

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7379652号  
(P7379652)

(45)発行日 令和5年11月14日(2023.11.14)

(24)登録日 令和5年11月6日(2023.11.6)

(51)国際特許分類		F I		
G 0 1 R	31/34 (2020.01)	G 0 1 R	31/34	A
H 0 2 K	11/00 (2016.01)	H 0 2 K	11/00	
H 0 2 P	29/024 (2016.01)	H 0 2 P	29/024	

請求項の数 5 (全14頁)

(21)出願番号	特願2022-501414(P2022-501414)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和2年2月17日(2020.2.17)	(74)代理人	110001195 弁理士法人深見特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/006102	(72)発明者	湯浅 健太 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(87)国際公開番号	WO2021/166042	(72)発明者	坂廻 遼 和憲 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(87)国際公開日	令和3年8月26日(2021.8.26)	(72)発明者	神蔵 護 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
審査請求日	令和4年6月6日(2022.6.6)	(72)発明者	栗山 俊通
前置審査			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 永久磁石同期モータの診断装置およびこれを備えたインバータ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

負荷を回転させる永久磁石同期モータに流れる複数の相の電流の大きさに基づいて、逆相電流を算出する逆相電流算出器と、  
前記逆相電流に基づいて、前記永久磁石同期モータと接続された主軸を支持する滑り軸受けの劣化を診断する劣化診断器とを備え

前記複数の相の電流の周波数を検出し、前記周波数を用いて、前記複数の相の交流の相回転方向と逆方向に回転する電圧位相である逆回転電圧位相を生成する位相生成器をさらに備え、

前記逆相電流算出器は、前記逆回転電圧位相と、前記複数の相の電流とに基づいて、前記逆相電流を算出する、永久磁石同期モータの診断装置。

10

【請求項2】

前記複数の相の電流は、3相電流であって、  
前記逆相電流算出器は、  
前記3相電流の大きさを2相電流の大きさに変換する相変換器と、  
前記2相電流の大きさを互いに直交する第1軸の直流成分と第2軸の直流成分に変換する回転座標変換器と、  
前記第1軸の直流成分を受ける第1のローパスフィルタと、  
前記第2軸の直流成分を受ける第2のローパスフィルタと、  
前記第1のローパスフィルタの出力と前記第2のローパスフィルタの出力との二乗和の

20

平方根を前記逆相電流として算出する演算器とを含む、請求項 1記載の永久磁石同期モータの診断装置。

【請求項 3】

各々が、前記 3 相電流のうちの対応する相の電流の大きさを検出する 3 個の電流検出器を備える、請求項 2記載の永久磁石同期モータの診断装置。

【請求項 4】

前記永久磁石同期モータを駆動するインバータと、系統電源との間には漏電遮断器が配置され、前記漏電遮断器は、前記系統電源と前記インバータとの間に零相電流が予め定められた値以上流れると、断路し、

前記複数の相の電流は、3 相電流であって、

前記 3 相電流のうちの第 1 の相の電流の大きさを検出する第 1 の電流検出器と、

前記 3 相電流のうちの第 2 の相の電流の大きさを検出する第 2 の電流検出器とを備え、

前記逆相電流算出器は、

前記第 1 の相の電流の大きさと前記第 2 の相の電流の大きさとを加算し、加算結果の符号を反転した値を前記 3 相電流のうちの第 3 の相の電流の大きさとして算出して、前記第 1 の相、前記第 2 の相、および前記第 3 の相からなる 3 相電流の大きさを出力する第 1 の相変換器と、

前記 3 相電流の大きさを 2 相電流の大きさに変換する第 2 の相変換器と、

前記 2 相電流の大きさを互いに直交する第 1 軸の直流成分と第 2 軸の直流成分に変換する回転座標変換器と、

前記第 1 軸の直流成分を受ける第 1 のローパスフィルタと、

前記第 2 軸の直流成分を受ける第 2 のローパスフィルタと、

前記第 1 のローパスフィルタの出力と前記第 2 のローパスフィルタの出力との二乗和の平方根を前記逆相電流として算出する演算器とを含む、請求項 1記載の永久磁石同期モータの診断装置。

【請求項 5】

永久磁石同期モータの診断装置と、

電圧位相に基づいて、前記永久磁石同期モータを駆動するための複数の相の電圧指令値を生成する電圧指令生成器とを備え、

前記永久磁石同期モータの診断装置は、

負荷を回転させる永久磁石同期モータに流れる複数の相の電流の大きさに基づいて、逆相電流を算出する逆相電流算出器と、  
前記逆相電流に基づいて、前記永久磁石同期モータと接続された主軸を支持する滑り軸受けの劣化を診断する劣化診断器と、

前記電圧位相の符号を反転することによって、前記複数の相の交流の相回転方向と逆方向に回転する電圧位相である逆回転電圧位相を生成する位相生成器とを備え、

前記逆相電流算出器は、前記逆回転電圧位相と、前記複数の相の電流の大きさとに基づいて、前記逆相電流を算出する、インバータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、永久磁石同期モータの診断装置およびこれを備えたインバータに関する。

