

(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2019-120146

(P2019-120146A)

(43) 公開日 令和1年7月22日(2019.7.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>FO4D 15/02 (2006.01)</b>	FO4D 15/02	3H020
<b>FO4D 15/00 (2006.01)</b>	FO4D 15/00 J	3H145
<b>FO4B 51/00 (2006.01)</b>	FO4B 51/00	5H501
<b>FO4B 49/10 (2006.01)</b>	FO4B 49/10 311	5H607
<b>HO2K 11/20 (2016.01)</b>	HO2K 11/20	5H611
審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 36 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2017-253423 (P2017-253423)  
 (22) 出願日 平成29年12月28日 (2017.12.28)

(71) 出願人 000000239  
 株式会社荏原製作所  
 東京都大田区羽田旭町11番1号  
 (74) 代理人 100118500  
 弁理士 廣澤 哲也  
 (74) 代理人 100091498  
 弁理士 渡邊 勇  
 (72) 発明者 西村 和馬  
 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会  
 社 荏原製作所内  
 Fターム(参考) 3H020 AA01 BA03 BA18 BA23 CA05  
 CA08 DA02 DA04 EA01 EA10  
 EA14

最終頁に続く

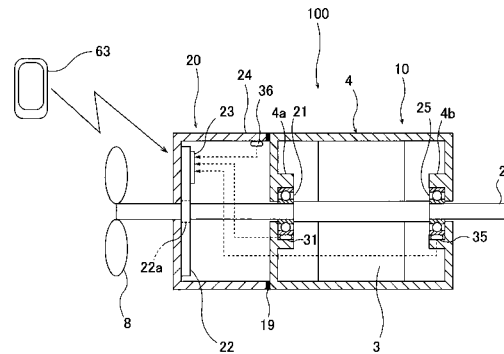
(54) 【発明の名称】 電動機組立体、ポンプ装置、および、電動機組立体の異常振動を特定する方法

(57) 【要約】

【課題】 構成要素の異常振動を特定することができる電動機組立体を提供する。

【解決手段】 電動機組立体100は、モータ3と、モータ3の可変速手段であるインバータ22と、モータ3を制御する制御装置23と、を、備えている。電動機組立体100は、モータ3の反負荷側に配置され、モータ3の駆動軸2を回転自在に支持する第1軸受21と、モータ3の負荷側に配置され、駆動軸2を回転自在に支持する第2軸受25と、を、有し、第1軸受21の振動を検出する第1モータ側振動センサ31と、第2軸受25の振動を検出する第2モータ側振動センサ35と、インバータ22の振動を検出するインバータ側振動センサ36と、を、備えている。制御装置23は、第1モータ側振動センサ31、第2モータ側振動センサ35、および、インバータ側振動センサ36にて検出した各値に基づいて異常振動を検出する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

モータと、  
前記モータの可変速手段であるインバータと、  
前記モータを制御する制御装置と、  
を、備えた電動機組立体であって、  
前記電動機組立体は、  
前記モータの反負荷側に配置され、前記モータの駆動軸を回転自在に支持する第 1 軸受と、  
前記モータの負荷側に配置され、前記駆動軸を回転自在に支持する第 2 軸受と、  
を、有し、  
前記第 1 軸受の振動を検出する第 1 モータ側振動センサと、  
前記第 2 軸受の振動を検出する第 2 モータ側振動センサと、  
前記インバータの振動を検出するインバータ側振動センサと、  
を、備えており、  
前記制御装置は、  
前記第 1 モータ側振動センサ、前記第 2 モータ側振動センサ、および、前記インバータ側振動センサにて検出した各値に基づいて異常振動を検出する、ことを特徴とする電動機組立体。

10

**【請求項 2】**

前記制御装置は、  
前記第 1 モータ側振動センサ、前記第 2 モータ側振動センサ、および、前記インバータ側振動センサにて検出した各値の周波数帯域ごとの振動レベルを算出して計測振動値として記憶部に記憶し、  
前記振動レベルのうちの少なくともひとつと比較する少なくともひとつの所定のしきい値を有し、  
前記計測振動値の振動レベルが前記しきい値以下の状態を第 1 状態、前記計測振動値の振動レベルが前記しきい値より大きい状態を第 2 状態、とし、

20

前記制御装置は、  
少なくともひとつの前記振動レベルが前記第 2 状態であるときに異常振動を検出するとともに、前記計測振動値に基づいて異常振動の原因を特定することを特徴とする請求項 1 に記載の電動機組立体。

30

**【請求項 3】**

前記インバータ側振動センサが前記第 1 状態、前記第 1 モータ側振動センサが前記第 2 状態、および、前記第 2 モータ側振動センサが前記第 2 状態であり、更に、前記第 1 モータ側振動センサおよび前記第 2 モータ側振動センサによって検出された異常振動における前記周波数帯域が同じである場合、前記駆動軸に異常が発生していると判断することを特徴とする請求項 2 に記載の電動機組立体。

**【請求項 4】**

前記制御装置は、  
前記インバータ側振動センサが前記第 1 状態、前記第 1 モータ側振動センサが前記第 2 状態、および、前記第 2 モータ側振動センサが前記第 1 状態である場合には、前記第 1 軸受に異常が発生していると判断し、

40

前記インバータ側振動センサが前記第 1 状態、前記第 1 モータ側振動センサが前記第 1 状態、および、前記第 2 モータ側振動センサが前記第 2 状態である場合には、前記第 2 軸受に異常が発生していると判断することを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の電動機組立体。

**【請求項 5】**

前記制御装置は、前記インバータ側振動センサが前記第 2 状態、前記第 1 モータ側振動センサが前記第 1 状態、前記第 2 モータ側振動センサが前記第 1 状態である場合には、前

50

記インバータを備えるインバータ部に異常が発生していると判断することを特徴とする請求項 2 から 4 の何れか 1 項に記載の電動機組立体。

【請求項 6】

前記制御装置は、前記インバータ側振動センサが前記第 2 状態であり、前記第 1 モータ側振動センサが前記第 2 状態であり、および、前記第 2 モータ側振動センサが前記第 2 状態である場合には、前記電動機組立体の筐体に異常が発生していると判断することを特徴とする請求項 2 から 5 の何れか 1 項に記載の電動機組立体。

【請求項 7】

前記制御装置は、

前記インバータ側振動センサが前記第 2 状態であり、前記第 1 モータ側振動センサが前記第 1 状態であり、および、前記第 2 モータ側振動センサが前記第 1 状態である場合、警報を発報しつつ、前記モータの運転を継続することを特徴とする請求項 2 から 6 の何れか 1 項に記載の電動機組立体。

10

【請求項 8】

前記記憶部は、前記モータの回転速度を所定の回転速度まで段階的に上昇させた各段階における前記計測振動値を記憶する記憶テーブルを有し、

前記制御装置は、

試験運転にて前記モータの回転速度を所定の回転速度まで段階的に上昇した各段階における前記計測振動値を試験計測振動値として記憶テーブルに記憶し、

前記試験計測振動値に所定の割合を示す数値を加算または乗算して前記しきい値を決定し、または、

20

前記試験計測振動値の平均値、最大値、または最小値の何れかを代表値として算出し、該代表値に所定の値を加算または乗算して前記しきい値を決定し、または、

前記試験計測振動値と所定の基準振動値との差分である補正量を算出し、算出された補正量に基づいて前記しきい値を決定することを特徴とする請求項 2 から 7 の何れか 1 項に記載の電動機組立体。

【請求項 9】

前記しきい値は、第 1 しきい値と、該第 1 しきい値よりも大きな第 2 しきい値とを含んでおり、

前記制御装置は、

30

前記第 1 モータ側振動センサ、前記第 2 モータ側振動センサ、および、前記インバータ側振動センサの計測振動値のうち少なくともひとつが前記第 2 しきい値以上の場合、前記モータの運転を停止することを特徴とする請求項 2 から 8 の何れか 1 項に記載の電動機組立体。

【請求項 10】

前記電動機組立体は、

前記モータを収容し、前記第 1 軸受を支持する第 1 軸受支持部および前記第 2 軸受を支持する第 2 軸受支持部を有するモータケーシングと、

前記インバータを収容するインバータハウジングと、を備えており、

前記第 1 モータ側振動センサは、前記第 1 軸受支持部に取り付けられており、

40

前記第 2 モータ側振動センサは、前記第 2 軸受支持部に取り付けられており、

前記インバータ側振動センサは、前記インバータまたは前記インバータハウジングの内面に取り付けられていることを特徴とする請求項 1 から 9 の何れか 1 項に記載の電動機組立体。

【請求項 11】

前記駆動軸は、前記インバータの貫通孔を貫通していることを特徴とする請求項 10 に記載の電動機組立体。

【請求項 12】

前記制御装置は、前記異常振動の検出によって前記モータの回転速度を変更する振動抑制運転を実行することを特徴とする請求項 1 から 11 の何れか 1 項に記載の電動機組立体

50

。

## 【請求項 13】

請求項 1 から 12 の何れか 1 項に記載の前記電動機組立体によって駆動されるポンプを備えたことを特徴とするポンプ装置。

## 【請求項 14】

モータと、該モータの可変速手段であるインバータとを備える電動機組立体の異常振動を特定する方法であって、

前記モータの駆動軸を回転自在に支持する第 1 軸受の振動を検出する第 1 モータ側振動センサ、該第 1 軸受と対象位置に設けられ、該駆動軸を回転自在に支持する第 2 軸受の振動を検出する第 2 モータ側振動センサ、および、前記インバータの振動を検出するインバータ側振動センサにて検出した各値に基づいて異常振動を特定することを特徴とする異常振動の特定方法。

10

## 【請求項 15】

前記第 1 モータ側振動センサ、前記第 2 モータ側振動センサ、および、前記インバータ側振動センサにて検出した各値の周波数帯域ごとの振動レベルを算出して計測振動値とし、

前記計測振動値の振動レベルが該振動レベルのうちの少なくともひとつと比較する少なくともひとつの所定のしきい値以下の状態を第 1 状態、前記計測振動値の振動レベルが前記しきい値より大きい状態を第 2 状態、とし、

少なくともひとつの前記振動レベルが前記第 2 状態であるときに異常振動を特定するとともに、前記計測振動値に基づいて異常振動の原因を特定することを特徴とする請求項 14 に記載の方法。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、電動機組立体、ポンプ装置、および、電動機組立体の異常振動を特定する方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

ポンプ等の回転機械の駆動機である電動機と電動機の可変速手段であるインバータとを一体的に備えた電動機組立体が知られている。このような電動機組立体における電動機の駆動軸は高速で回転する回転体であり、駆動軸を介して回転機械の振動がインバータを含む電動機組立体の各構成要素に伝達されるおそれがある。

30

## 【0003】

電動機組立体は、ライフラインを支える装置（例えば、給水ポンプ）に適用可能な装置である。電動機組立体とポンプとを組み合わせたポンプ装置に異常振動が発生すると、最悪の場合は、ポンプが運転できずに、例えば、水道水の断水や排水が溢れる等の生活環境に重大な影響を受けるおそれがある。したがって、このようなポンプ装置の振動対策は重要な要素である。

## 【先行技術文献】

40

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献 1】特開 2008 - 131713 号公報

【特許文献 2】特開 2015 - 231295 号公報

【特許文献 3】特開 2001 - 330510 号公報

【特許文献 4】特開昭 55 - 101705 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

インバータは様々な電子部品を備えている。例えば、インバータは、電解コンデンサな

50

ど、重心位置が高く、振動の影響を受けやすい部品を備えている。したがって、インバータが異常振動の影響を受けると、破損し回転機械の運転に支障がでるおそれがある。

【0006】

また、電動機組立体に発生する振動は、電動機組立体の設置環境や使用状況によって左右される要素である。特に、ポンプ装置では、ポンプの口径や出力などの機械的電氣的な要素、揚程、流量、および、搬送液の種類等の使用環境によっても発生する振動は異なる。また、異常振動で回転機械を停止するか否かは、電動機組立体の装置構成や使用環境によって異なり、軽微な振動でも停止させることもあれば、振動があっても可能な限りは運転を継続したいこともある。

【0007】

異常振動で回転機械を停止するか否かを判断するためには、異常が発生している電動機組立体の構成要素を特定する必要がある。また、異常振動の原因によって電動機組立体を停止させる場合、異常が発生している電動機組立体の構成要素を特定して、部品交換など、異常振動を解消するための対応を迅速に行うことが求められる。

【0008】

そこで、本発明は、構成要素の異常振動を特定することができる電動機組立体、該電動機を備えたポンプ装置、および、電動機組立体の構成要素の異常振動を特定する方法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】

【0009】

一態様は、モータと、前記モータの可変速手段であるインバータと、前記モータを制御する制御装置と、を、備えた電動機組立体であって、前記電動機組立体は、前記モータの反負荷側に配置され、前記モータの駆動軸を回転自在に支持する第1軸受と、前記モータの負荷側に配置され、前記駆動軸を回転自在に支持する第2軸受と、を、有し、前記第1軸受の振動を検出する第1モータ側振動センサと、前記第2軸受の振動を検出する第2モータ側振動センサと、前記インバータの振動を検出するインバータ側振動センサと、を、備えており、前記制御装置は、前記第1モータ側振動センサ、前記第2モータ側振動センサ、および、前記インバータ側振動センサにて検出した各値に基づいて異常振動を検出する、ことを特徴とする。

上記態様によれば、制御装置は、電動機組立体の構成要素の異常振動を特定することができる。

【0010】

好ましい態様は、前記制御装置は、前記第1モータ側振動センサ、前記第2モータ側振動センサ、および、前記インバータ側振動センサにて検出した各値の周波数帯域ごとの振動レベルを算出して計測振動値として記憶部に記憶し、前記振動レベルのうち少なくともひとつと比較する少なくともひとつの所定のしきい値を有し、前記計測振動値の振動レベルが前記しきい値以下の状態を第1状態、前記計測振動値の振動レベルが前記しきい値より大きい状態を第2状態、とし、前記制御装置は、少なくともひとつの前記振動レベルが前記第2状態であるときに異常振動を検出するとともに、前記計測振動値に基づいて異常振動の原因を特定することを特徴とする。

上記態様によれば、制御装置は、電動機組立体の構成要素の異常振動の原因を特定することができるため、作業者は、部品交換など、異常振動を解消するための対応を迅速に行うことができる。

【0011】

好ましい態様は、前記インバータ側振動センサが前記第1状態、前記第1モータ側振動センサが前記第2状態、および、前記第2モータ側振動センサが前記第2状態であり、更に、前記第1モータ側振動センサおよび前記第2モータ側振動センサによって検出された異常振動における前記周波数帯域が同じである場合、前記駆動軸に異常が発生していると判断することを特徴とする。

上記態様によれば、制御装置は、駆動軸に異常が発生していると判断することができる

10

20

30

40

50

ため、作業者は、駆動軸の交換を迅速に行うことができる。

【0012】

好ましい態様は、前記制御装置は、前記インバータ側振動センサが前記第1状態、前記第1モータ側振動センサが前記第2状態、および、前記第2モータ側振動センサが前記第1状態である場合には、前記第1軸受に異常が発生していると判断し、前記インバータ側振動センサが前記第1状態、前記第1モータ側振動センサが前記第1状態、および、前記第2モータ側振動センサが前記第2状態である場合には、前記第2軸受に異常が発生していると判断することを特徴とする。

上記態様によれば、制御装置は、第1軸受に発生している異常および第2軸受に発生している異常を特定することができるため、作業者は、異常が発生している軸受の交換を迅速に行うことができる。

