(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2016-11611
(P2016-11611A)
(43)公開日　平成28年1月21日(2016.1.21)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
F04D 27/00	(2006.01)	F04D	27/00	G	3H021
		F04D	27/00	D	
		F04D	27/00	H	

審査請求 未請求　請求項の数 8　ＯＬ　（全 15 頁）

(21)出願番号　特願2014-132742 (P2014-132742)
(22)出願日　平成26年6月27日 (2014.6.27)

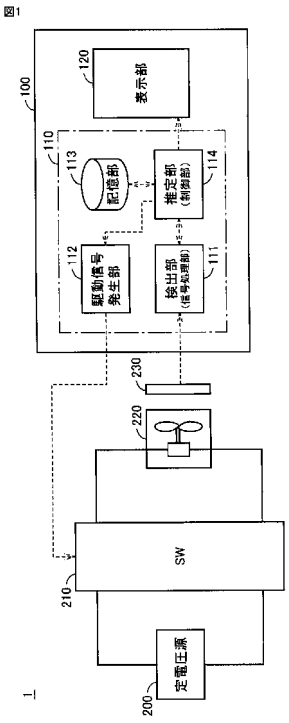
(71)出願人　000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号
(71)出願人　599041606
三菱電機プラントエンジニアリング株式会社
東京都台東区東上野５丁目２４番８号
(74)代理人　110001195
特許業務法人深見特許事務所
(72)発明者　中川　隆文
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号　三菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】冷却ファンの余寿命推定装置

(57)【要約】
【課題】冷却ファンの余寿命を診断する。
【解決手段】冷却ファンの余寿命推定装置１００は、冷却ファン２２０の状態を検出する検出部１１１と、予め取得された冷却ファン２２０の劣化状態と期待寿命とを関連づけたデータが記憶された記憶部１１３と、検出部１１１によって検出された冷却ファン２２０の状態と記憶部１１３に記憶されたデータとに基づいて冷却ファン２２０の余寿命を推定する推定部１１４とを備える。
【選択図】図１

図1



【特許請求の範囲】
【請求項１】
冷却ファンの余寿命推定装置であって、
冷却ファンの状態を検出する検出部と、
予め取得された前記冷却ファンの劣化状態と期待寿命とを関連づけたデータが記憶された記憶部と、
前記検出部によって検出された前記冷却ファンの状態と前記記憶部に記憶された前記データとに基づいて前記冷却ファンの余寿命を推定する推定部とを備える、余寿命推定装置。
【請求項２】
前記データは、前記冷却ファンと同一設計の冷却ファンを劣化させた劣化サンプルに基づいて取得される、請求項１に記載の余寿命推定装置。
【請求項３】
前記検出部は、前記冷却ファンの回転速度を検出し、
前記データは、前記冷却ファンの回転速度の変化と余寿命との関係を示す特性曲線である、請求項１または請求項２に記載の余寿命推定装置。
【請求項４】
前記検出部は、前記冷却ファンを流れる電流を検出し、
前記データは、前記冷却ファンを流れる電流の変化と余寿命との関係を示す特性曲線である、請求項１または請求項２に記載の余寿命推定装置。
【請求項５】
前記冷却ファンには、スイッチを介して、定電圧源からの電圧が印加され、
前記余寿命推定装置は、前記スイッチをオンにして前記冷却ファンの回転動作を開始させた後、前記冷却ファンの回転速度が一定になった後に前記スイッチをオフにし、
前記検出部は、前記スイッチがオンになった後の所定時刻における前記冷却ファンの状態を検出する、請求項１または請求項２に記載の余寿命推定装置。
【請求項６】
前記冷却ファンには、スイッチを介して、定電圧源からの電圧が印加され、
前記余寿命推定装置は、前記スイッチを制御可能に構成され、それによって前記余寿命推定装置は、前記スイッチをオンにして前記冷却ファンの回転動作を開始させた後、前記冷却ファンの回転速度が一定になった後に前記スイッチをオフにし、
前記検出部は、前記冷却ファンの回転動作が開始されてから前記冷却ファンの回転速度が一定になるまでの時間を検出する、請求項１または請求項２に記載の余寿命推定装置。
【請求項７】
前記冷却ファンに印加される電圧は、商用周波数よりも高い周波数の交流電圧である、請求項５または請求項６に記載の余寿命推定装置。
【請求項８】
前記冷却ファンに印加される電圧は、前記冷却ファンの定格電圧よりも低い、請求項５～請求項７のいずれか１項に記載の余寿命推定装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
この発明は、冷却ファンの余寿命推定装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
電気器機などの冷却には、冷却ファンが用いられることがある。冷却ファンは使用によって劣化する（たとえば出力（風量）が低下する）ため、交換等のメンテナンスが必要になる。適切なタイミングでメンテナンスを行なうには、冷却ファンの劣化の程度（劣化度）を調べる必要がある。
【０００３】

特許文献１（特開２００９－２２１９３１号公報）は、冷却ファンの交換時期をユーザに通知するための冷却ファンの劣化度検出装置を開示する。この装置は、冷却ファンに流れる電流を測定し、その結果と予め設定した基準値を比較することによって、冷却ファンの劣化の程度を検出する。

【０００４】

具体的には、図１１を参照して、特許文献１には、冷却ファン用電源生成部４３、その電源部４２、冷却ファン劣化度検出部３２ｃ、冷却ファン４１が開示されている。冷却ファン用電源生成部４３で生成された冷却ファン４１用の電力は、冷却ファン劣化度検出部３２ｃの入力端子３２ｃ１、電流検出部３２ｃ２及び出力端子３２ｃ３を介して冷却ファン４１に供給される。さらに、電流検出部３２ｃ２で測定された電流値と端子３２ｃ５から供給される基準電流値（Ｉｒｅｆ）とを比較する電流比較部３２ｃ４、劣化度判定部３２ｃ６、劣化度判定部３２ｃ６からの劣化の程度を示す信号を出力するための出力端子３２ｃ７が開示されている。

