

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年11月2日(02.11.2023)



(10) 国際公開番号

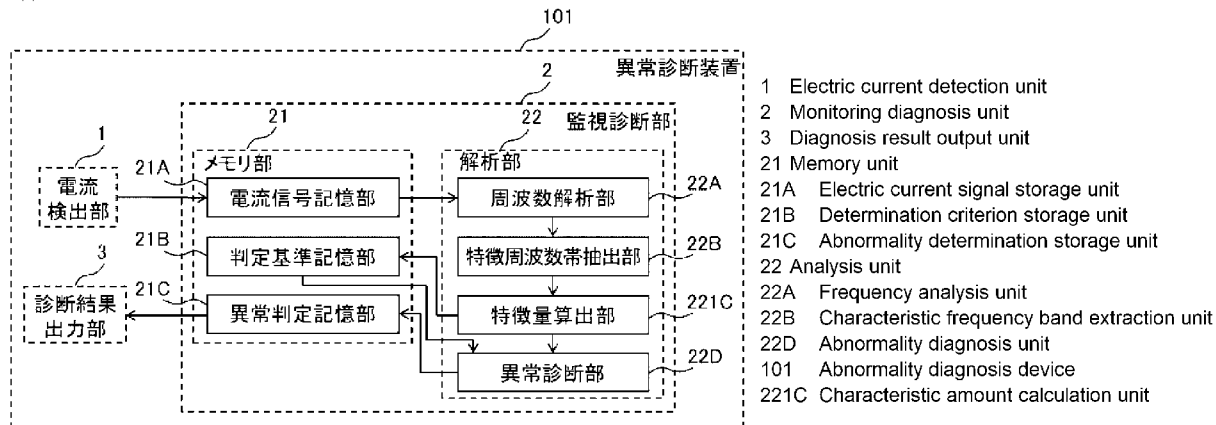
WO 2023/210441 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 31/34 (2020.01) G01M 99/00 (2011.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/015466
- (22) 国際出願日: 2023年4月18日(18.04.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2022-072528 2022年4月26日(26.04.2022) JP
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 開田 健(HIRAKIDA Ken); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 金丸 誠(KANEMARU Makoto); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 井上 啓(INOUE Hiroshi); 〒1008310 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 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人ぱるも特許事務所(PALMO PATENT FIRM, P.C.); 〒6610033 兵庫県尼崎市南武庫之荘3丁目35番8号 Hyogo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,

(54) Title: ABNORMALITY DIAGNOSIS DEVICE, ABNORMALITY DIAGNOSIS SYSTEM, ABNORMALITY DIAGNOSIS METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 異常診断装置、異常診断システム、異常診断方法及びプログラム

図2



(57) Abstract: An abnormality diagnosis device (101) according to the present disclosure comprises: an electric current signal storage unit (21A) that stores an electric current signal of an electric motor (5); a frequency analysis unit (22A) that performs a frequency analysis of a waveform of the electric current signal; a characteristic frequency band extraction unit (22B) for extracting data belonging to a characteristic frequency band so that the frequency analysis result includes a plurality of spectrum peaks in a preset frequency range; a characteristic amount calculation unit (221C) that detects the plurality of spectrum peaks from the data belonging to the characteristic frequency band, excludes, from the data belonging to the characteristic frequency band, data detected as the plurality of spectrum peaks, and calculates the total sum of signal intensities included in the detected data belonging to the characteristic frequency band having undergone data exclusion; and an abnormality diagnosis unit (22D) that, when the total sum is not less than a first threshold value, diagnoses an abnormality of a rotary machine facility. Accordingly, it is possible to diagnose, with high accuracy, an abnormality that is caused by a failure mode in conjunction with minute torque fluctuation. Further, the diagnosis result may be transmitted to a plurality of the rotary machine facilities connected over a network.



CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 本開示に係る異常診断装置(101)は、電動機(5)の電流信号を格納する電流信号格納部(21A)と、電流信号の波形を周波数解析する周波数解析部(22A)と、周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出部(22B)と、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークを検出し、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外し、当該データを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる信号強度の総和を算出する特徴量算出部(221C)と、総和が第1の閾値以上の場合、回転機械設備が異常と診断する異常診断部(22D)とを備え、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断できる。また、診断結果をネットワークに接続された複数の回転機械設備に送信してもよい。

明 細 書

発明の名称：

異常診断装置、異常診断システム、異常診断方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、異常診断装置、異常診断システム、異常診断方法及びプログラムに関わる。

背景技術

[0002] 従来、電動機及び電動機を動力源とするポンプ、ファン、ブロー等の負荷設備から構成される回転機械設備が多数存在する。例えば、電動機及び負荷設備の異常診断は、電動機の駆動電流を周波数解析した結果から、異常により変動する信号強度を検出することにより行われている。

[0003] しかし、ポンプのキャビテーション、異物又はエアの噛み込み等の故障モードに伴って発生する電動機の微小なトルク変動は、周期性を持ちにくいいため当該駆動電流の波形を周波数解析した結果において特定のスペクトルピークとして現れにくい。そのため、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を診断することは困難であった。

[0004] そこで、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を診断する方法が検討されている。例えば、特許文献1の異常診断装置では、電動機の駆動電流を周波数解析し、予め設定された周波数範囲から基本波及び高調波を除外した後、当該周波数範囲において上位から予め設定された数の強度値を合算して劣化度を算出することにより、キャビテーションを原因とする異常が発生した場合の電動機の異常診断を行っている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特開2020-153965公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1の方法では、キャビテーション以外の故障モード、又はインバータ駆動の影響で生じたノイズがキャビテーションと同時に発生した場合、予め設定された周波数範囲に基本波及び高調波以外のスペクトルピークが発生し、強度値の合算に当該スペクトルピークが含まれることになってしまう。これにより、微小なトルク変動を検出する精度が低下し、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断することが困難であるという課題があった。

[0007] 本開示は、上述した課題を解決するためになされたものであり、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断できる異常診断装置等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

[0008] 本開示に係る異常診断装置は、回転機械設備の異常を診断する異常診断装置であって、電動機の電流信号を格納する電流信号記憶部と、電流信号記憶部に格納された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析部と、周波数解析部が電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出部と、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークを検出し、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外し、複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出部と、総和が第1の閾値以上の場合、回転機械設備が異常と診断する異常診断部と、を備えることを特徴とする。

[0009] 本開示に係る異常診断装置は、回転機械設備の異常を診断する異常診断装置であって、電動機の電流信号を格納する電流信号記憶部と、電流信号記憶部に格納された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析部と、周波数解析部が電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように

特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出部と、特徴周波数帯に属するデータを信号強度の強度順に並び変え、特徴周波数帯に属するデータから信号強度が第2の閾値以上であるデータを除外し、信号強度が第2の閾値以上であるデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出部と、総和が第1の閾値以上の場合、回転機械設備が異常と診断する異常診断部と、を備えることを特徴とする。

[0010] 本開示に係る異常診断システムは、回転機械設備の異常を診断する異常診断システムであって、電動機の電流信号を格納する電流信号記憶部と、電流信号記憶部に格納された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析部と、周波数解析部が電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出部と、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークを検出し、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外し、複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出部と、総和が第1の閾値以上の場合、回転機械設備が異常と診断する異常診断部と、を備えることを特徴とする。

[0011] 本開示に係る異常診断システムは、回転機械設備の異常を診断する異常診断システムであって、電動機の電流信号を格納する電流信号記憶部と、電流信号記憶部に格納された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析部と、周波数解析部が電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出部と、特徴周波数帯に属するデータを信号強度の強度順に並び変え、特徴周波数帯に属するデータから信号強度が第2の閾値以上であるデータを除外し、信号強度が第2の閾値以上であるデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに

含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出部と、総和が第 1 の閾値以上の場合、回転機械設備が異常と診断する異常診断部と、を備えることを特徴とする。

[0012] 本開示に係る異常診断方法は、電動機に流れる電流信号を検出する電流信号検出ステップと、電流信号検出ステップで検出された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析ステップと、周波数解析ステップが電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出ステップと、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークを検出し、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外するデータ除外ステップと、複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出ステップと、総和が第 1 の閾値以上か否かを判定する判定ステップと、総和が第 1 の閾値以上の場合、回転機械設備が異常と診断する異常診断ステップと、を備えることを特徴とする。

[0013] 本開示に係る異常診断方法は、回転機械設備の異常を診断する異常診断方法であって、電動機に流れる電流信号を検出する電流信号検出ステップと、電流信号検出ステップで検出された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析ステップと、周波数解析ステップが電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出ステップと、特徴周波数帯に属するデータを信号強度の強度順に並び変え、特徴周波数帯に属するデータから信号強度が第 2 の閾値以上であるデータを除外するデータ除外ステップと、信号強度が第 2 の閾値以上であるデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出ステップと、総和が第 1 の閾値以上か否かを判定する判定ステップと、総和が第 1 の閾値以上の場合、回転機械設備が異常

と診断する異常診断ステップと、を備えることを特徴とする。

[0014] 本開示に係るプログラムは、回転機械設備の異常を診断するプログラムであって、コンピュータに、電動機に流れる電流信号を検出する電流信号検出ステップと、電流信号検出ステップで検出された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析ステップと、周波数解析ステップが電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出ステップと、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークを検出し、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外するデータ除外ステップと、複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出ステップと、総和が第1の閾値以上か否かを判定する判定ステップと、総和が第1の閾値以上の場合、回転機械設備が異常と診断する異常診断ステップと、を実行させることを特徴とする。

[0015] 本開示に係るプログラムは、回転機械設備の異常を診断するプログラムであって、コンピュータに、電動機に流れる電流信号を検出する電流信号検出ステップと、電流信号検出ステップで検出された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析ステップと、周波数解析ステップが電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出ステップと、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークを検出し、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外するデータ除外ステップと、複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出ステップと、総和が第1の閾値以上か否かを判定する判定ステップと、総和が第1の閾値以上の場合、回転機械設備が異常と診断する異常診断ステップと、を実

行させることを特徴とする。

発明の効果

[0016] 本開示によれば、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断できる。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1]実施の形態1に係る異常診断装置の概略構成を示す図である。
- [図2]実施の形態1に係る異常診断装置の概略構成を示す図である。
- [図3]実施の形態1に係る診断結果出力部の概略構成を示す図である。
- [図4]実施の形態1に係る監視診断部のハードウェア構成を示す図である。
- [図5]実施の形態1に係る異常診断装置の処理フローを示すフローチャートである。
- [図6]実施の形態1に係る電流検出部が測定する電流信号の波形の一例を示す図である。
- [図7]実施の形態1に係る電流検出部が測定した電流信号の周波数解析結果の一例を示す図である。
- [図8]実施の形態1に係る電流検出部が測定した電流信号の周波数解析結果の一例を示す図である。
- [図9]実施の形態1に係る電流検出部が測定した電流信号の周波数解析結果の一例を示す図である。
- [図10]実施の形態1に係る異常診断装置の別の概略構成を示す図である。
- [図11]実施の形態1に係る異常診断装置の別の概略構成を示す図である。
- [図12]図11の回路の概略構成図である。
- [図13]実施の形態1の変形例1に係る異常診断システムの概略構成を示す図である。
- [図14]実施の形態1に変形例2に係る異常診断システムの概略構成を示す図である。
- [図15]実施の形態2に係る異常診断装置の概略構成を示す図である。
- [図16]実施の形態2に係る異常診断装置の処理フローを示すフローチャート

である。

[図17]実施の形態2に係る電流検出部が測定した電流信号の周波数解析結果の一例を示す図である。

[図18]実施の形態2に係るソートデータの一例を示す図である。

[図19]実施の形態2の変形例1に係る異常診断システムの概略構成を示す図である。

[図20]実施の形態2に変形例2に係る異常診断システムの概略構成を示す図である。

[図21]実施の形態3に係る異常診断装置の概略構成を示す図である。

[図22]実施の形態3に係る異常診断装置の処理フローを示すフローチャートである。

[図23]実施の形態4に係る異常診断装置の概略構成を示す図である。

[図24]実施の形態4に係る異常診断装置の処理フローを示すフローチャートである。

[図25]実施の形態5に係る異常診断装置の概略構成を示す図である。

[図26]実施の形態5に係る異常診断装置の処理フローを示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本開示の実施の形態について、添付の図面を参照しながら説明する。なお、図面は模式的に示されたものであり、異なる図面にそれぞれ示されている画像のサイズおよび位置の相互関係は、必ずしも正確に記載されたものではなく、適宜変更され得る。また、以下の説明では、同様の構成要素には同じ符号を付して図示し、それらの名称および機能も同一又は同様のものとする。よって、それらについての詳細な説明を省略する場合がある。

[0019] 実施の形態1.

図1～図9を用いて本実施の形態における異常診断装置101について説明する。

図1において、異常診断装置101は、電動機5に接続されている配線9

A、9 B、9 Cのいずれかに接続された電流検出部 1 と、監視診断部 2 と、診断結果出力部 3 とを有する。

[0020] 電流検出部 1 は、配線 9 A、9 B、9 Cに流れる電流を計測しており、これにより電動機 5 を駆動する駆動電流を取得する。電流検出部 1 は、取得した駆動電流を電流信号として監視診断部 2 に出力する。監視診断部 2 は、回転機械設備 4 の異常を判定する。監視診断部 2 は、回転機械設備 4 の異常を判定すると、判定結果を診断結果出力部 3 に送る。診断結果出力部 3 は、異常の発生有無を監視担当者に知らせる。

[0021] 電動機 5 は、三相交流モータであり、商用電源 8 にインバータ 7 を介して接続され、インバータ 7 により駆動される。

インバータ 7 は、商用電源 8 に接続され、商用電源 8 からの交流電力を直流電力に変換する A C - D C コンバータと、直流電力を交流電力に変換する D C - A C コンバータとを組み合わせ構成されており、D C - A C コンバータが変換した交流電力を電動機 5 に供給する。

回転機械設備 4 は、電動機 5 と、電動機 5 に接続され電動機 5 を動力源とする負荷設備 6 とを有する。例えば、負荷設備 6 は、電動機 5 を動力源として駆動する水ポンプ、真空ポンプ、ファン、ブロア等である。

[0022] 一例として、異常診断装置 1 0 1 を浄水場、下水処理場などの水処理プラントを始めとした公共プラント監視制御システムに適用する場合について説明する。水処理プラントで使用される取水ポンプ、送水ポンプ等の負荷設備 6 は電動機 5 によって駆動される。異常診断装置 1 0 1 は、電動機 5 に接続されている配線 9 A、9 B、9 Cのいずれかに接続された電流検出部 1 から取得した電流信号を用いて、監視診断部 2 にて負荷設備 6 と電動機 5 から構成される回転機械設備 4 の異常診断を行う。監視診断部 2 により判定された回転機械設備 4 の異常は、診断結果出力部 3 に送られ、異常の発生の有無を水処理プラントの運転管理オペレータに知らせる。

[0023] 本実施の形態では、回転機械設備 4 は、インバータ 7 により駆動される電動機 5 と、負荷設備 6 である水ポンプとを有し、電流検出部 1 から入力され

る電流信号を分析することにより、微小なトルク変動を伴う水ポンプのキャビテーションによる異常を診断する例を説明する。

[0024] キャビテーションとは、液体が低圧状態となった場合に、液体が気化して気泡が発生する現象のことである。また、気泡が発生した後に、再度液体が低圧状態ではなくなった場合、発生した気泡が大きな衝撃と共に消滅する。そのため、水ポンプ内でキャビテーションが発生することにより、発生した気泡が水ポンプ内の液体の流れを妨害するため、水ポンプの揚水能力が低下する。加えて、水ポンプ内でキャビテーションが消滅することにより、気泡消滅時に発生した衝撃によって水ポンプの損傷、貫通孔の発生等の異常が発生するおそれがある。

[0025] なお、本実施の形態において、電動機 5 に接続されている商用電源 8 のいずれかに電流検出部 1 が接続される例を示したが、電流検出部 1 を商用電源 8 の各相に設置してもよい。この場合でも、いずれかの相を計測すればよい。

[0026] また、本実施の形態において、微小なトルク変動を伴う水ポンプのキャビテーションによる異常を検知する例を示したが、微小なトルク変動を伴う水ポンプのキャビテーション以外の故障モードによる異常を検知してもよい。例えば、水ポンプのキャビテーション以外の故障モードには、水ポンプにおける異物の噛み込み、エアの噛み込み、真空ポンプにおける副生成物の堆積、軸受けの摩耗、ファンにおける羽の欠損等がある。

[0027] 図 2 において、監視診断部 2 は、メモリ部 2 1 と、解析部 2 2 とを有する。メモリ部 2 1 は、電流信号記憶部 2 1 A と、判定基準記憶部 2 1 B と、異常判定記憶部 2 1 C とを有する。解析部 2 2 は、周波数解析部 2 2 A と、特徴周波数帯抽出部 2 2 B と、特徴量算出部 2 2 1 C と、異常診断部 2 2 D とを有する。図 3 において、診断結果出力部 3 は、表示部 3 1 A と、警報部 3 1 B と、外部出力通信部 3 1 C とを有する。

[0028] 図 4 は、本実施の形態における監視診断部 2 のハードウェア構成を示す図である。監視診断部 2 は、送受信装置 2 3、プロセッサ (CPU: Cent

ral Processing Unit) 24、メモリ (ROM: Read Only Memory) 25、およびメモリ (RAM: Random Access Memory) 26を含んで構成される。監視診断部2は、メモリ25に予め格納されたプログラムをプロセッサ24が処理することで、回転機械設備4の異常を診断し、診断結果を出力する。

[0029] 監視診断部2においては、メモリ25に格納された所定のプログラムをプロセッサ24が実行することで、各種の機能モジュールが実現される。機能モジュールには、解析部22が含まれる。なお、メモリ25およびメモリ26には、メモリ部21が含まれる。送受信装置23は、監視診断部2に接続された電流検出部1との間及び監視診断部2に接続された診断結果出力部3との間で信号を送受信する。

[0030] なお、監視診断部2の各機能モジュールは、上記の通り予め設定されたプログラムに従ってプロセッサ24がソフトウェア処理を実行することにより実現してもよいし、少なくとも一部について、各機能モジュールに相当する機能を有する電子回路等のハードウェアにより所定の数値・論理演算処理を実行するように構成されてもよい。

[0031] 図5を用いて、異常診断装置101に含まれる各構成の詳細な説明とともに本実施の形態における異常診断装置101の処理フローについて説明する。以下に示すステップで構成されるフローチャートは予め定められた条件が成立する毎に繰り返し実行される。

[0032] ステップS1において、電流検出部1は、電動機5に流れる電流を測定し、電流信号記憶部21Aへ電流信号を出力する。電流信号記憶部21Aは、電流信号を格納する。

図6は、電流検出部1が検出した電流信号の波形を示す図である。縦軸は電流値を、横軸は時間を表す。電流信号の波形は、点線（U相）、破線（V相）、実線（W相）で示されている。

[0033] そして、ステップS2において、周波数解析部22Aは、電流信号記憶部21Aから取得した電流信号の波形を周波数解析する。

[0034] 図7は、図6の点線で示されたU相の電流信号の波形の周波数解析結果を示す図である。縦軸は電流パワースペクトル、横軸は周波数を示す。図7に示される周波数解析結果は、電源周波数が50Hzの場合を示しており、電源周波数である50Hz、及び電源周波数の3次成分である150Hzにてスペクトルピークを有する。

電源周波数とは、商用電源8の周波数であり、電源周波数の3次成分とは、電源周波数に対して3倍の周波数のことである。周波数は、電源周波数に対して x 倍の周波数を持つとき、電源周波数の x 次成分であると表現される。 x は、0以上の整数である。

[0035] ここで、図7に示される周波数解析結果が、電源周波数、電源周波数の3次成分にスペクトルピークを有する理由を説明する。

インバータ7による電力変換の過程において、AC-DCコンバータにより商用電源8からの交流電力を直流電力に変換する際に、コンバータ回路の動作により電源周波数を持つ基本波と電源周波数の整数倍の周波数をもつ高調波が合成された歪んだ波形の電流が発生する。この歪んだ波形の電流が電圧波形に影響を与え、電圧波形を歪ませる。歪んだ波形の電圧を印加した機器にも同様に歪んだ波形の電流が流れる。