10

【0013】

好ましい態様は、前記制御装置は、前記インバータ側振動センサが前記第2状態、前記第1モータ側振動センサが前記第1状態、前記第2モータ側振動センサが前記第1状態である場合には、前記インバータを備えるインバータ部に異常が発生していると判断することを特徴とする。

上記態様によれば、制御装置は、インバータ部に異常が発生していると判断することができる。

【0014】

好ましい態様は、前記制御装置は、前記インバータ側振動センサが前記第2状態であり、前記第1モータ側振動センサが前記第2状態であり、および、前記第2モータ側振動センサが前記第2状態である場合には、前記電動機組立体の筐体に異常が発生していると判断することを特徴とする。

20

上記態様によれば、制御装置は、電動機組立体の筐体、すなわち、モータケーシングおよびインバータハウジングの全体に異常が発生していると判断することができる。

【0015】

好ましい態様は、前記制御装置は、前記インバータ側振動センサが前記第2状態であり、前記第1モータ側振動センサが前記第1状態であり、および、前記第2モータ側振動センサが前記第1状態である場合、警報を発報しつつ、前記モータの運転を継続することを特徴とする。

30

上記態様によれば、制御装置はモータの運転を継続することができ、作業者はインバータ部の異常を迅速に発見することができる。

【0016】

好ましい態様は、前記記憶部は、前記モータの回転速度を所定の回転速度まで段階的に上昇させた各段階における前記計測振動値を記憶する記憶テーブルを有し、前記制御装置は、試験運転にて前記モータの回転速度を所定の回転速度まで段階的に上昇した各段階における前記計測振動値を試験計測振動値として記憶テーブルに記憶し、前記試験計測振動値に所定の割合を示す数値を加算または乗算して前記しきい値を決定し、または、前記試験計測振動値の平均値、最大値、または最小値の何れかを代表値として算出し、該代表値に所定の値を加算または乗算して前記しきい値を決定し、または、前記試験計測振動値と所定の基準振動値との差分である補正量を算出し、算出された補正量に基づいて前記しきい値を決定することを特徴とする。

40

上記態様によれば、電動機組立体の個体差等にあつたしきい値を決定できる。また、決定したしきい値は比較的、幅を持って決定されるため、制御装置は、電動機組立体の構成要素の異常振動の原因をより確実に特定することができる。

【0017】

好ましい態様は、前記しきい値は、第1しきい値と、該第1しきい値よりも大きな第2しきい値とを含んでおり、前記制御装置は、前記第1モータ側振動センサ、前記第2モータ側振動センサ、および、前記インバータ側振動センサの計測振動値のうち少なくともひとつが前記第2しきい値以上の場合、前記モータの運転を停止することを特徴とする。

50

上記態様によれば、制御装置は過剰な振動でモータの運転を停止することができる。その一方で、第2しきい値以下であれば、振動異常を検出しながら運転を継続するため、作業者は電動機組立体の構成要素の異常振動を迅速に発見することができる。

【0018】

好ましい態様は、前記電動機組立体は、前記モータを収容し、前記第1軸受を支持する第1軸受支持部および前記第2軸受を支持する第2軸受支持部を有するモータケーシングと、前記インバータを収容するインバータハウジングと、を備えており、前記第1モータ側振動センサは、前記第1軸受支持部に取り付けられており、前記第2モータ側振動センサは、前記第2軸受支持部に取り付けられており、前記インバータ側振動センサは、前記インバータまたは前記インバータハウジングの内面に取り付けられていることを特徴とする。

10

上記態様によれば、第1モータ側振動センサは第1軸受の異常振動をより確実に検出することができ、第2モータ側振動センサは第2軸受の異常振動をより確実に検出することができ、インバータ側振動センサはインバータ部の異常振動をより確実に検出することができる。

【0019】

好ましい態様は、前記駆動軸は、前記インバータの貫通孔を貫通していることを特徴とする。

上記態様によれば、インバータ部における駆動軸の振動の影響を軽減できるので、制御装置は、インバータ部の異常振動の原因を特定することができる。

20

好ましい態様は、前記制御装置は、前記異常振動の検出によって前記モータの回転速度を変更する振動抑制運動を実行することを特徴とする。

上記態様によれば、制御装置は、ポンプの異常振動の原因を特定することができる。

【0020】

他の態様は、上記電動機組立体によって駆動されるポンプを備えたことを特徴とするポンプ装置である。

【0021】

さらに他の態様は、モータと、該モータの可変速手段であるインバータとを備える電動機組立体の異常振動を特定する方法であって、前記モータの駆動軸を回転自在に支持する第1軸受の振動を検出する第1モータ側振動センサ、該第1軸受と対象位置に設けられ、該駆動軸を回転自在に支持する第2軸受の振動を検出する第2モータ側振動センサ、および、前記インバータの振動を検出するインバータ側振動センサにて検出した各値に基づいて異常振動を特定することを特徴とする。

30

上記態様によれば、作業者は、電動機組立体の構成要素の異常振動の原因を特定することができるため、作業者は、部品交換など、異常振動を解消するための対応を迅速に行うことができる。

【0022】

好ましい態様は、前記第1モータ側振動センサ、前記第2モータ側振動センサ、および、前記インバータ側振動センサにて検出した各値の周波数帯域ごとの振動レベルを算出して計測振動値とし、前記計測振動値の振動レベルが該振動レベルのうち少なくともひとつと比較する少なくともひとつの所定のしきい値以下の状態を第1状態、前記計測振動値の振動レベルが前記しきい値より大きい状態を第2状態、とし、少なくともひとつの前記振動レベルが前記第2状態であるときに異常振動を特定するとともに、前記計測振動値に基づいて異常振動の原因を特定することを特徴とする。

40

上記態様によれば、作業者は、電動機組立体の構成要素の異常振動の原因を特定することができるため、作業者は、部品交換など、異常振動を解消するための対応を迅速に行うことができる。

【発明の効果】

【0023】

電動機組立体は、第1モータ側振動センサと、第2モータ側振動センサと、インバータ

50

側振動センサとを備えている。したがって、制御装置は、電動機組立体の構成要素の異常振動の原因を特定することができる。結果として、作業者は、部品交換など、異常振動を解消するための対応を迅速に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】電動機組立体の一実施形態を示す図である。

【図2】電動機組立体およびポンプ等を備えるポンプ装置を模式的に示す断面図である。

【図3】制御装置の構成を示す模式図である。

【図4】ポンプ装置が備えられたポンプ設備の模式図である。

【図5】試験運転モードにおける動作フローチャートを示す図である。

10

【図6】記憶部における計測振動値を記憶する記憶テーブルの一例を示す図である。

【図7】駆動軸に異常が発生している場合における計測振動値を示す図である。

【図8】制御装置による電動機組立体の構成要素の異常振動の原因を特定するフローチャートを示す図である。

【図9】図7における第1モータ側振動センサ、第2モータ側振動センサ、およびインバータ側振動センサの異常振動の検出の有無を示す図である。

【図10】軸受に異常が発生している場合における計測振動値を示す図である。

【図11】制御装置による電動機組立体の構成要素の異常振動の原因を特定するフローチャートを示す図である。

【図12】図10における第1モータ側振動センサ、第2モータ側振動センサ、およびインバータ側振動センサの異常振動の検出の有無を示す図である。

20

【図13】インバータ部の異常が原因の異常振動が発生している場合における計測振動値を示す図である。

【図14】制御装置による電動機組立体の構成要素の異常振動の原因を特定するフローチャートを示す図である。

【図15】図13における第1モータ側振動センサ、第2モータ側振動センサ、およびインバータ側振動センサの異常振動の検出の有無を示す図である。

【図16】電動機組立体の筐体に異常が発生している場合における計測振動値を示す図である。

【図17】制御装置による電動機組立体の構成要素の異常振動の原因を特定するフローチャートを示す図である。

30

【図18】図16における第1モータ側振動センサ、第2モータ側振動センサ、およびインバータ側振動センサの異常振動の検出の有無を示す図である。

【図19】電動機組立体の運転状態の変化を示す状態遷移図である。

【図20】制御装置による電動機組立体の異常振動の検出フローチャートを示す図である。

【図21】通常運転のフローチャートを示す図である。

【図22】第1振動抑制運転のフローチャートを示す図である。

【図23】第2振動抑制運転のフローチャートを示す図である。

【図24】本変形例のポンプ装置の運転パネルの一例を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。なお、以下で説明する図面において、同一又は相当する構成要素には、同一の符号を付して重複した説明を省略する。

【0026】

(実施例1)

図1は、電動機組立体100の一実施形態を示す図である。図1に示すように、電動機組立体100は、モータ部(電動機部)10と、モータ部10に隣接して配置されたインバータ部20とを備えている。モータ部10は、駆動軸2と、駆動軸2を回転させるモータ

50

タ（電動機）３と、モータ３を収容するモータケーシング４と、を備える。インバータ部２０は、モータ３に可変周波数の交流電力を供給する可変速手段であるインバータ２２と、インバータ２２の動作を制御する制御装置２３と、インバータ２２を収容するインバータハウジング２４とを備えている。制御装置２３は、インバータ２２を介してモータ３やモータ３が駆動する回転機器の回転速度を制御する。インバータ２２は、基板と、該基板の上に実装されたスイッチング素子やコンデンサなどの各要素を備えており、インバータ２２の基板は環状形状を有している。駆動軸２は、インバータ２２の中央に形成された貫通孔２２aを貫通しており、インバータ２２は駆動軸２と同心状に配置されている。

【００２７】

モータケーシング４およびインバータハウジング２４は封水部１９を介して互いに接続されている。封水部１９は、例えば、環状形状を有する弾性シール部材であり、モータケーシング４とインバータハウジング２４との間からの液体の浸入を防止する。

10

【００２８】

モータケーシング４およびインバータハウジング２４は駆動軸２と同心状に配置されており、駆動軸２はモータケーシング４の中央部分およびインバータハウジング２４の中央部分を貫通している。駆動軸２は軸受２１、軸受２５によって回転自在に支持されている。本実施形態では、インバータハウジング２４は駆動軸２の軸方向に配置されるため、電動機組立体１００はコンパクトな構造を有することができる。以下、本明細書において、モータケーシング４およびインバータハウジング２４を総称して電動機組立体１００の筐体と呼ぶことがある。なお、インバータ２２と同様に、駆動軸２は、インバータハウジ

20

【００２９】

図１において、モータ３は模式的に描かれている。モータ３は、例えば、ロータに永久磁石を用いた永久磁石型モータである。しかしながら、モータ３は、永久磁石型モータに限定されず、誘導モータやＳＲモータなど、様々な種類のモータであってもよい。

【００３０】

電動機組立体１００は、駆動軸２に固定された冷却ファン８をさらに備えている。冷却ファン８は、駆動軸２と同心状に配置されており、インバータハウジング２４の外部に位置している。モータ３が駆動すると、その駆動力は駆動軸２に伝えられ、駆動軸２に固定された冷却ファン８は駆動軸２とともに回転する。結果として、冷却ファン８は周囲の空気を吸い込み、吸い込まれた空気はインバータハウジング２４およびモータケーシング４の外面上を流れ、インバータ部２０およびモータ部１０を冷却する。インバータ部２０は冷却ファン８とモータ部１０との間に配置されており、冷却ファン８、インバータ部２０、およびモータ部１０はこの順に直列に配置されている。

30

【００３１】

本実施形態では、インバータハウジング２４の周壁部はモータケーシング４の外形形状に合わせて円筒形状を有している。一実施形態では、モータケーシング４がフィンや端子箱などの部材によって特殊な外形形状を有している場合、インバータハウジング２４は、このモータケーシング４の形状に合わせた構造を有してもよい。

40

【００３２】

電動機組立体１００の主たる振動源としては駆動軸２が考えられる。例えば、モータ３の運転中に、軸受２１、軸受２５の摩耗が進行し異常が発生すると駆動軸２の振動に変化が現れる場合が多い。また、駆動軸２が接続される回転機器の振動は駆動軸２を伝わる。したがって、制御装置２３は、この駆動軸２を支持している軸受２１、軸受２５の振動を測定することが望ましい。そこで、電動機組立体１００は、インバータ２２側の軸受２１に隣接して配置された第１モータ側振動センサ３１と、不図示の負荷側の軸受２５に隣接して配置された第２モータ側振動センサ３５とを備えている。第１モータ側振動センサ３

50

1、第2モータ側振動センサ35のそれぞれは、信号線を介して制御装置23に電氣的に接続されており、駆動軸2やモータ部10の振動を検出する。

【0033】

軸受21はインバータ部20に隣接してモータ3の反負荷側に配置されており、軸受25はモータ3を挟んで軸受21の反対側(モータ3の負荷側)に配置されている。軸受21はモータケーシング4の軸受支持部4aに支持されており、軸受25はモータケーシング4の軸受支持部4bに支持されている。第1モータ側振動センサ31は軸受支持部4aに取り付けられており、第2モータ側振動センサ35は軸受支持部4bに取り付けられている。

【0034】

軸受21、軸受25は定期的に交換される消耗部品であり、交換可能な構造を有しているため、第1モータ側振動センサ31、第2モータ側振動センサ35は、軸受21、軸受25の交換が妨げられない箇所に配置されるとよい。一実施形態では、軸受支持部4aの内面(すなわち、軸受21に接触する面)に溝(図示しない)を形成し、この溝に軸受21を配置してもよい。同様に、軸受支持部4bの内面(すなわち、軸受25に接触する面)に溝(図示しない)を形成し、この溝に軸受25を配置してもよい。

【0035】

更には、軸受21、軸受25を着脱することなく、第1モータ側振動センサ31、第2モータ側振動センサ35のそれぞれを交換可能とするために、第1モータ側振動センサ31、第2モータ側振動センサ35のそれぞれは、交換可能な構造を有しているとよい。一実施形態では、第1モータ側振動センサ31、第2モータ側振動センサ35のそれぞれは着脱可能に信号線に接続されているとよい。

【0036】

第1モータ側振動センサ31、第2モータ側振動センサ35によって検出された振動値は、制御装置23に入力される。第1モータ側振動センサ31、第2モータ側振動センサ35の信号線は、モータ3の動作および/または電動機組立体100の設置(縦置きまたは横置き)の妨げにならないように、例えば、電動機組立体100の筐体に沿って配線され、制御装置23に接続されるとよい。モータ3とインバータ22とを接続する動力線を含む接続線は、この接続線が電動機組立体100の外部に露出しないようにモータケーシング4およびインバータハウジング24の内部を延びているとよい。

【0037】

インバータ部20の振動、より具体的には、インバータ22およびインバータハウジング24の何れかにおける振動を検出するために、電動機組立体100は、インバータ部20に配置されたインバータ側振動センサ36を備えている。本実施形態では、インバータ側振動センサ36は、インバータハウジング24の内部の気密性(および水密性)を保つために、インバータハウジング24の内面に取り付けられている。また、振動源である駆動軸2から離間した位置に配置されているため、インバータ22に起因する振動(例えば、インバータ22の不図示の電解コンデンサなどの重心位置が高い部品が共振する等)を測定することができる。一実施形態では、インバータ側振動センサ36は、インバータ22に取り付けられてもよい。この場合、インバータ側振動センサ36は、インバータ22の駆動軸2から離間した位置、すなわち、インバータ22の外周部分に取り付けられてもよい。また、封水部19に、ゴム等の弾性体から構成された防振パッドを用いることで、インバータハウジング24は、駆動軸2の振動の影響をより抑えることができる。インバータ側振動センサ36は、信号線を介して制御装置23に電氣的に接続されており、インバータ22の振動を検出する。