【０００５】

動作について説明すると、冷却ファン劣化度検出部３２ｃは、長時間の使用による冷却ファン４１の劣化度を電流値の変化として測定し、複数の警報レベルの段階に分けて、各段階に応じた検出信号を３２ｃ７から出力する。

【０００６】

図１２（ａ）は、２相ブラシレスタイプの一般的なファンモータに対して、定格電圧を印加した場合における定常回転時の電流波形と、予め設定された基準電流値Ｉｒｅｆとを示している。モータの特性上、２相であれば２つのコイルを順次切り換えて駆動させるため、その相切換の部分がリップルとして発生する。このため、このリップルの間隔をモータの回転速度（ｆ１）として見ることができる。定常回転時においては、冷却ファン４１に流れる電流値が、予め設定された基準電流値Ｉｒｅｆを超えることがないため、上記電流比較部３２ｃ４の出力は、図１２（ｂ）に示すようにＬ（Ｌｏｗ）レベルとなっている。この電流比較部３２ｃ４の出力がＬレベルになっている状態では、上記劣化度判定部３２ｃ６は、冷却ファン４１が定常の駆動状態であると判断し、その旨の検出信号を出力端子３２ｃ７に発生する。

【０００７】

冷却ファン４１の劣化が進むと、図１３に示すように冷却ファン４１に流れる電流値が基準電流値Ｉｒｅｆを超える時間が長くなり，電流比較部３２ｃ４の出力のＬレベル期間に対するＨ（Ｈｉｇｈ）レベル期間の割合（デューティ比）が大きくなってくる。電流比較部３２ｃ４の出力にＨレベルのパルスが得られるようになってきた場合、劣化度判定部３２ｃ６は、デューティ比に比例して、劣化が進んだと考え、その旨の検出信号を出力端子３２ｃ７に発生する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００８】

【特許文献１】特開２００９－２２１９３１号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

特許文献１に記載された冷却ファンの劣化度検出装置によれば、冷却ファンの劣化の程度を診断することはできるが、冷却ファンの余寿命を診断（推定等）することはできない。

【００１０】

この発明の目的は、冷却ファンの余寿命を診断することである。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

この発明に係る、冷却ファンの余寿命推定装置は、検出部と、記憶部と、推定部とを備

える。検出部は、冷却ファンの状態を検出する。記憶部には、劣化サンプルに基づいて予め取得された冷却ファンの劣化状態と余寿命とを関連づけたデータが記憶される。推定部は、検出部によって検出された冷却ファンの状態と記憶部に記憶されたデータとに基づいて冷却ファンの余寿命を推定する。

【００１２】

上記構成の冷却ファンの余寿命推定装置よれば、冷却ファンの余寿命が推定される。よって、冷却ファンの余寿命の診断が可能になる。

【発明の効果】

【００１３】

この発明によれば、冷却ファンの余寿命の診断が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】実施の形態１に係る、冷却ファンの余寿命推定装置１００を説明するための図である。

【図２】スイッチ回路２１０の詳細を説明するための図である。

【図３】実施の形態１において実行される処理を説明するためのフローチャートである。

【図４】図３のフローチャートの処理を時間軸を用いて模式的に説明するための図である。

【図５】冷却ファン２２０の回転速度の時間変化を模式的に説明するための図である。

【図６】図１の記憶部１１３に格納されているデータの一例を説明するための図である。

【図７】冷却ファン２２０の温度加速に対する期待寿命の変化を説明するための図である。

【図８】実施の形態２に係る余寿命推定装置１００Ａを説明するための図である。

【図９】冷却ファン２２０を流れる電流の変化と、冷却ファン２２０の期待寿命との関係を説明するための図である。

【図１０】冷却ファン２２０のＶＩ特性の経年変化を説明するための図である。

【図１１】従来技術を説明するための第１の図である。

【図１２】従来技術を説明するための第２の図である。

【図１３】従来技術を説明するための第３の図である。

【発明を実施するための形態】

【００１５】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、特に記載がある場合を除き、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

【００１６】

[実施の形態１]

図１は、実施の形態１に係る、冷却ファンの余寿命推定装置１００（以下、単に「余寿命推定装置１００」という）を説明するための図である。図１を参照して、余寿命推定装置１００は、冷却ファンの余寿命推定システム１（以下、単に「余寿命推定システム」という）に用いられる。

【００１７】

余寿命推定システム１は、定電圧源２００と、スイッチ回路（ＳＷ）２１０と、冷却ファン２２０と、検出器２３０と、余寿命推定装置１００とを含む。

【００１８】

定電圧源２００は、冷却ファン２２０の電源である。

スイッチ回路２１０は、定電圧源２００と、冷却ファン２２０との間に設けられる。スイッチ回路２１０が導通状態（オン）になると、定電圧源２００からの電圧（電流）が冷却ファン２２０に印加（供給）される。スイッチ回路２１０が非導通状態（オフ）になると、定電圧源２００から冷却ファン２２０への電圧の印加が遮断される。スイッチ回路２１０のオン／オフは、余寿命推定装置１００によって切替えられる。なお、後に図２を参

照して、スイッチ回路２１０のさらに詳細な構成について説明する。

【００１９】

冷却ファン２２０は、定電圧源２００からの電圧を受けて動作する。具体的には、冷却ファン２２０に含まれるモータ（図示しない）が、定電圧源２００からの電圧によって駆動（回転駆動）される。冷却ファン２２０は、たとえばくまとりコイルを用いた誘導モータタイプの一般的なファンモータを有するものとすることができるが、冷却ファン２２０の種類は、とくに限定されるものではない。