【背景技術】

【0002】

永久磁石同期モータを支持する滑り軸受けの劣化を診断する装置が知られている。たとえば、特許文献 1 の軸受異常検出装置は、モータの特定回転速度から回転停止までの停止時間と予め定められた基準停止時間とを比較して軸受の異常の有無を判定する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

10

20

30

40

50

【文献】特開 2008 - 175821 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 に記載の軸受異常検出装置による軸受けの異常の検出精度は、必ずしも高くはない。なぜなら、モータが駆動する負荷トルクが環境要因によって変化した場合にも、モータの特定回転速度から回転停止までの停止時間が変化するからである。特許文献 1 に記載の軸受け異常検出装置は、負荷トルクの変動と、軸受けの異常とを判別することができない。

【0005】

それゆえに、本開示の目的は、永久磁石同期モータを支持する滑り軸受けの劣化を高精度で検出することができる永久磁石同期モータの診断装置およびこれを備えたインバータを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の永久磁石同期モータの診断装置は、負荷を回転させる永久磁石同期モータに流れる複数の相の電流の大きさに基づいて、逆相電流を算出する逆相電流算出器と、逆相電流に基づいて、永久磁石同期モータを支持する滑り軸受けの劣化を診断する劣化診断器とを備える。

【0007】

好ましくは、本開示の永久磁石同期モータの診断装置は、逆相電流に基づいて、滑り軸受けと主軸との間の空隙の拡大を検出する。

【発明の効果】

【0008】

本開示によれば、永久磁石同期モータの診断装置は、複数の相の電流の大きさに基づいて、逆相電流を算出し、逆相電流に基づいて、永久磁石同期モータを支持する滑り軸受けの劣化を診断する。永久磁石同期モータの診断装置は、逆相電流に基づいて、滑り軸受けと主軸との間の空隙の拡大を検出する。これによって、永久磁石同期モータを支持する滑り軸受けの劣化を高精度で診断することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】実施の形態 1 のモータ診断装置 7、圧縮機 6、およびインバータ 1 からなるシステムの構成を表わす図である。

【図 2】圧縮機 6 の構成を示す図である。

【図 3】滑り軸受け 9 が正常時における、永久磁石同期モータ 2 と主軸 10 の断面を表わす図である。

【図 4】滑り軸受け 9 が正常時における、滑り軸受け 9 と主軸 10 の断面を表わす図である。

【図 5】滑り軸受け 9 が正常時における、モータ電流の波形を表わす図である。

【図 6】滑り軸受け 9 が摩耗した時における、永久磁石同期モータ 2 と主軸 10 の断面を表わす図である。

【図 7】滑り軸受け 9 が摩耗したときにおける、滑り軸受け 9 と主軸 10 の断面を表わす図である。

【図 8】滑り軸受け 9 が摩耗した時における、モータ電流の波形を表わす図である。

【図 9】位相生成器 100 による 3 相電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  の周波数  $f$  を検出する方法を説明するための図である。

【図 10】周波数  $f$  から電圧位相  $e$  を生成する方法を説明するための図である。

【図 11】実施の形態 1 の逆相電流検出器 4 の構成を表わす図である。

【図 12】9 スロットモータの断面略図を表わす図である。

【図 13】実施の形態 2 のインバータ 1 A、および圧縮機 6 からなるシステムの構成を表

10

20

30

40

50

わす図である。

【図 1 4】実施の形態 3 のインバータ 1 B、圧縮機 6、および漏電遮断器 2 9 からなるシステムの構成を表わす図である。

【図 1 5】実施の形態 3 の逆相電流検出器 4 A の構成を表わす図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、実施の形態について、図面を参照して説明する。複数の図面において、同一の構成要素には、同一の符号を付す。

【0011】

実施の形態 1 .

実施の形態 1 のモータ診断装置 7 は、圧縮機 6 のモータ電流を検出して、永久磁石同期モータ内の滑り軸受けの劣化状態を診断する。

【0012】

図 1 は、実施の形態 1 のモータ診断装置 7、圧縮機 6、およびインバータ 1 からなるシステムの構成を表わす図である。

【0013】

モータ診断装置 7 は、電流検出器 3 u、3 v、3 w と、位相生成器 1 0 0 と、逆相電流検出器 4 と、劣化診断器 5 とを備える。

【0014】

電流検出器 3 u は、インバータ 1 と永久磁石同期モータ 2 との間の U 相のラインに設けられる。電流検出器 3 v は、インバータ 1 と永久磁石同期モータ 2 との間の V 相のラインに設けられる。電流検出器 3 w は、インバータ 1 と永久磁石同期モータ 2 との間の W 相のラインに設けられる。電流検出器 3 u、3 v、3 w は、それぞれ U 相、V 相、W 相のラインの電流を検出する。