【0038】

本実施形態では、電動機組立体100は、第1モータ側振動センサ31、第2モータ側振動センサ35、およびインバータ側振動センサ36を備えているが、これら振動センサとしては、例えば、加速度、速度、変位等を検出する各種センサのうち、ひとつまたは複数種類のセンサが組合せて用いられてもよい。また、振動センサの個数や配置箇所は本実

10

20

30

40

50

施形態には限定されない。駆動軸 2 やインバータ 2 2 の他に振動源となる部材が存在し、この部材の振動を特に検出する必要がある場合、この部材の振動を検出するセンサをさらに配置してもよい。

#### 【0039】

図 2 は、電動機組立体 1 0 0 および電動機組立体 1 0 0 の負荷側にポンプ 5 0 等の回転機器を備えるポンプ装置 2 0 0 を模式的に示す断面図である。図 2 に示すように、ポンプ 5 0 は例えば遠心ポンプであって、回転軸 5 2 に固定された羽根車 5 3 と、羽根車 5 3 を収容するポンプケーシング 5 4 とを備え、吸込口 5 0 a から流入した搬送流体を加圧して吐出し口 5 0 b へ吐出する。そして、ポンプ装置 2 0 0 は、カップリング 5 1 を介して駆動軸 2 に連結された回転軸 5 2 と、回転軸 5 2 をポンプケーシング 5 4 から回転自在に支持する軸受 5 5 とを備えている。軸受 5 5 はポンプケーシング 5 4 の軸受支持部 5 4 a に支持されている。

10

#### 【0040】

本実施形態では、回転軸 5 2 も振動源となる。ポンプ 5 0 の搬送流体の脈動が回転軸 5 2 に伝わる。また、例えば、搬送流体に異物が混在していると、異物が羽根車 5 3 に当たりその振動が回転軸 5 2 にも伝わる。更には、軸受 5 5 の摩耗が進行しても回転軸 5 2 の振動が変化する。したがって、この軸受 5 5 を支持する軸受支持部 5 4 a にはポンプ側振動センサ 5 6 が取り付けられている。ポンプ側振動センサ 5 6 は、制御装置 2 3 に電氣的に接続されており、軸受支持部 5 4 a の内面（すなわち、軸受 5 5 に接触する面）に形成された溝に配置されている。ポンプ側振動センサ 5 6 は、信号線を介して制御装置 2 3 に電氣的に接続されており、ポンプ 5 0 の振動を検出する。

20

#### 【0041】

本実施形態に係る電動機組立体 1 0 0 は、寸法互換性がある限り、様々なポンプに適用可能である。本実施形態に係る電動機組立体 1 0 0 とポンプ 5 0 の駆動軸である回転軸 5 2 との接続は、カップリングの有無および/または設置状況（例えば、縦置きまたは横置き）に左右されない。例えば、電動機組立体 1 0 0 とポンプ 5 0 は直動式として、駆動軸 2 をポンプケーシング 5 4 の内部まで延伸して羽根車 5 3 を固定してもよい。また、ポンプ 5 0 は立軸形ポンプでも横軸形ポンプでもよいし、羽根車 5 3 は単段でも多段でもよい。なお、本実施形態では、図 2 に示すポンプ装置 2 0 0 は、陸上に設置される給水用ポンプ装置であるとして説明するが、ポンプ装置 2 0 0 の用途は本実施形態には限定されない。例えば、ポンプ装置 2 0 0 は、水中に設置される水中ポンプ装置であってもよく、または、真空を形成する真空ポンプ装置であってもよい。ポンプ装置 2 0 0 の用途は使用環境等に応じて変更されてもよい。

30

#### 【0042】

図 3 は、制御装置 2 3 の構成を示す模式図である。図 3 に示すように、制御装置 2 3 は、制御プログラムや各種データなどが格納（記憶）される記憶部 6 0 と、記憶部 6 0 に格納されている各種制御プログラムに従って演算を行う演算部 6 1 と、演算部 6 1 に接続されたタイマー 6 2 と、外部端末 6 3 と通信可能な外部通信部 6 4 と、各種信号を入出力する入出力部 6 5 と、を備えている。また、制御装置 2 3 には、ポンプ装置 2 0 0 の状態表示や各種操作を行うことができる運転パネル 6 6 を備えてもよい。

40

#### 【0043】

記憶部 6 0 は、ROM、HDD、EEPROM、FeRAM、及び、フラッシュメモリ等の不揮発性メモリ、RAM等の揮発性メモリが用いられ、ポンプ 5 0 の自動運転、手動運転、および後述する試験運転等のポンプ装置 2 0 0 を制御するための制御プログラムと、装置情報、設定値情報、メンテナンス情報、履歴情報、異常情報、運転情報等のポンプ装置 2 0 0 に関する各種データを記憶する。また、記憶部 6 0 は、詳細を後述する第 1 モータ側振動センサ 3 1、第 2 モータ側振動センサ 3 5、インバータ側振動センサ 3 6、ポンプ側振動センサ 5 6 による計測振動値と、所定の基準振動値と、ポンプ装置 2 0 0 の異常振動の基準となるしきい値と、を記憶する。

#### 【0044】

50

演算部 61 は、例えば、CPU (中央処理装置) などが用いられ、記憶部 60 に記憶された制御プログラムや各種情報に基づいてポンプ装置 200 を制御するための演算を行う。演算部 61 は、第 1 モータ側振動センサ 31、第 2 モータ側振動センサ 35、インバータ側振動センサ 36、ポンプ側振動センサ 56 から入出力部 65 へ入力される振動 (振動データまたは振動情報) に対してフーリエ変換を実行して、周波数帯域ごとの振動レベルを算出し「計測振動値」として記憶部 60 に記憶する。さらに、演算部 61 は、該計測振動値と所定のしきい値とを比較して計測振動値がしきい値よりも大きい場合、ポンプ装置 200 の異常振動と判断する。また、記憶部 60 の各種制御プログラムや各種データに基づいてモータ 3 の回転速度を算出し、入出力部 65 を介してインバータ 22 へ出力する。

【0045】

タイマー 62 は、計時部であって、例えば、セラミック発振子、水晶振動子及び発振器等が用いられる。また、タイマー 62 に代えて演算部 61 の CPU のクロックを用いてもよい。

【0046】

外部通信部 64 は外部端末 63 と通信可能である。外部端末 63 は、専用のコントローラ、PC (パーソナルコンピュータ)、またはスマートフォンなどの PDA (Personal Digital Assistant) であって、制御情報を任意に表示変更することができる端末であれば、特に限定されない。制御装置 23 は、有線通信または無線通信によって外部端末 63 に接続されている。なお、運転パネル 66 と外部端末 63 は、同一の機能を有する GUI (Graphical User Interface) であるとよい。

【0047】

入出力部 65 は、例えば、ポートや通信等が使用され、各種信号の入出力を行う。入力信号の例としては、第 1 モータ側振動センサ 31、第 2 モータ側振動センサ 35、インバータ側振動センサ 36、および、ポンプ側振動センサ 56 の検出値、インバータ 22 の状態 (電圧、電流、異常、周波数の現在値等) 等である。また、出力信号の例としては、演算部にて算出したモータ 3 の運転信号、停止信号、回転速度等をインバータ 22 や不図示の外部出力端子へ出力する。また、入出力部 65 は、後述する圧力センサ 73、圧力センサ 74、および、流量センサ 72 による検出信号を入力できるとよい。入出力部 65 は、後述する試験運転モードへの切り替え並びに試験運転を実行するための外部入力端子 (不図示) を備えてもよい。

【0048】

以下、本明細書中において、第 1 モータ側振動センサ 31、第 2 モータ側振動センサ 35、インバータ側振動センサ 36、ポンプ側振動センサ 56 を特に区別する必要がない場合、単に「振動センサ」と呼ぶことがある。これら振動センサとしては、例えば、加速度、速度、および、変位を検出するセンサであり、これらセンサのうちひとつまたは複数種類を組合せて用いられてもよい。

【0049】

図 4 は、ポンプ装置 200 が備えられたポンプ設備 210 の模式図である。図 4 に示すように、ポンプ設備 210 は、ポンプ 50 の流入口 50a に接続された流入管 70 と、ポンプ 50 の吐出し口 50b に接続された吐出し管 71 と、ポンプ 50 を流れる流体の流量を検出する流量センサ (流量検出器) 72 と、ポンプ 50 の流入圧力を検出する圧力センサ (圧力検出器) 73 と、ポンプ 50 の吐出し圧力を検出する圧力センサ (圧力検出器) 74 が設けられている。また、吐出し管 71 における圧力センサ (圧力検出器) 74 の下流側には、ポンプ 50 の吐出し側の流路を止水するバルブ 75 が設けられている。

【0050】

流入管 70 には、ポンプ 50 の内部を流れる流体の流量を検出する流量センサ (流量検出器) 72 と、ポンプ 50 の流入圧力を検出する圧力センサ (圧力検出器) 73 とが取り付けられているとよい。吐出管 71 には、ポンプ 50 の吐出側の圧力を検出する圧力センサ (圧力検出器) 74 が取り付けられている。流量センサ 72、および圧力センサ 73、74 は制御装置 23 の入出力部 65 に電氣的に接続されており、流量センサ 72 によって

10

20

30

40

50

検出された流量信号、圧力センサ 73, 74 によって検出された圧力信号は制御装置 23 の入出力部 65 に出力される。制御装置 23 は、流量センサ 72 によって検出された流量に基づいて流量値を取得し、圧力センサ 73, 74 によって検出された圧力に基づいて圧力値を取得する。なお、流入管 70 に設けられた流量センサ 72 はポンプ 50 の吐出し流量を計測する。また、流入管 70 に設けられた流量センサ 72 に代えて、もしくは加えて吐出管 71 に流量センサ 72 を備えてもよい。

#### 【0051】

ポンプ装置 200 の設置環境およびポンプ装置 200 の寸法誤差、ポンプ 50 の出力や羽根車 53 の外径、揚程や流量、発停頻度等の使用環境を含む各要素によって、ポンプ装置 200 に発生する振動の大きさには、ばらつきが存在する。そこで、後述する試験運転を行ってポンプ装置 200 の計測振動値を記憶部 60 に記憶し、該計測振動値によってポンプ 50 の揚水運転中の異常振動を検出するとよい。例えば、ポンプ装置 200 の異常振動を決定するための基準となるしきい値を計測振動値により補正することで、制御装置 23 は、ポンプ装置 200 の異常振動の発生をより正確に決定することができる。以下、ポンプ装置 200 の試験運転方法について説明する。

#### 【0052】

試験運転は、試験運転モードにて実行され、ポンプ装置 200 の工場出荷時、ポンプ装置 200 の初期設置後またはポンプ装置 200 のメンテナンス（例えば、軸受などの部品の交換）が終了した後等で、ポンプ装置 200 に何れの故障も発生しておらず正常な揚水運転ができるタイミングに行われるとよい。より具体的には、給水装置 200 は、外部端末 63 や運転パネル 66 に不図示の試験運転ボタンを設け、モータ 3 の初起動時（電源投入時）または再起動時（電源再投入時）等に、ユーザーによる試験運転ボタンの操作によって、試験運転モードへの切り替え並びに試験運転が実行されるとよい。また、試験運転モードは、ユーザーの操作等による任意のタイミングで中断できるとよい。

#### 【0053】

図 5 は、試験運転モードにおける動作フローチャートを示す図である。まず、ユーザーは、試験運転を開始する準備を行う。本実施例では、配管設備に対する影響を考慮して、バルブ 75 を全閉にして、ポンプ 50 の締切運転にて試験運転を行う。そのため、まず、ステップ S101 では、ユーザーは、ポンプ 50 の吐出し側の流路を一旦開放した後にバルブ 75 を全閉にする。また、ユーザーは、ポンプ装置 200 の電源投入し、試験運転モードに切り替える等の準備を行う（図 5 のステップ S101 参照）。次に、ユーザーによる操作等をトリガとして、ポンプ装置 200 の試験運転を開始する（図 5 のステップ S102 参照）。

#### 【0054】

制御装置 23 は、モータ 3 の回転速度を所定の回転速度（例えば、定格回転速度）まで段階的に上昇させ、各段階における回転速度に対応する振動値（計測振動値）を取得する（図 5 のステップ S103 参照）。一実施形態では、制御装置 23 は、インバータ 22 の周波数を 0 Hz から最大周波数（例えば、50 Hz）まで 5 Hz の間隔で段階的（0 Hz, 5 Hz, 10 Hz, …… 45 Hz, 50 Hz）に上昇させる。また、目標圧力を段階的に上昇させ、ポンプ 50 の吐出し圧力が該目標圧力となるようにモータ 3 の回転速度を制御することで、モータ 3 の回転速度を段階的に上昇させてもよい。各段階における周波数では、周波数や吐出し圧力が安定するまで所定時間（例えば 10 秒間程度）待機させた後の計測振動値を記憶部 60 に記憶する。なお、制御装置 23 もしくは外部端末に不図示の「記憶ボタン」を設ける等して、ユーザーによるボタン操作にて、各段階における計測振動値を記憶部 60 に記憶してもよい。

#### 【0055】

図 6 は、記憶部 60 における計測振動値を記憶する記憶テーブルの一例を示す図である。本実施形態では、記憶テーブル T b 1 1 と T b 1 2、T b 1 3、T b 1 4 は同じ配列構造をもつ記憶テーブルであり振動センサ毎の計測振動値を試験計測振動値として記憶する。つまり、第 1 モータ側振動センサ 31 の計測振動値は記憶テーブル T b 1 1、第 2 モー

10

20

30

40

50

タ側振動センサ 35 の計測振動値は記憶テーブル T b 1 2、インバータ側振動センサ 36 の計測振動値は記憶テーブル T b 1 3、ポンプ側振動センサ 56 の計測振動値は記憶テーブル T b 1 4 に記憶する。記憶テーブル T b 1 1 に示すように、記憶部 60 には、回転速度に対応する振動の周波数帯域（例えば、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3 \cdots$ ）ごとの振動レベルを記憶するとよい。具体的には、制御装置 23 は、各回転速度にて振動センサから送られた振動に対してフーリエ変換を実行して、複数の周波数帯域（例えば、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3 \cdots F_N$ ）ごとの振動レベルを計測振動値として、該当する周波数毎に記憶するとよい。

#### 【0056】

ここで、ポンプ 50 の試験運転中に特定の回転速度において過剰な振動が発生した場合には、制御装置 23 は、該回転速度時のポンプ装置 200 の状態を記憶するとよい。具体的には、記憶部 60 は、過剰な振動が発生した回転速度時のポンプ装置 200 の状態を記憶する「振動異常領域」を有し、振動異常領域には、例えば、該回転速度、該回転速度時の吐出し圧力、該回転速度時の吐出し流量等のポンプ装置 200 の状態のうち少なくともひとつを記憶するとよい。そして、制御装置 23 は、ポンプ装置 200 の自動運転における揚水運転時において、この過剰な振動が発生した「振動異常領域」の状態を回避するようにポンプ 50 を制御してもよい。具体的には、制御装置 23 は、振動異常領域に記憶された回転速度や吐出し流量を回避するようにモータ 3 の回転速度を制御したり、目標圧力が振動異常領域に記憶された吐出し圧力と同じとなるのを回避するようにポンプ 50 を制御するとよい。そうすることで、特定の回転数または吐出し圧力における振動を抑制することができる。なお、制御装置 23 は、所定のしきい値より大きな振動が発生した場合や、他の回転速度の振動値との差分が所定のしきい値より大きい場合に、特定の回転速度において過剰な振動が発生したと判断し、ポンプ装置 200 の状態を振動異常領域に記憶するとよい。また、ポンプ 50 の試験運転中に「振動異常領域」を記憶するのに加えて、または、代えて、ユーザーが「振動異常領域」を運転パネル 66 や外部端末 63 にて変更可能としてもよい。記憶部 60 は、ひとつまたは複数の「振動異常領域」を有するとよい。