【００２０】

検出器２３０は、冷却ファン２２０の状態を検出する。たとえば冷却ファン２２０の回転速度が、検出器２３０によって検出される。検出器２３０として、たとえば、回転計を用いることができる。また、回転計としては、たとえば、レーザ式の非接触型のもの用いることができる。検出器２３０の検出結果は、検出信号として余寿命推定装置１００に送信される。回転計の検出方式としては、磁場式のものでもよく、とくに限定されるものではない。

【００２１】

余寿命推定装置１００は、余寿命診断部１１０と、表示部１２０とを含む。余寿命診断部１１０は、冷却ファン２２０の余寿命を診断（推定）する。表示部１２０は、冷却ファン２２０の余寿命に関する情報を表示する。余寿命推定装置１００は、余寿命診断部１１０によって冷却ファン２２０の余寿命を推定（診断）し、それに関する情報を表示部１２０に表示することができる。これにより、たとえば、冷却ファン２２０の余寿命に関する情報をユーザに通知することができる。

【００２２】

余寿命診断部１１０は、いずれも図示しないＣＰＵ（Central Processing Unit）などのプロセッサおよびメモリなどの記憶素子を含み得る。メモリには、余寿命診断部１１０の動作のためのプログラム等を格納することができる。余寿命診断部１１０の後述する機能は、ソフトウェアによって実現されてもよいし、専用のハードウェアによって実現されてもよい。

【００２３】

余寿命診断部１１０を機能ブロックで説明すると、余寿命診断部１１０は、検出部（信号処理部）１１１と、駆動信号発生部１１２と、記憶部１１３と、推定部（制御部）１１４とを含む。

【００２４】

検出部１１１は、検出器２３０から送信される検出信号を受信する。したがって、検出部１１１は、冷却ファン２２０の状態を検出することができる。さらに、検出部１１１は、受信した検出信号を処理する。たとえば、検出信号がアナログ信号である場合には、検出部１１１は、そのアナログ信号をディジタル信号に変換する。これにより、冷却ファン２２０の検出データをディジタル値として取得することができる。検出部１１１によって処理された信号（以下、そのような信号を単に「ディジタル検出信号」という）は、推定部１１４に送信される。

【００２５】

ディジタル検出信号は、たとえば検出器２３０が冷却ファン２２０の回転速度Ｖｒに対した電圧を検出するのであれば、回転速度Ｖｒのディジタル値を示す信号となる。後の実施の形態２で説明するが、冷却ファン２２０を流れる電流が検出されるのであれば、ディジタル検出信号は、その電流のディジタル値を示す信号となる。

【００２６】

駆動信号発生部１１２は、スイッチ回路２１０のオン／オフを切替えるための駆動信号を発生する。

【００２７】

記憶部１１３は、劣化サンプルに基づいて予め取得された冷却ファン２２０の劣化状態と期待寿命とを関連づけたデータが格納されている。後に図６を参照して説明するように

、実施の形態１においては、データは、冷却ファン２２０の回転速度Ｖｒの変化（変化量Δｎ）と余寿命との関係を示す特性曲線である。

【００２８】

推定部１１４は、検出部１１１によって検出された冷却ファン２２０の状態と記憶部１１３に記憶されたデータとに基づいて冷却ファン２２０の余寿命を推定するための処理を実行する。処理の実行のために、推定部１１４は、余寿命推定装置１００の各要素を制御する制御部としても機能する。制御は、たとえば制御信号（一方向の信号）および通信信号（双方向の信号）などを用いて行なわれる。

【００２９】

なお、余寿命診断部１１０は、定電圧源２００のオン／オフを制御可能に構成されてもよい。

【００３０】

図２は、スイッチ回路２１０の詳細を説明するための図である。図２を参照して、スイッチ回路２１０は、抵抗素子Ｒと、スイッチング素子ＳＷａおよびＳＷｂとを含む。

【００３１】

定電圧源２００と冷却ファン２２０との間の経路には、抵抗素子Ｒおよびスイッチング素子ＳＷｂが直列に接続されて配置される。また、スイッチング素子ＳＷａが、抵抗素子Ｒおよびスイッチング素子ＳＷｂをバイパス可能なように、抵抗素子Ｒおよびスイッチング素子ＳＷｂに並列に接続される。

【００３２】

スイッチング素子ＳＷａおよびＳＷｂのオン／オフは、図１の駆動信号発生部１１２からの駆動信号によって個別に制御される。スイッチング素子ＳＷａおよびＳＷｂがいずれもオフとされると、スイッチ回路２１０はオフとなる。

【００３３】

通常、スイッチ回路２１０をオンにする場合には、スイッチング素子ＳＷａがオンとされ、スイッチング素子ＳＷｂがオフとされる。これにより、定電圧源２００と冷却ファン２２０とが、抵抗素子Ｒを介すことなく、電気的に接続される。したがって、定電圧源２００で発生した電圧がそのまま冷却ファン２２０に印加される。