[0036] このような理由により、図7に示される周波数解析結果は、電源周波数、電源周波数の3次成分にスペクトルピークを有する。また、本実施の形態において、U相の電流信号の波形を周波数解析する例を示したが、他の単一の相、複数の相又は全ての相の電流信号を周波数解析してもよい。

また、図7では電源周波数が50Hzの例を示したが、以降の異常診断装置101の処理フローの説明では、電源周波数が60Hzである場合の処理フローを説明する。

[0037] そして、図5のステップS3において、特徴周波数帯抽出部22Bは、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する。本実施の形態では、電源周波数の0次成分から2次成分の周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むよう

に特徴周波数帯に属するデータを抽出する。

具体的には、周波数解析部 22A から入力された U 相の電流信号の周波数解析結果のデータから、電源周波数の 0 次成分である 0 Hz から 2 次成分である 120 Hz までの周波数範囲を特徴周波数帯として、この特徴周波数帯に属するデータを抽出する。

ここで、特徴周波数帯とは、後述する特徴量の算出に用いられる周波数範囲のことである。

[0038] 次に、電源周波数の 0 次成分から 2 次成分の周波数範囲を特徴周波数帯として、この特徴周波数帯に属するデータを抽出する理由を説明する。負荷設備 6 にキャビテーションが発生した場合、キャビテーションが発生しない場合と比較して負荷設備 6 を駆動させるために必要となる電動機 5 のトルクが微小に変動する。また、電動機 5 のトルクは電流値によって決定されるため、電動機 5 のトルクが微小に変動することにより、電動機 5 の駆動電流にも影響を与える。

結果、微小なトルク変動の影響を受けた電流信号の周波数解析結果は、電源周波数近傍の周波数範囲である電源周波数の 0 次成分から 2 次成分の周波数範囲で信号強度が増加する。

[0039] 図 8 は負荷設備 6 に微小なトルク変動が発生した場合と発生しない場合の電流信号の周波数解析結果を比較したグラフの一例である。縦軸は電流パワースペクトル、横軸は周波数を示す。微小なトルク変動が発生した場合は実線で、微小なトルク変動が発生しない場合は点線で示し、電源周波数を 60 Hz、電動機 5 の回転周波数を 30 Hz とする。回転周波数とは、電動機 5 の回転速度を周波数として表記したものである。

[0040] 実線で示されるように、微小なトルク変動が発生した場合の信号強度は、微小なトルク変動が発生しない場合と比較して、電源周波数である 60 Hz を中心として低周波側と高周波側に電源周波数 ± 40 Hz の周波数範囲、すなわち 20 Hz $\sim$ 100 Hz の周波数範囲で増加することが確認できる。

このような理由により、電源周波数の 0 次成分である 0 Hz から 2 次成分

である 120 Hz の周波数範囲を特徴周波数帯として抽出する。

[0041] また、図 8 では電源周波数近傍の周波数範囲である電源周波数の 0 次成分から 2 次成分の周波数範囲における、微小なトルク変動の影響について示したが、電源周波数の 5 次成分近傍の周波数範囲である電源周波数の 4 次成分から 6 次成分の周波数範囲、電源周波数の 7 次成分近傍の周波数範囲である電源周波数の 6 次成分から 8 次成分の周波数範囲においても同様に微小なトルク変動の影響を受ける。

[0042] 加えて、図 8 に示すように、電源周波数の 0 次成分から 2 次成分の周波数範囲内において、電源周波数の両側に複数のスペクトルピークが出現する。図 8 では、電源周波数 $\pm$ 回転周波数の周波数、すなわち 30 Hz と 90 Hz において、後述する変調波の側帯波成分のスペクトル 12 A がスペクトルピークとして出現する。また、電源周波数 $\pm 20\text{ Hz}$ の周波数、すなわち 40 Hz と 80 Hz において、後述するインバータ 7 のスイッチング動作に起因するノイズ成分のスペクトル 12 B がスペクトルピークとして出現する。

[0043] 変調波とは、DC-AC インバータの電力制御方式である PWM (Pulse Width Modulation) 制御に用いられる要素の一つである。ここで、変調波は基本波であり、変調波の周波数である変調波周波数は電源周波数に相当する。

変調波の側帯波成分は、電動機 5 の回転周波数に依存し、変調波周波数の両側に回転周波数分ずれた周波数において現れる。図 8 では、電源周波数 $\pm$ 回転周波数の周波数において変調波の側帯波成分のスペクトル 12 A が出現する。

[0044] インバータ 7 のスイッチング動作に起因するノイズ成分は、インバータ 7 による電力変換の過程において、DC-AC インバータにより直流電力を交流電力に変換する際に、インバータ回路のスイッチング動作により、AC-DC コンバータから出力される直流電圧と、電動機 5 に出力される交流電圧とは、電源周波数と電源周波数の整数倍の周波数で僅かに変動する。その僅かに変動した値がインバータ 7 のスイッチング動作に起因するノイズ成分の

スペクトル 1 2 B として現れる。

図 8 では、電源周波数 $\pm 20 \text{ Hz}$ においてノイズ成分のスペクトル 1 2 B が出現したが、使用するインバータ 7 の制御方法、種類等により、電源周波数 $\pm 20 \text{ Hz}$ とは異なる周波数にも出現する場合がある。

[0045] なお、変調波の側帯波成分のスペクトル 1 2 A 及びインバータ 7 のスイッチング動作に起因するノイズ成分のスペクトル 1 2 B は、インバータ駆動の影響で生じるノイズの例である。

また、側帯波成分のスペクトル 1 2 A 及びノイズ成分のスペクトル 1 2 B が、電源周波数の 0 次成分から 2 次成分の周波数範囲内に出現する例を示したが、キャビテーション以外の異常が同時に発生した場合は、側帯波成分のスペクトル 1 2 A 及びノイズ成分のスペクトル 1 2 B とは異なるスペクトルピークが当該周波数範囲に出現する場合もある。

[0046] なお、電源周波数の 0 次成分から 2 次成分の周波数範囲の中で複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する例を示したが、これに限られない。電源周波数の 4 次成分から 6 次成分の周波数範囲、電源周波数の 6 次成分から 8 次成分の周波数範囲等の中で複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出してもよい。

例えば、電源周波数が 50 Hz である場合と電源周波数が 60 Hz である場合の両方に対応するように、 0 Hz から 120 Hz の周波数範囲、 200 Hz から 360 Hz の周波数範囲、 300 Hz から 480 Hz に含まれる周波数範囲等の中で複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出してもよい。

[0047] 図 9 は、図 8 に示す電流信号の周波数解析結果を比較したグラフから特徴周波数帯、すなわち $0 \sim 120 \text{ Hz}$ の周波数範囲に属するデータを抽出した場合を示す図である。

図 5 のステップ S 3 において、特徴周波数帯抽出部 2 2 B は、周波数解析部 2 2 A から入力された U 相の電流信号の周波数解析結果のデータから、図 9 に示すような特徴周波数帯に属するデータを抽出する。

- [0048] 図5のステップS31において、特徴量算出部221Cは、特徴周波数帯抽出部22Bから入力された特徴周波数帯に属するデータから、電源周波数のスペクトル、電源周波数の2次成分のスペクトル、側帯波成分のスペクトル12A及びノイズ成分のスペクトル12Bをスペクトルピークとして検知し、除外する。
- [0049] 例えば、スペクトルピークの検知方法は、特徴周波数帯に属するデータのうち、信号強度が高い上位から予め定められた個数のデータをスペクトルピークとして検知する方法がある。ほかにも、特徴周波数帯を予め定められた周波数刻みで分割して、分割された各範囲それぞれにおいて、各範囲内における各信号強度の平均値を取り、分割された各範囲内における各信号強度と平均値とを比較し、平均値を上回る信号強度のデータをスペクトルピークとして検知する方法等が挙げられる。
- [0050] 図9の特徴周波数帯に属するデータにステップS31を適用した場合、特徴周波数帯に属するデータから電源周波数のスペクトル、電源周波数の2次成分のスペクトル、側帯波成分のスペクトル12A及びノイズ成分のスペクトル12Bがスペクトルピークとして検知され、除外される。
- [0051] また、本実施の形態において、特徴周波数帯に属するデータから側帯波成分のスペクトル12A及びノイズ成分のスペクトル12Bを除外する例を示したが、側帯波成分のスペクトル12A及びノイズ成分のスペクトル12B以外を原因とするスペクトルピークが特徴周波数帯に出現した場合は、同様に側帯波成分のスペクトル12A及びノイズ成分のスペクトル12B以外を原因とするスペクトルピークも除外する。つまり、特徴周波数帯に出現するスペクトルピークは、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常の診断に使用されないように除外する。
- [0052] ここで、図5のステップS31において特徴周波数帯に属するデータからスペクトルピークを除外する理由を説明する。図8に示すように微小なトルク変動が発生した場合、微小なトルク変動の影響を受けた電流信号の周波数特性は、電源周波数 $\pm 40\text{Hz}$ の周波数範囲で信号強度が増加する。一方で

、微小なトルク変動による電流変化は微小であるため、特徴周波数帯における信号強度の増加もスペクトルピークと比較して微小となる。ここで、特徴周波数帯に属するデータにスペクトルピークが含まれると、微小な信号強度の変化がスペクトルピークに埋もれてしまう恐れがある。このような理由により、ステップS 3 1において特徴周波数帯に属するデータからスペクトルピークを除外する。

[0053] そして、図5のステップS 4 1において、特徴量算出部2 2 1 Cは、スペクトルピークを除外した特徴周波数帯に属するデータから特徴量を算出する。当該特徴量は、スペクトルピークを除外した特徴周波数帯に属するデータを用いて、このデータに含まれる全ての信号強度の総和を計算することで算出できる。すなわち、特徴量は、本実施の形態では、スペクトルピークを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、全ての信号強度の総和である。

[0054] ここで、信号強度とは、電流値又は電流パワースペクトルのことである。図9において、特徴量は、スペクトルピークを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、全ての電流パワースペクトルの総和に相当する。

[0055] そして、図5のステップS 4 Aにおいて、特徴量算出部2 2 1 Cは、初期学習記録期間を T 、予め定められた期間を T_0 として、初期学習記録期間 T が予め定められた期間 T_0 より小さいか否かを判定する。

[0056] ここで、初期学習記録とは、回転機械設備4の駆動開始から予め定められた期間において、ステップS 4 1で特徴量を算出し、当該特徴量を判定基準記憶部2 1 Bに蓄積することであり、初期学習記録期間とは、後述する判定基準を生成するために、初期学習記録を繰り返し実行する予め定められた期間のことである。

[0057] 初期学習記録期間 T が予め定められた期間 T_0 より小さい場合（ステップS 4 A：YESの場合）に、処理をステップS 4 Bに進め、初期学習記録期間 T が予め定められた期間 T_0 以上である場合（ステップS 4 A：NOの場合）に、処理をステップS 4 Eに進める。具体的には、初期学習記録期間 T が予

め定められた期間 T_0 より小さい場合とは、回転機械設備4の駆動開始から初期学習記録期間までを指し、初期学習記録期間 T が予め定められた期間 T_0 以上である場合とは、初期学習記録期間終了後、異常診断装置101が回転機械設備4の異常診断を行う期間を指す。

[0058] そして、ステップS4Bにおいて、特徴量算出部221Cは、特徴量を判定基準記憶部21Bに蓄積し、初期学習記録を行う。

そして、ステップS4Cにおいて、特徴量算出部221Cは、初期学習記録期間 T が予め定められた期間 T_0 より小さいか否かを判定する。初期学習記録期間 T が予め定められた期間 T_0 より小さい場合（ステップS4C：YESの場合）に、処理をステップS1に進め、初期学習記録期間 T が予め定められた期間 T_0 以上である場合（ステップS4C：NOの場合）に、処理をステップS4Dに進める。

[0059] そして、ステップS4Dにおいて、特徴量算出部221Cは、初期学習記録により、回転機械設備4の駆動開始から予め定められた期間 T_0 の間に、判定基準記憶部21Bに蓄積した特徴量に統計処理を施すことで、第1の閾値である判定基準を生成し、生成した判定基準を判定基準記憶部21Bに格納する。

例えば、判定基準を生成するための統計処理の方法としては、判定基準記憶部21Bに蓄積した特徴量の平均、ばらつき σ 、 2σ 、 3σ 等を算出することにより生成する方法がある。

[0060] そして、ステップS4Eにおいて、異常診断部22Dは、特徴量が第1の閾値以上か否かを判定する。特徴量が第1の閾値以上である場合（ステップS4E：YESの場合）に、処理をステップS5に進め、特徴量が第1の閾値より小さい場合（ステップS4E：NOの場合）に、処理をステップS7に進める。

[0061] そして、ステップS5において、異常診断部22Dは、回転機械設備4が異常であると診断し、診断結果を異常判定記憶部21Cに出力する。

[0062] ここで、特徴量算出部221Cは、初期学習により生成された判定基準の

データ数と特徴量のデータ数とが異なる場合、判定基準と特徴量の比較を正確に行えないため、判定基準のデータ数と特徴量のデータ数とを揃える処理を行う。判定基準のデータ数が特徴量のデータ数よりも多い場合、判定基準のデータから信号強度の高いデータを順に除外し、判定基準のデータ数と特徴量のデータ数とを一致させる。また、判定基準のデータ数が特徴量のデータ数よりも少ない場合、特徴量のデータから信号強度の高いデータを順に除外し、特徴量のデータ数と判定基準のデータ数とを一致させる。

[0063] 例えば、判定基準のデータ数と特徴量のデータ数とが異なるのは、周波数解析の分解能が同じであるが、特徴周波数帯に属するデータを抽出する際の当該特徴周波数帯の周波数範囲が異なる場合等が挙げられる。

[0064] そして、ステップS 6において、診断結果出力部3は異常判定記憶部2 1 Cから診断結果を取得する。それにより、診断結果出力部3は、診断結果をディスプレイ等の表示部3 1 Aに表示し、警報部3 1 Bは、回転機械設備4が異常であると診断された場合に警報音を鳴らす、あるいは異常ランプの点灯又は点滅等により警報を発報し、外部出力通信部3 1 Cは、診断結果を制御装置盤、PC (Personal Computer)、クラウドサーバ等の外部装置に送信する。

[0065] そして、ステップS 7において、異常診断部2 2 Dは、異常診断を継続するか否かを判定する。異常診断を継続する場合（ステップS 7：YESの場合）に、処理をステップS 1に進め、異常診断を継続しない場合（ステップS 7：NOの場合）に、処理を終了する。

[0066] 例えば、異常診断を継続するか否かの判定方法は、異常診断部2 2 Dに異常診断を継続する期間を予め設定し、異常診断を継続する期間を超過した場合、異常診断を継続しないと判定する方法等が挙げられる。例えば、異常診断を継続する期間は、回転機械設備4が稼働している期間等が挙げられる。

このように、図5のステップS 1～ステップS 7により、回転機械設備4の異常を診断する。

[0067] このように本実施の形態の異常診断装置1 0 1は、スペクトルピークとし

て検出されたデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、全ての信号強度の総和と第1の閾値とを比較することで、回転機械設備4の異常診断を行う。これにより、微小なトルク変動による微小な信号強度の変化がスペクトルピークに埋もれてしまうことを防止し、微小なトルク変動の検出精度を向上させ、その結果、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断することができる。

[0068] このように本実施の形態の異常診断装置101は、回転機械設備4の異常を診断する異常診断装置101であって、電動機5の電流信号を格納する電流信号記憶部21Aと、電流信号記憶部21Aに格納された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析部22Aと、周波数解析部22Aが電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出部22Bと、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークを検出し、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外し、複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出部221Cと、総和が第1の閾値以上の場合、回転機械設備4が異常と診断する異常診断部22Dと、を備える。このようにして、微小なトルク変動による微小な信号強度の変化がスペクトルピークに埋もれてしまうことを防止し、微小なトルク変動の検出精度を向上させ、その結果、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断することができる。

[0069] このように本実施の形態の異常診断方法は、電動機5に流れる電流信号を検出する電流信号検出ステップS1と、電流信号検出ステップS1で検出された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析ステップS2と、周波数解析ステップS2が電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出ステッ

プS 3と、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークを検出し、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外するデータ除外ステップS 3 1と、複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出ステップS 4 1と、総和が第1の閾値以上か否かを判定する判定ステップS 4 Eと、総和が第1の閾値以上の場合、回転機械設備4が異常と診断する異常診断ステップS 5と、を備える。このようにして、微小なトルク変動による微小な信号強度の変化がスペクトルピークに埋もれてしまうことを防止し、微小なトルク変動の検出精度を向上させ、その結果、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断することができる。

[0070] このように本実施の形態のプログラムは、回転機械設備4の異常を診断するプログラムであって、コンピュータに、電動機5に流れる電流信号を検出する電流信号検出ステップS 1と、電流信号検出ステップS 1で検出された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析ステップS 2と、周波数解析ステップS 2が電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出ステップS 3と、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークを検出し、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外するデータ除外ステップS 3 1と、複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出ステップS 4 1と、総和が第1の閾値以上か否かを判定する判定ステップS 4 Eと、総和が第1の閾値以上の場合、回転機械設備4が異常と診断する異常診断ステップS 5と、を実行させることを特徴とする。このようにして、微小なトルク変動による微小な信号強度の変化がスペクトルピークに埋もれてしまうことを防止し、微小なトルク変動の検出精度を向上させ、その結果、微小なトルク変動を伴う故障モード

による異常を精度よく診断することができる。

[0071] なお、本実施の形態において、電動機 5 がインバータ 7 により駆動される例を示したが、図 10 に示すように、電動機 5 が複数の配線用遮断器 10 A、10 B、10 C と複数の電磁接触器 11 A、11 B、11 C とを介して商用電源 8 に接続され、商用電源 8 により駆動されてもよい。

[0072] また、本実施の形態において、異常診断装置 101 は、電流検出部 1 と、監視診断部 2 と、診断結果出力部 3 とを有する例を示したが、電流検出部 1 及び診断結果出力部 3 は、異常診断装置 101 とは異なる外部の装置に設けられてもよい。

[0073] また、本実施の形態において、図 11 に示すように、異常診断装置 101 は、インバータ 7 に内蔵された、インバータ制御のために電動機 5 の交流母線に流れる電流を検出する電流検出部 71 と、プロセッサ (CPU) とメモリで構成されるインバータ制御装置 72 と、を活用し、電流検出部 1、監視診断部 2、および診断結果出力部 3 の少なくとも 1 つがインバータ 7 に実装されていてもよい。図 12 は図 11 の機能構成図を回路で示した概略図である。図 12 では、電流検出部 1、監視診断部 2、および診断結果出力部 3 の全てがインバータ 7 に実装されている例を示している。

[0074] インバータ制御装置 72 のハードウェア構成は、図 4 で示した監視診断部 2 のハードウェア構成と同様である。送受信装置 23、プロセッサ (CPU: Central Processing Unit) 24、メモリ (ROM: Read Only Memory) 25、およびメモリ (RAM: Random Access Memory) 26 を含んで構成される。インバータ制御装置 72 は、メモリ 25 に予め格納されたプログラムをプロセッサ 24 が処理することで、電流検出部 71 の出力結果から電動機 5 に流れる電流情報と電動機 5 に設けられた回転角センサ (図では省略) で検出された電動機の角度より 3 相 / d q 変換を行い、d 軸電流検出値と q 軸電流検出値を検出してメモリ 26 に記憶し、これと上位制御装置から与えられた d 軸電流指令値、q 軸電流指令値を比較して d 軸電圧指令値、q 軸電圧指令値を算出する

。算出したd軸、q軸電圧指令値と電動機5の回転位置情報を2相3相変換し、送受信装置23により電動機5の巻線に電圧指令値を出力する。このようなインバータ制御装置72のプロセッサ24とメモリ25、26を活用し、インバータ制御装置72に、監視診断部2および診断結果出力部3を備えることが可能である。電流検出部71の1相を電流検出部1として使用し、メモリ25に所定のプログラムを格納し、このプログラムをプロセッサ24が実行することで、監視診断部2の各種の機能モジュールが実現される。