#### 【0057】

制御装置 23 は、更に、試験運転の各段階における回転速度に対応する吐出し圧力を取得し、記憶テーブル T b 1 1、T b 1 2、T b 1 3、T b 1 4 に記憶するとよい。そうすれば、制御装置 23 は、吐出し圧力と振動値とを関連付けることができ、ポンプ 50 に作用する流体の圧力に起因する振動を特定することができる。ポンプ装置 200 が、例えば直結給水装置用のブースタポンプ等であって、吸込圧力が変動する場合は、記憶テーブル T b 1 1、T b 1 2、T b 1 3、T b 1 4 には、更に各段階における回転速度に対応する吸込圧力を記憶してもよい。この場合、吐出し圧力から吸込圧力を差し引いた圧力値を記憶してもよい。

#### 【0058】

次に、図 5 のステップ S 103 にて所定の回転速度まで計測振動値の測定が終了したら、ユーザーによる操作等をトリガとしてポンプ装置 200 の試験運転モードを終了し、ポンプ装置 200 の試験運転を終了する（図 5 のステップ S 104 参照）。ステップ S 103 にて記憶された記憶テーブル T b 1 1 ~ T b 1 4 の計測振動値は、正常時におけるポンプ装置 200 の振動値であるので、制御装置 23 は、記憶テーブル T b 1 1 ~ T b 1 4 の計測振動値に基づいてポンプ装置 200 の異常振動を検出することができる。

#### 【0059】

このように、制御装置 23 は、計測振動値を記憶部 60 の記憶テーブル T b 1 1 ~ T b 1 4 に記憶することで、ポンプ装置 200 毎の個体差や設置環境等に応じて異常振動を検出することができる。

#### 【0060】

次に、ポンプ装置 200 の運転中における異常振動の検出について説明する。異常振動は、例えば、ポンプ 50 が自動運転にて揚水しているとき、すなわちモータ 3 が運転中に検出されるとよい。ここで、ポンプ装置 200 の電動機組立体 100 は、軸受 21、軸受 25 に隣接して配置された第 1 モータ側振動センサ 31 と、第 2 モータ側振動センサ 35

10

20

30

40

50

と、インバータ部 20 に配置されたインバータ側振動センサ 36 とを備えており、各振動センサの異常振動の組み合わせにて電動機組立体 100 の構成要素の異常振動の原因を特定することができる。以下の実施形態では、電動機組立体 100 の異常を決定し、異常振動の原因を特定する方法について説明する。

#### 【0061】

制御装置 23 は、自動運転もしくは手動運転でモータ 3 が運転中に、第 1 モータ側振動センサ 31、第 2 モータ側振動センサ 35、インバータ側振動センサ 36 によって検出された振動を分析（フーリエ変換の実行）し、複数の周波数帯域（ $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3 \dots$ ）に対応する振動レベルを計測振動値の現在値として記憶部 60 に記憶する。そして、第 1 モータ側振動センサ 31、第 2 モータ側振動センサ 35 およびインバータ側振動センサ 36 の計測振動値の現在値の振動レベルのうち、少なくとも 1 つが所定のしきい値を超えた状態で所定の時間継続したときに振動異常として、制御装置 23 は、電動機組立体 100 に何らかの異常が発生していると判断する。

10

#### 【0062】

ここで、振動異常を検出するしきい値は基本的に振動レベルの値である。しきい値は、予め制御装置 23 の記憶部 60 に、ひとつまたは複数個記憶されてもよいし、制御装置 23 は、外部通信部 64 を介して外部端末 63 のメモリ（図示しない）に格納されている初期値として読み込んでよい。しきい値は、固定値でもよいし、ユーザーにより設定変更できる設定値でもよい。また、しきい値は試験運転時に記憶テーブル Tbl1 ~ Tbl4 に記憶された計測振動値により算出されたり、補正されてもよい。

20

#### 【0063】

ここで、以下の説明にて使用する所定のしきい値について説明する。しきい値は、2 段階のしきい値、すなわち、しきい値 A1、A2、A3（第 1 しきい値）と、しきい値 A1、A2、A3 よりも大きなしきい値 B1、B2、B3（第 2 しきい値）とを含んでいる。しきい値 A1、B1 は、インバータ側振動センサ 36 の計測振動値の現在値との比較対象となる。しきい値 A2、B2 は、第 1 モータ側振動センサ 31 の計測振動値の現在値との比較対象となる。しきい値 A3、B3 は、第 2 モータ側振動センサ 35 の計測振動値の現在値との比較対象となる。

#### 【0064】

一実施形態では、しきい値 A1 ~ A3 のそれぞれは同じ値であってもよく、他の実施形態では、しきい値 A1 ~ A3 のそれぞれは異なる値であってもよい。同様に、しきい値 B1 ~ B3 のそれぞれは同じ値であってもよく、他の実施形態では、しきい値 B1 ~ B3 のそれぞれは異なる値であってもよい。しきい値は、ポンプ装置 200 の運転や外部に及ぼす影響に基づいて決定されてもよい。例えば、軸受 21、軸受 25、軸受 55 の少なくとも 1 つが破損しているときに発生する振動、騒音が発生してしまう振動、またはポンプ装置の構成部品の欠落および/またはねじのゆるみ等の機械的な要素によって発生してしまう振動等によりしきい値の値が異なってもよい。以下、しきい値 A1 ~ A3 を総称してしきい値 A（第 1 しきい値）と呼ぶことがあり、しきい値 B1 ~ B3 を総称してしきい値 B（第 2 しきい値）と呼ぶことがある。

30

#### 【0065】

制御装置 23 は、振動センサの計測振動値の現在値のうち少なくとも 1 つがしきい値 B 以上の場合（第 3 状態）、警報を発報してモータ 3 の運転を停止する。振動センサの計測振動値の現在値のうち少なくとも 1 つがしきい値 A よりも大きい（第 2 状態）場合、制御装置 23 は、異常振動を検出するとともに、計測振動値に基づいて異常振動の原因を特定する。そして、運転パネル 66 や外部端末 63 に警報を発報してモータ 3 の運転を継続する。また、振動センサの計測振動値の現在値の全てがしきい値 A 以下（第 1 状態）の場合は、振動は正常な範囲内である。

40

#### 【0066】

ここで、制御装置 23 は、図 5 にて説明した試験運転によって得られた記憶テーブル Tbl1 ~ Tbl3 の各計測振動値によって、ポンプ 50 の回転速度もしくは吐出し圧力と

50

、各振動センサに対応したしきい値 A , B を算出する例を説明する。

【 0 0 6 7 】

例えば、制御装置 2 3 は、記憶テーブル T b l 1 から T b l 3 の各計測振動値に所定の割合を示す数値（例えば、数パーセント）を加算または乗算してしきい値 A , B を決定してもよい。また、ポンプ装置 2 0 0 が推定末端圧力制御を行う場合には、流量（ポンプ 5 0 の回転速度）が増加するほど目標圧力も高くなるため、ポンプ装置には振動が発生しやすくなる。したがって、ポンプ 5 0 の回転速度が高くなるほど、記憶テーブル T b l 1 から T b l 3 の計測振動値に加算または乗算される上記数値を大きくしてもよい。もしくは、記憶テーブル T b l 1 ~ T b l 4 の各計測振動値の平均値、最大値、又は、最小値等の何れかを代表値として算出し、該代表値に所定の値を加算もしくは乗算等することで、しきい値 A , B を算出するとよい。

10

【 0 0 6 8 】

また、記憶テーブル T b l 1 ~ T b l 3 よりしきい値 A , B を決定する方法の他の例として、記憶テーブル T b l 1 から T b l 3 の計測振動値と所定の基準振動値との差分である補正量（補正值）を算出し、算出された補正量に基づいて予め記憶部 6 0 に記憶されている所定のしきい値 A , B の初期値を補正してもよい。ここで、上述した基準振動値は、同一設計および同一機種の数多くのポンプ装置を運転したときの代表性能値に相当し、記憶テーブル T b l 1 から T b l 3 と同じ配列を有する記憶テーブル（不図示）に計測振動値が記憶されているとよい。例えば、制御装置 2 3 は、補正量を所定のしきい値 A , B の初期値に加算または減算してしきい値を算出する。制御装置 2 3 は、初期値から補正されたしきい値（補正しきい値）をしきい値 A , B として記憶部 6 0 に格納する。

20

【 0 0 6 9 】

なお、しきい値 A , B を算出するタイミングは、図 5 のステップ S 1 0 3 が終了したタイミングでもよいし、ポンプ 5 0 の運転開始でもよい。また、基準振動値やしきい値 A , B の初期値が変更された際にもしきい値 A , B は算出されるとよい。また、「振動異常領域」における記憶テーブル T b l 1 ~ T b l 4 の計測振動値に代えて所定の初期値を用いるなどして、「振動異常領域」の計測振動値は除外されるしきい値 A , B を算出してもよい。このように、記憶テーブル T b l 1 から T b l 3 の計測振動値を用いてしきい値 A , B を決定することで、試験運転にて記憶した計測振動値に基づいてポンプ装置 2 0 0 の異常振動を検出することができるので、ポンプ装置 2 0 0 の設置環境や用途に応じた異常振動を検出することができる。

30

【 0 0 7 0 】

以下、異常振動を検出し、更に、電動機組立体 1 0 0 の構成要素の異常振動の原因を特定する方法について説明する。

【 0 0 7 1 】

図 7、図 1 0、図 1 3、および、図 1 6 は、何らかの原因により異常振動が発生している場合における計測振動値を示す図である。図 9、図 1 2、図 1 5、および、図 1 8 は、第 1 モータ側振動センサ 3 1、第 2 モータ側振動センサ 3 5、インバータ側振動センサ 3 6 の異常振動の検出の有無を示す図である。図 7 において、横軸は振動の周波数帯域 [ H z ] を示しており、縦軸は振動レベル [ d B ] を示している。なお、後述する図 1 0、図 1 3、および図 1 6 においても、同様に、横軸は振動の周波数帯域 [ H z ] を示しており、縦軸は振動レベル [ d B ] を示している。図 7、図 1 0、図 1 3、および図 1 6 のそれぞれの ( 1 ) は、インバータ側振動センサ 3 6 にて検出した計測振動値を示す図であり、図 7、図 1 0、図 1 3、および図 1 6 のそれぞれの ( 2 ) は、第 1 モータ側振動センサ 3 1 にて検出した計測振動値を示す図であり、図 7、図 1 0、図 1 3、および図 1 6 のそれぞれの ( 3 ) は、第 2 モータ側振動センサ 3 5 にて検出した計測振動値を示す図である。図 8、図 1 1、図 1 4、および、図 1 7 は、制御装置 2 3 による電動機組立体 1 0 0 の構成要素の異常振動の原因を特定するフローチャートを示し、電動機組立体 1 0 0 の運転中に任意のタイミングにて繰り返し実行される。また、制御装置 2 3 は、図 8、図 1 1、図 1 4、および、図 1 7 のフローチャートを、並列に処理するように実行し、同時に複数の

40

50

異常振動の原因を検出できるとよい。

【 0 0 7 2 】

電動機組立体 1 0 0 の構成要素の異常振動の第 1 原因の例として、駆動軸 2 に異常が発生している場合について図 7、図 8、および、図 9 を参照しつつ説明する。図 7 は、駆動軸 2 に異常が発生している場合における計測振動値を示す図である。回転する駆動軸 2 が曲がっていたり歪んだりした場合、駆動軸 2 を支持する軸受 2 1 と軸受 2 5 に概ね同じ周波数帯域で異常振動が発生していることが考えられる。したがって、この場合、第 1 モータ側振動センサ 3 1、第 2 モータ側振動センサ 3 5 は異常振動を同時に検出するが、駆動軸 2 と直接接していないインバータ側振動センサ 3 6 は異常振動を検出しない（図 9 参照）。

10

【 0 0 7 3 】

具体的には、図 8 に示すように、制御装置 2 3 は、インバータ側振動センサ 3 6 の計測振動値の現在値の振動レベルとしきい値 A 1 とを比較し（図 8 のステップ S 1 5 0 参照）、インバータ側振動センサ 3 6 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 1 以下の場合（ステップ S 1 5 0 : N O）、第 1 モータ側振動センサ 3 1 の計測振動値の現在値の振動レベルとしきい値 A 2 とを比較する（図 8 のステップ S 1 5 2 参照）。第 1 モータ側振動センサ 3 1 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 2 よりも大きい場合（ステップ S 1 5 2 : Y E S）、制御装置 2 3 は、第 2 モータ側振動センサ 3 5 の計測振動値の現在値の振動レベルとしきい値 A 3 とを比較する（図 8 のステップ S 1 5 4 参照）。第 2 モータ側振動センサ 3 5 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 3 よりも大きい場合（ステップ S 1 5 4 : Y E S）、制御装置 2 3 は、第 1 モータ側振動センサ 3 1、および第 2 モータ側振動センサ 3 5 によってしきい値 A より大きな振動が検出された周波数帯域が同じか否かを判断し（図 8 のステップ S 1 5 6 参照）、当該周波数帯域が同じであると判断した場合（ステップ S 1 5 6 : Y E S）、駆動軸 2 の異常が異常振動の原因であると判断（ステップ S 1 5 8）し、図 8 のフローチャートを終了する。また、ステップ S 1 5 6 にて、しきい値 A より大きな振動が発生した周波数帯域が異なる場合（ステップ S 1 5 6 : N O）は、制御装置 2 3 は異常振動の原因を特定することなく、図 1 7 のフローチャートを終了する。

20

【 0 0 7 4 】

インバータ側振動センサ 3 6 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 1 よりも大きい（ステップ S 1 5 0 : Y E S）、第 1 モータ側振動センサ 3 1 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 2 以下（ステップ S 1 5 2 : N O）、または、第 2 モータ側振動センサ 3 5 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 3 以下（ステップ S 1 5 4 : N O）、の何れかの場合は、制御装置 2 3 は異常振動の原因を特定することなく、図 8 のフローチャートを終了する。

30

【 0 0 7 5 】

図 7 に示すように、制御装置 2 3 は、第 1 モータ側振動センサ 3 1 の計測振動値の現在値と第 2 モータ側振動センサ 3 5 の計測振動値の現在値との振動レベルが概ね同じ周波数帯域（ここでは、 $f_3$ ）においてしきい値 A 以上であり、なお且つ、インバータ側振動センサ 3 6 の計測振動値の当該周波数帯域（ここでは、 $f_3$ ）において振動レベルがしきい値 A 以下の場合は、制御装置 2 3 は、駆動軸 2 に異常が発生していると判断する。

40

【 0 0 7 6 】

電動機組立体 1 0 0 の構成要素の異常振動の第 2 原因の例として、軸受 2 1、軸受 2 5 のうちのいずれかに異常が発生している場合について図 1 0、図 1 1、および、図 1 2 を参照しつつ説明する。図 1 0 は、軸受 2 1 に異常が発生している場合における計測振動値を示す図である。図 1 1 は、制御装置 2 3 による電動機組立体 1 0 0 の構成要素の異常振動の原因を特定するフローチャートである。図 1 2 は、図 1 0 における第 1 モータ側振動センサ 3 1、第 2 モータ側振動センサ 3 5、インバータ側振動センサ 3 6 の異常振動の検出の有無を示す図である。