【0015】

位相生成器 1 0 0 は、3 相交流電圧の電圧位相 e の逆位相（逆相位相情報）- e を出力する。

【0016】

逆相電流検出器 4 は、電流検出器 3 u、3 v、3 w が出力する電流 I u、I v、I w と、位相生成器 1 0 0 が出力する逆相位相情報 - e を受ける。逆相電流検出器 4 は、逆相位相情報 - e と、3 相電流 I u、I v、I w とに基づいて、逆相電流 I 2 を算出する。

【0017】

劣化診断器 5 は、逆相電流 I 2 に基づいて、永久磁石同期モータ 2 を支持する滑り軸受け 9 の劣化を診断する。

【0018】

図 2 は、圧縮機 6 の構成を示す図である。図 3 は、滑り軸受け 9 が正常時における、永久磁石同期モータ 2 と主軸 1 0 の断面を表わす図である。図 4 は、滑り軸受け 9 が正常時における、滑り軸受け 9 と主軸 1 0 の断面を表わす図である。

【0019】

圧縮機 6 は、圧縮要素 8 と、永久磁石同期モータ 2 と、主軸 1 0 と、滑り軸受け 9 と、玉軸受け 1 1 とを備える。永久磁石同期モータ 2 は、ステータ 2 a、ロータ 2 b とを備える。

【0020】

圧縮要素 8 は、ガス負荷を圧縮する。

永久磁石同期モータ 2 は、負荷である圧縮要素 8 を回転させる。

【0021】

主軸 1 0 は、ロータ 2 b と圧縮要素 8 とを連結させる。

玉軸受け 1 1 および滑り軸受け 9 は、主軸 1 0 が回転運動するための遠心力および重力を支える。滑り軸受け 9 は、永久磁石同期モータ 2 を支持する。

【0022】

10

20

30

40

50

主軸 10 の回転運動を許容するため、滑り軸受け 9 と主軸 10 との間に径方向に所定の幅の空隙 AG が設けられる。空隙 AG は、通常は、潤滑油によって潤滑される。

【0023】

ステータ 2 a は、巻き線および固定子鉄心からなる。

ロータ 2 b は、永久磁石 13 および回転子鉄心 14 からなる。

【0024】

図 4 に示すように、滑り軸受け 9 が正常時には、ロータ 2 b とステータ 2 a はギャップ 12 を介して同軸上に配置される。ギャップ 12 の幅は、略均一である。

【0025】

図 5 は、滑り軸受け 9 が正常時における、モータ電流の波形を表わす図である。

永久磁石同期モータ 2 において、巻き線のインピーダンスは 3 相平衡設計されるため、3 相平衡の電圧が印加されると、平衡な 3 相電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  が得られる。

【0026】

図 6 は、滑り軸受け 9 が摩耗した時における、永久磁石同期モータ 2 と主軸 10 の断面を表わす図である。図 7 は、滑り軸受け 9 が摩耗したときにおける、滑り軸受け 9 と主軸 10 の断面を表わす図である。図 8 は、滑り軸受け 9 が摩耗した時における、モータ電流の波形を表わす図である。

【0027】

圧縮機 6 において、潤滑不良または異物混入など様々な要因によって、滑り軸受け 9 が摩耗する。これによって、図 7 に示すように、当初の設計よりも空隙 AG が広がる。圧縮機 6 において空隙 AG は冷媒の通り道にもなっている。空隙 AG が広がるなどの劣悪な環境では、潤滑油が冷媒の流れに巻き込まれて圧縮機 6 の外に流出することがある。その結果、圧縮機 6 が潤滑不良状態となる。圧縮機 6 の潤滑不良状態が継続すると、滑り軸受け 9 の摩耗が進行する。

【0028】

滑り軸受け 9 は、主軸 10 のラジアル方向の動きを支えているため、空隙 AG が広がると、主軸 10 が変位する。これに伴って、図 6 に示すように、永久磁石同期モータ 2 のギャップ 12 のラジアル方向の幅は不均一となり、永久磁石同期モータ 2 が偏心する。ギャップ 12 の不均一性により永久磁石同期モータ 2 のインピーダンスの平衡性が崩れ、3 相のインピーダンスが相違する。その結果、図 8 に示すように、3 相電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  は、不平衡成分を含む。この不平衡電流成分は、一般に逆相電流と呼ばれる。逆相電流は、3 相交流の相回転方向と逆方向に回転する成分として理論的に導出される。

【0029】

電流検出器 3 u、3 v、3 w が電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  を検出すると、位相生成器 100 および逆相電流検出器 4 は、電流の不平衡成分を抽出すべく、以下のような処理を実行する。

【0030】

電流の不平衡成分は 3 相交流の周波数と等しい周波数で、かつ 3 相交流の相回転方向と逆方向となる成分であることが知られている。

【0031】

位相生成器 100 は、検出した 3 相電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  の周波数  $f$  を検出する。位相生成器 100 は、検出した周波数  $f$  を用いて、3 相交流の相回転方向と逆方向に回転する逆回転電圧位相  $-e$  を生成する。