【００３４】

一方で、スイッチング素子ＳＷａをオフとし、スイッチング素子ＳＷｂをオンとすることもできる。この場合には、定電圧源２００と冷却ファン２２０とが、抵抗素子Ｒを介して、電気的に直列接続されることとなるので、抵抗素子Ｒによる電圧降下が発生する。そのため、定電圧源２００で発生した電圧が降圧されて、冷却ファン２２０に印加される。たとえば、定電圧源２００で発生した電圧が冷却ファン２２０の定格電圧である場合、抵抗素子Ｒによって、冷却ファン２２０の定格電圧よりも低い電圧が冷却ファン２２０に印加される。このように、抵抗素子Ｒによって、冷却ファン２２０への印加電圧（冷却ファン２２０の動作電圧）を調整できる。冷却ファン２２０の動作電圧を調整（小さく）することで、冷却ファン２２０のモータの発生トルクを調整（小さく）することが可能になる。発生トルクが小さくなると、冷却ファン２２０の劣化による回転速度の低下が顕在化するため、冷却ファン２２０の劣化度を精度よく測定することができる。

【００３５】

図３は、実施の形態１において実行される処理を説明するためのフローチャートである。このフローチャートの処理は、図１に示す余寿命推定装置１００によって実行される。

【００３６】

図１～図３を参照して、ステップＳ１０（以後、「ステップＳ」を単に「Ｓ」という）において、測定電圧（冷却ファン２２０への電圧）がオンになる（印加される）。たとえば、余寿命推定装置１００が定電圧源２００をオンにし、かつスイッチング素子ＳＷａもオンにすることで、測定電圧がオンになる。あるいは、定電圧源２００がすでにオンになっているのであれば、余寿命推定装置１００がスイッチング素子ＳＷａをオンにすることで、測定電圧がオンになる。

【００３７】
Ｓ１１において、余寿命推定装置１００は、スイッチング素子ＳＷａをオフにする一方で、スイッチング素子ＳＷｂをオンにする。これにより、抵抗素子Ｒによって発生する電圧降下を利用して、冷却ファン２２０に印加される電圧を低下させることができる。印加電圧が低下することによって、発生トルクを小さくして、軸受摩擦の影響を顕在化させることができる。
【００３８】
Ｓ１２において、余寿命推定装置１００は、冷却ファン２２０の回転速度Ｖｒを測定する。説明の便宜上、回転速度Ｖｒが測定されたときの時間（時刻）をｔ１とする。
【００３９】
Ｓ１３において、余寿命推定装置１００は、測定電圧（冷却ファン２２０に印加される電圧）をオフにする（停止する）。たとえば、冷却ファン２２０の回転速度Ｖｒが一定になった後に、測定電圧がオフにされる。余寿命推定装置１００が定電圧源２００をオフにすることで、定電圧源２００から冷却ファン２２０への電圧印加を停止することができる。あるいは、余寿命推定装置１００がスイッチング素子ＳＷａに加えてＳＷｂもオフにすることによっても、定電圧源２００から冷却ファン２２０への電圧印加を停止することができる。
【００４０】
Ｓ１４において、余寿命推定装置１００は、冷却ファン２２０の寿命を推定する。たとえば、冷却ファン２２０の９０％期待寿命が推定される。「９０％」期待寿命は、冷却ファン２２０の出力があらかじめ定めた回転速度（たとえばスペックの３０％減）の９０％以上確保されることが期待される寿命である。先に説明したように、記憶部１１３には、冷却ファン２２０の劣化状態と期待寿命とを関連づけたデータが記憶されている。したがって、Ｓ１２にて測定された冷却ファン２２０の状態（ここでは回転速度Ｖｒ）と記憶部１１３に記憶されたデータとに基づいて、推定部１１４は、冷却ファン２２０の余寿命（期待寿命）を推定することができる。これについては、後に図４～図７を参照してさらに詳述する。
【００４１】
Ｓ１５において、余寿命推定装置１００は、推定した冷却ファン２２０の寿命に関する情報を表示する。たとえば、推定した余寿命が表示される。これにより、ユーザは冷却ファンの余寿命を知ることができる。推定した寿命が所定寿命よりも短い場合には、ユーザに冷却ファン２２０のメンテナンスを促すようなメッセージが表示されてもよい。
【００４２】
ステップＳ１５の処理を実行した後、余寿命推定装置１００は、フローチャートの処理を終了する。
【００４３】
なお、図３のＳ１１の処理は省略することができる。その場合は、スイッチング素子ＳＷａがオンの状態で冷却ファン２２０に電圧が印加され、冷却ファン２２０が動作することとなる。
【００４４】
図４は、図３のフローチャートの処理を時間軸を用いて模式的に説明するための図である。図４（ａ）において、横軸は時刻（時間）を示し、縦軸は冷却ファン２２０（図１）の回転速度Ｖｒを示す。図４（ｂ）において、横軸は時刻を示し、縦軸は測定信号を示す。
【００４５】
図４（ｂ）の測定信号とは、冷却ファン２２０の回転速度Ｖｒを測定するタイミングを決定するために、図１の推定部（制御部）１１４から検出部１１１に送信される信号である。測定信号がＶから０に変化するタイミングが、冷却ファン２２０の回転速度Ｖｒを測定するタイミングになる。
【００４６】

図１および図４を参照して、時刻＝０のときに、冷却ファン２２０の余寿命を推定するための処理が開始される（図３のＳ１０に対応）。具体的には、冷却ファン２２０に電圧（電流）が印加（供給）されることによって、冷却ファン２２０が動作し始める。したがって、図４に示すように、冷却ファン２２０の回転速度Ｖｒが上昇し始める。そして、時刻＝ｔ１において、冷却ファン２２０の回転速度Ｖｒが測定される（図３のＳ１２に対応）。

【００４７】

なお、図４には図示されていないが、その後測定電圧がオフとされ、冷却ファン２２０への電圧の印加が停止されると（図３のＳ１３）、回転速度Ｖｒが小さくなり、冷却ファン２２０が停止することとなる。