【 0 0 7 7 】

50

軸受 2 1、軸受 2 5 のいずれかに異常（例えば、損傷）が発生している場合、異常が発生している軸受が特に大きく振動するため、該軸受のみの異常振動（特定の振動）が発生する。したがって、この場合、異常が発生している軸受に対応する振動センサのみが他の振動センサよりも先にしきい値 A を超える振動を検出する（図 1 2）。

【 0 0 7 8 】

具体的には、図 1 1 に示すように、制御装置 2 3 は、インバータ側振動センサ 3 6 の計測振動値の現在値の振動レベルとしきい値 A 1 とを比較し（図 1 1 のステップ S 1 6 0 参照）、インバータ側振動センサ 3 6 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 1 以下の場合（ステップ S 1 6 0 : N O）、第 1 モータ側振動センサ 3 1 の計測振動値の現在値の振動レベルとしきい値 A 2 とを比較する（図 1 1 のステップ S 1 6 2 参照）。第 1 モータ側振動センサ 3 1 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 2 よりも大きい場合（ステップ S 1 6 2 : Y E S）、制御装置 2 3 は、第 2 モータ側振動センサ 3 5 の計測振動値の現在値の振動レベルとしきい値 A 3 とを比較する（図 1 1 のステップ S 1 6 4 参照）。第 2 モータ側振動センサ 3 5 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 3 以下の場合（ステップ S 1 6 4 : N O）、制御装置 2 3 は、異常振動の原因が軸受 2 1 であると判断（図 1 1 のステップ S 1 6 8 参照）して、図 1 1 のフローチャートを終了する。

10

【 0 0 7 9 】

インバータ側振動センサ 3 6 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 1 よりも大きい（ステップ S 1 6 0 : Y E S）、第 1 モータ側振動センサ 3 1 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 2 以下（ステップ S 1 6 2 : N O）、または、第 2 モータ側振動センサ 3 5 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 3 よりも大きい（ステップ S 1 6 4 : Y E S）、の、何れかの場合は、制御装置 2 3 は、異常振動の原因を特定せずに、フローチャートを終了する。

20

【 0 0 8 0 】

例えば、軸受 2 1 が損傷し駆動軸 2 が軸受支持部 4 a に接触すると、まずは、第 1 モータ側振動センサ 3 1 は、一定の周波数帯域（ここでは  $f 2$ ）で、他の振動センサに比べて大きな振動レベルを検出する。そのため、第 1 モータ側振動センサ 3 1 の計測振動値の振動レベルの何れかが一定の周波数帯域（ここでは  $f 2$ ）において特定のしきい値 A 2 を超え、なお且つ、第 2 モータ側振動センサ 3 5 の計測振動値の振動レベルは何れの周波数帯域でもしきい値 A 3 を超えておらず、更に、インバータ側振動センサ 3 6 の計測振動値の振動レベルが何れの周波数帯域でもしきい値 A 1 を超えていない場合は、制御装置 2 3 は、軸受 2 1 に異常が発生したと判断することができる。

30

【 0 0 8 1 】

同様に、制御装置 2 3 は、第 2 モータ側振動センサ 3 5 の計測振動値の振動レベルの何れかがしきい値 A 3 を超え、なお且つ、第 1 モータ側振動センサ 3 1 の計測振動値の振動レベルの何れもしきい値 A 2 を超えておらず、更に、インバータ側振動センサ 3 6 の計測振動値の振動レベルの何れもしきい値 A 1 を超えていない場合は、制御装置 2 3 は、軸受 2 5 に異常が発生していると判断できる。

【 0 0 8 2 】

電動機組立体 1 0 0 の構成要素の異常振動の第 3 原因の例として、インバータ部 2 0 に異常が発生している場合について図 1 3、図 1 4、および、図 1 5 を参照しつつ説明する。図 1 3 は、インバータ部 2 0 の異常が原因の異常振動が発生している場合における計測振動値を示す図である。図 1 5 は、図 1 3 における第 1 モータ側振動センサ 3 1、第 2 モータ側振動センサ 3 5、インバータ側振動センサ 3 6 の異常振動の検出の有無を示す図である。

40

【 0 0 8 3 】

インバータ 2 2 のインバータハウジング 2 4 への固定の不安定および/またはインバータ 2 2 を構成する素子の共振などの原因によりインバータ部 2 0 に異常振動が発生していることが考えられる。この場合、まずは、インバータ側振動センサ 3 6 の計測振動値は異常振動を検出し、第 1 モータ側振動センサ 3 1、第 2 モータ側振動センサ 3 5 の計測振動

50

値のいずれも異常振動を検出しない(図15参照)。

【0084】

具体的には、図14に示すように、制御装置23は、インバータ側振動センサ36の計測振動値の現在値の振動レベルとしきい値A1とを比較し(図14のステップS170参照)、インバータ側振動センサ36の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値A1よりも大きい場合(ステップS170: YES)、第1モータ側振動センサ31の計測振動値の現在値の振動レベルとしきい値A2とを比較する(図14のステップS172参照)。第1モータ側振動センサ31の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値A2以下の場合(ステップS172: NO)、制御装置23は、第2モータ側振動センサ35の計測振動値の現在値の振動レベルとしきい値A3とを比較する(図14のステップS174参照)。第2モータ側振動センサ35の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値A3以下の場合(ステップS174: NO)、制御装置23は、異常振動の原因がインバータ部20であると判断(ステップS178)し、図14のフローチャートを終了する。

10

【0085】

インバータ側振動センサ36の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値A1以下(ステップS170: NO)、第1モータ側振動センサ31の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値A2よりも大きく(ステップS172: YES)、または、第2モータ側振動センサ35の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値A3よりも大きい(ステップS174: YES)、の何れかの場合には、制御装置23は、異常振動の原因を特定せずに、図14のフローチャートを終了する。

20

【0086】

制御装置23は、インバータ側振動センサ36の計測振動値の振動レベルの何れかが一定の周波数帯域(ここではf1)において特定のしきい値A1を超え、第1モータ側振動センサ31の計測振動値の振動レベルが何れの周波数帯域でもしきい値A2を超えておらず、第2モータ側振動センサ35の計測振動値の振動レベルが何れの周波数帯域でもしきい値A3を超えていない場合、インバータ部20が振動異常の原因であると判断する。

【0087】

ここで、図13に示すように、インバータ側振動センサ36が異常振動を検出し、その他の第1モータ側振動センサ31、第2モータ側振動センサ35が異常振動を検出しない場合、制御装置23は、しきい値A1~A3のみに基づいて、インバータ部20の異常の発生を決定するとよい。この場合、制御装置23がインバータ部20の異常の発生を決定した後に、警報を発報しつつ、電動機組立体100の運転を継続するとよい。ポンプ装置200が給水や排水用のポンプ装置等のライフラインとして用いられる場合もあり、過大な振動によってインバータ部20の素子が脱落するなどのモータ3へ電力が供給できない異常が発生するまではポンプ50の運転を継続することが好ましい。

30

【0088】

電動機組立体100の構成要素の異常振動の第4原因の例として、モータケーシング4およびインバータハウジング24(電動機組立体100の筐体)に異常が発生している場合について図16、図17、および、図18を参照しつつ説明する。図16は、電動機組立体100の筐体に異常が発生している場合における計測振動値を示す図である。図18は、図16における第1モータ側振動センサ31、第2モータ側振動センサ35、インバータ側振動センサ36の異常振動の検出の有無を示す図である。

40

【0089】

例えば、電動機組立体100の据え付けの不安定などの原因により、電動機組立体100の筐体に異常(例えば、騒音)が発生する場合、モータケーシング4およびインバータハウジング24に異常振動が発生していることが考えられる。したがって、この場合、第1モータ側振動センサ31、第2モータ側振動センサ35、インバータ側振動センサ36のいずれもが同時に異常振動を検出する(図18参照)。

【0090】

具体的には、図17に示すように、制御装置23は、インバータ側振動センサ36の計

50

測振動値の現在値の振動レベルとしきい値 A 1 とを比較し（図 17 のステップ S 1 8 0 参照）、インバータ側振動センサ 3 6 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 1 よりも大きい場合（ステップ S 1 8 0 : Y E S）、第 1 モータ側振動センサ 3 1 の計測振動値の現在値の振動レベルとしきい値 A 2 とを比較する（図 17 のステップ S 1 8 2 参照）。第 1 モータ側振動センサ 3 1 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 2 よりも大きい場合（ステップ S 1 8 2 : Y E S）、制御装置 2 3 は、第 2 モータ側振動センサ 3 5 の計測振動値の現在値の振動レベルとしきい値 A 3 とを比較する（図 17 のステップ S 1 8 4 参照）。第 2 モータ側振動センサ 3 5 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 3 よりも大きい場合（ステップ S 1 8 4 : Y E S）、制御装置 2 3 は、これらインバータ側振動センサ 3 6、第 1 モータ側振動センサ 3 1、および第 2 モータ側振動センサ 3 5 によってしきい値 A より大きな振動が検出された周波数帯域が同じか否かを判断し（図 17 のステップ S 1 8 6 参照）、これら振動が発生した周波数帯域が同じであると判断した場合（ステップ S 1 8 6 : Y E S）、電動機組立体 1 0 0 の筐体に異常が発生していると判断（ステップ S 1 8 8）し、図 17 のフローチャートを終了する。また、ステップ S 1 8 6 にて、しきい値 A より大きな振動が発生した周波数帯域のうち、少なくともひとつが異なる場合（ステップ S 1 8 6 : N O）は、制御装置 2 3 は異常振動の原因を特定することなく、図 17 のフローチャートを終了する。

10

#### 【 0 0 9 1 】

インバータ側振動センサ 3 6 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 1 以下（ステップ S 1 8 0 : N O）、第 1 モータ側振動センサ 3 1 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 2 以下（ステップ S 1 8 2 : N O）、または、第 2 モータ側振動センサ 3 5 の計測振動値の現在値の振動レベルがしきい値 A 3 以下（ステップ S 1 8 4 : N O）、の何れかの場合は、制御装置 2 3 は異常振動の原因を特定することなく、図 17 のフローチャートを終了する。

20

#### 【 0 0 9 2 】

制御装置 2 3 は、第 1 モータ側振動センサ 3 1 の計測振動値、第 2 モータ側振動センサ 3 5 の計測振動値、およびインバータ側振動センサ 3 6 の計測振動値のいずれの振動レベルがしきい値 A 1 ~ A 3 を超えた場合、モータケージング 4 およびインバータハウジング 2 4 の全体、すなわち、電動機組立体 1 0 0 の筐体に異常が発生していると判断する。電動機組立体 1 0 0 の筐体に異常が発生する場合には、第 1 モータ側振動センサ 3 1、第 2 モータ側振動センサ 3 5、インバータ側振動センサ 3 6 は、同じ周期（この例では、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ ）である一定の振幅以上の異常振動を検出する。

30

#### 【 0 0 9 3 】

図 16 に示すように、第 1 モータ側振動センサ 3 1、第 2 モータ側振動センサ 3 5、インバータ側振動センサ 3 6 のいずれもが異常振動を検出する場合、制御装置 2 3 は、しきい値 A 1 ~ A 3 のみに基づいて、電動機組立体 1 0 0 の筐体の異常の発生を決定するとよい。制御装置 2 3 は、電動機組立体 1 0 0 の筐体の異常が発生した場合、警報を発報しつつ、電動機組立体 1 0 0 の運転を継続する。これは、電動機組立体 1 0 0 の筐体に異常が発生している場合には、電動機組立体 1 0 0 自体が重大な影響を受ける可能性は低いので、運転を継続することが好ましい。

40

#### 【 0 0 9 4 】

なお、ポンプ 5 0 と電動機組立体 1 0 0 の構成および / または設置環境等により、発生する異常とそれに対応する特定の計測振動値は異なる。したがって、それらに対応できるよう、単体あるいは複数の振動センサによる異常振動の検出の組み合わせは変更してもよい。また、上述した異常振動の第 1 原因から第 4 原因にて、しきい値 A , B は同じ記号を用いて説明したが、第 1 原因から第 4 原因にて、それぞれ異なるしきい値を用いてもよい。

#### 【 0 0 9 5 】

本実施形態によれば、複数の振動センサの異常振動を検出することで、制御装置 2 3 は、異常振動の原因を特定することができる。したがって、作業者は、部品交換など、異常

50

振動を解消するための対応を迅速に行うことができる。

【0096】

なお、上述した方法にて一旦特定した異常振動の原因は、制御装置23にて原因が除去されたと確認できるまで保持されてもよい。具体的には、第1モータ側振動センサ31、第2モータ側振動センサ35、インバータ側振動センサ36の全てにおいて、運転中の計測振動値の現在値がしきい値A以下となるまで、および/または、操作者によりリセット操作されるまで継続してもよい。また、これに限らず、異常振動の原因を特定する条件の全てを満たしている間のみ継続してもよい。なお、異常振動の原因を特定した際に、制御装置23は、運転パネル66、外部端末63、および/または、入出力部65にて報知してもよい。また、特定した振動の原因を記憶部60に履歴として記憶してもよい。

10

【0097】

上述した実施形態では、電動機組立体100の異常振動の原因を特定する方法について説明したが、異常振動を判断する方法は、ポンプ側振動センサ56が設けられたポンプ装置200(図2参照)にも適用することができる。

【0098】

上述した実施形態では、制御装置23が電動機組立体100の異常振動を判断する方法について説明したが、給水や排水設備用のようなライフラインとしてポンプ装置200が用いられる場合は、ポンプ50の運転を可能な限り継続することが好ましい。そこで、制御装置23は、異常振動の検出によってモータ3の回転速度を変更する振動抑制運転(第1振動抑制運転、第2振動抑制運転)を実行する。以下の実施形態では、可能な限り、運

20

【0099】

図19は、電動機組立体100の運転状態の変化を示す状態遷移図である。図19の状態遷移図は、制御装置23の電源起動後に任意(例えば、数msec~数100msec)のタイミングにて、繰り返し実行されるとよい。また、図19の状態遷移図は、図8、図11、図14、および、図17のフローチャートと並列に処理するように実行されるとよい。なお、図19において、後述する図20~図23と同じ処理については、同じ符号を付与し一部説明を省略する。

【0100】

まず、図19に示す電動機組立体100の運転状態の変化について説明する。ポンプ装置200が設置された後もしくはメンテナンス終了時の最初の電源起動時には、電動機組立体100の運転状態は、S00の運転停止状態である。ここで、ユーザーの操作により必要に応じて試験運転モードS10(図5参照)にて試験運転を行う場合は、図5のフローチャートを実行し、試験運転モードのS10の終了(図5のステップS104参照)にて運転停止状態S00にもどる。運転停止状態S00から、ユーザーの手動操作等により、制御装置23の初期化等の処理を行うSTART状態S01になり、続いて、吐出し圧力が低下する等の自動操作もしくは手動操作等によって、電動機組立体100の運転状態は、通常運転状態S30へ移行する。ここで、START状態S01は省略してもよい。