【0032】

図 9 は、位相生成器 100 による 3 相電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  の周波数  $f$  を検出する方法を説明するための図である。

【0033】

位相生成器 100 は、電流  $I_u$  の立ち上がり時における極性反転の回数  $N$  を予め定められた時間  $T$  だけ計測する。位相生成器 100 は、 $T$  と  $N$  とを用いて、周波数  $f$  を算出する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

$$f = N / T \cdots (1)$$

図 1 0 は、周波数  $f$  から電圧位相  $e$  を生成する方法を説明するための図である。

【 0 0 3 5 】

位相生成器 1 0 0 は、周波数  $f$  を時間積分することによって、電圧位相  $e$  を生成する。電圧位相  $e$  に  $-1$  を乗ずる（符号を反転する）ことによって、複数の相の交流の相回転方向と逆方向に回転する電圧位相である逆回転電圧位相  $-e$  を生成する。

【 0 0 3 6 】

図 1 1 は、実施の形態 1 の逆相電流検出器 4 の構成を表わす図である。

逆相電流検出器 4 は、第 1 の相変換器 3 1 と、回転座標変換器 3 2 と、第 1 のローパスフィルタ 3 3 a と、第 2 のローパスフィルタ 3 3 b と、絶対値演算器 3 4 とを備える。

10

【 0 0 3 7 】

第 1 の相変換器 3 1 は、式 ( 2 ) に基づいて、所定のタイミングの 3 相電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  を 2 相電流  $I_\alpha$ 、 $I_\beta$  に変換する。

【 0 0 3 8 】

【 数 1 】

$$\begin{pmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{pmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} I_u \\ I_v \\ I_w \end{pmatrix} \cdots (2)$$

20

【 0 0 3 9 】

回転座標変換器 3 2 は、式 ( 3 ) に基づいて、2 相電流  $I_\alpha$ 、 $I_\beta$  を互いに直交する第 1 軸の直流成分  $I_d$  と第 2 軸の直流成分  $I_q$  に変換する。

【 0 0 4 0 】

【 数 2 】

$$\begin{pmatrix} I_d \\ I_q \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(-\theta_e) & -\sin(-\theta_e) \\ \sin(-\theta_e) & \cos(-\theta_e) \end{bmatrix} \begin{pmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{pmatrix} \cdots (3)$$

30

【 0 0 4 1 】

第 1 のローパスフィルタ 3 3 a は、第 1 軸の直流成分  $I_d$  を受けて、第 1 軸の直流成分  $I_d$  に含まれる交流成分を除去する。第 2 のローパスフィルタ 3 3 b は、第 2 軸の直流成分  $I_q$  を受けて、第 2 軸の直流成分  $I_q$  に含まれる交流成分を除去する。

【 0 0 4 2 】

絶対値演算器 3 4 は、第 1 のローパスフィルタ 3 3 a の出力と、第 2 のローパスフィルタ 3 3 b の出力との二乗和の平方根を逆相電流  $I_2$  として算出する。

【 0 0 4 3 】

回転座標変換器 3 2、第 1 のローパスフィルタ 3 3 a、および第 2 のローパスフィルタ 3 3 b によって、逆方向に回転する電流成分に特化したバンドパスフィルタが構成される。回転座標変換器 3 2 によって逆回転させた座標系に座標変換することによって、交流であった逆相成分が直流量として変換される。

40

【 0 0 4 4 】

劣化診断器 5 は、逆相電流  $I_2$  に基づいて、永久磁石同期モータ 2 を支持する滑り軸受け 9 と主軸 1 0 との間の空隙  $AG$  の拡大を検出する。より具体的には、劣化診断器 5 は、予め求められた逆相電流  $I_2$  と滑り軸受けの摩耗量  $AT$  との関係式に基づいて、滑り軸受け 9 の摩耗量  $AT$  を推定する。摩耗量  $AT$  は、空隙  $AG$  の拡大を表わす。

【 0 0 4 5 】

関係式は、たとえば、以下のように 1 次式であってもよい。  $a_1$ 、 $b_1$  は、係数である。

50

## 【 0 0 4 6 】

$$A T = a 1 \times I 2 + b 1 \cdot \cdot \cdot ( 4 )$$

あるいは、劣化診断器 5 は、予め求められた逆相電流  $I 2$  と永久磁石同期モータの偏心率  $E C$  との関係式に基づいて、永久磁石同期モータ 2 の偏心率  $E C$  を推定することとしてもよい。永久磁石同期モータ 2 の偏心率  $E C$  は、空隙  $A G$  の拡大を表わす。永久磁石同期モータ 2 の偏心率  $E C$  によって、滑り軸受け 9 の摩耗量  $A T$  を見積もることができる。関係式は、たとえば、以下のように 1 次式であってもよい。  $a 2$ 、  $b 2$  は、係数である。