[0075] また、本実施の形態において、電源周波数の0次成分から2次成分の周波数範囲の中で複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出し、抽出した特徴周波数帯に属するデータを用いて回転機械設備の異常診断を行う例を示したが、複数の周波数範囲の中で、それぞれ複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出し、抽出した複数の特徴周波数帯に属するデータを用いて回転機械設備の異常診断を行ってもよい。

例えば、電源周波数の0次成分から2次成分の周波数範囲及び電源周波数の4次成分から6次成分の周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータをそれぞれ抽出し、電源周波数の0次成分から2次成分の周波数範囲の中で抽出した特徴周波数帯及び電源周波数の4次成分から6次成分の周波数範囲の中で抽出した特徴周波数帯に属するデータを用いて回転機械設備の異常診断を行ってもよい。

[0076] また、本実施の形態において、異常診断に用いる判定基準は、回転機械設備の駆動開始から予め定められた期間、算出した特徴量を判定基準記憶部21Bに蓄積する初期学習記録を繰り返し行い、蓄積した特徴量に統計処理を施すことにより生成される例を示したが、事前に判定基準記憶部21Bに所定の判定基準を設定して格納しておいてもよい。

[0077] <変形例1>

図13は実施の形態1の変形例1に係る異常診断システム201を示す図である。図1に示した構成例では、電流検出部1と、監視診断部2と、診断

結果出力部 3 とが一体化された異常診断装置 101 を備え、異常診断装置 101 が回転機械設備 4 の異常診断を行うが、図 13 に示した異常診断システム 201 は、監視診断部 2 及び診断結果出力部 3 を備えるサーバ 30 と、電動機 5-1 ~ 5-n 及び負荷設備 6-1 ~ 6-n を備える回転機械設備 4-1 ~ 4-n に接続された電流検出部 1-1 ~ 1-n と、を備え、電流検出部 1-1 ~ 1-n とサーバ 30 とがネットワークを介して接続される。n は、回転機械設備 4-1 ~ 4-n の数であり、1 以上の整数である。電流検出部 1-1 ~ 1-n は、それぞれ対応する回転機械設備 4-1 ~ 4-n の電流信号を測定する。この場合、異常診断システム 201 の監視診断部 2 は、回転機械設備 4-1 ~ 4-n に対応する電流検出部 1-1 ~ 1-n から電流信号を、ネットワークを介して取得する。これ以外の異常診断システム 201 の動作及び構成は実施の形態 1 に示した例と同様である。

[0078] このように変形例の図 13 に示す異常診断システム 201 は、各回転機械設備 4-1 ~ 4-n に異常診断装置 101 を設けることが不要となる効果を奏する。

電動機 5-1 ~ 5-n は、同一の機種 of 電動機 5-1 ~ 5-n であってもよいし、少なくとも一部が他の電動機 5-1 ~ 5-n と異なる機種であってもよい。負荷設備 6-1 ~ 6-n は、同一の種類 of 負荷設備 6-1 ~ 6-n であってもよいし、少なくとも一部が他の種類と異なってもよい。

[0079] このように本実施の形態の異常診断システム 201 は、回転機械設備 4 の異常を診断する異常診断システム 201 であって、電動機 5 の電流信号を格納する電流信号記憶部 21A と、電流信号記憶部 21A に格納された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析部 22A と、周波数解析部 22A が電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出部 22B と、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークを検出し、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外し、複

数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出部 221Cと、総和が第1の閾値以上の場合、回転機械設備4が異常と診断する異常診断部22Dと、を備える。このようにして、微小なトルク変動による微小な信号強度の変化がスペクトルピークに埋もれてしまうことを防止し、微小なトルク変動の検出精度を向上させ、その結果、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断することができる。加えて、各回転機械設備4-1~4-nに異常診断装置101を設けることが不要となる効果を奏する。

[0080] <変形例2>

図14は実施の形態1の変形例2に係る異常診断システム202を示す図である。図1に示した構成例では、電流検出部1と、監視診断部2と、診断結果出力部3とが一体化された異常診断装置101を備え、異常診断装置101が回転機械設備4の異常診断を行うが、図12に示した異常診断システム202は、電動機5-1~5-n及び負荷設備6-1~6-nを備える回転機械設備4-1~4-nに接続された電流検出部1-1~1-n、並びに監視診断部2-1~2-nを備える異常診断装置202-1~202-nと、データ取得部42及び診断結果出力部3を備えるサーバ40と、を備え、異常診断装置202-1~202-nとサーバ40とがネットワークを介して接続される。この場合、異常診断装置202-1~202-nは診断結果を、ネットワークを介して送信し、サーバ40の診断結果出力部3は、異常診断装置202-1~202-nから診断結果を、ネットワークを介して取得する。これ以外の異常診断システム202の動作及び構成は実施の形態1に示した例と同様である。

[0081] このように本変形例の図14に示す異常診断システム202は、回転機械設備4-1~4-nの診断結果を一括して表示することができ、各回転機械設備4-1~4-n間の比較、全体の管理等が容易となる。

[0082] このように本実施の形態の異常診断システム202は、回転機械設備4の

異常を診断する異常診断システム202であって、電動機5の電流信号を格納する電流信号記憶部21Aと、電流信号記憶部21Aに格納された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析部22Aと、周波数解析部22Aが電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出部22Bと、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークを検出し、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外し、複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出部221Cと、総和が第1の閾値以上の場合、回転機械設備4が異常と診断する異常診断部22Dと、を備える。このようにして、微小なトルク変動による微小な信号強度の変化がスペクトルピークに埋もれてしまうことを防止し、微小なトルク変動の検出精度を向上させ、その結果、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断することができる。加えて、回転機械設備4-1~4-nの診断結果を一括して表示することができ、各回転機械設備4-1~4-n間の比較、全体の管理等が容易となる。

[0083] 実施の形態2.

図15~図18を用いて本実施の形態における異常診断装置102について説明する。

実施の形態1において、スペクトルピークを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、全ての信号強度の総和と第1の閾値とを比較することで回転機械設備4の異常診断を行う構成について説明したが、本実施の形態では、特徴周波数帯に属するデータを信号強度が強度順に並び変えたソートデータを作成し、信号強度が予め定められた第2の閾値以上のデータを特徴周波数帯から除外する点が実施の形態1と異なる。それ以外の構成は実施の形態1と同様であり、実施の形態1と同一のもの又は相当するものには同一の符号を付している。

[0084] 本実施の形態の異常診断装置 102 は、実施の形態 1 の異常診断装置 101 と異なり、図 15 に示すように、監視診断部 2 が特徴量算出部 221C の代わりに特徴量算出部 222C を備える。

図 16 を用いて、異常診断装置 102 に含まれる各構成の詳細な説明とともに本実施の形態における異常診断装置 102 の処理フローについて説明する。ステップ S32、ステップ S42 以外の処理は実施の形態 1 と同様である。

[0085] ステップ S32 において、特徴量算出部 222C は、特徴周波数帯抽出部 22B で抽出された特徴周波数帯に属するデータを信号強度が強度順に並び替えたソートデータを作成し、信号強度が予め定められた第 2 の閾値以上のデータを特徴周波数帯から除外する。

例えば、第 2 の閾値の決定方法は、特徴周波数帯に属するデータの中で最下限の信号強度を決定し、最下限の信号強度 + 10 dB の値を第 2 の閾値とする等が挙げられる。

[0086] 図 17 及び図 18 を用いて、ステップ S32 の具体例を示す。

図 17 は、図 7 に示した電流信号の周波数解析結果を比較したグラフから、電源周波数 ± 20 Hz の周波数範囲、すなわち 40 Hz ~ 80 Hz の周波数範囲に含まれるデータを特徴周波数帯に属するデータとして抽出した場合を示す図である。縦軸は信号強度の一種である電流パワースペクトル、横軸は周波数を示す。ステップ S2 において周波数解析部 22A が電流信号を 0.25 Hz の分解能で周波数解析した場合、特徴周波数帯に属するデータ数は 160 個となり、160 個のデータを信号強度が強度順に並び変えていく。

例えば、先述の第 2 の閾値の決定方法を用いると、図 17 において最下限の信号強度を -60 dB と決定した場合、第 2 の閾値は -50 dB となる。

図 18 は図 17 に示した特徴周波数帯における 160 個のデータを信号強度が強度順に紙面左、すなわち 0 から、紙面右、すなわち 160 まで並び替えたソートデータを示す図である。縦軸は信号強度の一種である電流パワー

スペクトル、横軸はデータ順位を示す。図 18 では、実線で示されるように、信号強度が強度順にデータ順位が割り振られる。加えて、予め設定された第 2 の閾値である -50 dB より信号強度（電流パワースペクトル）が高いデータをソートデータから除外している。

[0087] そして、図 16 のステップ S42 において、特徴量算出部 222C は、第 2 の閾値より信号強度が高いデータを除外した特徴周波数帯に属するデータから特徴量を算出する。当該特徴量は、本実施の形態では、第 2 の閾値以上の信号強度を持つデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、全ての信号強度の総和に相当する。

[0088] このように本実施の形態の異常診断装置 102 は、特徴周波数帯に属するデータを信号強度が強度順に並び変えたソートデータを作成し、信号強度が予め定められた第 2 の閾値以上のデータを特徴周波数帯に属するデータから除外する。第 2 の閾値以上のデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、全ての信号強度の総和と第 1 の閾値とを比較することで、回転機械設備 4 の異常診断を行う。これにより、微小なトルク変動による微小な信号強度の変化がスペクトルピークに埋もれてしまうことを防止し、微小なトルク変動の検出精度を向上させ、その結果、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断することができる。

[0089] このように本実施の形態の異常診断装置 102 は、回転機械設備 4 の異常を診断する異常診断装置 102 であって、電動機 5 の電流信号を格納する電流信号記憶部 21A と、電流信号記憶部 21A に格納された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析部 22A と、周波数解析部 22A が電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出部 22B と、特徴周波数帯に属するデータを信号強度の強度順に並び変え、特徴周波数帯に属するデータから信号強度が第 2 の閾値以上であるデータを除外し、信号強度が第 2 の閾値以上であるデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度

の総和を算出する特徴量算出部 222C と、総和が第 1 の閾値以上の場合、回転機械設備 4 が異常と診断する異常診断部 22D と、を備える。このようにして、微小なトルク変動による微小な信号強度の変化がスペクトルピークに埋もれてしまうことを防止し、微小なトルク変動の検出精度を向上させ、その結果、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断することができる。

[0090] このように本実施の形態の異常診断方法は、回転機械設備 4 の異常を診断する異常診断方法であって、電動機 5 に流れる電流信号を検出する電流信号検出ステップ S 1 と、電流信号検出ステップ S 1 で検出された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析ステップ S 2 と、周波数解析ステップ S 2 が電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出ステップ S 3 と、特徴周波数帯に属するデータを信号強度の強度順に並び変え、特徴周波数帯に属するデータから信号強度が第 2 の閾値以上であるデータを除外するデータ除外ステップ S 3 2 と、信号強度が第 2 の閾値以上であるデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出ステップ S 4 2 と、総和が第 1 の閾値以上か否かを判定する判定ステップ S 4 E と、総和が第 1 の閾値以上の場合、回転機械設備 4 が異常と診断する異常診断ステップ S 5 と、を備える。このようにして、微小なトルク変動による微小な信号強度の変化がスペクトルピークに埋もれてしまうことを防止し、微小なトルク変動の検出精度を向上させ、その結果、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断することができる。

[0091] このように本実施の形態のプログラムは、回転機械設備 4 の異常を診断するプログラムであって、コンピュータに、電動機 5 に流れる電流信号を検出する電流信号検出ステップ S 1 と、電流信号検出ステップ S 1 で検出された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析ステップ S 2 と、周波数解析ステップ S 2 が電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果に

において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出ステップS 3と、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークを検出し、特徴周波数帯に属するデータから複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外するデータ除外ステップS 3 2と、複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出ステップS 4 2と、総和が第1の閾値以上か否かを判定する判定ステップS 4 Eと、総和が第1の閾値以上の場合、回転機械設備4が異常と診断する異常診断ステップS 5と、を実行させることを特徴とする。このようにして、微小なトルク変動による微小な信号強度変化がスペクトルピークに埋もれてしまうことを防止し、微小なトルク変動の検出精度を向上させ、その結果、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断することができる。

[0092] <変形例1>

図19を用いて、実施の形態2の変形例1に係る異常診断システム203について説明する。

実施の形態1の変形例1では、図13を参照しつつ、特徴量算出部221Cを含む監視診断部2及び診断結果出力部3を備えるサーバ30と、電動機5-1～5-n及び負荷設備6-1～6-nを備える回転機械設備4-1～4-nに接続された電流検出部1-1～1-nと、を備える構成について説明したが、本変形例では、監視診断部2が実施の形態2に係る監視診断部2である点が実施の形態1の変形例1とは異なる。それ以外の構成は実施の形態1の変形例1と同様であり、実施の形態1の変形例1と同一のもの又は相当するものには同一の符号を付している。

[0093] このように本変形例の図19に示す異常診断システム203は、各回転機械設備4-1～4-nに異常診断装置102を設けることが不要となる効果を奏する。

[0094] このように本実施の形態の異常診断システム203は、回転機械設備4の

異常を診断する異常診断システム203であって、電動機5の電流信号を格納する電流信号記憶部21Aと、電流信号記憶部21Aに格納された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析部22Aと、周波数解析部22Aが電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出部22Bと、特徴周波数帯に属するデータを信号強度の強度順に並び変え、特徴周波数帯に属するデータから信号強度が第2の閾値以上であるデータを除外し、信号強度が第2の閾値以上であるデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出部222Cと、総和が第1の閾値以上の場合、回転機械設備4が異常と診断する異常診断部22Dと、を備える。このようにして、微小なトルク変動による微小な信号強度の変化がスペクトルピークに埋もれてしまうことを防止し、微小なトルク変動の検出精度を向上させ、その結果、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断することができる。加えて、各回転機械設備4-1~4-nに異常診断装置102を設けることが不要となる効果を奏する。また、回転機械設備4-1~4-nの診断結果を一括して表示することができ、各回転機械設備4-1~4-n間の比較、全体の管理等が容易となる。

[0095] <変形例2>

図20を用いて、実施の形態の変形例2に係る異常診断システム204について説明する。

実施の形態1の変形例2では、図14を参照しつつ、電動機5-1~5-n及び負荷設備6-1~6-nを備える回転機械設備4-1~4-nに接続された電流検出部1-1~1-n、並びに監視診断部2-1~2-nを備える異常診断装置202-1~202-nと、データ取得部42及び診断結果出力部3を備えるサーバ40と、を備える構成について説明したが、本変形例では、異常診断装置が電流検出部1-1~1-n、並びに実施の形態2に係る監視診断部2-1~2-nを備える異常診断装置204-1~204-

nである点が実施の形態1の変形例2とは異なる。それ以外の構成は実施の形態1の変形例2と同様であり、実施の形態1の変形例2と同一のもの又は相当するものには同一の符号を付している。

[0096] このように本変形例の図20に示す異常診断システム204は、回転機械設備4-1～4-nの診断結果を一括して表示することができ、各回転機械設備4-1～4-n間の比較、全体の管理等が容易となる。

[0097] このように本実施の形態の異常診断システム204は、回転機械設備4の異常を診断する異常診断システム204であって、電動機5の電流信号を格納する電流信号記憶部21Aと、電流信号記憶部21Aに格納された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析部22Aと、周波数解析部22Aが電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出部22Bと、特徴周波数帯に属するデータを信号強度の強度順に並び替え、特徴周波数帯に属するデータから信号強度が第2の閾値以上であるデータを除外し、信号強度が第2の閾値以上であるデータを除外した特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出部222Cと、総和が第1の閾値以上の場合、回転機械設備4が異常と診断する異常診断部22Dと、を備える。このようにして、微小なトルク変動による微小な信号強度の変化がスペクトルピークに埋もれてしまうことを防止し、微小なトルク変動の検出精度を向上させ、その結果、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断することができる。加えて、回転機械設備4-1～4-nの診断結果を一括して表示することができ、各回転機械設備4-1～4-n間の比較、全体の管理等が容易となる。

[0098] 実施の形態3.

図21及び図22を用いて本実施の形態における異常診断装置103について説明する。

実施の形態1又は2において、微小なトルク変動を伴う故障モードによる

異常を精度よく診断する構成について説明したが、本実施の形態では、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断し、さらに回転機械設備 4 に異常が発生している間の運転時間の合計を算出する点が実施の形態 1 又は 2 と異なる。それ以外の構成は実施の形態 1 又は 2 と同様だが、例として実施の形態 2 と同様の特徴量算出部 2 2 2 C を有する場合について説明する。実施の形態 1 又は 2 と同一のもの又は相当するものには同一の符号を付している。

[0099] 本実施の形態の異常診断装置 1 0 3 は、実施の形態 1 の異常診断装置 1 0 1 又は実施の形態 2 の異常診断装置 1 0 2 と異なり、図 2 1 に示すように、監視診断部 2 が異常指標記憶部 2 1 3 D 及び異常指標算出部 2 2 3 E をさらに備える。

図 2 2 を用いて、異常診断装置 1 0 3 に含まれる各構成の詳細な説明とともに本実施の形態における異常診断装置 1 0 3 の処理フローについて説明する。ステップ S 5 A、ステップ S 5 B 及びステップ S 6 3 以外の処理は実施の形態 1 又は 2 と同様であり、実施の形態 1 又は 2 と同一のもの又は相当するものには同一の符号を付している。

[0100] ステップ S 5 A において、異常判定記憶部 2 1 C は、異常診断部 2 2 D から出力された診断結果を蓄積する。

そして、ステップ S 5 B において、異常指標算出部 2 2 3 E は、異常判定記憶部 2 1 C から取得した異常診断結果を用いて、回転機械設備 4 に異常が発生している間の運転時間の合計を異常累積時間として算出し、異常指標記憶部 2 1 3 D に異常累積時間を出力する。

[0101] そして、ステップ S 6 3 において、診断結果出力部 3 は異常指標記憶部 2 1 3 D から異常累積時間を取得する。診断結果出力部 3 は、実施の形態 1 又は実施の形態 2 で異常判定記憶部 2 1 C から取得した診断結果に加えて、異常累積時間をディスプレイ等の表示部 3 1 A に表示し、外部出力通信部 3 1 C が、異常累積時間を制御装置盤、P C、クラウドサーバ等の外部装置に出力する等して異常累積時間を監視担当者に知らせ、異常累積時間の傾向監視

を行う。

[0102] このように本実施の形態の異常診断装置 103 は、実施の形態 1 又は 2 の効果に加えて、回転機械設備 4 に異常が発生している間の運転時間の合計を算出することで、異常診断結果と共に回転機械設備 4 に異常が発生した異常累積時間を監視担当者に知らせ、異常累積時間の傾向監視を行うことができる。加えて、複数の回転機械設備 4 の異常累積時間を比較することで、回転機械設備 4 のメンテナンスおよび更新のタイミングの決定に有益な指標として活用することができる。

[0103] なお、本実施の形態において、異常指標算出部 223E が異常累積時間を算出する例を示したが、異常診断装置 103 とは異なる外部の装置が異常累積時間を算出してもよい。

[0104] 実施の形態 4.