【００４８】

図５は、冷却ファン２２０（図１）の回転速度の時間変化を模式的に説明するための図である。図５を参照して、横軸は時刻を示し、縦軸は冷却ファン２２０（図１）の回転速度Ｖｒを示す。図５において、回転速度Ｖｒの変化を示す異なる２つの曲線が「Ａ１」および「Ａ２」として示される。

【００４９】

曲線Ａ１は、冷却ファン２２０（図１）の初期特性を示す。初期特性とは、劣化していない冷却ファン２２０の特性である。曲線Ａ２は、劣化特性を示す。劣化特性とは、劣化している冷却ファン２２０の特性である。

【００５０】

曲線Ａ１では、時刻＝ｔ１における回転速度Ｖｒは、Ｖｒ１となる。これに対し、曲線Ａ２では、時刻＝ｔ１における回転速度Ｖｒは、Ｖｒ２となる。すなわち、回転速度Ｖｒは、冷却ファン２２０が劣化することによって、Ｖｒ１からＶｒ２に変化する。この変化量をΔｎとすると、Δｎ＝Ｖｒ１－Ｖｒ２として表すことができる。

【００５１】

このように、冷却ファン２２０は、劣化が進むにつれて、電圧を印加してから（時刻＝０から）所定時間が経過したときの回転速度Ｖｒが低くなるように変化する。この理由は、たとえば次のように説明することができる。

【００５２】

すなわち、冷却ファン２２０に含まれる誘導モータ（ファンモータ）では、回転子（ロータ）への負荷が小さいので、劣化の主要因は、軸受部の摩擦増加である。摩擦増加の要因は、特に潤滑油の硬化によるものと考えられる。劣化が進み、軸受部の摩擦増加が顕在化すると、モータの回転（すなわち冷却ファン２２０の回転）に必要な発生トルクが大きくなる。そのため冷却ファン２２０が所定の回転速度になるまでの時間が長くなる。したがって、図５に例示するように、時刻＝ｔ１における回転速度Ｖｒは、劣化特性を示す曲線Ａ２の回転速度Ｖｒ２の方が、初期特性を示す曲線Ａ１の回転速度Ｖｒ１よりも小さくなる。なお、経年によって曲線Ａ２からさらに冷却ファン２２０の劣化が進めば、回転速度Ｖｒは、Ｖｒ２からさらに小さくなる。

【００５３】

図６は、図１の記憶部１１３に格納されているデータの一例を説明するための図である。図６を参照して、横軸は、時刻ｔ１における回転速度の変化量Δｎ（図５参照）を示し、縦軸は期待寿命を示す。期待寿命は、たとえば９０％期待寿命である。図６において、回転速度の変化量Δｎと期待寿命（いわば図１の冷却ファン２２０の余寿命）との関係を示す特性曲線（期待寿命曲線）が「Ｂ」として示される。期待寿命曲線Ｂに従えば、回転速度の変化量Δｎから、期待寿命を求めることが可能である。たとえば回転速度の変化量がΔｎ１，Δｎ２，およびΔｎ３の場合、期待寿命はそれぞれＬ１１，Ｌ１２およびＬ１３となる。

【００５４】

図６に示す期待寿命曲線Ｂは、実験等に基づいて予め取得することができる。たとえば、冷却ファン２２０と同一設計の冷却ファンを劣化させたもの（劣化サンプル）の回転速

度の変化量Δｎを測定することによって、期待寿命曲線Ｂを取得することができる。具体的には、劣化の程度の異なる複数の劣化サンプルについて回転速度の変化量Δｎがそれぞれ取得される。

【００５５】

劣化サンプルは、たとえば温度加速によって作成することができる。各劣化サンプルの期待寿命は、たとえば次に図７を参照して説明するようにして知ることができる。

【００５６】

図７は、冷却ファン２２０（図１）の温度加速に対する期待寿命の変化を説明するための図である。図７を参照して、横軸は温度（温度加速）を示し、縦軸は９０％期待寿命を示す。図７において、温度加速に対する期待寿命の変化を示す曲線が「Ｃ」として示される。なお、曲線Ｃのようなデータは、たとえば冷却ファンの設計データや実験データ等に基づいて得られる。また、曲線Ｃのようなデータは、冷却ファンのメーカによって公開され、利用可能となっていることも少なくない。

【００５７】

この図７を参考に、図６のデータを作成することができる。具体的には、たとえば、図７に示す温度Ｔ１～Ｔ３によって温度加速劣化させた冷却ファン２２０（図１）のサンプル（劣化サンプル）をそれぞれ作成する。その他、任意の温度（図７中「Ｔｘｘ」として示される）において同様に劣化サンプルを作成してもよい。各劣化サンプルの９０％期待寿命は、図７の曲線Ｃに基づいて、Ｌ２１～Ｌ２３として求めることができる。これにより、各劣化サンプルの９０％期待寿命が分かる。さらに、各劣化サンプルについて、時刻ｔ１における回転速度の変化量Δｎ（図６）を事前実験などで測定することによって、回転速度の変化量Δｎと、期待寿命とを関連付けることができる。したがって、図６に示す期待寿命曲線Ｂを予め作成することができる。サンプルデータは有限の離散データであるため、図６の期待寿命曲線Ｂは、離散データを補間することによって作成することができる。補間の手法は特に限定されないが、たとえば期待寿命曲線Ｂとして平均値２乗曲線を用いることができる。

【００５８】

ここで、劣化サンプルのサンプル数が多いほど期待寿命の推定確度が向上する。したがって、期待寿命の推定確度を高めたいのであれば、できるだけ多くのサンプル数を採用するとよい。

【００５９】

以上説明したように、図６に示されるような冷却ファンの回転速度の変化（変化量Δｎ）と余寿命（期待寿命）との関係を示す特性曲線（期待寿命曲線Ｂ）を図１の記憶部１１３に予め記憶しておくことで、余寿命推定装置１００は、冷却ファン２２０の余寿命を推定することができる。