## 【 0 0 4 7 】

$$E C = a 2 \times I 2 + b 2 \cdot \cdot \cdot ( 5 )$$

ギャップ 1 2 の大きさ（一般に  $0.1 \sim 1 \text{ mm}$  の範囲）に対して、滑り軸受け 9 の摩耗量の推定値  $A T$  が無視できない値に至った場合、滑り軸受け 9 の異常と診断することができる。

10

## 【 0 0 4 8 】

本実施の形態では、永久磁石同期モータ 2 は 3 相モータのため、ステータ 2 a のスロット数は、3 の整数倍である。ステータ 2 a のスロット数が奇数の場合、偏心によりギャップが縮小する相と拡大する相が必ず異なるため、逆相電流  $I 2$  の変化が相対的に大きくなり、より高精度に診断することができる。

## 【 0 0 4 9 】

図 1 2 は、9 スロットモータの断面略図を表わす図である。

図 1 2 では、3 スロット分のみが図示されている。

20

## 【 0 0 5 0 】

スロット 2 0、固定子鉄心 2 1、固定子鉄心のティース部 2 1 a が示されている。ティース部 2 1 a は 9 個存在し、各々に U、V、W のいずれかの巻き線が巻回されている。

## 【 0 0 5 1 】

上側にある V 相 (V 1 ティース) の方向にロータ 2 b が偏心した場合には、V 1 ティースとロータ 2 b との間のギャップが縮小し、U 3 ティースおよび W 2 ティースとロータ 2 b との間のギャップが拡大する。この偏心状態が各相インピーダンスの不均衡を発生させる。

## 【 0 0 5 2 】

以上のように、本実施の形態のモータ診断装置は、モータ電流の不均衡成分を抽出して、永久磁石同期モータ 2 の偏心率または滑り軸受け 9 の摩耗量を推定する。これによって、滑り軸受け 9 を分解することなく、かつ振動センサなどを新たに設置することなく、滑り軸受けの摩耗を検出することができる。電流検出器 3 u、3 v、3 w として、クランプ型のセンサを用いれば、測定対象機器の配線を外す必要がないので、検査をより簡易にすることができる。滑り軸受けの摩耗の診断は、油の給油およびメンテナンスが困難な圧縮機などでは要求が高く、アプリケーションとして特に活用度が高いといえる。

30

## 【 0 0 5 3 】

実施の形態 2 .

図 1 3 は、実施の形態 2 のインバータ 1 A、および圧縮機 6 からなるシステムの構成を表わす図である。

## 【 0 0 5 4 】

インバータ 1 A は、モータ診断装置 7 A、および電流検出器 3 u、3 v、3 w を内蔵する。

40

## 【 0 0 5 5 】

モータ診断装置 7 A 内の位相生成器 1 0 0 A は、インバータ 1 A の内部信号である電圧位相  $e$  を反転して出力する。電圧位相  $e$  は、インバータ 1 A が 3 相交流電圧  $V u$ 、 $V v$ 、 $V w$  を発生するために用いられる。

## 【 0 0 5 6 】

すなわち、3 相交流電圧指令生成器 1 1 0 は、以下の式に従って、3 相交流電圧の指令値  $V u^*$ 、 $V v^*$ 、 $V w^*$  を生成する。  $V$  は、出力電圧指令の振幅である。

## 【 0 0 5 7 】

50

$$V_{u^*} = V \sin \theta \quad \dots (6u)$$

$$V_{v^*} = V \sin (\theta - 2\pi/3) \quad \dots (6v)$$

$$V_{w^*} = V \sin (\theta + 2\pi/3) \quad \dots (6w)$$

以上のように構成されたインバータ1Aでは、実施の形態1で示したような3相電流の周波数fの検出が不要となる。その結果、位相生成器100Aの処理が簡易となり、かつ周波数変化時の追従性も優れたものとなる。

【0058】

さらに、インバータ1が電流検出器3u、3v、3wを有するため、電流検出器3u、3v、3wを別途追加する必要がないので、モータの診断を安価に実施することができる。

【0059】

インバータ1Aが圧縮機6と独立して、圧縮機6の滑り軸受け9の摩耗を認識することができるため、インバータ1Aが圧縮機6を常時監視することができる。これによって、3相電流の周波数fを低下させるなどのような滑り軸受け9の延命措置をリアルタイムに行うことができる。

【0060】

実施の形態3.

図14は、実施の形態3のインバータ1B、圧縮機6、および漏電遮断器29からなるシステムの構成を表わす図である。

【0061】

実施の形態3のシステムが、実施の形態2のシステムと相違する点は、以下である。実施の形態3のインバータ1Bは、V相の電流検出器3vを備えない。漏電遮断器29は、インバータ1Bと系統電源22との間に配置される。

【0062】

漏電遮断器29は、系統電源22とインバータ1Bとの間に漏洩電流、すなわち零相電流が予め定められた値TH以上流れると、断路する。

【0063】

これによって、断路されない状況下では零相電流は、予め定められた値TH未満であることが保証されている。断路されていない状況下で、検出対象となる逆相電流I2が漏電遮断器29の遮断レベルである予め定められた値THよりも十分大きければ、零相電流を無視した逆相電流検出器を構成することが可能となる。