30

【0101】

通常運転状態S30中は、制御装置23はモータ3の回転速度Fを後述する通常回転速度F0に設定する。そして、第1振動抑制運転状態S40中に並行して実行中の図20のフローチャートにて計測振動値がしきい値B以上(ステップS208:YES)となり運転停止(ステップS209)となると、電動機組立体100の運転状態は、運転停止状態S00にもどる。通常運転状態S30中に、電動機組立体100の計測振動値がしきい値Aよりも大きく、且つ、しきい値B未滿となり異常発生フラグ=1(ステップS206)となる異常振動が発生した場合(ステップS302:YES)、電動機組立体100の運転状態は、第1振動抑制運転状態S40に移行する。

40

【0102】

第1振動抑制運転状態S40中は、制御装置23はモータ3の回転速度Fを後述する第

50

1回転速度F1に設定する。そして、第1振動抑制運転状態S40中に並行して実行中の図20のフローチャートにて計測振動値がしきい値B以上(ステップS208: YES)となり運転停止(ステップS209)となると、電動機組立体100の運転状態は、運転停止状態S00にもどる。第1振動抑制運転状態S40中に、第1振動抑制運転状態S40が終了(ステップS406: YES)すると、電動機組立体100の運転状態は、通常運転S30にもどる。さらには、図22のステップS408にて第1振動抑制運転状態S40が所定回数連続的に実行された(ステップS408: YES)ら、電動機組立体100の運転状態は、第1振動抑制運転状態S40から第2振動抑制運転状態S50に移行する。

#### 【0103】

第2振動抑制運転状態S50中は、制御装置23はモータ3の回転速度Fを後述する第2回転速度F2に設定する。そして、第2振動抑制運転状態S50中に並行して実行中の図20のフローチャートにて、計測振動値がしきい値B以上(ステップS208: YES)となり運転停止(ステップS209)となると、電動機組立体100の運転状態は、運転停止状態S00にもどる。また、第2振動抑制運転状態S50中は、ユーザーによる警報リセット(S508: YES)をトリガとして、電動機組立体100の運転状態を通常運転S30に戻すことができる。

#### 【0104】

このように、制御装置23は、第1振動抑制運転状態S40と第2振動抑制運転状態S50の2段階において振動を抑制する運転を実行することができるため、可能な限り、電動機組立体100の運転を継続することができる。

#### 【0105】

ここで、通常運転状態S30、第1振動抑制運転状態S40並びに第2振動抑制運転状態S50について、図20、図21、図22、図23のフローチャートを用いて詳細に説明する。図20は、制御装置23による電動機組立体の異常振動の検出フローチャートを示す。図21は、制御装置23による通常運転のフローチャートを示す。図22は、制御装置23による第1振動抑制運転のフローチャートを示す。図23は、制御装置23による第2振動抑制運転のフローチャートを示す。また、図19の状態遷移図における通常運転状態S30では、図20と図21のフローチャートが並行して実行され、第1振動抑制運転状態S40では、図20と図22のフローチャートが並行して実行され、第2振動抑制運転状態S50では、図20と図23のフローチャートが並行して実行される。

#### 【0106】

電動機組立体100の運転時における制御装置23の動作について、図20を参照して説明する。電動機組立体100が自動運転中に、制御装置23は、図20のフローチャートを任意の周期(タイミング)で繰り返し実行する。

#### 【0107】

まず、制御装置23は、電動機組立体100が停止中である場合(ステップS201: NO)は、詳細を後述する異常振動発生フラグ=0(ステップS210)として、一旦、図20のフローチャートを抜ける。制御装置23は、電動機組立体100が運転中である場合(ステップS201)、任意の周期(タイミング)で振動センサから送られる振動を取得する(ステップS202)。その後、制御装置23は、振動センサから送られた振動を分析(フーリエ変換の実行)して複数の振動の周波数帯域( $f_1, f_2, f_3 \dots f_n$ )に対応する振動値( $V_1, V_2, V_3 \dots V_n$ )を計測振動値として取得する(ステップS203)。

#### 【0108】

制御装置23は、振動の周波数帯域ごとの計測振動値と、しきい値Aおよびしきい値Bとを比較(ステップS204)し、比較した計測振動値のうち、少なくともひとつがしきい値Aよりも大きく、かつしきい値Bよりも小さい場合(ステップS205: YES)、電動機組立体100(モータ部10およびインバータ部20の少なくともひとつ)に異常振動が発生しているとして、異常振動発生フラグを値1にセットする(ステップS206)

10

20

30

40

50

。このとき、制御装置 23 は、上述した図 8、図 11、図 14、および、図 17 のフローチャートを実行し、電動機組立体 100 の構成要素の異常振動の原因を特定してもよい。異常振動発生フラグは、しきい値  $A < \text{計測振動値} < \text{しきい値} B$  にて値 1 にセットされるフラグであり、制御装置 23 の電源起動時、モータ 3 停止時、および、しきい値  $A$  計測振動値等のタイミングにて値 0 に初期化される。

#### 【0109】

図 20 のステップ S 205 が「NO」の場合、制御装置 23 は、振動の周波数帯域ごとの計測振動値と、しきい値  $B$  とを比較する（ステップ S 207）。制御装置 23 は、比較した計測振動値のうち少なくともひとつがしきい値  $B$  以上の場合（ステップ S 208：YES）、電動機組立体 100 の運転を停止する（ステップ S 209）。この場合、制御装置 23 は、モータ 3 の停止と同時にエラー情報を外部に出力、すなわち、運転パネル 66 および外部端末 63 にて警報を発報するとよい。その後、制御装置 23 は、異常振動発生フラグをクリアする（ステップ S 210）。

10

#### 【0110】

比較した計測振動値の全てがしきい値  $B$  未満の場合（ステップ S 208：NO）、制御装置 23 は、全ての計測振動値が正常値内（計測振動値 しきい値  $A$ ）であると判断して、異常振動発生フラグを値 0 に初期化する（ステップ S 210）。

#### 【0111】

次に、図 21 にて通常運転状態 S 30 について説明する。図 19 の状態遷移図の START 状態 S01 から通常運転状態 S 30 へ移行したタイミングにて、制御装置 23 は、図 21 のフローチャートを開始する。ここで、ポンプ装置 200 における通常運転時とは、規定点でポンプ 50 が揚水運転を行っている状態をいう。通常運転状態 S 30 では、図 21 のステップ S 301 に示すように、制御装置 23 は、モータ 3 の回転速度  $F$  を任意の回転速度である通常回転速度  $F_0$  に決定し、モータ 3 を通常回転速度  $F_0$  で駆動する。この通常回転速度  $F_0$  は、電動機組立体 100 の通常運転時におけるモータ 3 の回転速度（通常回転速度）である。一実施形態では、通常回転速度  $F_0$  はポンプ 50 の性能曲線図に示された規定揚程と規定吐出し量との交点である規定点における回転速度である。

20

#### 【0112】

なお、通常運転状態 S 30 にて、制御装置 23 によるポンプ 50 の通常回転速度  $F_0$  の制御方法の例としては、ポンプ 50 の吐出し圧力の目標圧力を所定の設定圧力とするようにポンプ 50 の回転速度を制御する吐出し圧力一定制御、給水先の末端の圧力が所定の設定圧力となるようにポンプ 50 の回転速度を制御する推定末端圧力一定制御、不図示の電流センサの値が所定の値となるようにポンプ 50 の回転速度を制御する電流一定制御、流量センサ 72 の流量が所定の値となるようにポンプ 50 の回転速度を制御する流量一定制御、電動機 3 の回転速度が所定の値となるようにポンプ 50 の回転速度を制御する回転数一定制御等が挙げられる。

30

#### 【0113】

次に、ステップ S 302 にて異常振動発生フラグが値 1 か否かを判断する。異常振動発生フラグが図 20 のステップ S 206 にて値 1 にセットされていたら（ステップ S 302：YES）、図 22 の第 1 振動抑制運転に移行（ステップ S 40）し、異常振動発生フラグが値 0（ステップ S 302：NO）であれば、ステップ S 301 に戻り通常運転状態ステップ S 30 を継続する。

40

#### 【0114】

図 22 にて第 1 振動抑制運転状態 S 40 について説明する。図 22 の第 1 振動抑制運転では、モータ 3 の回転速度  $F$  を通常回転速度  $F_0$  とは異なる第 1 回転速度  $F_1$  にて運転する。第 1 回転速度  $F_1$  の値は任意の値であってもよい。一実施形態では、第 1 回転速度  $F_1$  の値は、通常回転速度  $F_0$  の値に任意の値を加算、減算、または乗算した値であってもよい。他の実施形態では、第 1 回転速度  $F_1$  の値は、第 1 回転速度  $F_1$  でのモータ 3 の駆動回数を示す第 1 駆動回数  $CN_1$  に応じて変化してもよい。また、ポンプ 50 の試験運転 S 10 で「振動異常領域」を記憶していれば、この「振動異常領域」を回避するように目

50

標圧力や第1回転速度F1を設定してもよいし、回転速度ごとの基準振動値が記憶部60に記憶されていれば基準振動値の大きい回転速度を回避するように第1回転速度F1を設定してもよい。

【0115】

まず、通常運転状態S30から第1振動抑制運転状態S40に移行したら、図22のステップS401に示すように、制御装置23は、第1駆動回数CN1のカウント数を確認し、このカウント数が存在する場合、駆動回数CN1のカウント数をクリアする。次に、制御装置23は、モータ3の回転速度Fを第1回転速度F1に決定し(図22のステップS402参照)、モータ3を第1回転速度F1で所定の時間T10(ステップS403: NO)の間運転した後(ステップS403: YES)に、モータ3の回転速度Fを再び通常回転速度F0に変更する(ステップS404参照)。

10

【0116】

その後、制御装置23は、モータ3を通常回転速度F0で所定の時間T11(ステップS405: NO)の間運転した後(図22のステップS405: YES)、異常振動発生フラグが値1か否かを判断(ステップS406)する。ここで、時間T10, T11は同じであってもよく、異なってもよい。

【0117】

異常振動発生フラグが図20のステップS206にて値1にセットされていたら(ステップS406: YES参照)、制御装置23は、第1駆動回数CN1に1を加算する(ステップS407)。第1駆動回数CN1のカウント数は制御装置23の記憶部60に格納される。制御装置23は、第1駆動回数CN1が所定の回数よりも大きい場合(図22のステップS408の「YES」参照)、すなわち、第1振動抑制運転が連続的に所定回数、実行された場合、制御装置23は、図23の第2振動抑制運転状態S50へと移行(図22のステップS50参照)する。

20

【0118】

ここで、図22のステップS406にて、異常振動発生フラグが値0の場合(図20のステップS206にて値1にセットされていない場合)ステップS406はNOとなり、図21の通常運転状態S30へ移行(ステップS30)する。

【0119】

図23にて第2振動抑制運転状態S50について説明する。図23の第2振動抑制運転状態S50では、モータ3の回転速度Fを通常回転速度F0、第1回転速度F1とは異なる第2回転速度F2に変更して運転する。第2回転速度F2の値は任意の値であってもよい。一実施形態では、第2回転速度F2の値は、通常回転速度F0の値または第1回転速度F1の値に任意の値を加算、減算、または乗算した値であってもよい。他の実施形態では、第2回転速度F2の値は、第2回転速度F2でのモータ3の駆動回数を示す第2駆動回数CN2に応じて変化してもよい。また、第1回転速度F1と同様にポンプ50の試験運転S10中の振動や基準振動値に基づいて第2回転速度F2を設定してもよい。

30

【0120】

図23のステップS501に示すように、制御装置23は、モータ3の回転速度Fを任意の第2回転速度F2に決定し、モータ3を第2回転速度F2で所定の時間T20(ステップS502: NO)の間、運転した後(ステップS502: YES)、異常振動発生フラグの値が1か否かを判断する。

40

【0121】

制御装置23は、異常振動発生フラグの値が1(図20のステップS206にて値1にセット)の場合(ステップS503: YES)、第2駆動回数CN2に1を加算する(ステップS504)。第2駆動回数CN2のカウント数は制御装置23の記憶部60に格納される。

【0122】

制御装置23は、第2駆動回数CN2が所定の回数よりも大きい場合(ステップS506: YES)、すなわち、第2振動抑制運転が連続的に所定回数、実行された場合、エラ

50

一情報を外部に出力、すなわち、警報を発報する（ステップS507）。その後、制御装置23は、警報がリセットされるまでの間（ステップS508：NO）、モータ3の回転速度Fを第2回転速度F2に決定した状態で電動機組立体100を運転する（ステップS508）。警報がリセットされた場合（ステップS508：YES）、制御装置23は、電動機組立体100の運転を図21の通常運転状態S30に戻す。

#### 【0123】

ここで、ステップS503に説明に戻す。ステップS503にて異常振動発生フラグの値が0の場合（図23のステップS503の「NO」参照）は、第2駆動回数CN2のカウント数をクリア（ステップS505）し、再び図23のステップS501を実行する。ステップS503がNOとなった要因は、モータ3の回転速度Fを第2回転速度F2に変更したことで異常振動が抑えられた、と考えることができる。よって、ステップS503でNOとなっても、モータ3の回転速度Fを第2回転速度F2のままポンプ50の運転を継続することで、モータ3の回転速度Fを通常回転速度F0や第1回転速度F1に戻すよりも確実に給水を継続できる。また、制御装置23は、第2駆動回数CN2が所定の回数以下の場合（ステップS506：NO）は、再び図23のステップS501を実行し、警報の発報を回避する。

10

#### 【0124】

このように、第1振動抑制運転、第2振動抑制運転を実行することで、計測振動値がしきい値B以上となりポンプ50が振動異常で停止することを回避することができる。

#### 【0125】

以上、上述した実施形態では、電動機組立体100に異常振動が発生した場合における振動抑制運転について説明したが、制御装置23は、ポンプ50に異常振動が発生した場合であっても、振動抑制運転を実行することができる。

20

#### 【0126】

##### （実施例2）

上述した実施例1では、ポンプ50の吐出し側のバルブ75を全閉した状態での試験運転について説明したが、以下の実施形態では、バルブ75を開いた状態でのポンプ50の運転時における試験運転について説明する。なお、以下の実施形態において、上述した実施形態と同様の方法並びに構成については、その説明を省略することがある。

#### 【0127】

本実施形態では、制御装置23は、ポンプ50が最高効率点もしくは規定点で運転されるように、バルブ75が開かれた状態でモータ3の回転速度を段階的に上昇させる。このとき、流量センサ72によって検出された流量に基づいて、各段階における回転速度に対応する流量値（計測流量値）を取得してもよい。

30

#### 【0128】

図5にて、本実施形態の試験運転モードにおける動作フローチャートを説明する。まず、ユーザーは、試験運転を開始する準備を行う。本実施例では、まず、ステップS101では、ユーザーは、ポンプ50が最高効率点もしくは規定点で運転されるようにバルブ75の開度を調整する。また、ユーザーは、ポンプ装置200の電源投入し、試験運転モードに切り替える等の準備を行う（図5のステップS101参照）。次に、ユーザーによる操作等をトリガとして、ポンプ装置200の試験運転を開始する（図5のステップS102参照）。

40

#### 【0129】

制御装置23は、モータ3の回転速度を所定の回転速度（例えば、定格回転速度）まで段階的に上昇させ、各段階における回転速度に対応する振動値（計測振動値）を取得する（図5のステップS103参照）。一実施形態では、制御装置23は、インバータ22の周波数を0Hzから最大周波数（例えば、50Hz）まで5Hzの間隔で段階的（0Hz, 5Hz, 10Hz, ……45Hz, 50Hz）に上昇させる。また、目標圧力を段階的に上昇させ、ポンプ50の吐出し圧力が該目標圧力となるようにモータ3の回転速度を制御することで、モータ3の回転速度を段階的に上昇させてもよい。各段階における