【００６０】

再び図３を参照して、図３のフローチャートによれば、余寿命推定装置１００が、測定電圧をオンにして冷却ファン２２０の回転動作を開始させる（Ｓ１０，Ｓ１１）。その後、冷却ファン２２０の回転速度Ｖｒが一定になった後にスイッチ回路２１０をオフにする（Ｓ１３）。また、検出部１１１は、スイッチ回路２１０がオンになった後の所定時刻（たとえば時刻＝ｔ１）における冷却ファン２２０の状態（回転速度Ｖｒ）を検出する（Ｓ１２）。このようにして冷却ファン２２０が定常状態に至るまで動作させ、その間の冷却ファン２２０の状態（回転速度Ｖｒ）を測定する。そして、測定した冷却ファン２２０の回転速度Ｖｒと、記憶部１１３に記憶されたデータ（図６の期待寿命曲線Ｂ）とに基づいて、推定部１１４は冷却ファン２２０の余寿命を推定する（Ｓ１４）。このようにして、冷却ファン２２０の余寿命が診断される。また、冷却ファン２２０の余寿命に関する情報を、表示部１２０が表示することによりユーザに通知することもできる。

【００６１】

先の説明では、発生トルクを小さくするため抵抗（図２の抵抗素子Ｒ）を直列に入れて図１の冷却ファン２２０に印加される電圧を小さくすることによって発生トルクを小さく

したが、これに代えて、冷却ファン２２０に印加される電圧の周波数を上げてもよい。周波数が上がるとステータが発生する磁場の時間変化が大きくなるので、逆起電力によりステータコイルに印加される電圧が減少し、その結果、発生トルクが相対的に小さくなる。たとえば、周波数は、商用周波数よりも高い周波数とすることができる。

【００６２】

また、先の説明では、図１の検出部１１１から推定部１１４に送信されるディジタル検出信号が、時刻ｔ１（図３など）における回転速度Ｖｒであったが、これに代えて、回転速度Ｖｒが一定となるまでの時間（回転速度収束時間）が、ディジタル検出信号として、検出部１１１から推定部１１４に送信されてもよい。この場合には、期待寿命に対する回転速度収束時間の変化を示す曲線を予め取得し、記憶部１１３に格納しておく。定常状態（回転速度Ｖｒが一定）となる回転速度Ｖｒを繰り返し測定することで、測定ばらつきを低減することができる。

【００６３】

あるいは、時刻ｔ１までの回転速度Ｖｒの時間積分の値（積分値）Ｎが、ディジタル検出信号として、検出部１１１から推定部１１４に送信されてもよい。この場合には、期待寿命に対する積分値Ｎの変化を示す曲線を予め取得し、記憶部１１３に格納しておく。また、検出部１１１は、積分値Ｎを計算できるように構成される。積分値Ｎを用いることによって、測定ばらつきの影響を低減することができる。

【００６４】

[実施の形態２]

実施の形態１では、冷却ファンの回転速度に基づいて冷却ファンの寿命を推定することについて説明した。実施の形態２では、冷却ファンを流れる電流に基づいて冷却ファンの余寿命を推定する手法について説明する。

【００６５】

図８は、実施の形態２に係る余寿命推定装置１００Ａを説明するための図である。図８を参照して、余寿命推定装置１００Ａは、余寿命推定システム１Ａに用いられる。

【００６６】

余寿命推定システム１Ａは、余寿命推定装置１００（図１）に代えて余寿命推定装置１００Ａを有し、検出器２３０(図１）に代えて検出器２３０Ａを有する点において、余寿命推定システム１（図１）とは異なる。余寿命推定システム１Ａの他の部分の構成は、図１の余寿命推定システム１の対応する部分と同様であるので、ここでは説明を繰り返さない。

【００６７】

検出器２３０Ａは、冷却ファン２２０を流れる電流Ｉを検出する。検出器２３０Ａとして、たとえば電流センサを用いることができる。

【００６８】

余寿命推定装置１００Ａは、余寿命診断部１１０（図１）に代えて余寿命診断部１１０Ａを有する点において、余寿命推定装置１００（図１）とは異なる。

【００６９】

余寿命診断部１１０Ａは、検出部１１１（図１）に代えて検出部１１１Ａを有し、記憶部１１３（図１）に代えて記憶部１１３Ａを有し、推定部１１４（図１）に代えて推定部１１４Ａを有する点において、余寿命診断部１１０とは異なる。

【００７０】

検出部１１１Ａは、検出器２３０Ａから送信される検出信号をディジタル化する。ディジタル化された信号（ディジタル検出信号）は、推定部１１４Ａに送信される。

【００７１】

記憶部１１３Ａは、劣化サンプルに基づいて予め取得された冷却ファン２２０の劣化状態と期待寿命とを関連づけたデータが格納されている。実施の形態２においては、データは、冷却ファン２２０を流れる電流Ｉの変化（変化量Δｉ）と余寿命との関係を示す特性曲線である。