図 23 及び図 24 を用いて本実施の形態における異常診断装置 104 について説明する。

実施の形態 3 において、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断し、さらに回転機械設備 4 に異常が発生している間の運転時間の合計を異常累積時間として算出する構成について説明したが、本実施の形態では、異常を引き起こす回転機械設備 4 の運転条件を推定する点が実施の形態 3 と異なる。それ以外の構成は実施の形態 3 と同様であり、実施の形態 3 と同一のもの又は相当するものには同一の符号を付している。

[0105] 本実施の形態の異常診断装置 104 は、実施の形態 3 の異常診断装置 103 と異なり、図 23 に示すように、監視診断部 2 が異常指標記憶部 213D 及び異常指標算出部 223E の代わりに異常指標記憶部 214D 及び異常指標算出部 224E を備えるとともに、運転条件記憶部 21E をさらに備える。

運転条件記憶部 21E は、回転機械設備 4 の時々刻々の運転条件を格納する。運転条件は、例えば、水処理プラント等の公共プラント監視制御システムに適用する場合における、負荷設備 6 である水ポンプから送水される水の

流量、水ポンプから送水される水の水压、水ポンプへ水を流入又は排出する入出力配管の弁の開度等である。

[0106] 図24を用いて、異常診断装置104に含まれる各構成の詳細な説明とともに本実施の形態における異常診断装置104の処理フローについて説明する。ステップS5C、ステップS5D、ステップS5E及びステップS64以外の処理は実施の形態3と同様であり、実施の形態3と同一のもの又は相当するものには同一の符号を付している。なお、図24は、図22に示した処理フローのうち、ステップS4EでYESと判定された後からステップS7までの処理に対応するものであり、説明の便宜上この部分のみを抜き出して表示している。

[0107] ステップS5Cにおいて、異常指標算出部224Eは、異常累積時間を用いて回転機械設備4の単位運転時間当たりの異常累積時間及び第3の閾値である総運転時間当たりの異常累積時間を算出する。

ここで、単位運転時間当たりの異常累積時間は、単位運転において回転機械設備4に異常が発生した時間の割合、総運転時間当たりの異常累積時間は、総運転時間において回転機械設備4に異常が発生した時間の割合を指す。

単位運転時間当たりの異常累積時間は、単位運転時間に回転機械設備4に異常が発生している間の運転時間の合計を単位運転時間で割ることにより算出される。

総運転時間当たりの異常累積時間は、回転機械設備4の駆動開始から現在までに回転機械設備4に異常が発生している間の運転時間の合計を回転機械設備4の駆動開始から現在までの運転時間で割ることにより算出される。

[0108] そして、ステップS5Dにおいて、異常指標算出部224Eは、単位運転時間当たりの異常累積時間と総運転時間当たりの異常累積時間を比較する。異常指標算出部224Eは、単位運転時間当たりの異常累積時間が総運転時間当たりの異常累積時間以上となった場合、その際に実行されていた回転機械設備4の運転条件を運転条件記憶部21Eから取得する。

[0109] そして、ステップS5Eにおいて、異常指標算出部224Eは、異常が回

転機械設備 4 に発生した場合、その際に回転機械設備 4 に対して実際に出されていた運転条件を異常発生の原因として推定する。つまり、異常指標算出部 2 2 4 E は、運転条件記憶部 2 1 E から取得した運転条件を用いて、異常を引き起こす回転機械設備 4 の運転条件を異常発生運転条件として推定する。加えて、異常指標算出部 2 2 4 E は、異常指標記憶部 2 1 4 D に異常発生運転条件を出力する。

[0110] そして、ステップ S 6 4 において、診断結果出力部 3 は異常指標記憶部 2 1 4 D から異常発生運転条件を取得する。診断結果出力部 3 は、実施の形態 1 又は実施の形態 2 で異常判定記憶部 2 1 C から取得した診断結果に加えて、異常発生運転条件をディスプレイ等の表示部 3 1 A に表示し、外部出力通信部 3 1 C が、異常発生運転条件を制御装置盤、P C、クラウドサーバ等の外部装置に出力する等して異常発生運転条件を監視担当者に知らせ、異常発生運転条件の傾向監視を行う。

[0111] このように本実施の形態の異常診断装置 1 0 4 は、実施の形態 1 又は 2 の効果に加えて、異常を引き起こす回転機械設備 4 の運転条件を推定することで、異常診断結果と共に異常を引き起こす回転機械設備 4 の運転条件を監視担当者に知らせ、異常発生運転条件の傾向監視を行うことができる。加えて、異常発生運転条件を推定することで、回転機械設備 4 の運転条件の決定に有益な指標として活用することができる。

[0112] なお、本実施の形態において、異常指標算出部 2 2 4 E が異常発生運転条件を算出する例を示したが、異常診断装置 1 0 4 とは異なる外部の装置が異常発生運転条件を算出してもよい。

[0113] 実施の形態 5.

図 2 5 及び図 2 6 を用いて本実施の形態における異常診断装置 1 0 5 について説明する。

実施の形態 4 において、異常を引き起こす回転機械設備 4 の運転条件を推定する構成について説明したが、本実施の形態では、回転機械設備 4 の劣化進行度を算出する点が実施の形態 4 と異なる。それ以外の構成は実施の形態

4と同様であり、実施の形態4と同一のもの又は相当するものには同一の符号を付している。

[0114] 本実施の形態の異常診断装置105は、実施の形態4の異常診断装置104と異なり、図25に示すように、監視診断部2が異常指標記憶部214D及び異常指標算出部224Eの代わりに異常指標記憶部215D及び異常指標算出部225Eを備える。

[0115] 図26を用いて、異常診断装置105に含まれる各構成の詳細な説明とともに本実施の形態における異常診断装置105の処理フローについて説明する。ステップS5F及びステップS65以外の処理は実施の形態4と同様であり、実施の形態4と同一のもの又は相当するものには同一の符号を付している。

[0116] なお、図26は、図22に示した処理フローのうち、ステップS4EでYESと判定された後からステップS7までの処理に対応するものであり、説明の便宜上この部分のみを抜き出して表示している。

[0117] ステップS5Fにおいて、異常指標算出部225Eは、回転機械設備4の劣化進行度として、ステップS41又はステップS42で算出された特徴量とステップS5Bで算出された異常発生累積時間との積、ステップS41又はステップS42で算出された特徴量とステップS5Cで算出された回転機械設備4の単位時間当たりの異常累積時間との積、あるいはステップS41又はステップS42で算出された特徴量とステップS5Cで算出された回転機械設備4の総運転時間当たりの異常累積時間との積を算出する。

ここで、劣化進行度は、回転機械設備4に発生した異常を原因とする回転機械設備4の劣化の進行度合いを示す指標である。

[0118] そして、ステップS65において、診断結果出力部3は異常指標記憶部215Dから劣化進行度を取得する。診断結果出力部3は、実施の形態1又は実施の形態2で異常判定記憶部21Cから取得した診断結果に加えて、劣化進行度をディスプレイ等の表示部31Aに表示し、外部出力通信部31Cが、劣化進行度を制御装置盤、PC、クラウドサーバ等の外部装置に出力する

等して劣化進行度を監視担当者に知らせ、劣化進行度の傾向監視を行う。

[0119] このように本実施の形態の異常診断装置 105 は、実施の形態 1 又は 2 の効果に加えて、劣化進行度を算出することで、異常診断結果と共に劣化進行度を監視担当者に知らせ、劣化進行度の傾向監視を行うことができる。加えて、複数の回転機械設備 4 の劣化進行度を比較することで、回転機械設備 4 のメンテナンスおよび更新のタイミングの決定に有益な指標として活用することができる。

[0120] なお、本実施の形態において、異常指標算出部 225E が劣化進行度を算出する例を示したが、異常診断装置 105 とは異なる外部の装置が劣化進行度を算出してもよい。

[0121] 実施の形態 6.

実施の形態 1 又は 2 において、微小なトルク変動を伴う故障モードによる異常を精度よく診断する構成について説明し、実施の形態 3 において、回転機械設備 4 に異常が発生している間の運転時間の合計を異常累積時間として算出する構成について説明し、実施の形態 4 において、異常を引き起こす回転機械設備 4 の運転条件を推定する構成について説明し、実施の形態 5 において、回転機械設備 4 の劣化進行度を算出する構成について説明した。

[0122] 本実施の形態では、異常検知または異常累積時間、異常を引き起こす回転機械設備 4 の運転条件、回転機械設備 4 の劣化進行度を起点に劣化進行を抑制する運転条件に制御する点が実施の形態 1～5 と異なる。

例えば、回転機械設備 4 のなかでもポンプ設備では、既述した通り、微小なトルク変動を伴う故障モードとしてキャビテーションがある。キャビテーションはポンプ内部で局所的に液体の流速が速くなることで、圧力が低下し、液体の飽和蒸気圧力を下回ると、液体が蒸気化することで発生する。さらに、蒸気から液体に戻る際の急激な体積変化によって衝撃が発生し、ポンプに損傷を与える。このようなキャビテーションを抑制するために、キャビテーションが発生する運転条件よりも回転機械設備 4 の回転速度を低下させることで、液体の流速を低下させる。

[0123] キャビテーション抑制を提示として説明したが、実施の形態1又は2において、異常を検知した場合に、回転機械設備4の回転速度をフィードバック制御することで異常の発生を抑制することができる。また、実施の形態3で算出された異常累積時間に応じて異常の発生を抑制する制御を回転機械設備4にフィードバックしてもよい。また、実施の形態5で算出された劣化進行度に応じて異常の発生を抑制する制御を回転機械設備4にフィードバックしてもよい。また、実施の形態4で推定した異常を引き起こす回転機械設備4の運転条件を回避した運転を行う制御をフィードバックしてもよい。この場合、回転機械設備の運転条件を格納する運転条件記憶部により、異常と診断された場合に実行されていた前回転機械設備の運転条件を記憶しておくことが必要である。

[0124] 本願は、様々な例示的な実施の形態及び実施例が記載されているが、1つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、及び機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。

従って、例示されていない無数の変形例が、本願明細書に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

符号の説明

[0125] 1 電流検出部、2 監視診断部、3 診断結果出力部、4 回転機械設備、5 電動機、6 負荷設備、7 インバータ、8 商用電源、101、102、103、104、105 異常診断装置。

請求の範囲

[請求項1]

回転機械設備の異常を診断する異常診断装置であって、
電動機の電流信号を格納する電流信号記憶部と、
前記電流信号記憶部に格納された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析部と、
前記周波数解析部が前記電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出部と、
前記特徴周波数帯に属するデータから前記複数のスペクトルピークを検出し、前記特徴周波数帯に属するデータから前記複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外し、前記複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外した前記特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出部と、
前記総和が第1の閾値以上の場合、前記回転機械設備が異常と診断する異常診断部と、
を備える、異常診断装置。

[請求項2]

回転機械設備の異常を診断する異常診断装置であって、
電動機の電流信号を格納する電流信号記憶部と、
前記電流信号記憶部に格納された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析部と、
前記周波数解析部が前記電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出部と、
前記特徴周波数帯に属するデータを信号強度の強度順に並び変え、前記特徴周波数帯に属するデータから前記信号強度が第2の閾値以上であるデータを除外し、前記信号強度が前記第2の閾値以上であるデ

ータを除外した前記特徴周波数帯に属するデータに含まれる、前記信号強度の総和を算出する特徴量算出部と、

前記総和が第 1 の閾値以上の場合、前記回転機械設備が異常と診断する異常診断部と、

を備える、異常診断装置。

[請求項3] 前記信号強度は、電流信号の電流値又は電流パワースペクトルである、請求項 1 又は 2 に記載の異常診断装置。

[請求項4] 前記予め定められた周波数範囲は、電源周波数の 0 次成分から 2 次成分の周波数範囲である、請求項 3 に記載の異常診断装置。

[請求項5] 前記予め定められた周波数範囲は、電源周波数の 4 次成分から 6 次成分の周波数範囲である、請求項 3 に記載の異常診断装置。

[請求項6] 前記予め定められた周波数範囲は、電源周波数の 6 次成分から 8 次成分の周波数範囲である、請求項 3 に記載の異常診断装置。

[請求項7] 前記予め定められた周波数範囲は、0 Hz から 120 Hz の周波数範囲である、請求項 3 に記載の異常診断装置。

[請求項8] 前記予め定められた周波数範囲は、200 Hz から 360 Hz の周波数範囲である、請求項 3 に記載の異常診断装置。

[請求項9] 前記予め定められた周波数範囲は、300 Hz から 480 Hz の周波数範囲である、請求項 3 に記載の異常診断装置。

[請求項10] 前記電動機と前記電動機に電力を供給する商用電源とを接続する配線に接続され、前記電動機を駆動する電流を検出し、検出した電流の電流信号を前記電流信号記憶部に出力する電流検出部と、

をさらに備える、請求項 3 に記載の異常診断装置。

[請求項11] 前記第 1 の閾値は、前記回転機械設備の駆動開始から予め設定された期間に蓄積された前記総和に統計処理を施した値である、請求項 3 に記載の異常診断装置。

[請求項12] 前記特徴量算出部は、前記総和のデータ数と前記第 1 の閾値のデータ数とが異なる場合、前記第 1 の閾値のデータから信号強度の高いデ

ータを順に除外し、又は前記総和のデータから信号強度の高いデータを順に除外して、前記総和のデータ数と前記第 1 の閾値のデータ数とを一致させる、請求項 1 1 に記載の異常診断装置。

[請求項13] 前記回転機械設備の運転条件を格納する運転条件記憶部と、をさらに備え、

異常と診断された場合に実行されていた前記回転機械設備の運転条件を回避して前記回転機械設備を運転させることを特徴とする請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 項に記載の異常診断装置。

[請求項14] 前記異常診断部が前記回転機械設備を異常と診断した場合、前記異常診断部の診断結果を格納する異常判定記憶部と、をさらに備える、請求項 3 に記載の異常診断装置。

[請求項15] 前記診断結果を表示する表示部、前記回転機械設備が異常と診断された場合に警報を発報する警報部、及び外部装置に前記診断結果を送信する外部出力通信部、のうちの少なくとも一つを有する診断結果出力部と、

をさらに備える、請求項 1 4 に記載の異常診断装置。

[請求項16] 前記異常判定記憶部に格納された診断結果を用いて、前記回転機械設備に異常が発生している間の運転時間の合計である異常累積時間を算出する異常指標算出部と、

をさらに備える、請求項 1 4 に記載の異常診断装置。

[請求項17] 前記回転機械設備の運転条件を格納する運転条件記憶部と、をさらに備え、

前記異常指標算出部は、前記回転機械設備の単位運転時間当たりの前記異常累積時間を算出し、前記回転機械設備の単位運転時間当たりの異常累積時間が第 3 の閾値以上となった場合、その際に実行されていた前記回転機械設備の運転条件を、前記回転機械設備に異常を引き起こす異常発生運転条件として推定する、請求項 1 6 に記載の異常診断装置。

- [請求項18] 前記異常発生運転条件を回避して前記回転機械設備を運転させることを特徴とする請求項17に記載の異常診断装置。
- [請求項19] 前記異常指標算出部は、前記回転機械設備の総運転時間当たりの前記異常累積時間を算出し、前記総和と前記異常累積時間のとの積、前記総和と前記回転機械設備の単位運転時間当たりの前記異常累積時間の積又は前記総和と前記回転機械設備の総運転時間当たりの前記異常累積時間の積である劣化進行度を算出する、請求項16に記載の異常診断装置。
- [請求項20] 前記回転機械設備の運転条件を格納する運転条件記憶部と、をさらに備え、
前記劣化進行度に応じて、異常と診断された場合に実行されていた運転条件を回避して前記回転機械設備を運転させることを特徴とする請求項19に記載の異常診断装置。
- [請求項21] 回転機械設備の異常を診断する異常診断システムであって、
電動機の電流信号を格納する電流信号記憶部と、
前記電流信号記憶部に格納された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析部と、
前記周波数解析部が前記電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出部と、
前記特徴周波数帯に属するデータから前記複数のスペクトルピークを検出し、前記特徴周波数帯に属するデータから前記複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外し、前記複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外した前記特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出部と、
前記総和が第1の閾値以上の場合、前記回転機械設備が異常と診断する異常診断部と、

を備える、異常診断システム。

[請求項22]

回転機械設備の異常を診断する異常診断システムであって、

電動機の電流信号を格納する電流信号記憶部と、

前記電流信号記憶部に格納された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析部と、

前記周波数解析部が前記電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出部と、

前記特徴周波数帯に属するデータを信号強度の強度順に並び替え、前記特徴周波数帯に属するデータから前記信号強度が第2の閾値以上であるデータを除外し、前記信号強度が前記第2の閾値以上であるデータを除外した前記特徴周波数帯に属するデータに含まれる、前記信号強度の総和を算出する特徴量算出部と、

前記総和が第1の閾値以上の場合、前記回転機械設備が異常と診断する異常診断部と、

を備える、異常診断システム。

[請求項23]

前記回転機械設備の運転条件を格納する運転条件記憶部と、をさらに備え、

異常と診断された場合に実行されていた前記回転機械設備の運転条件を回避して前記回転機械設備を運転させることを特徴とする請求項21または22に記載の異常診断システム。

[請求項24]

回転機械設備の異常を診断する異常診断方法であって、

電動機に流れる電流信号を検出する電流信号検出ステップと、

前記電流信号検出ステップで検出された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析ステップと、

前記周波数解析ステップが前記電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で

、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出ステップと、

前記特徴周波数帯に属するデータから前記複数のスペクトルピークを検出し、前記特徴周波数帯に属するデータから前記複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外するデータ除外ステップと、

前記複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外した前記特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出ステップと、

前記総和が第1の閾値以上か否かを判定する判定ステップと、

前記総和が第1の閾値以上の場合、前記回転機械設備が異常と診断する異常診断ステップと、

を備える、異常診断方法。

[請求項25]

回転機械設備の異常を診断する異常診断方法であって、

電動機に流れる電流信号を検出する電流信号検出ステップと、

前記電流信号検出ステップで検出された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析ステップと、

前記周波数解析ステップが前記電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出ステップと、

前記特徴周波数帯に属するデータを信号強度の強度順に並び替え、前記特徴周波数帯に属するデータから前記信号強度が第2の閾値以上であるデータを除外するデータ除外ステップと、

前記信号強度が前記第2の閾値以上であるデータを除外した前記特徴周波数帯に属するデータに含まれる、前記信号強度の総和を算出する特徴量算出ステップと、

前記総和が第1の閾値以上か否かを判定する判定ステップと、

前記総和が第1の閾値以上の場合、前記回転機械設備が異常と診断

する異常診断ステップと、
を備える、異常診断方法。

[請求項26] 前記回転機械設備の運転条件を格納する運転条件記憶ステップと、
をさらに備え、

前記回転機械設備が異常と診断された場合に実行されていた前記回転機械設備の運転条件を回避して前記回転機械設備を運転させることを特徴とする請求項24または25に記載の異常診断方法。

[請求項27] 回転機械設備の異常を診断するプログラムであって、
コンピュータに、
電動機に流れる電流信号を検出する電流信号検出ステップと、
前記電流信号検出ステップで検出された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析ステップと、

前記周波数解析ステップが前記電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出ステップと、

前記特徴周波数帯に属するデータから前記複数のスペクトルピークを検出し、前記特徴周波数帯に属するデータから前記複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外するデータ除外ステップと、

前記複数のスペクトルピークとして検出されたデータを除外した前記特徴周波数帯に属するデータに含まれる、信号強度の総和を算出する特徴量算出ステップと、

前記総和が第1の閾値以上か否かを判定する判定ステップと、

前記総和が第1の閾値以上の場合、前記回転機械設備が異常と診断する異常診断ステップと、

を実行させる、プログラム。

[請求項28] 回転機械設備の異常を診断するプログラムであって、
コンピュータに、

電動機に流れる電流信号を検出する電流信号検出ステップと、

前記電流信号検出ステップで検出された電流信号の波形を周波数解析する周波数解析ステップと、

前記周波数解析ステップが前記電流信号の波形を周波数解析した結果である周波数解析結果において、予め定められた周波数範囲の中で、複数のスペクトルピークを含むように特徴周波数帯に属するデータを抽出する特徴周波数帯抽出ステップと、

前記特徴周波数帯に属するデータを信号強度の強度順に並び変え、前記特徴周波数帯に属するデータから前記信号強度が第2の閾値以上であるデータを除外するデータ除外ステップと、