50

周波数では、周波数や吐出し圧力が安定するまで所定時間（例えば10秒間程度）待機させた後の計測振動値を記憶部60に記憶する。

【0130】

本実施形態でも図6に示す記憶テーブルTb11、Tb12、Tb13、および、Tb14に振動センサ毎の計測振動値を記憶するとよい。

【0131】

また、ポンプ50の試験運転中に特定の回転速度において過剰な振動が発生した場合には、制御装置23は、実施形態1と同様に該回転速度、該回転速度時の吐出し流量、および、該回転速度時の吐出し圧力の少なくともひとつを「振動異常領域」として記憶部60にて記憶するとよい。

10

【0132】

制御装置23は、更に、各段階における回転速度に対応する吐出し圧力、吐出し流量を取得し記憶するとよい。そうすれば、制御装置23は、吐出し圧力および吐出し流量と振動値とを関連付けることができ、ポンプ50に作用する流量に起因する振動を特定することができる。ポンプ装置200が、例えば直結給水装置用のブースタポンプ等であって、吸込圧力が変動する場合は、記憶テーブルTb11、Tb12、Tb13、Tb14には、更に各段階における回転速度に対応する吸込圧力を記憶してもよい。この場合、吐出し圧力から吸込圧力を差し引いた圧力値を記憶してもよい。

【0133】

次に、図5のステップS103にて所定の回転速度まで計測振動値の測定が終了したら、ユーザーによる操作等をトリガとしてポンプ装置200の試験運転モードを終了し、ポンプ装置200の試験運転を終了する（図5のステップS104参照）。ステップS103にて記憶された記憶テーブルTb11～Tb14の計測振動値は、正常時におけるポンプ装置の振動値であるので、制御装置23は、記憶テーブルTb11～Tb14の計測振動値に基づいてポンプ装置200の異常振動を検出することができる。

20

【0134】

ポンプ50の吐出し流量は回転速度に比例するため、制御装置23は、ポンプ50の吐出し流量と振動値とを関連付けることができ、結果として、ポンプ装置200によって移送される流体の流量に起因する計測振動値を得ることができる。

【0135】

制御装置23は実施例1と同様に計測振動値に基づいて振動異常を検出するとよい。また、ポンプ装置200によって移送される流体の流量が増加するほど、ポンプ装置200に発生する振動が大きくなる可能性があるため、流体の流量が高くなるほど、記憶テーブルTb11からTb13の計測振動値に加算または乗算される数値（記憶テーブルTb11からTb13の各計測振動値に所定の割合を示す数値）を大きくしてもよい。

30

【0136】

本実施形態によれば、制御装置23は、第1モータ側振動センサ31、第2モータ側振動センサ35、インバータ側振動センサ36、ポンプ側振動センサ56の少なくとも1つの計測振動値と、上述した手段と同様の手段によって得られたしきい値とを比較して、ポンプ装置200の構成要素の異常振動の発生をより正確に決定することができる。

40

【0137】

上述した実施形態では、ポンプ装置200の異常振動の基準となるしきい値を補正する方法について説明したが、しきい値の補正方法は、電動機組立体100（図1参照）に対しても適用することができる。

【0138】

（変形例）

また、上述した実施例1、実施例2では、計測振動値の記憶テーブルTb11～Tb14への記憶は、制御装置23の試験運転モードにて実行したが、これに代えて、ポンプ50の手動運転にて計測振動値を記憶してもよい。本変形例のポンプ装置200の運転パネル66の一例を図24に示す。運転パネル66は、記憶部60の各種情報を表示する複数

50

桁の（ここでは4桁）7セグメントLED660、7セグメントLED660の表示内容を切り替える表示切替ボタン661、ユーザーの設定変更を確定する設定ボタン662、7セグメントLED660の値や表示項目を加算するアップボタン663、7セグメントLED660の値や表示項目を減算するダウンボタン664、ポンプ50の手動運転を選択する手動運転ボタン665、ポンプ50の自動運転を選択する自動運転ボタン666、および、ポンプ50の運転可不可を選択する運転選択スイッチ667を有する。なお、運転パネル66は、後述する各機能が満たされれば、タッチパネル式の液晶表示等にて構成されてもよい。

#### 【0139】

運転パネル66は、ユーザーの手動運転によるポンプ50の回転速度を入力可能な手段を有し、手動運転によってインバータ22の周波数を0Hzから最大周波数（例えば、50Hz）までの間で任意に設定することができる。具体的には、手動運転ボタン665、を押下して手動運転を選択し、運転選択スイッチ667を運転可にした状態で、アップボタン663またはダウンボタン664にて7セグメントLED660に表示されたポンプ50の回転速度を加算または減算することで、ユーザーはポンプ50の回転速度を任意に設定することができる。

10

#### 【0140】

また、運転パネル66や外部端末63は、ポンプ50の回転速度と計測振動値の現在値を表示するとよい。具体的には、ユーザーが表示切替ボタン661を押下することで7セグメントLED660にポンプ50の回転速度と計測振動値の現在値を表示する。さらには、運転パネル66は、計測振動値を入力し、入力された計測振動値を記憶テーブルTb11~Tb14に設定する設定手段を有する。具体的には、表示切替ボタン661にて入力する計測振動値を選択し7セグメントLED660に表示し、アップボタン663またはダウンボタン664にて設定する計測振動値の値を入力し、設定ボタンを押下することで、ユーザーは、入力した計測振動値の値を記憶テーブルTb11~Tb14に設定することができる。

20

#### 【0141】

本変形例では、図5のステップS101の準備の後に、ユーザーは、ステップS102でポンプ装置200の手動運転を開始し、ステップS103でモータ3の回転速度を所定の回転速度（例えば、定格回転速度）まで段階的に上昇させ、且つ、ユーザーは各段階における回転速度に対応する振動値（計測振動値）を取得する。

30

#### 【0142】

一実施形態では、ユーザーは、手動運転によってインバータ22の周波数を0Hzから最大周波数（例えば、50Hz）まで5Hzの間隔で段階的（0Hz, 5Hz, 10Hz, ……45Hz, 50Hz）に上昇させる。そして、ユーザーは、各段階における周波数の計測振動値を運転パネル66や外部端末63より視認し、該計測振動値を図6に示す記憶テーブルTb11~Tb14に記憶する。具体的には、制御装置23もしくは外部端末63に不図示の「記憶ボタン」を設け、ユーザーが該「記憶ボタン」を操作すると計測振動値が記憶テーブルTb11~Tb14に記憶されてもよいし、ユーザーは、7セグメントLED660に段階毎の計測振動値を表示し、表示された計測振動値を紙媒体や記憶メディア等に記録し、記録した計測振動値を運転パネル66や外部端末から入力して記憶テーブルTb11~Tb14に設定してもよい。また、外部端末63の記憶部（不図示）に各段階における計測振動値を記憶し、外部端末63に記憶した計測振動値を制御装置23に通信等にて書き込みしてもよい。

40

#### 【0143】

次に、図5のステップS103にて所定の回転速度まで計測振動値の測定が終了したら、ユーザーは、ポンプを停止して、手動運転によるポンプ装置200の試験運転を終了する（図5のステップS104参照）。なお、ポンプ装置200の試験運転を終了した後に、ユーザーは、S103にて取得した記憶テーブルTb11~Tb14の計測振動値を記憶してもよい。

50

## 【 0 1 4 4 】

本変形例によっても、制御装置 2 3 は、第 1 モータ側振動センサ 3 1、第 2 モータ側振動センサ 3 5、インバータ側振動センサ 3 6、ポンプ側振動センサ 5 6 の少なくとも 1 つの計測振動値と、記憶テーブル T b 1 1 ~ T b 1 4 より得られたしきい値と、を上述した実施例と同様の手段によって比較して、ポンプ装置 2 0 0 の構成要素の異常振動の発生をより正確に決定することができる。

## 【 0 1 4 5 】

これまで本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術思想の範囲内において、種々の異なる形態で実施されてよいことは勿論である。

10

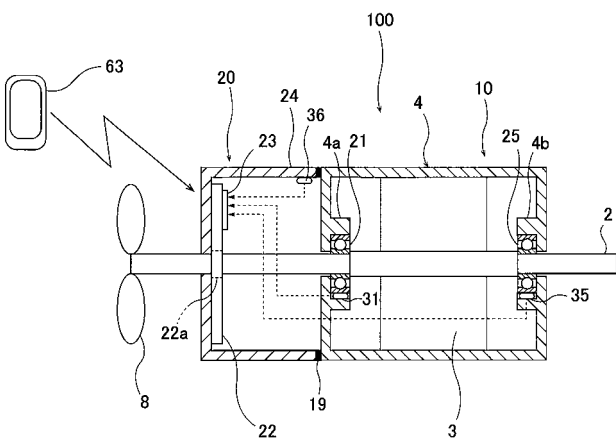
## 【符号の説明】

## 【 0 1 4 6 】

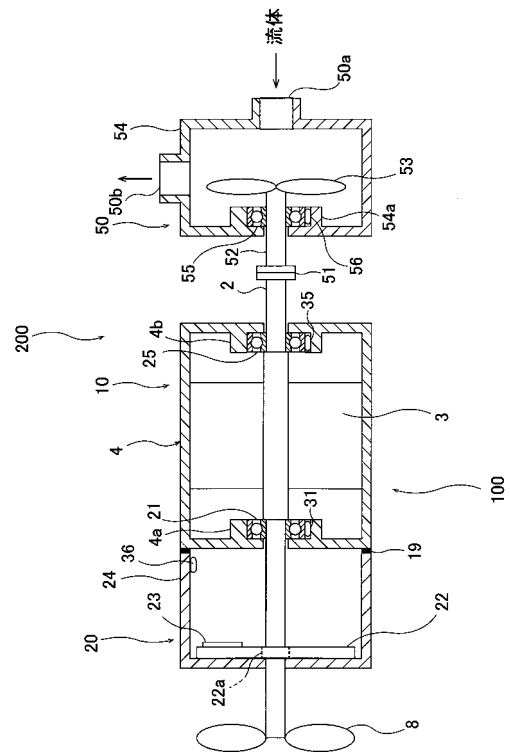
2	駆動軸	
3	モータ（電動機）	
4	モータケーシング	
4 a	軸受支持部	
4 b	軸受支持部	
8	冷却ファン	
1 0	モータ部	
1 9	封水部	20
2 0	インバータ部	
2 1 , 2 5	軸受	
2 2	インバータ	
2 2 a	貫通孔	
2 3	制御装置	
2 4	インバータハウジング	
3 1	第 1 モータ側振動センサ	
3 5	第 2 モータ側振動センサ	
3 6	インバータ側振動センサ	
5 0	ポンプ	30
5 1	カップリング	
5 2	回転軸	
5 3	羽根車	
5 4	ポンプケーシング	
5 4 a	軸受支持部	
5 5	軸受	
5 6	ポンプ側振動センサ	
6 0	記憶部	
6 1	演算部	
6 2	タイマー	40
6 3	外部端末	
6 4	外部通信部	
6 5	入出力部	
6 6	運転パネル	
7 0	流入管	
7 1	吐出管	
7 2	流量センサ（流量検出器）	
7 3 , 7 4	圧力センサ（圧力検出器）	
7 5	バルブ	
1 0 0	電動機組立体	50

- 200 ポンプ装置
- 210 ポンプ設備

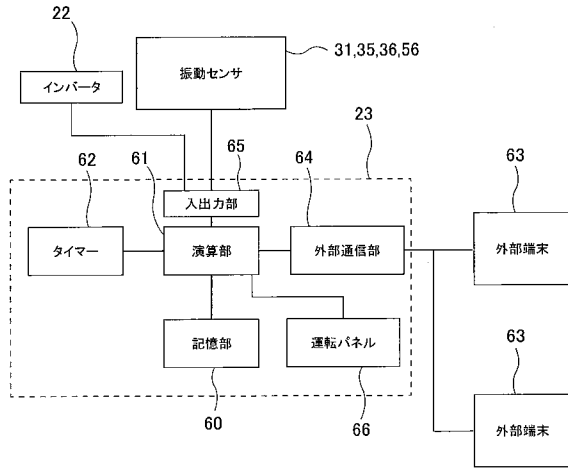
【 図 1 】



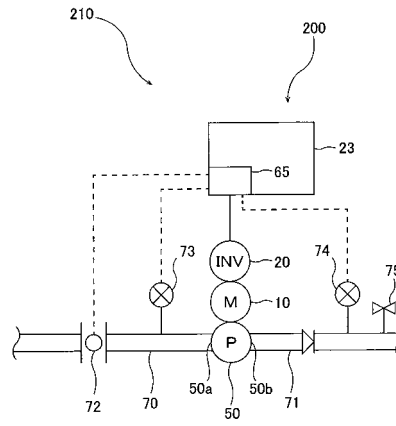
【 図 2 】



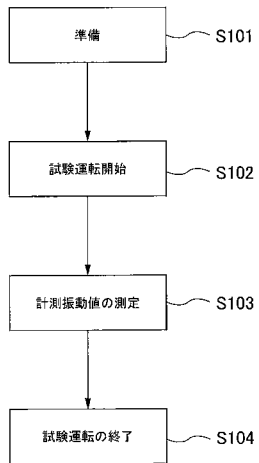
【 図 3 】



【 図 4 】



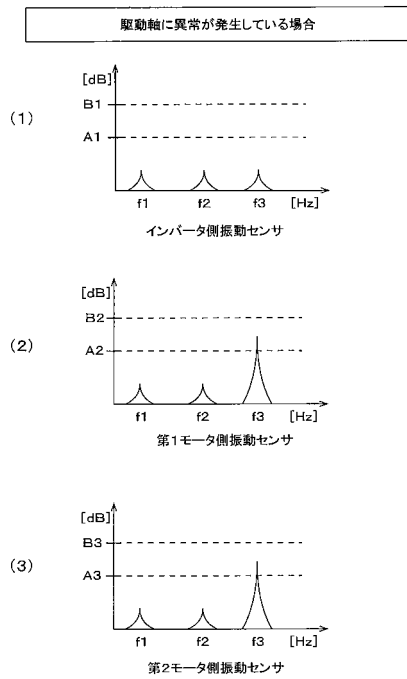
【 図 5 】



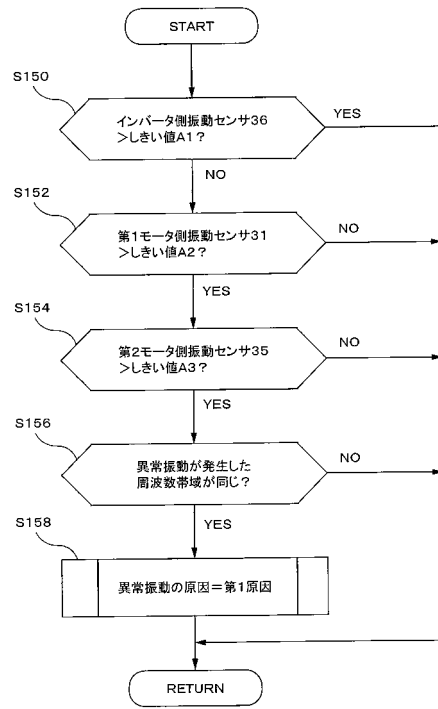
【 図 6 】

	f1	f2	...	f3	...	圧力	
5Hz							
10Hz							
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
50Hz							
							Tb11
							Tb12
							Tb13
							Tb14

