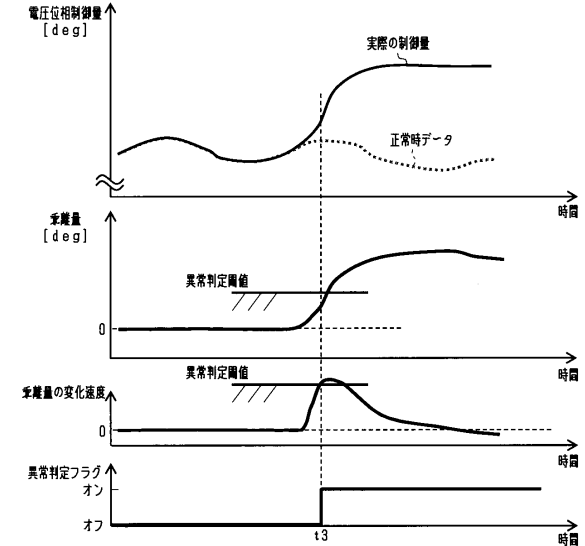
【図 5】



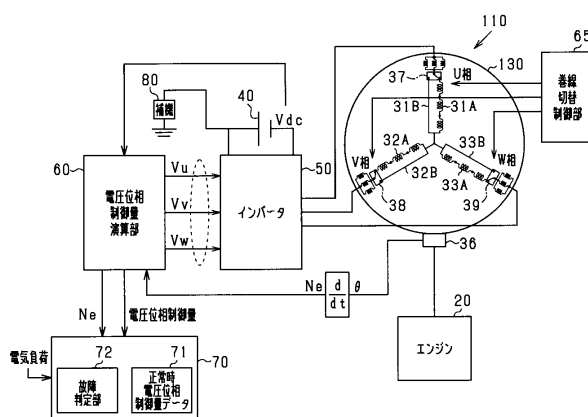
【図 6】



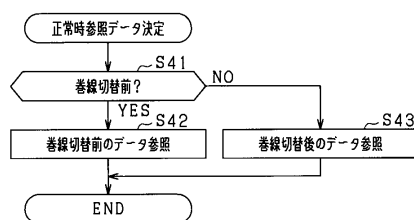
【図 7】



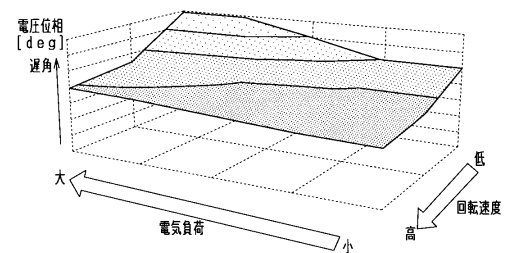
【図 8】



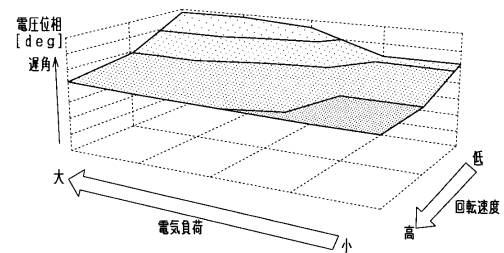
【図 9】



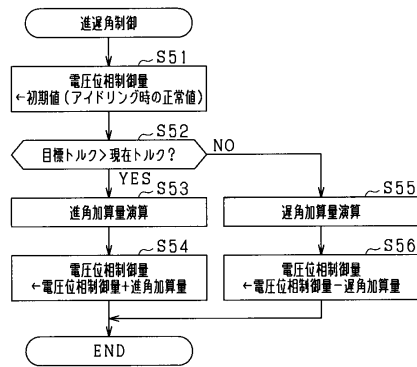
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 2 P 27/06 (2006.01) H 0 2 P 27/06

(72)発明者 永田 孝一
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
(72)発明者 地高 俊和
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 鶴江 陽介

(56)参考文献 特開2013-55796(JP,A)
特開2014-138435(JP,A)
特開2010-119268(JP,A)
特開2008-136265(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0121668(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B 6 0 W 1 0 / 0 0 - 2 0 / 5 0
B 6 0 K 6 / 2 0 - 6 / 5 4 7
B 6 0 L 1 / 0 0 - 3 / 1 2
B 6 0 L 7 / 0 0 - 1 3 / 0 0
B 6 0 L 1 5 / 0 0 - 1 5 / 4 2
B 6 0 L 5 0 / 0 0 - 5 8 / 4 0
F 0 2 D 2 9 / 0 0 - 2 9 / 0 6