前記信号強度が前記第2の閾値以上であるデータを除外した前記特徴周波数帯に属するデータに含まれる、前記信号強度の総和を算出する特徴量算出ステップと、

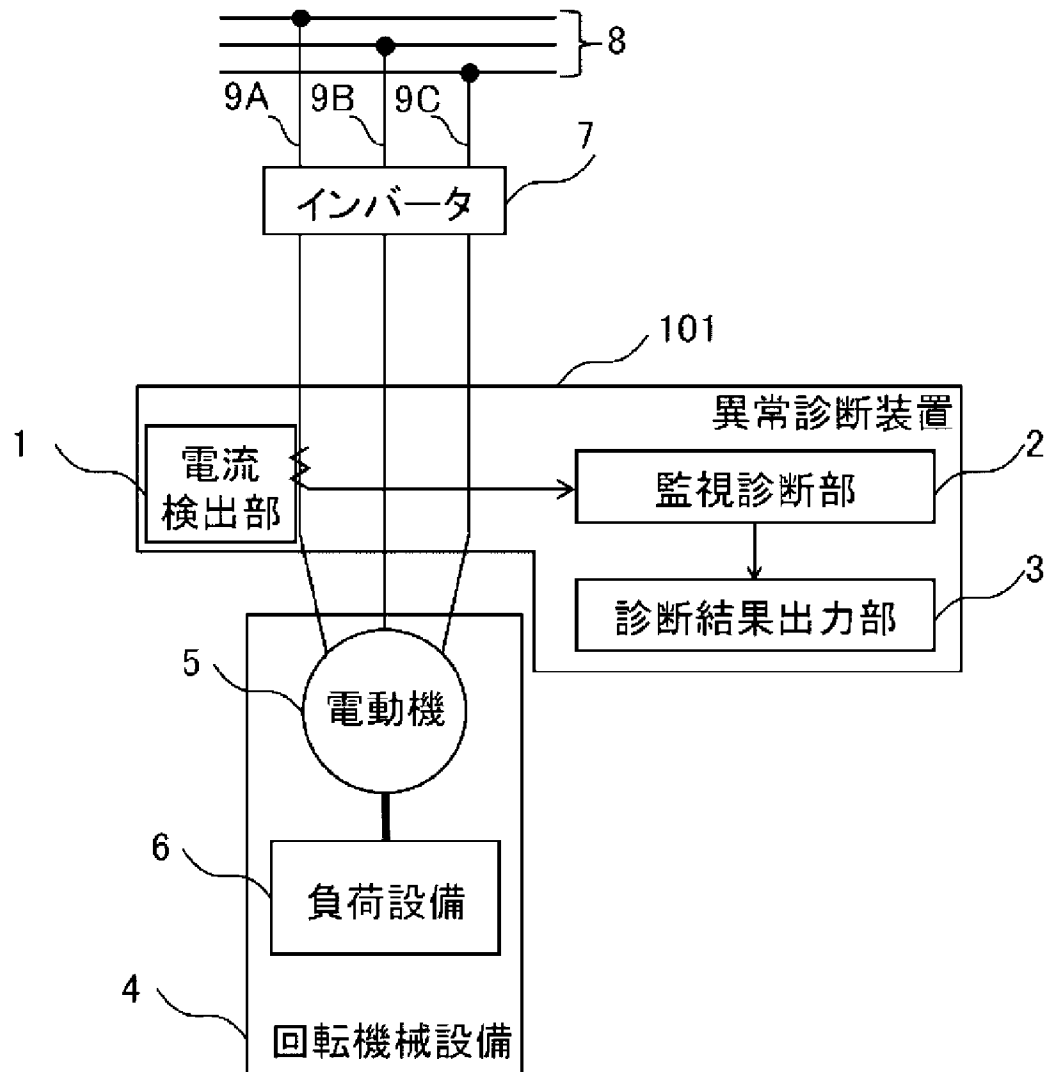
前記総和が第1の閾値以上か否かを判定する判定ステップと、

前記総和が第1の閾値以上の場合、前記回転機械設備が異常と診断する異常診断ステップと、

を実行させる、プログラム。

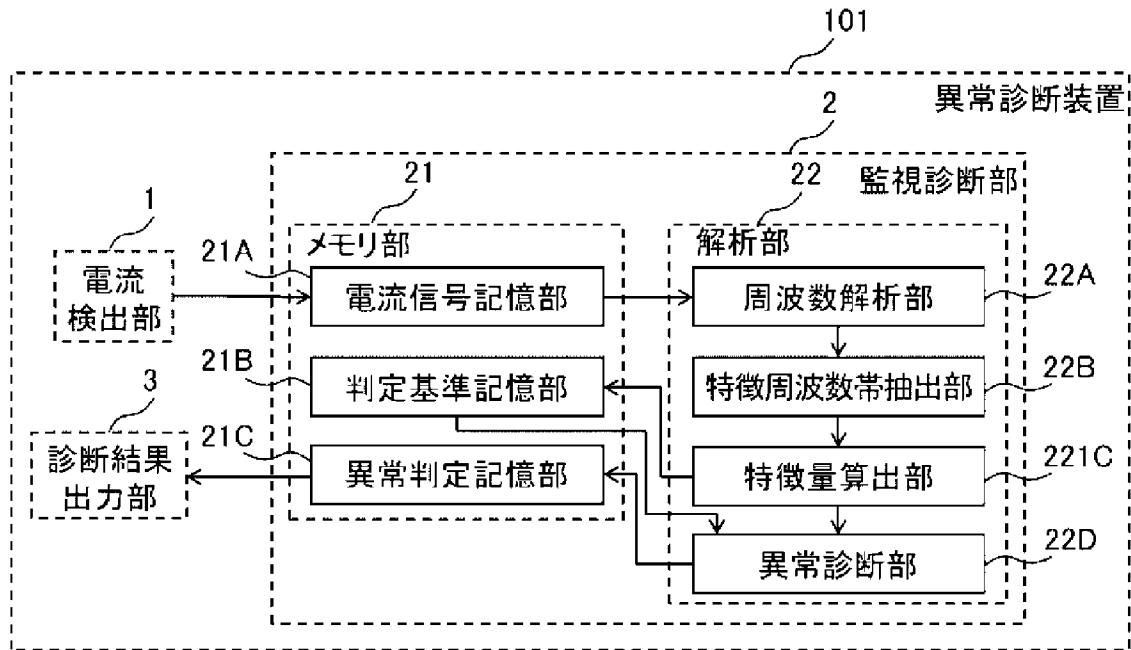
[図1]

図1



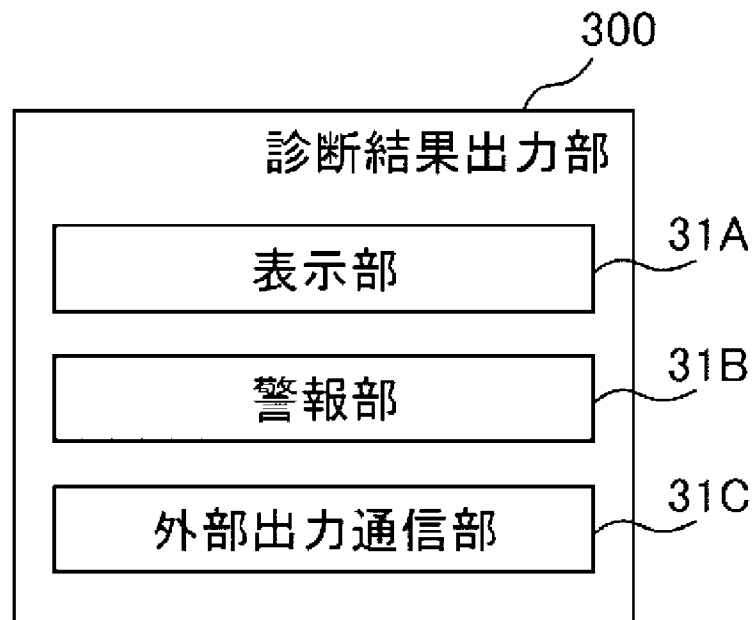
[図2]

図2



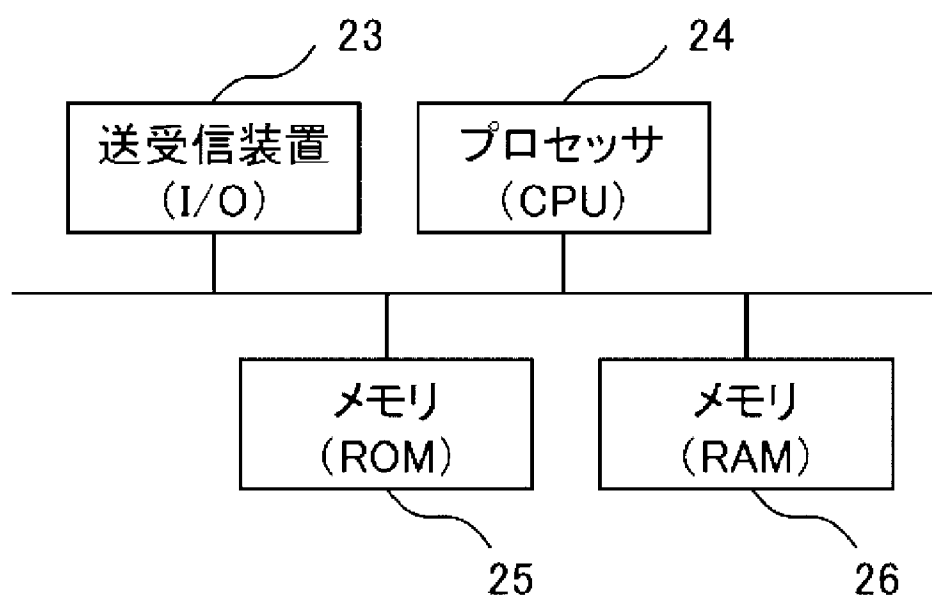
[図3]

図3



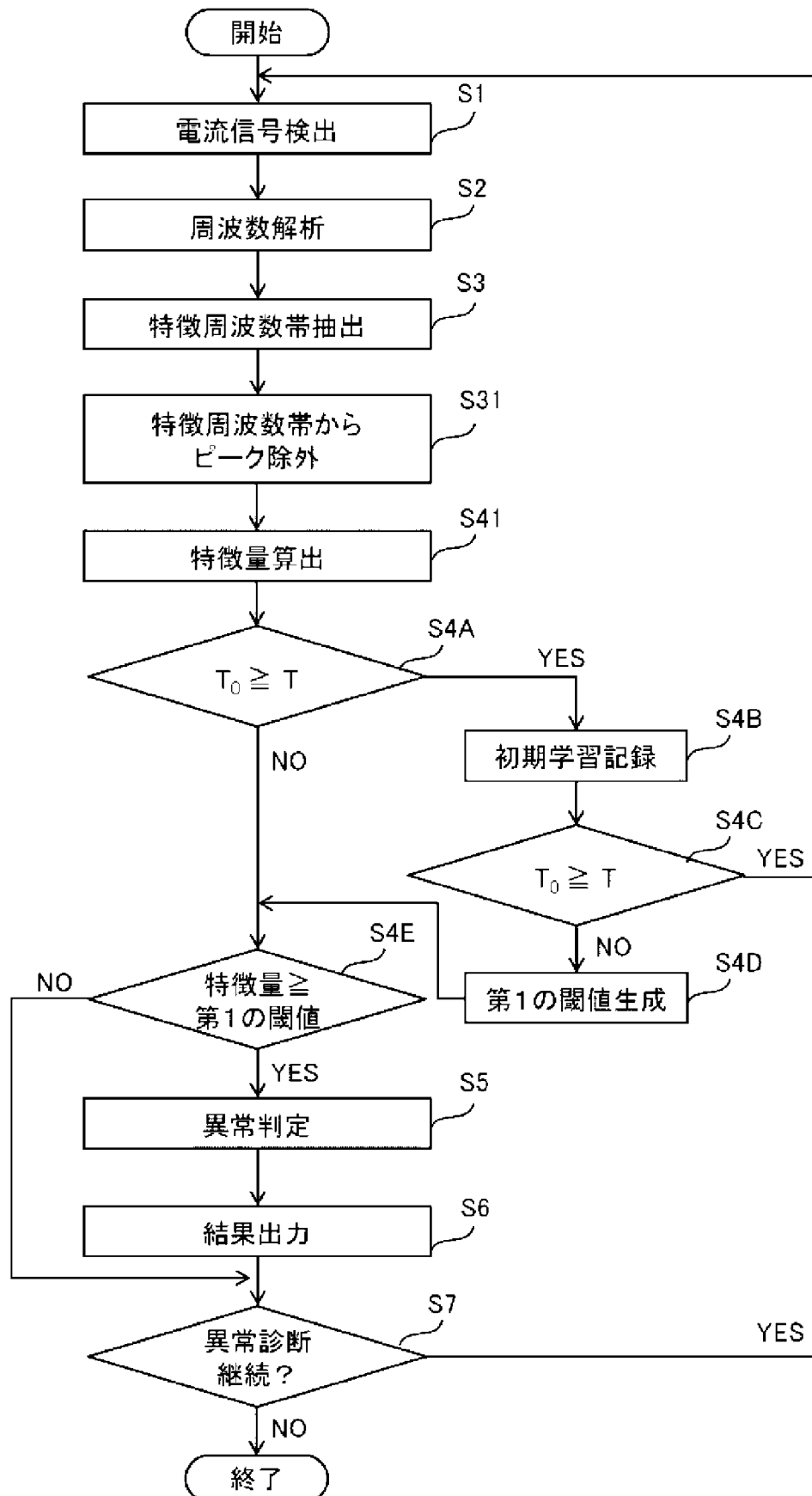
[図4]

図4

2

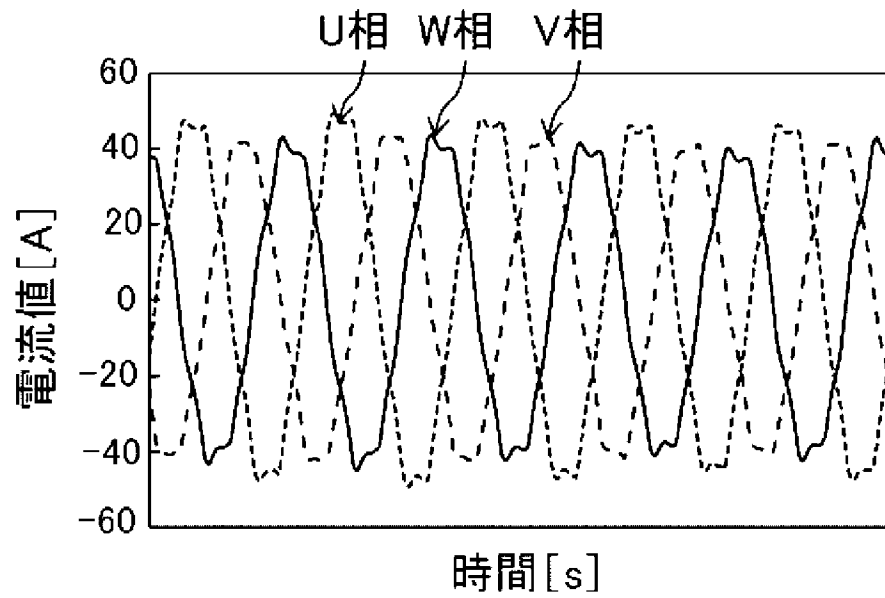
[図5]

図5



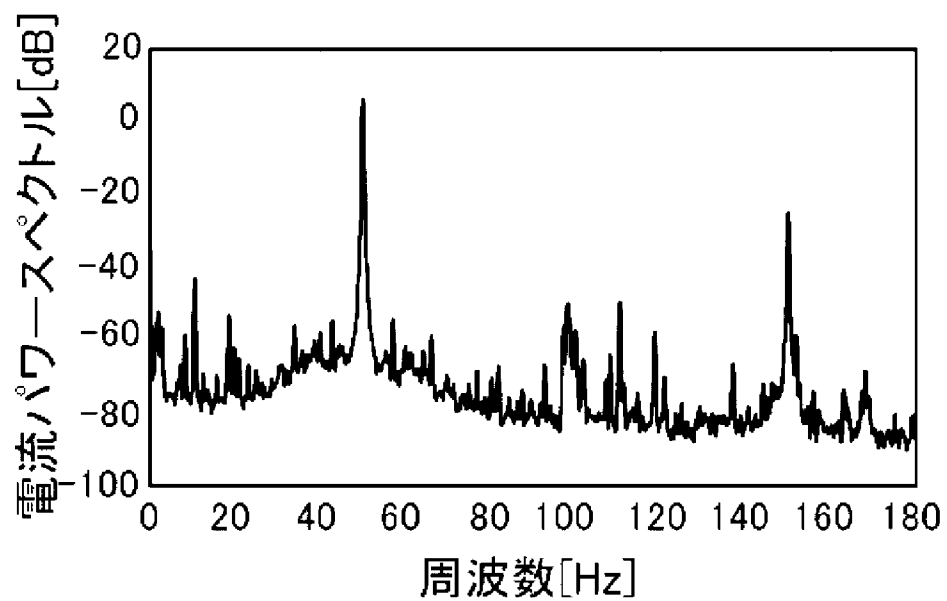
[図6]

図6



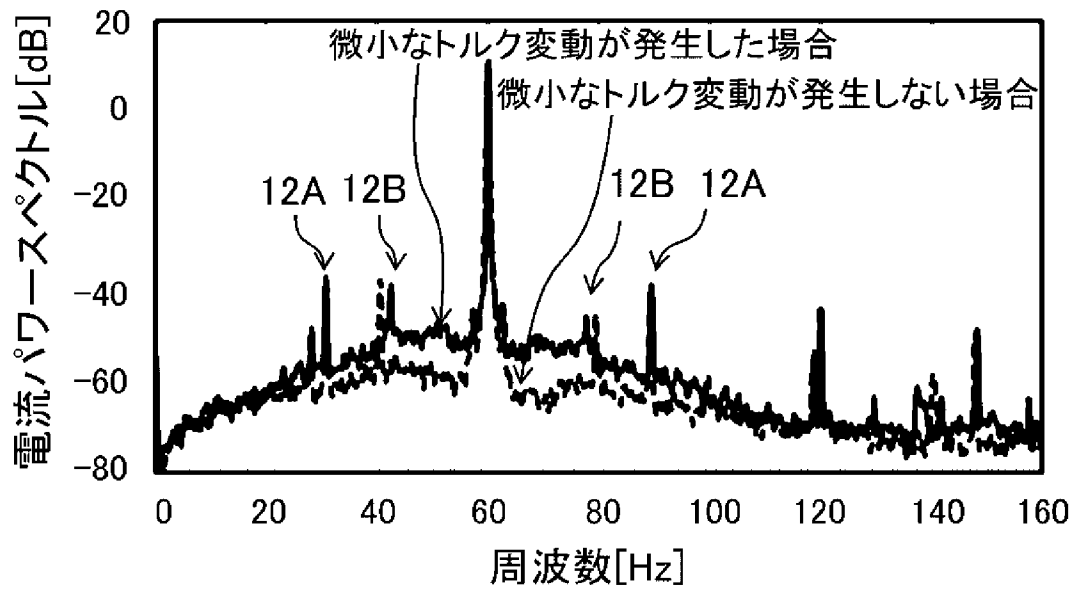
[図7]

図7



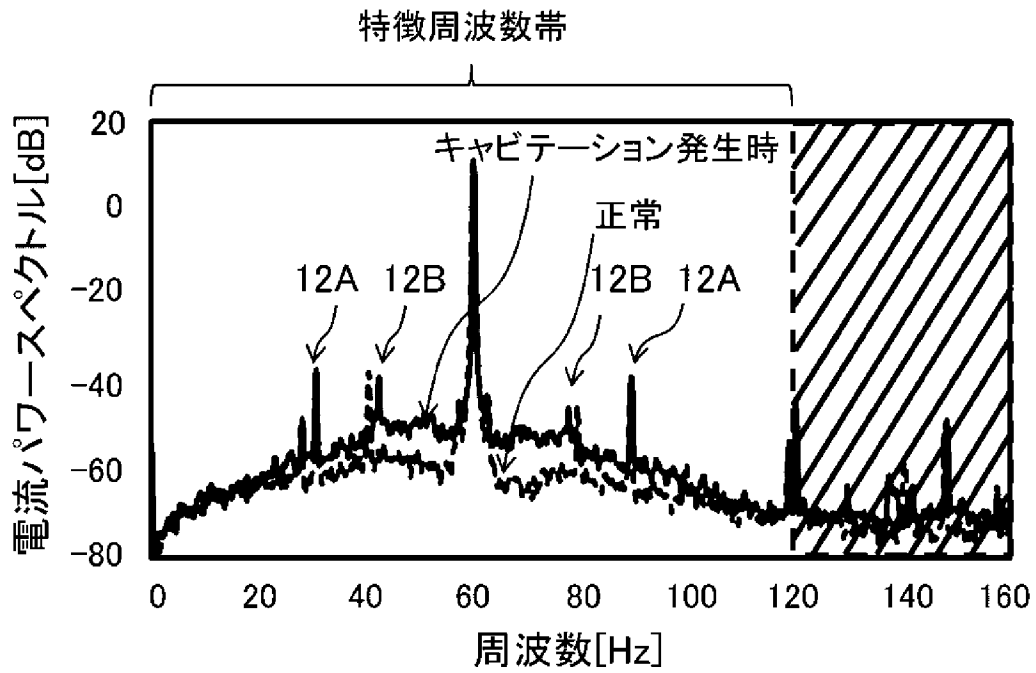
[図8]