【 図 7 】



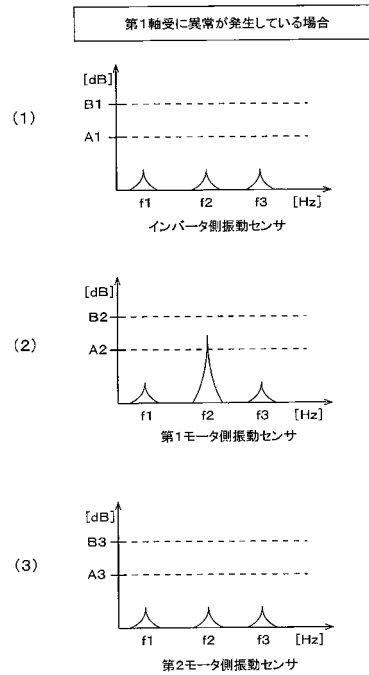
【 図 8 】



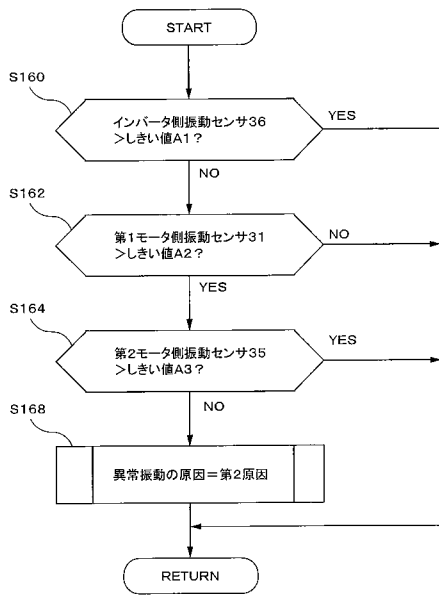
【 図 9 】

	異常振動の検出の有無
インバータ側振動センサ	検出なし
第1モータ側振動センサ	検出あり
第2モータ側振動センサ	検出あり

【 図 10 】



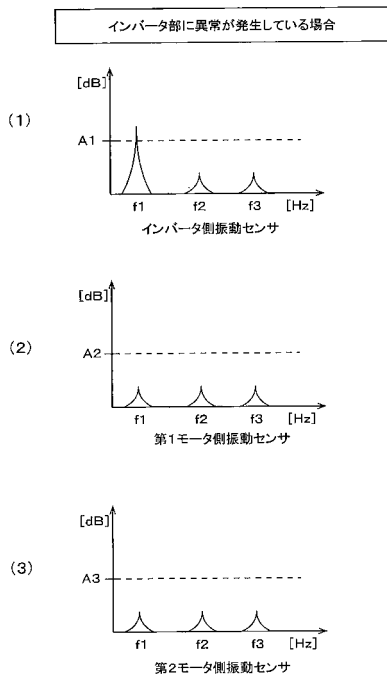
【図11】



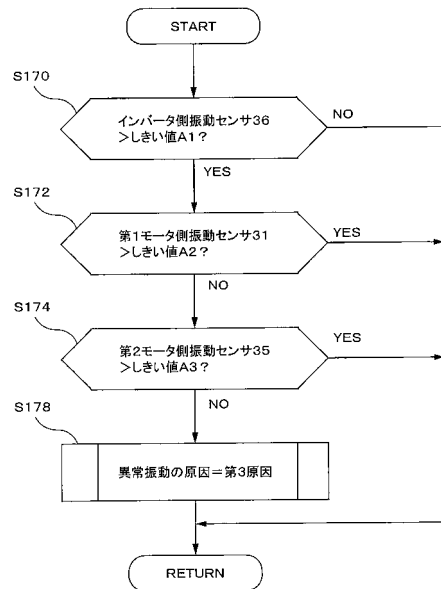
【図12】

	異常振動の検出の有無
インバータ側振動センサ	検出なし
第1モータ側振動センサ	検出あり
第2モータ側振動センサ	検出なし

【図13】



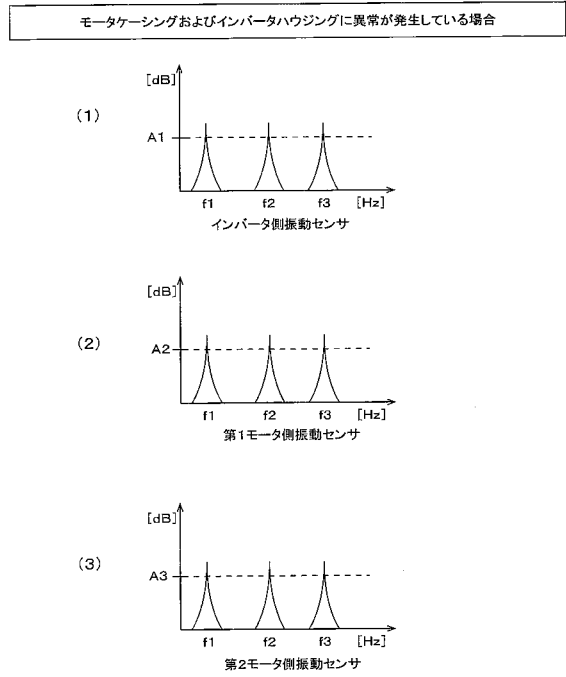
【図14】



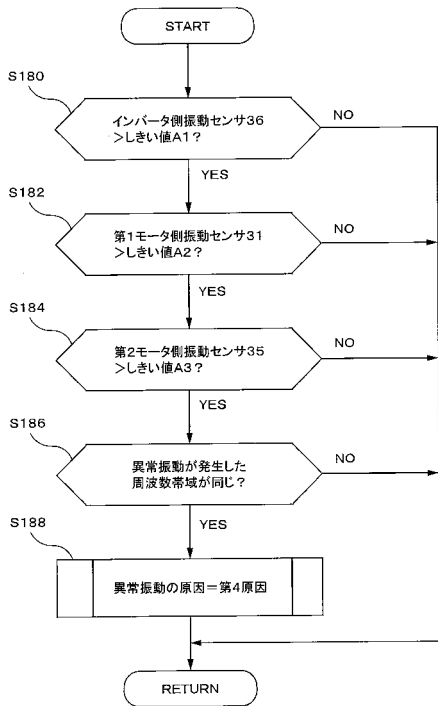
【 図 1 5 】

	異常振動の検出の有無
インバータ側振動センサ	検出あり
第1モータ側振動センサ	検出なし
第2モータ側振動センサ	検出なし

【 図 1 6 】



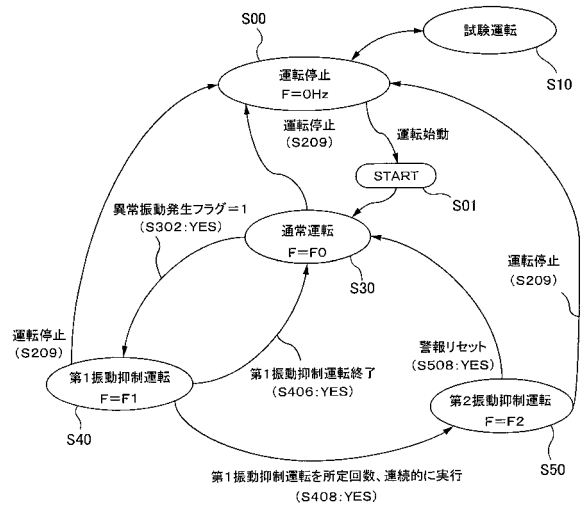
【 図 1 7 】



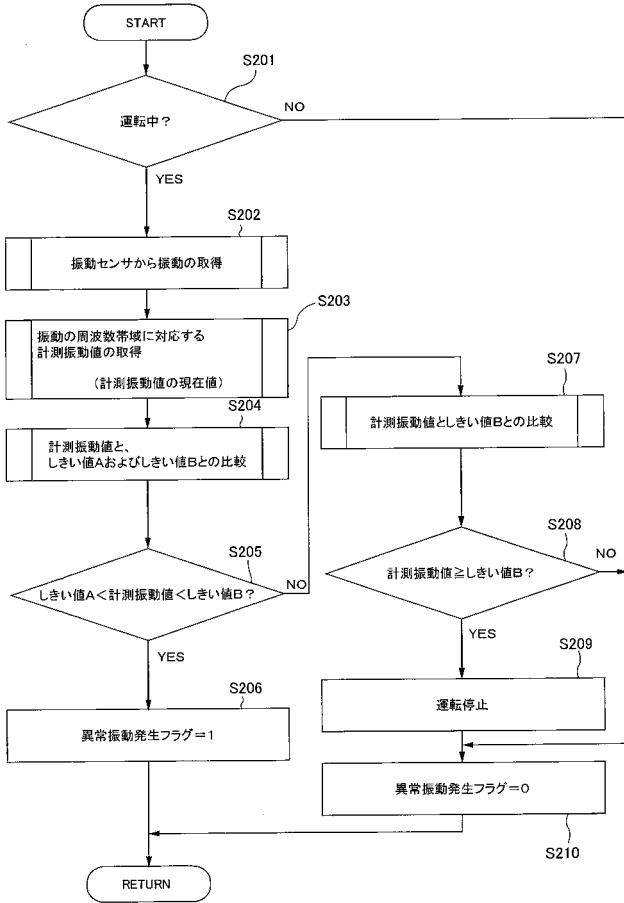
【 図 1 8 】

	異常振動の検出の有無
インバータ側振動センサ	検出あり
第1モータ側振動センサ	検出あり
第2モータ側振動センサ	検出あり

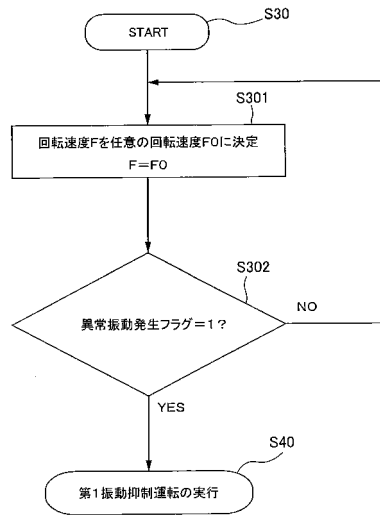
【 図 1 9 】



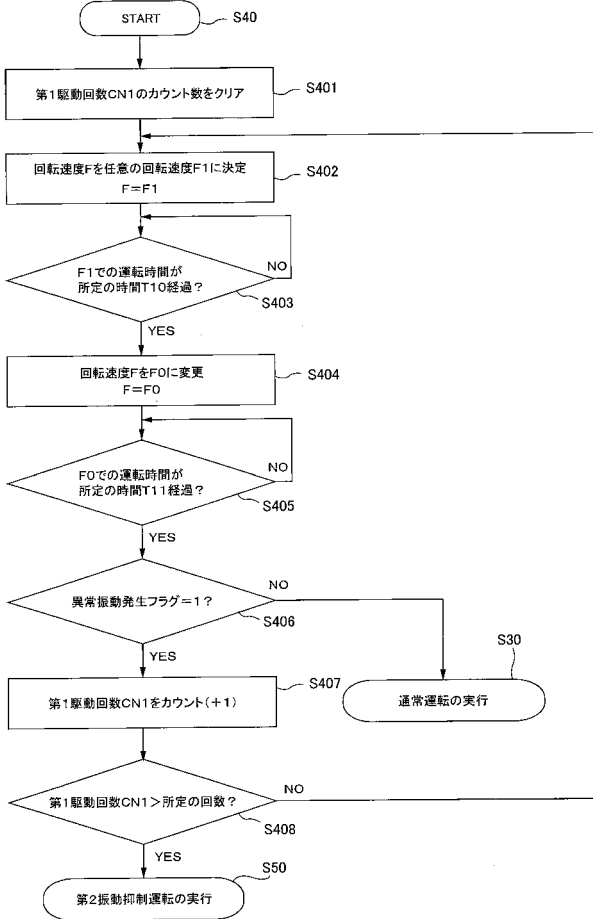
【図20】



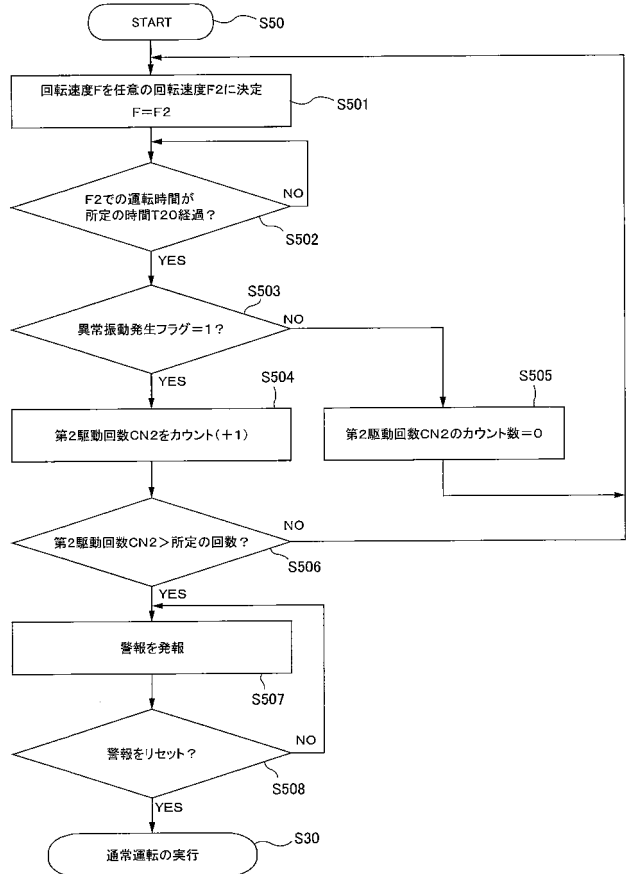
【図21】



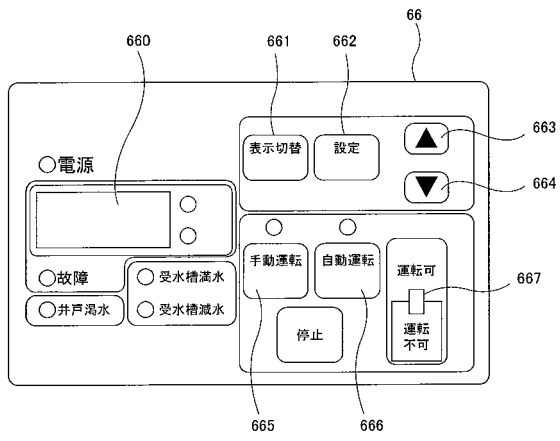
【図22】



【図23】



【 図 2 4 】



---

 フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
<b>H 0 2 K</b>	<b>7/14</b>	<b>(2006.01)</b>	H 0 2 K	7/14		B
<b>H 0 2 P</b>	<b>29/024</b>	<b>(2016.01)</b>	H 0 2 P	29/024		

Fターム(参考) 3H145 AA06 AA12 AA23 AA42 BA28 BA41 CA03 CA09 CA22 DA02  
 DA05 EA17 EA26 EA36 EA42 FA17  
 5H501 AA05 BB08 BB09 DD04 GG03 HB07 JJ03 JJ17 JJ18 LL47  
 LL52 LL53 MM01 MM09  
 5H607 AA04 AA12 BB01 BB07 CC05 CC07 DD03 DD08 FF06 HH00  
 5H611 AA01 BB01 BB06 PP03 QQ09 TT01 TT02 UA04 UA05