【００７２】
推定部１１４Ａは、検出部１１１Ａから送信されたディジタル検出信号に基づいて、冷却ファン２２０の寿命を推定する。
【００７３】
実施の形態２において実行される処理は、先に説明した図３において、Ｓ１１の「回転速度Ｖｒを測定（時刻＝ｔ１）」を、たとえば「冷却ファンを流れる電流Ｉを測定（時刻＝ｔ１）」と置き換えることによって説明することができる。Ｓ１１が置き換えられた図３のフローチャートの処理は、図８に示す余寿命推定装置１００Ａによって実行される。
【００７４】
図９は、冷却ファン２２０（図８）を流れる電流の変化と、冷却ファン２２０の期待寿命との関係を説明するための図である。図９を参照して、横軸は時刻ｔ１における電流値の変化量Δｉを示し、縦軸は冷却ファン２２０の期待寿命を示す。図９において、冷却ファンを流れる電流の変化（変化量Δｉ）と期待寿命（余寿命）との関係を示す特性曲線が「Ｄ」として示される。
【００７５】
図９のデータは、先に図６および図７を参照して説明した手順と同様にして取得することができる。すなわち、図７に示す温度Ｔ１～Ｔ３によって温度加速劣化させた冷却ファン２２０（図８）の劣化サンプルをそれぞれ作成する。そして、各劣化サンプルの、時刻ｔ１での電流値の変化量Δｉを、測定によって取得する。これにより、冷却ファンを流れる電流の変化（変化量Δｉ）と余寿命（期待寿命）との関係を示す特性曲線（いわば図６の横軸を「時刻ｔ１での電流の変化量Δｉ」としたもの）が得られる。この特性曲線を図８の記憶部１１３Ａに予め記憶しておくことで、余寿命推定装置１００Ａは、冷却ファン２２０の余寿命を推定することができる。
【００７６】
先の説明では、図８の検出部１１１Ａから推定部１１４Ａに送信されるディジタル検出信号が、時刻ｔ１における電流Ｉであったが、これに代えて、これに代えて、測定電圧がオンになった（冷却ファン２２０に電圧が印加された）直後の電流Ｉの電流値の変化量がディジタル検出信号として、検出部１１１Ａから推定部１１４Ａに送信されてもよい。
【００７７】
図１０は、冷却ファン２２０のＶＩ特性の経年変化を説明するための図である。図１０を参照して、横軸は冷却ファン２２０を流れる電流を示し、縦軸は冷却ファン２２０に印加される電圧を示す。図１０において、異なる２つの曲線が「Ｅ１」および「Ｅ２」として示される。
【００７８】
曲線Ｅ１は、冷却ファン２２０(図８）の初期特性を示す。曲線Ｅ２は、劣化特性を示す。
【００７９】
冷却ファン２２０に電圧が印加されて電流が流れ始めると、当初いずれも０であった電圧および電流が増加し、曲線Ｅ１またはＥ２に示すように電圧および電流が変化する。なお、ある程度時間が経過すると、定常状態となる。
【００８０】
ここで、図１０に示すように、電圧および電流が変化し始めた段階では、初期特性を示す曲線Ｅ１と、劣化特性を示す曲線Ｅ２とでは、電流値が異なる。この電流値の差を、電流の変化を示す変化量Δｉとすることによって、冷却ファン２２０の劣化を推定することが可能になる。
【００８１】
以上、本発明の実施の形態について説明したが、上述した各実施の形態の特徴部分を適宜組み合わせることは当初から予定されている。また、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。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明でなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と

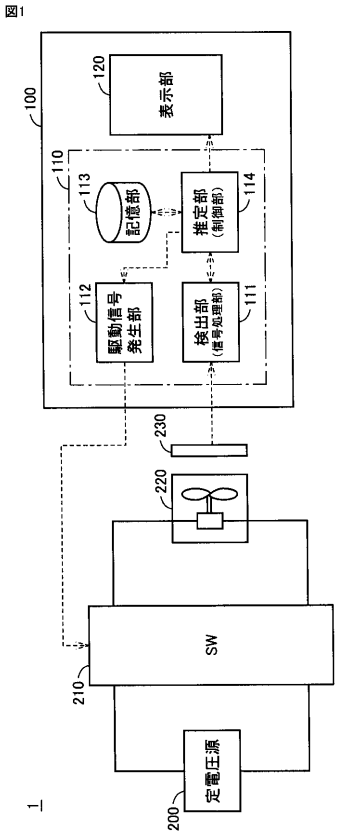
均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

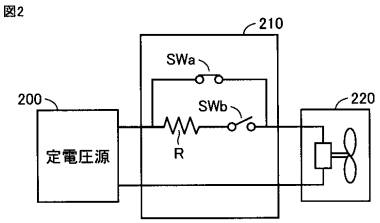
【００８２】

１００，１００Ａ　余寿命推定装置、１１０，１１０Ａ　余寿命診断部、１１１，１１１Ａ　検出部、１１２　駆動信号発生部、１１３，１１３Ａ　記憶部、１１４，１１４Ａ　推定部、１２０　表示部、２００　定電圧源、２１０　スイッチ回路、２２０　冷却ファン、２３０，２３０Ａ　検出器、Ｒ　抵抗素子、ＳＷａ，ＳＷｂ　スイッチング素子。