図8



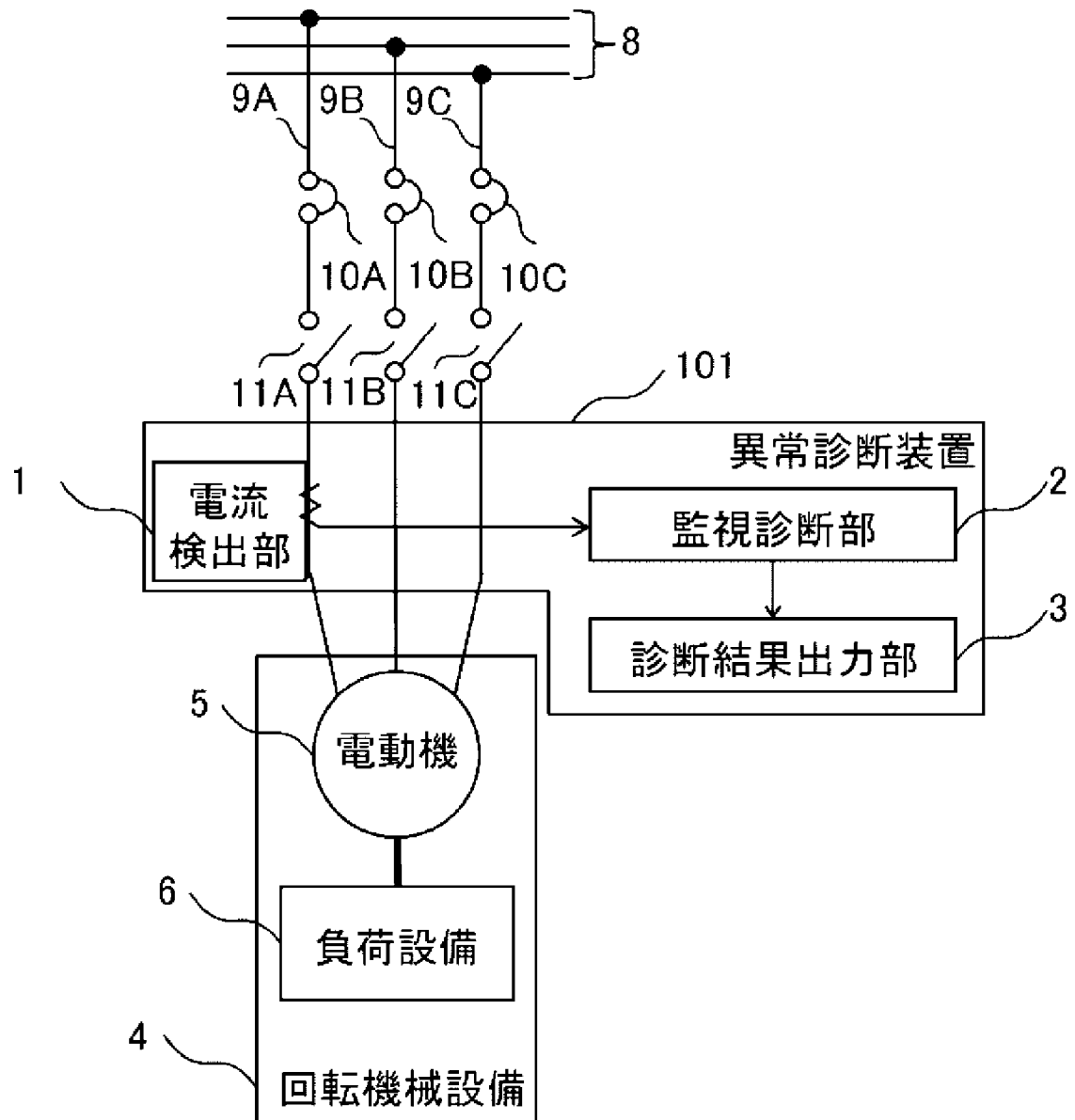
[図9]

図9



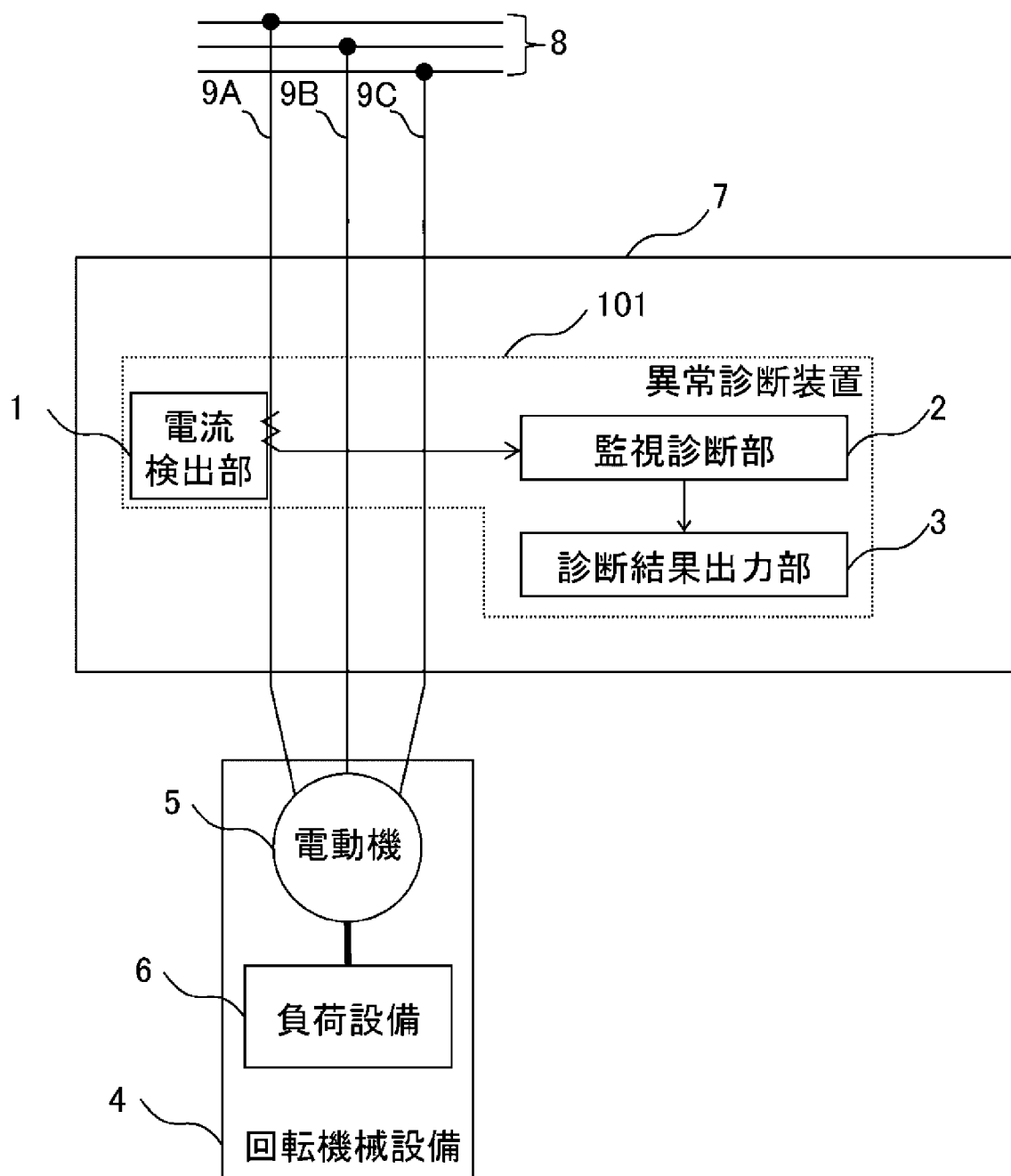
[図10]

図10



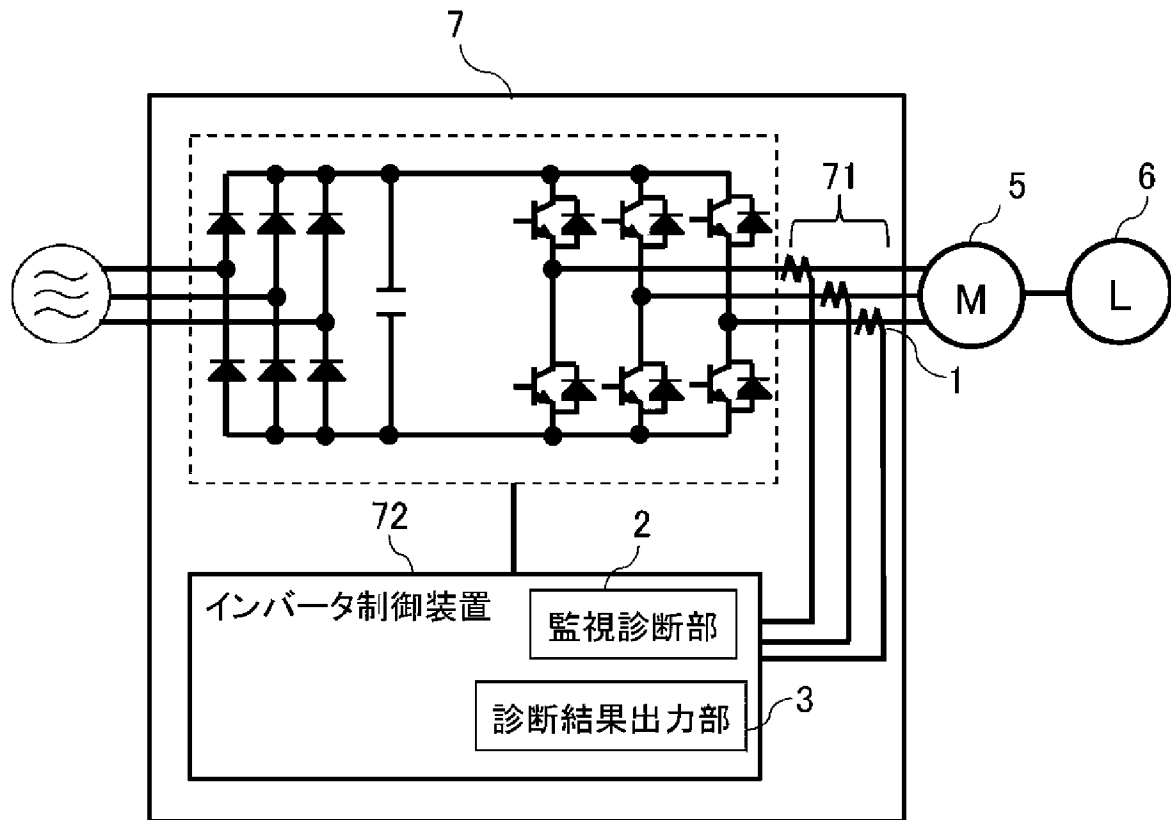
[図11]

図11



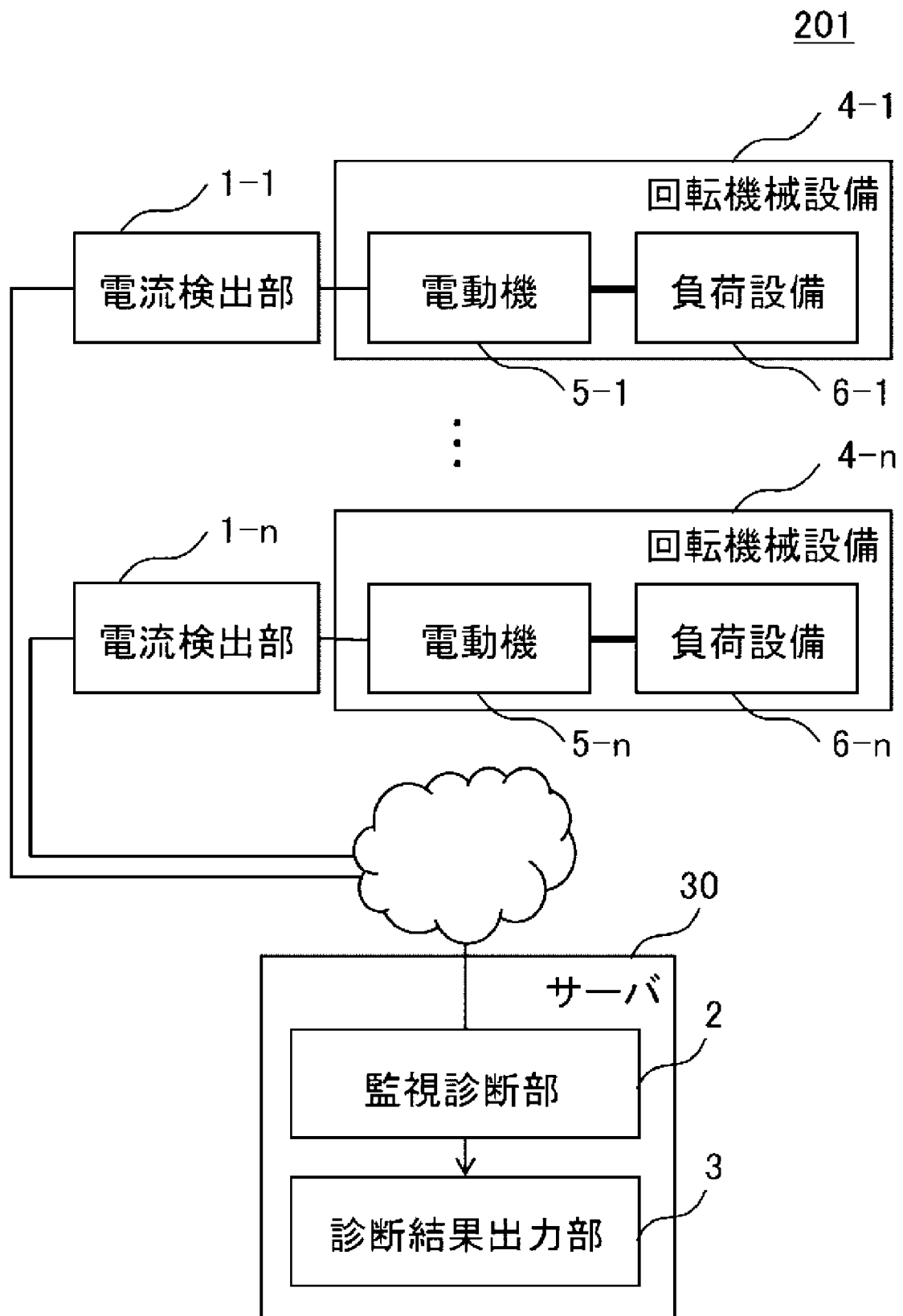
[図12]

図12

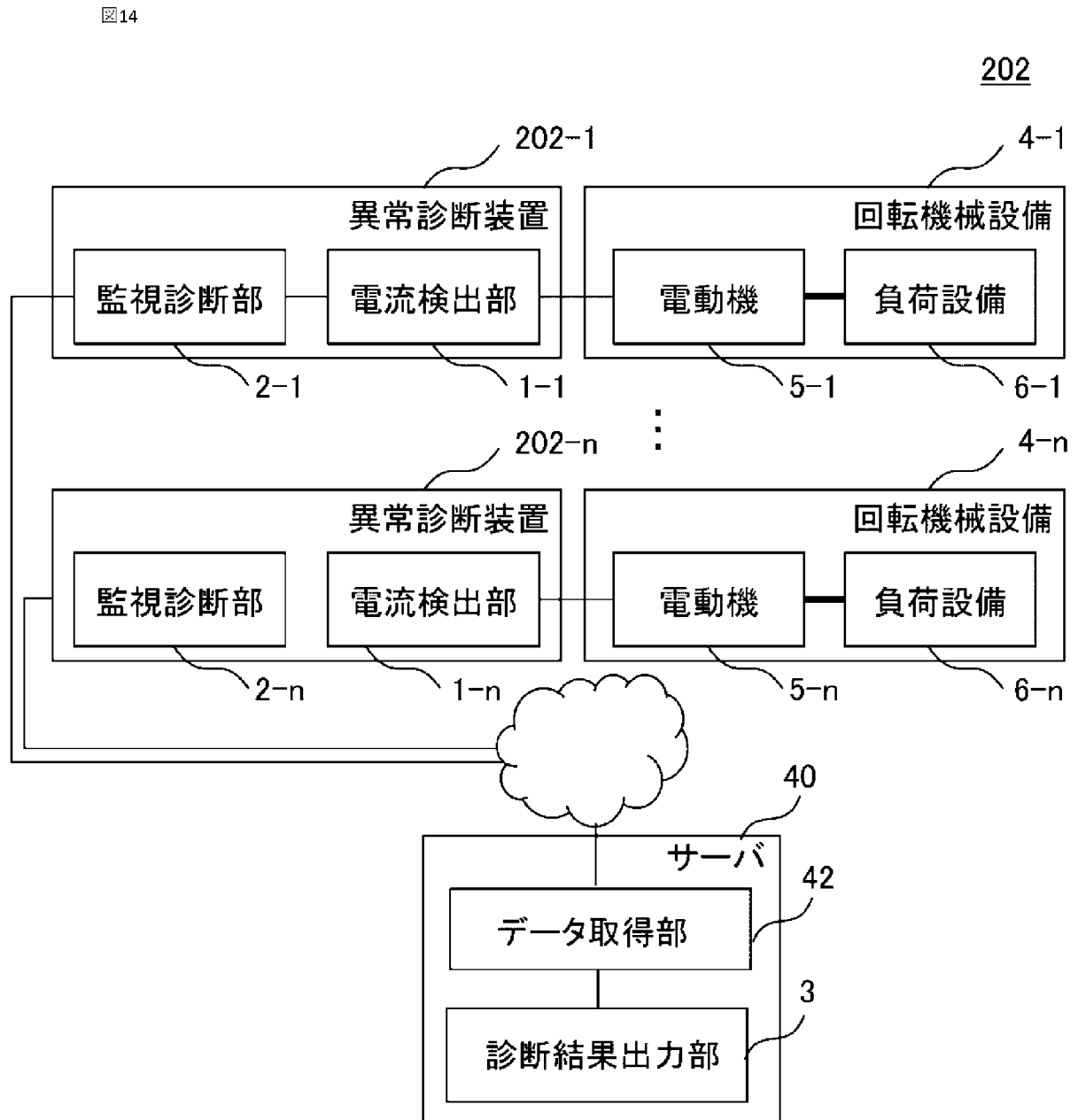


[図13]

図13

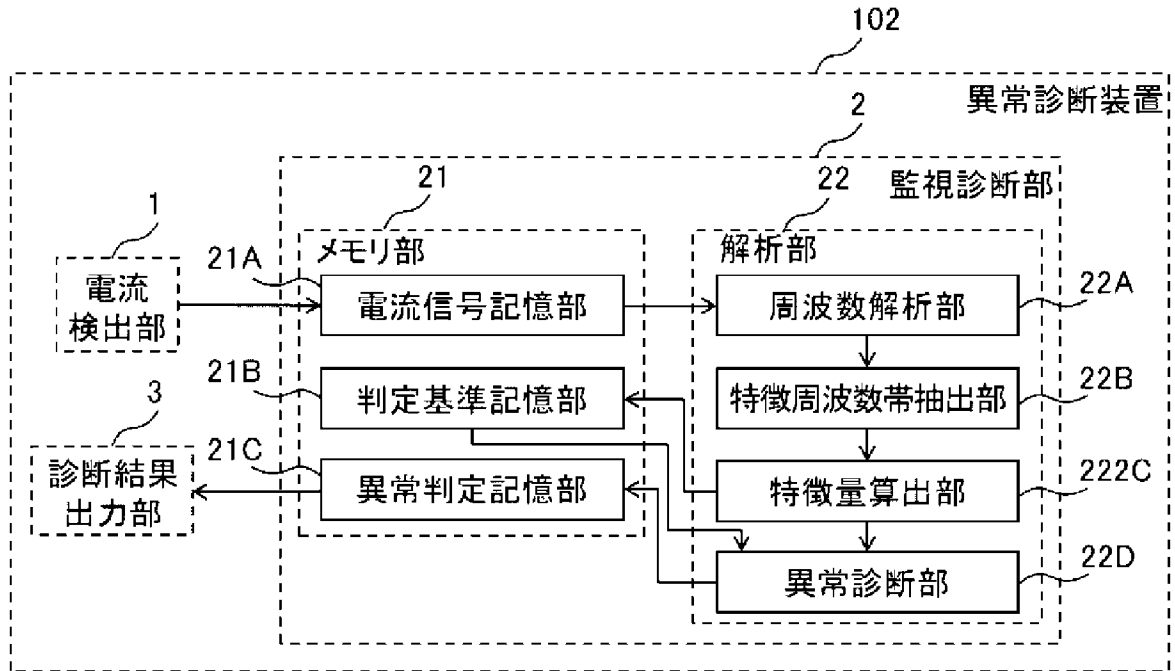


[図14]