【0064】

電流検出器3u、3wが、2相の電流Iu、Iwを検出して逆相電流検出器4Aに出力する。

【0065】

図15は、実施の形態3の逆相電流検出器4Aの構成を表わす図である。

実施の形態3の逆相電流検出器4Aが、図2の実施の形態1の逆相電流検出器4と相違する点は、逆相電流検出器4Aが、相変換器35をさらに備える点である。

【0066】

漏洩電流は無視できるほど小さいため、相変換器35は、以下の式に基づいて、検出していないIvを算出する。すなわち、相変換器35は、IuとIvとを加算して、加算結果の符号を反転することによって、Ivを算出する。相変換器35は、3相電流Iu、Iv、Iwを相変換器31へ出力する。

【0067】

$$I_v = - (I_u + I_w) \quad \dots (7)$$

以上のように、本実施の形態では、漏洩電流が無視できるシステムを前提に電流検出器の個数を3個から2個に削減したので、モータの診断を安価に実施できる。

【0068】

本実施の形態では、漏電遮断器により零相電流の上限値が無視できることを担保したが、漏洩電流が無視できるほど小さいことが予め知られている場合には、漏電遮断器を用いることなく電流検出器の個数の削減が可能であることは言うまでもない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 9 】

なお、上記の実施形態では、モータ診断装置は、軸受けの摩耗を検出する装置として説明したが、磁気軸受けなどのように、軸受けが常に偏心する可能性があるモータについても利用できることは言うまでもない。

## 【 0 0 7 0 】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本開示の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 7 1 】

1, 1A, 1B インバータ、2 永久磁石同期モータ、2a ステータ、2b ロータ、3u, 3v, 3w 電流検出器、4, 4A 逆相電流検出器、5 劣化診断器、6 圧縮機、7, 7A モータ診断装置、8 圧縮要素、9 滑り軸受け、10 主軸、11 玉軸受け、12 ギャップ、13 永久磁石、14 回転子鉄心、20 スロット、21 固定子鉄心、21a ティース部、22 系統電源、29 漏電遮断器、31, 35 相変換器、32 回転座標変換器、33a 第1のローパスフィルタ、33b 第2のローパスフィルタ、34 絶対値演算器、100, 100A 位相生成器、110 交流電圧指令生成器。