【図１】

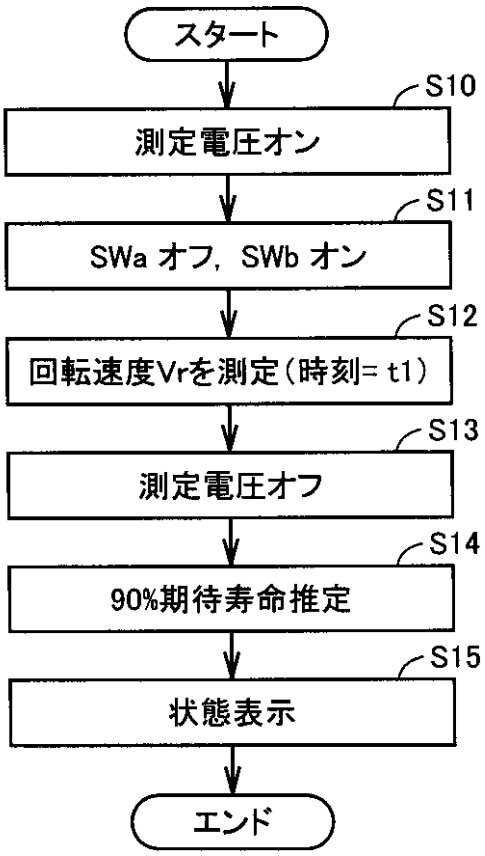


【図２】



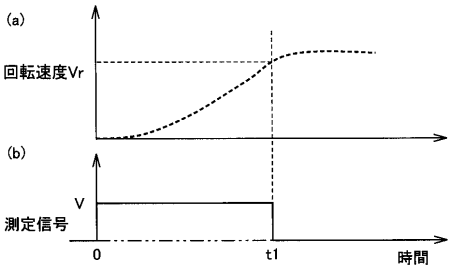
【図３】

図3



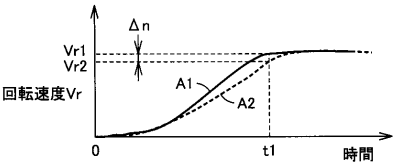
【図４】

図4



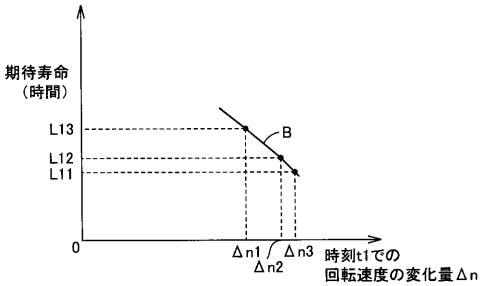
【図５】

図5



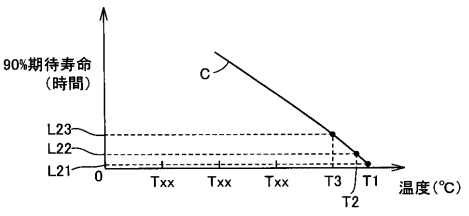
【図６】

図6



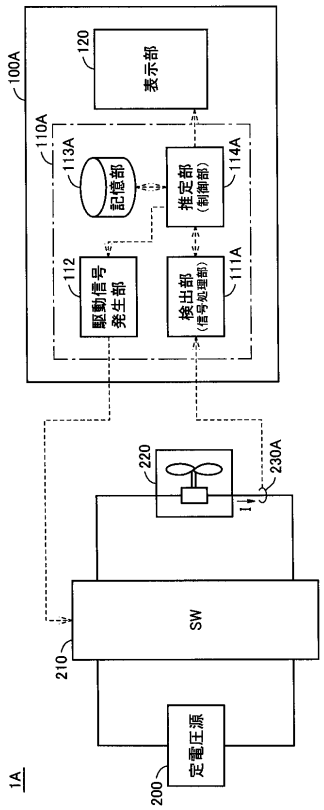
【図７】

図7



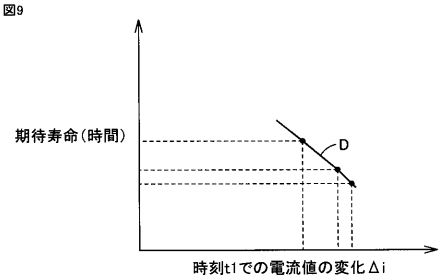
【図８】

図8



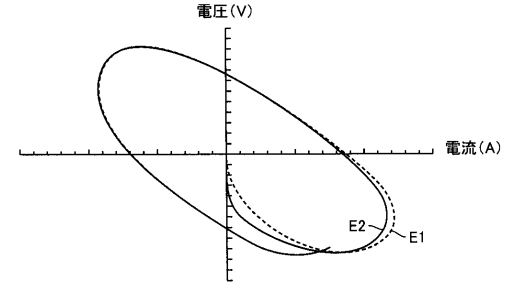
【図９】

図9



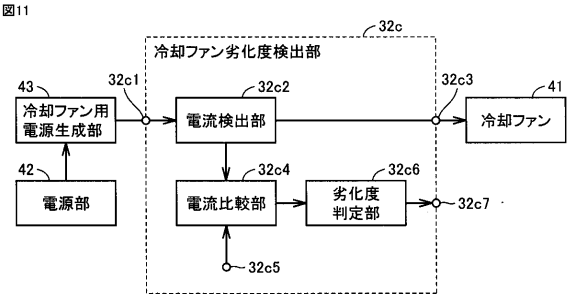
【図１０】

図10



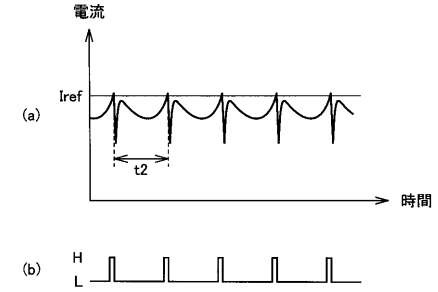
【図１１】

図11



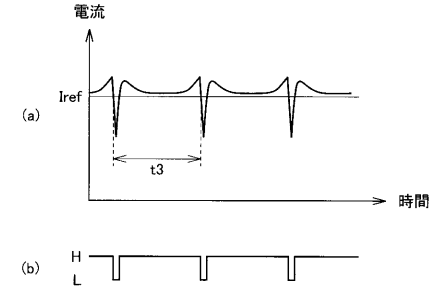
【図１２】

図12



【図１３】

図13



フロントページの続き

(72)発明者　中野　隆司
東京都台東区東上野五丁目２４番８号　三菱電機プラントエンジニアリング株式会社内

Ｆターム(参考) 3H021 AA08　BA17　CA04　CA07　EA05　EA11