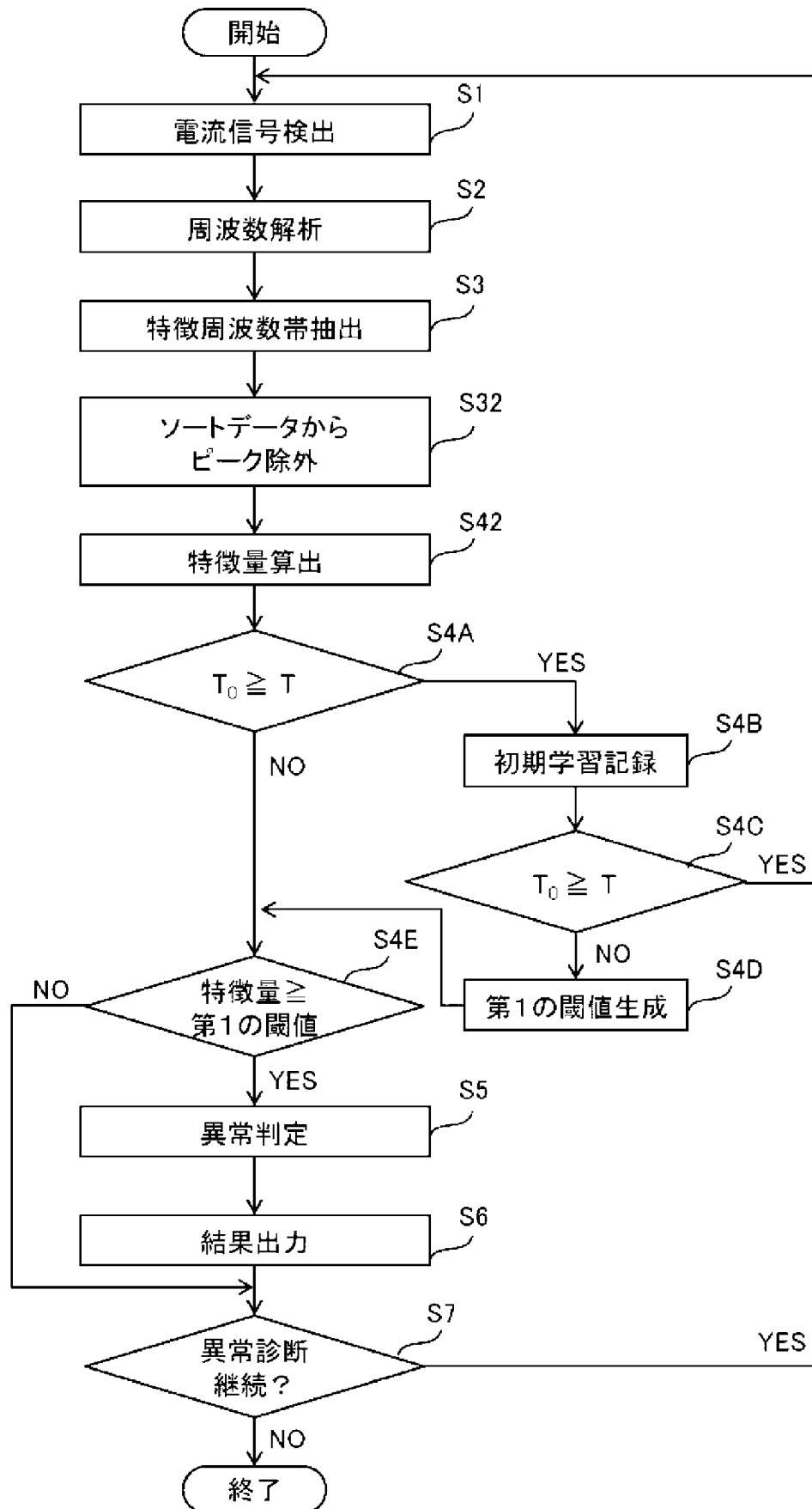
[図15]

図15



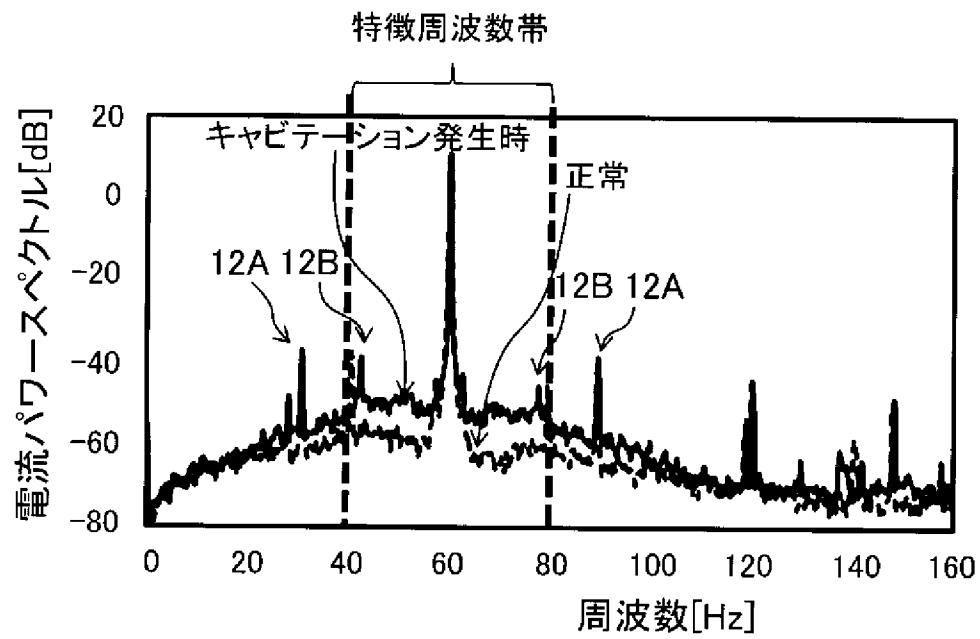
[図16]

図16



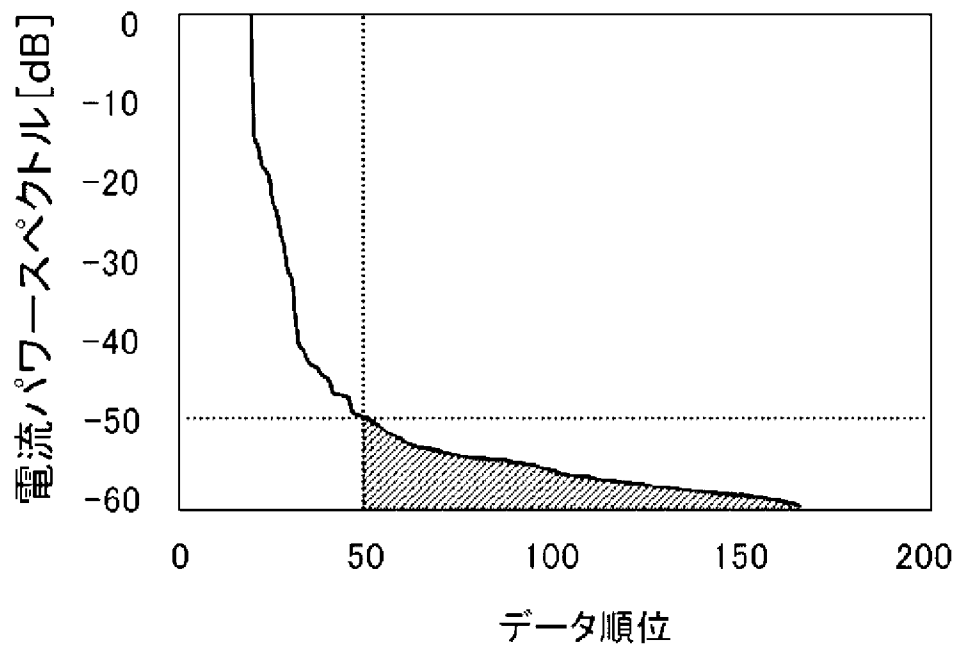
[図17]

図17



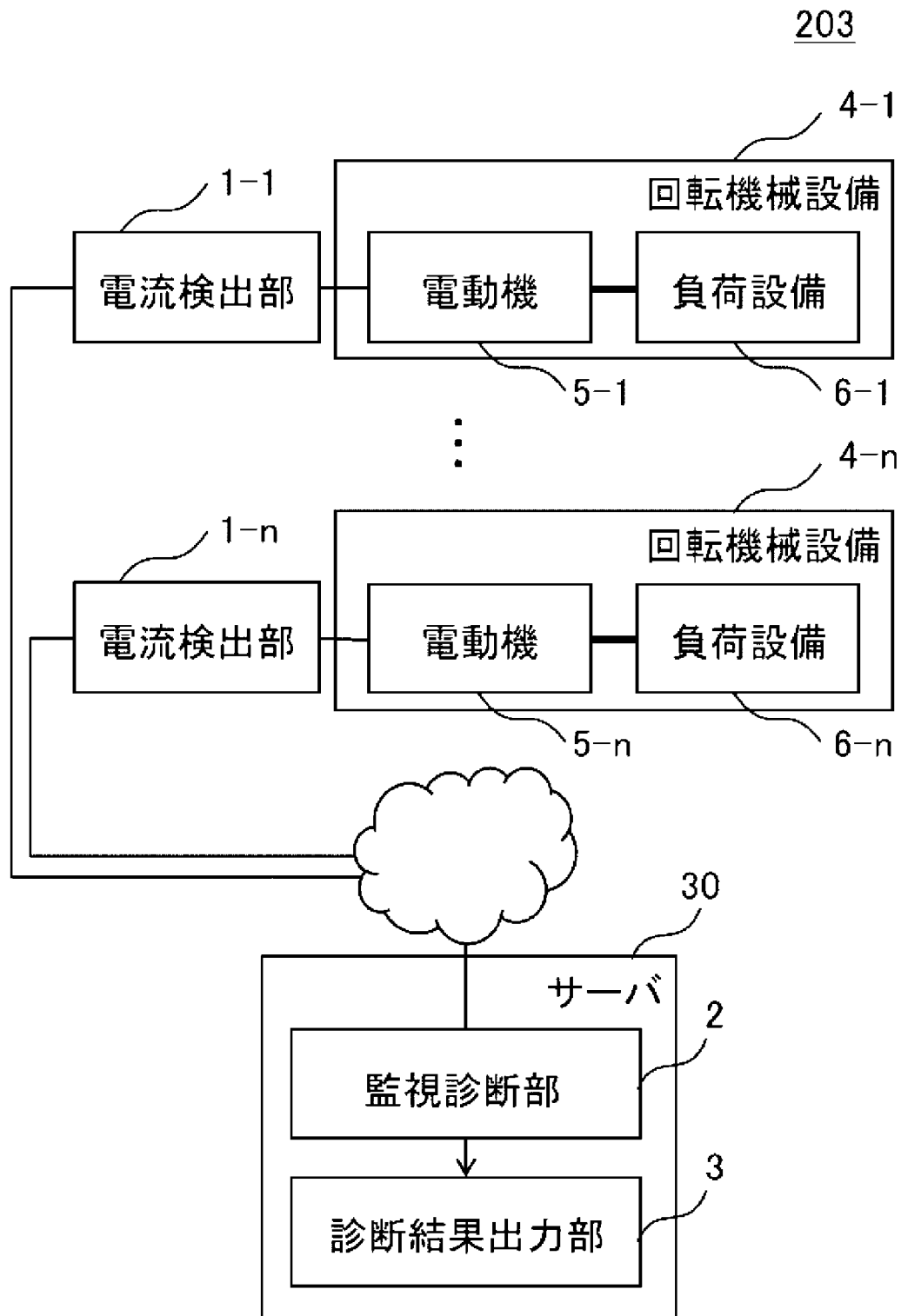
[図18]

図18

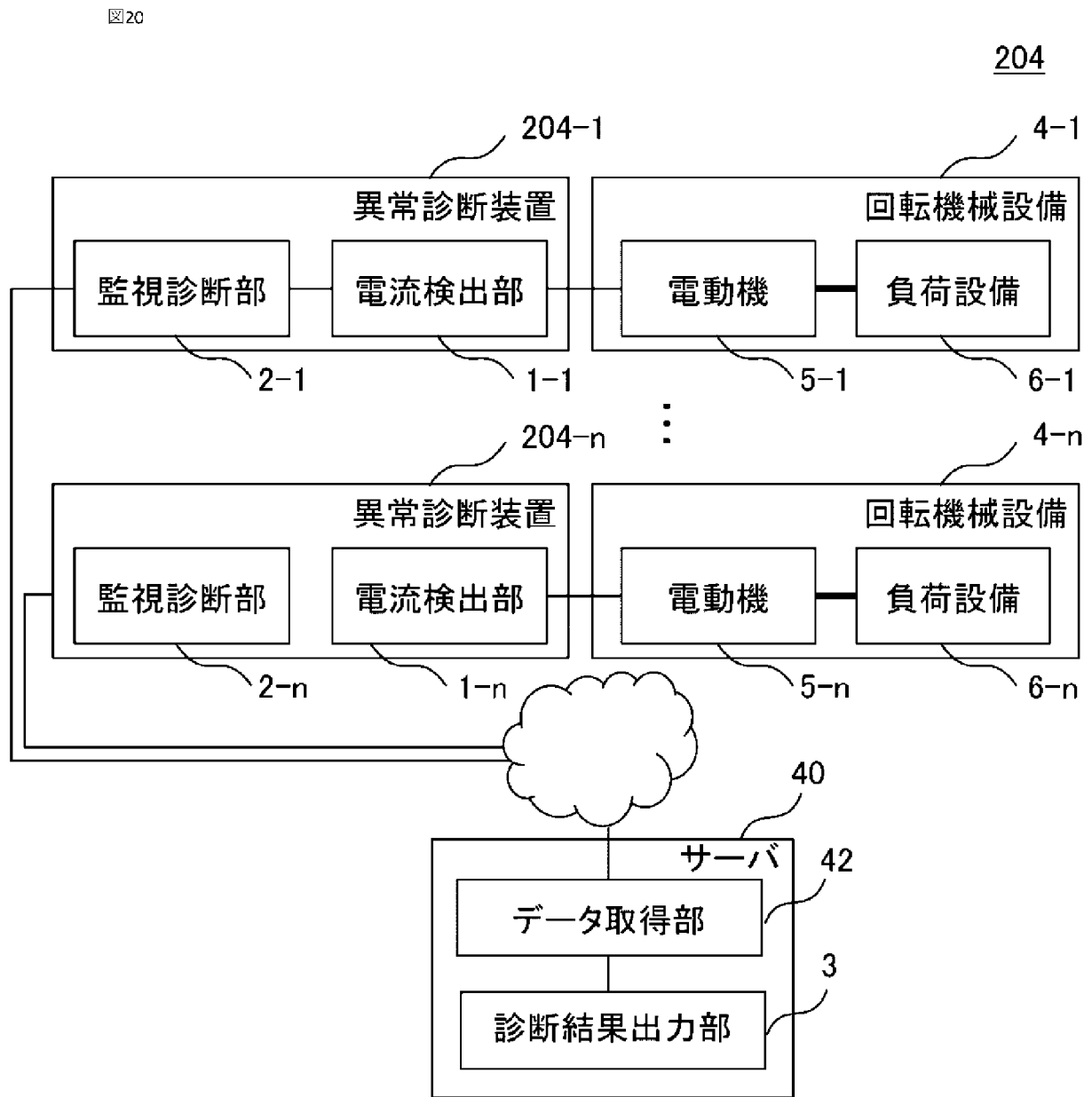


[図19]

図19

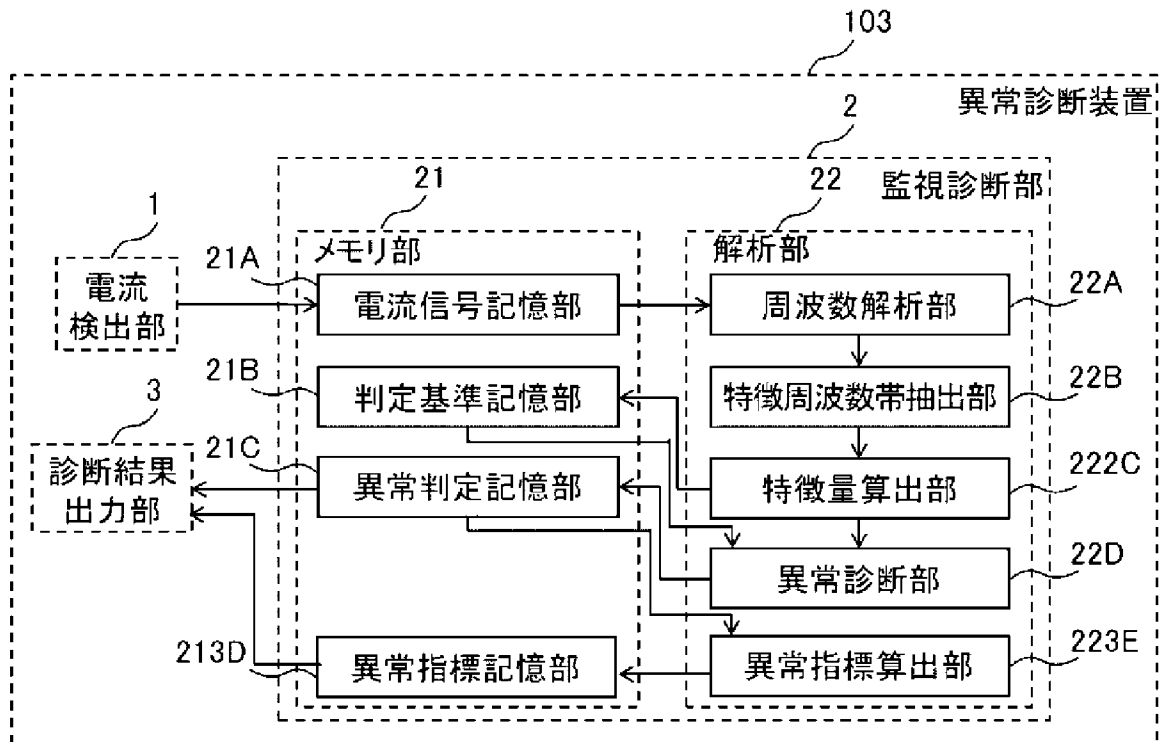


[図20]



[図21]

図21



[図22]