10

20

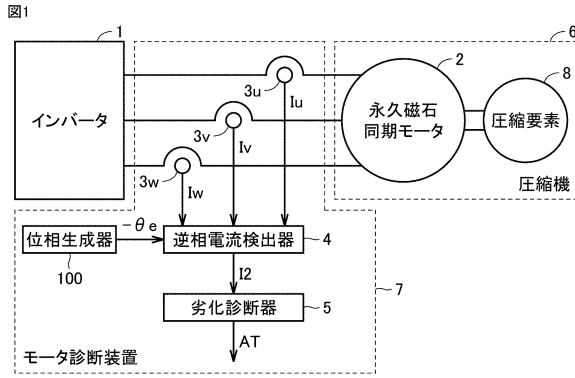
30

40

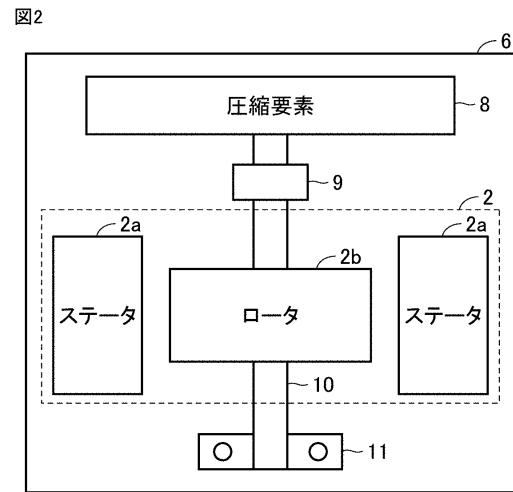
50

【図面】

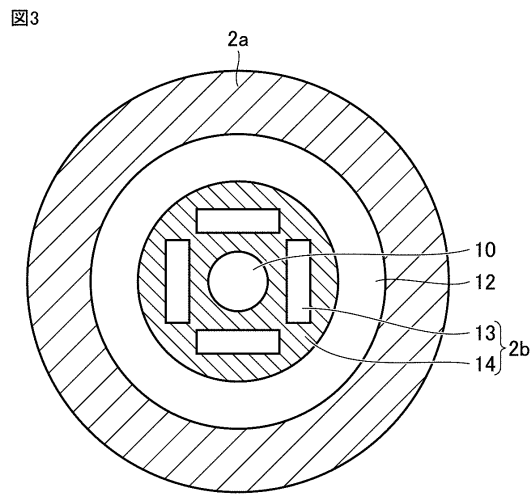
【図 1】



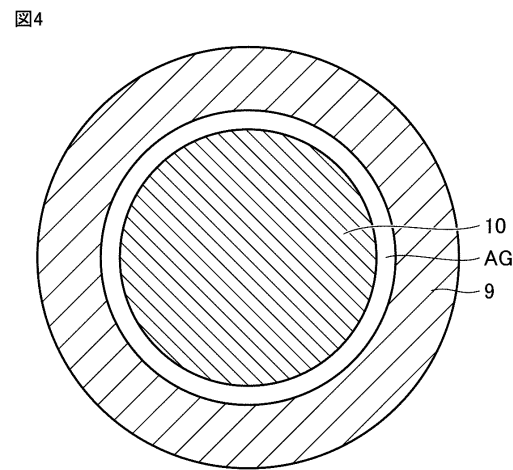
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

20

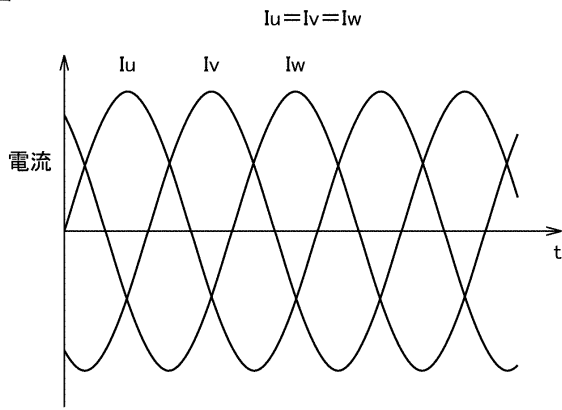
30

40

50

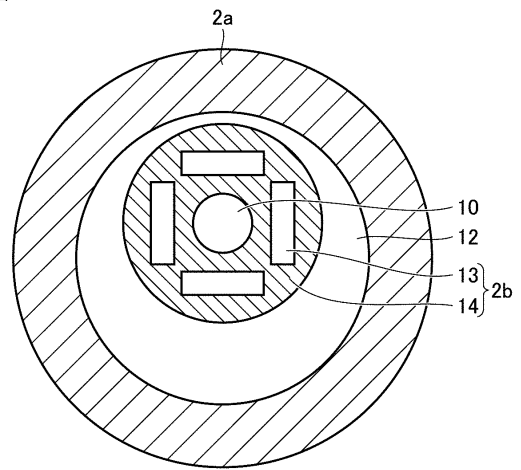
【 図 5 】

図5



【 図 6 】

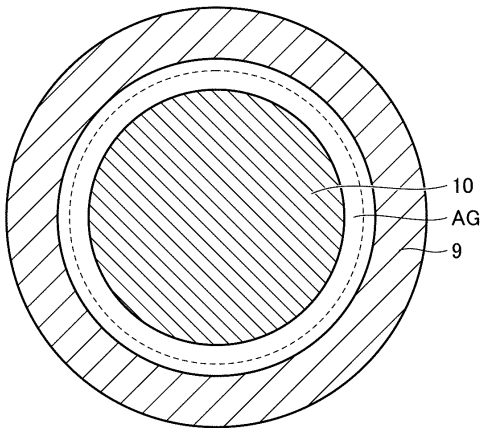
図6



10

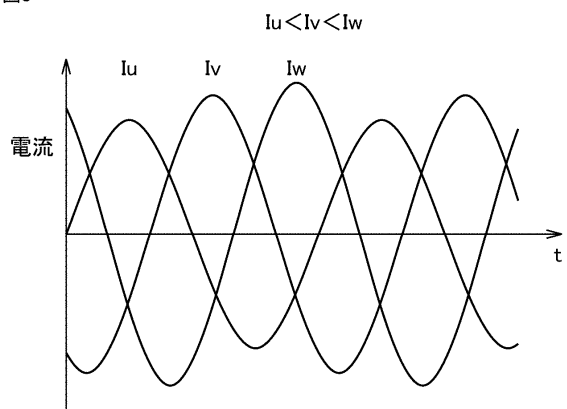
【 図 7 】

図7



【 図 8 】

図8



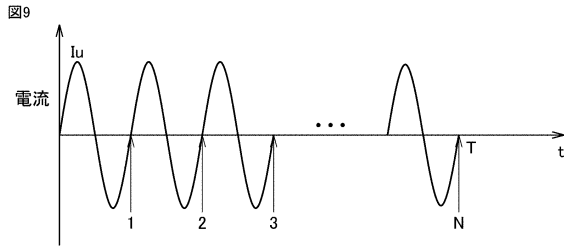
20

30

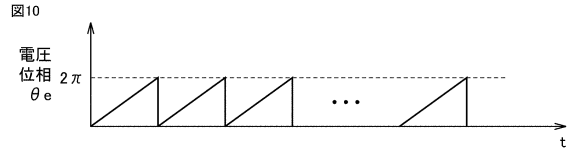
40

50

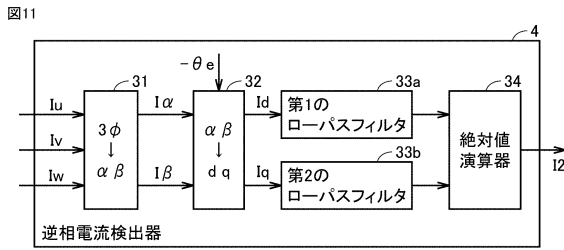
【図9】



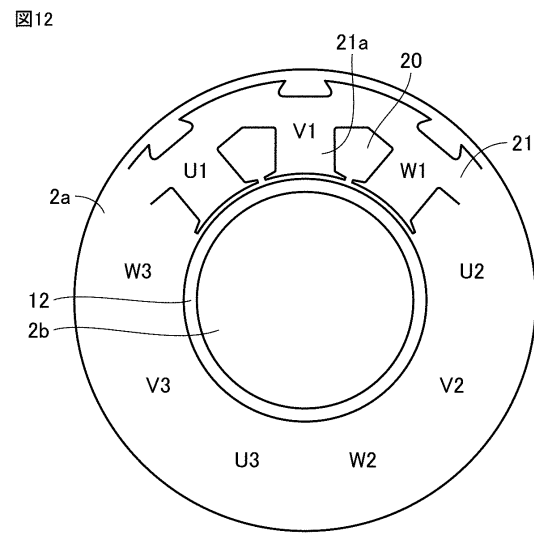
【図10】



【図11】



【図12】



10

20

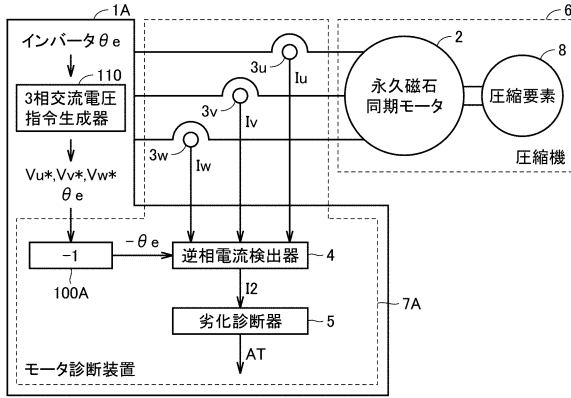
30

40

50

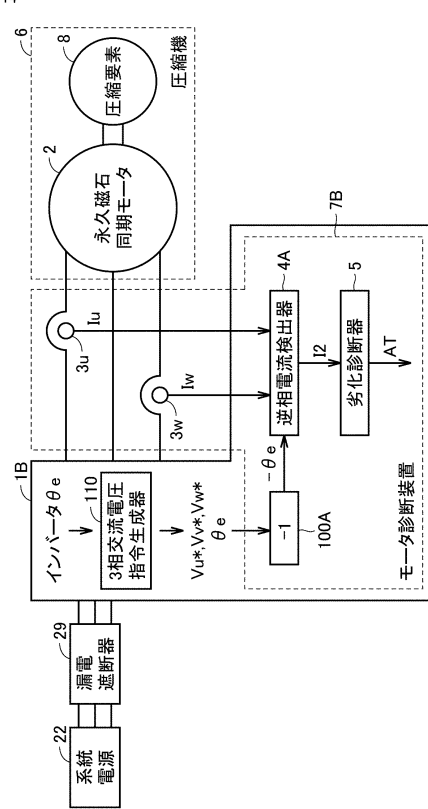
【図13】

図13



【図14】

図14

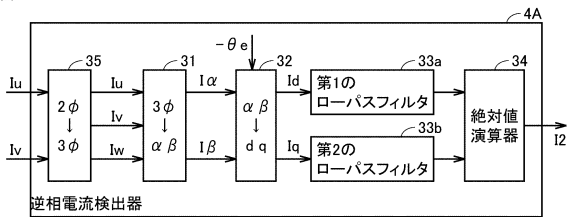


10

20

【図15】

図15



30

40

50

## フロントページの続き

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 田口 孝明

## (56)参考文献

特開2003-075516(JP,A)

特開2002-189064(JP,A)

国際公開第2019/102545(WO,A1)

国際公開第2019/003389(WO,A1)

国際公開第2014/156386(WO,A1)

特開2010-288352(JP,A)

国際公開第2020/208743(WO,A1)

米国特許出願公開第2016/0216334(US,A1)

米国特許出願公開第2018/0172768(US,A1)

中国特許出願公開第106483461(CN,A)

米国特許出願公開第2006/0250154(US,A1)

Wieham le Roux, R. G. Harley, and T. G. Habetler, Detecting Rotor Faults in Permanent Magnet Synchronous Machines, SDEMPED 2003 Symposium on Diagnostics for Electric Machines, Power Electronics and Drives, 米国, 2003年08月24日, 198 - 203

## (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

IPC G01R 31/327 - 31/34、

H02K 11/00 - 11/40、

H02P 4/00、

25/08 - 25/098、

29/00 - 31/00