図22

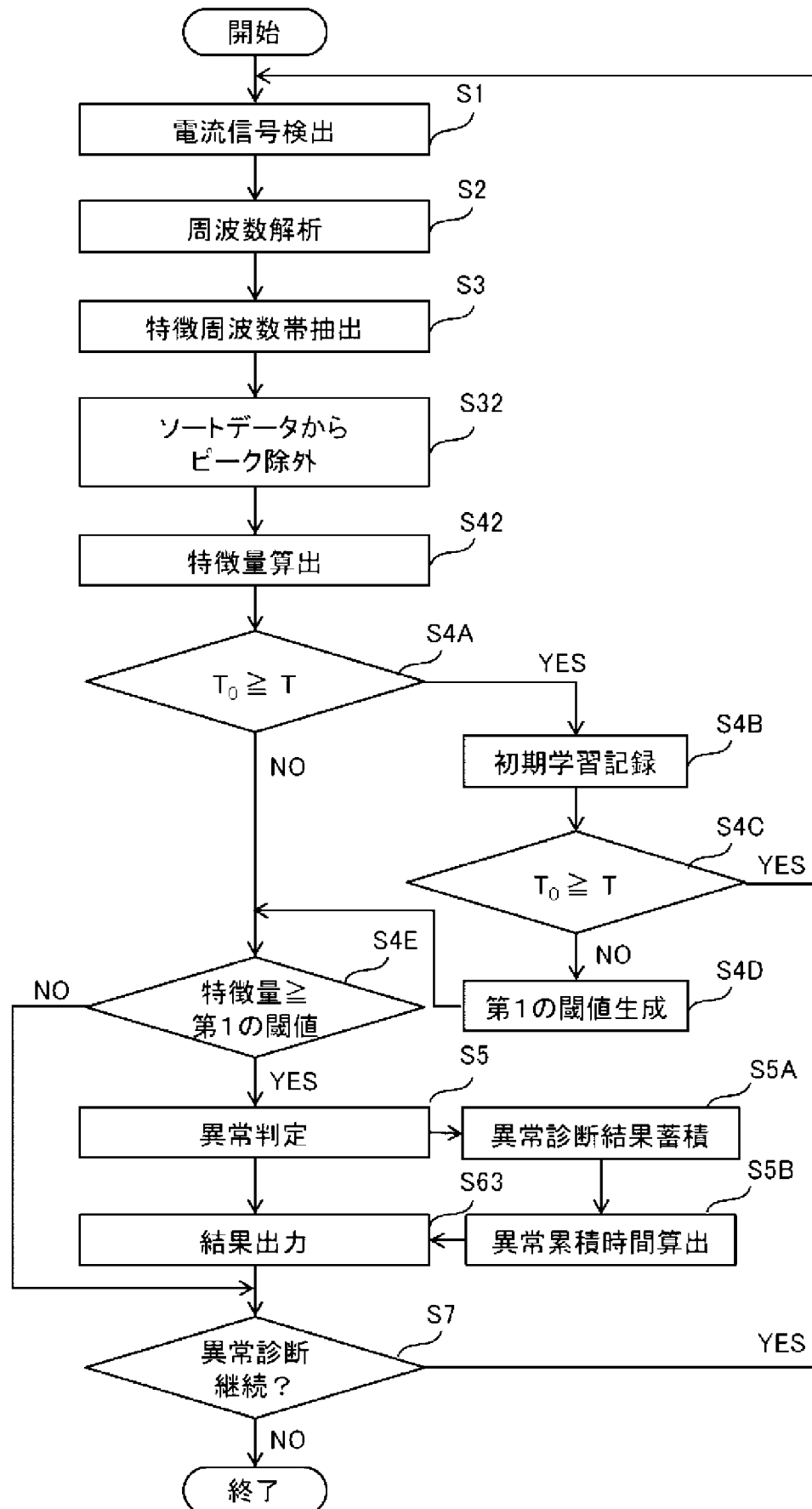
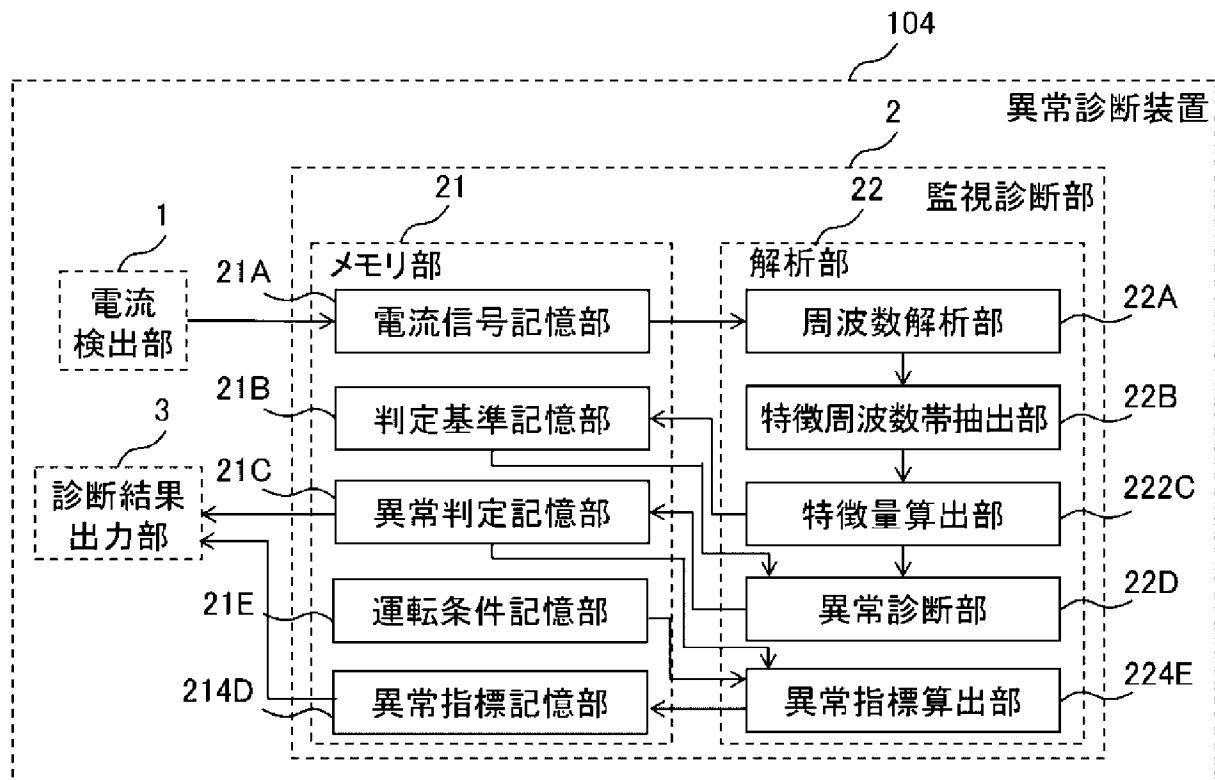
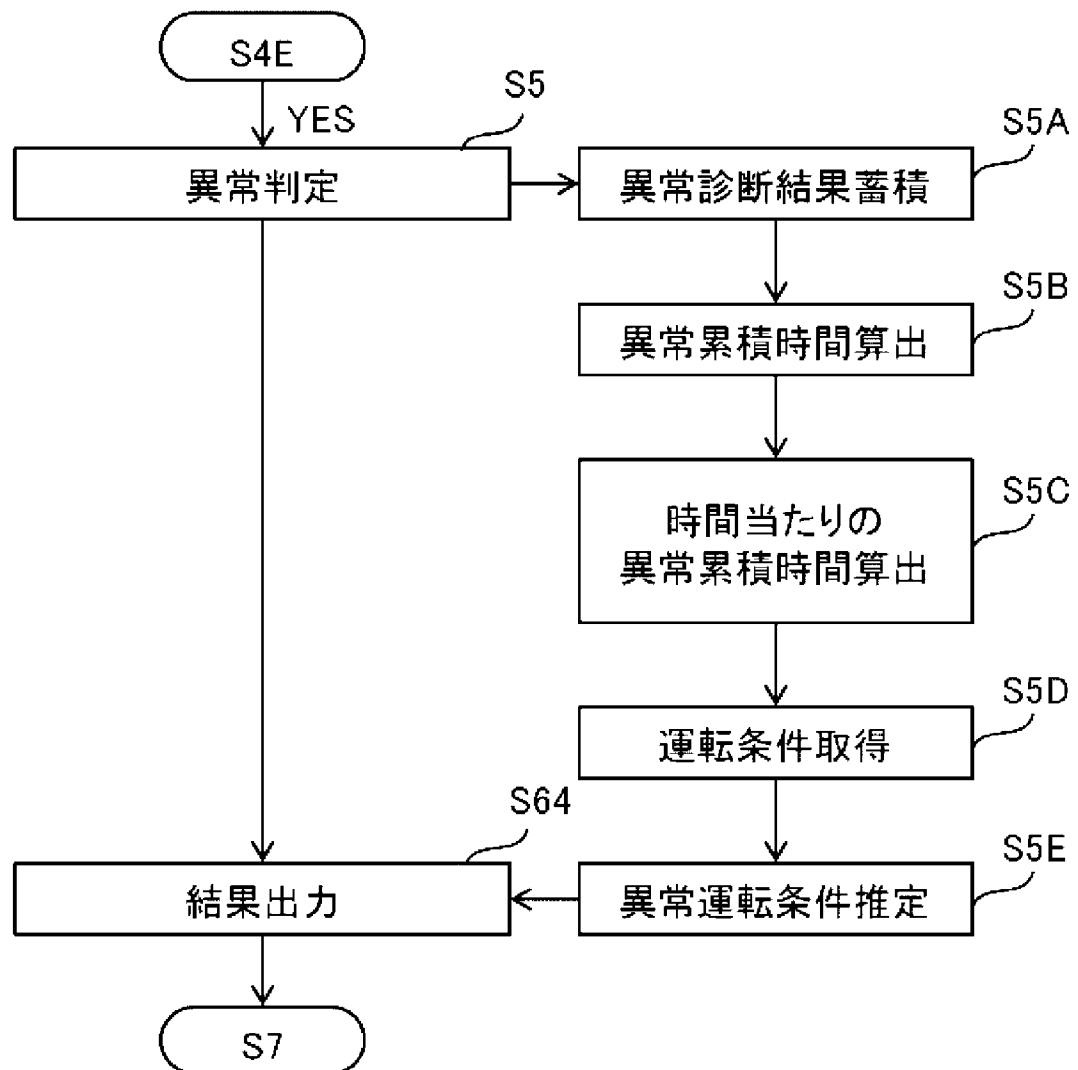


图23



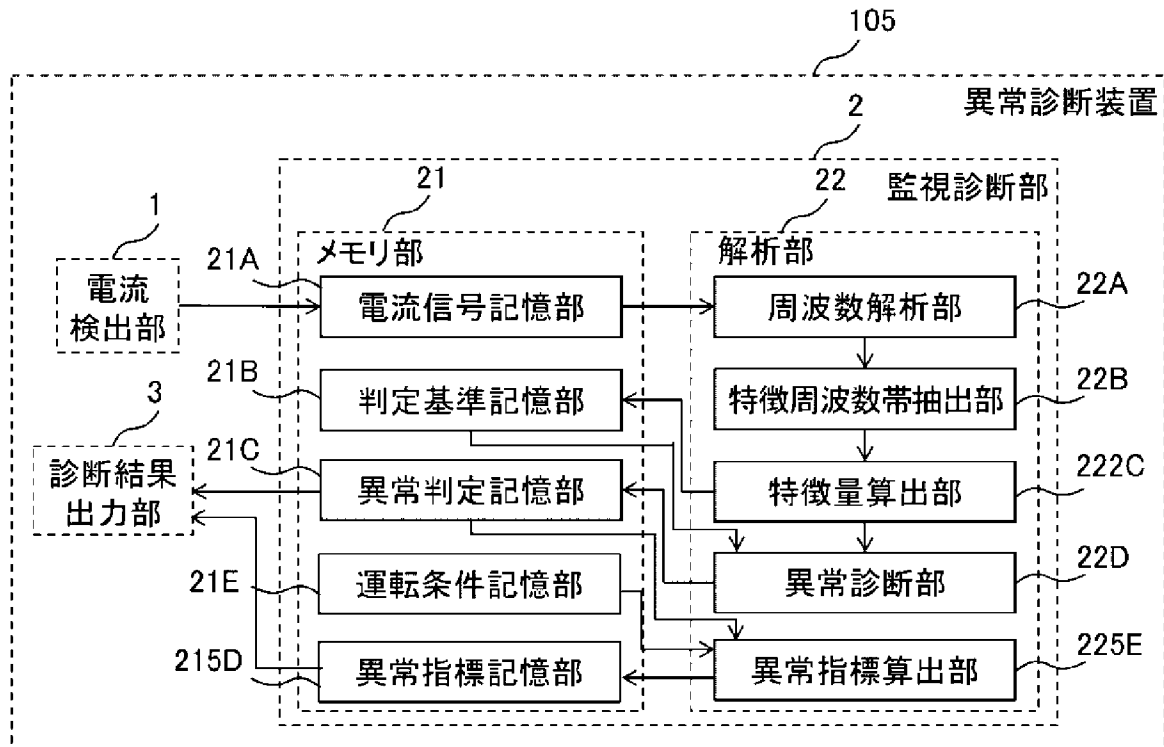
[図24]

図24



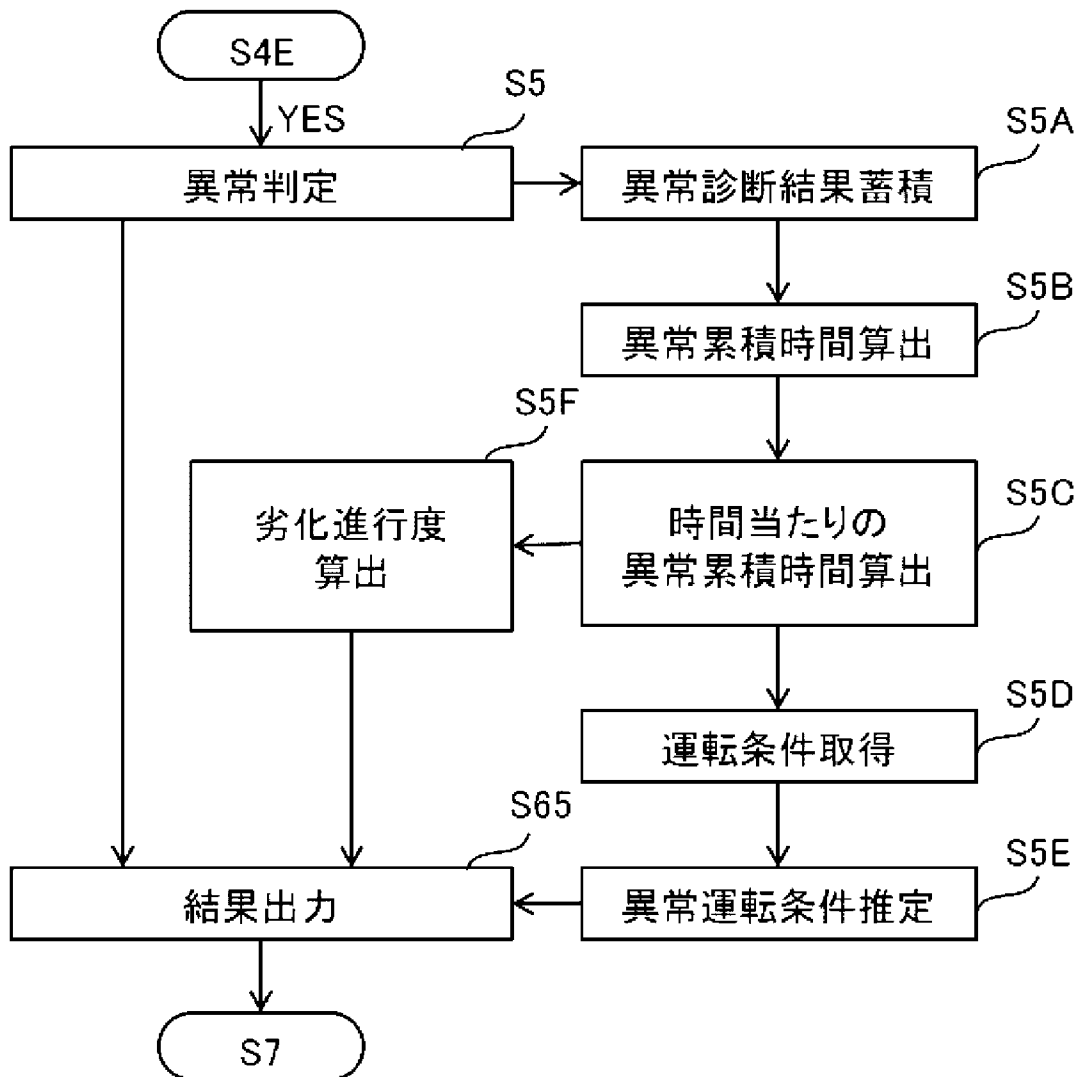
[図25]

図25



[図26]

図26



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/015466

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01R 31/34**(2020.01)i; **G01M 99/00**(2011.01)i

FI: G01R31/34 A; G01M99/00 A

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R31/34; G01M99/00; H02P29/02-29/032

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	US 2004/0230384 A1 (HAYNES, Howard D.) 18 November 2004 (2004-11-18) paragraphs [0002], [0030]-[0098], fig. 1-3, 13, 16A	1-11, 13-16, 21-28 12, 17-20
Y	JP 2016-90546 A (ASAHI KASEI ENGINEERING CORP.) 23 May 2016 (2016-05-23) paragraph [0034]	1-11, 13-16, 21-28
Y	JP 2020-148461 A (EBARA CORP.) 17 September 2020 (2020-09-17) paragraphs [0009], [0073], [0074]	1-11, 13-16, 21-28
Y	JP 6854984 B1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 07 April 2021 (2021-04-07) paragraph [0099]	13, 23, 26
Y	JP 2017-61045 A (FUJI XEROX CO., LTD.) 30 March 2017 (2017-03-30) paragraph [0032]	13, 23, 26

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 June 2023

Date of mailing of the international search report

27 June 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/015466

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X P, Y P, A	WO 2022/224631 A1 (HITACHI INDUSTRIAL EQUIPMENT SYSTEMS CO., LTD.) 27 October 2022 (2022-10-27) paragraphs [0014]-[0042], fig. 1-6	1-11, 14-16, 21-22, 24-25, 27-28 13, 23, 26 12, 17-20
A	WELCH, D. E. ; HAYNES, H. D. ; COX, D. F. ; MOSES, R. J., "Electrical Signature Analysis (ESA) as a Diagnostic Maintenance Technique for Detecting the High Consequence Fuel Pump Failure Modes", [online], OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY, 19 September 2002, [retrieved on 12 June 2023], Retrieved from the Internet: <URL: https://technicalreports.ornl.gov/cppr/y2001/pres/114556.pdf > entire text	1-28
A	豊田利夫, "電流徴候解析MCSAによる電動機駆動回転機の診断技術", 高田技報, 01 April 2010, vol. 20, pp. 3-6 non-official translation (TOYOTA, Toshio. "Using motor current signature analysis (MCSA) in diagnostic technologies of motor-driven rotary machines." Takada Technical Reports.) entire text	1-28
A	JP 6968323 B1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 17 November 2021 (2021-11-17) entire text	1-28
A	JP 6824494 B1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 03 February 2021 (2021-02-03) entire text	1-28
A	WO 2020/189014 A1 (OMRON CORP.) 24 September 2020 (2020-09-24) entire text	1-28
A	WO 2018/109993 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 21 June 2018 (2018-06-21) entire text	1-28
A	KR 10-2017-0025310 A (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) 08 March 2017 (2017-03-08) entire text	1-28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/015466

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	2004/0230384	A1	18 November 2004	(Family: none)	
JP	2016-90546	A	23 May 2016	(Family: none)	
JP	2020-148461	A	17 September 2020	(Family: none)	
JP	6854984	B1	07 April 2021	WO 2021/240778 A1 CN 115666839 A DE 112020007259 T5	
JP	2017-61045	A	30 March 2017	US 2017/0094105 A1 paragraph [0075]	
WO	2022/224631	A1	27 October 2022	JP 2022-166398 A	
JP	6968323	B1	17 November 2021	WO 2022/224391 A1	
JP	6824494	B1	03 February 2021	WO 2022/003758 A1 KR 10-2023-0010708 A CN 115885469 A	
WO	2020/189014	A1	24 September 2020	EP 3940366 A1 US 2022/0170987 A1 KR 10-2021-0120049 A CN 113544487 A JP 2020-153965 A	
WO	2018/109993	A1	21 June 2018	US 2020/0284690 A1 CN 110088589 A DE 112017005650 T5 JP 6628905 B2	
KR	10-2017-0025310	A	08 March 2017	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01R 31/34(2020.01)i; G01M 99/00(2011.01)i FI: G01R31/34 A; G01M99/00 A		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G01R31/34; G01M99/00; H02P29/02-29/032		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	US 2004/0230384 A1 (HAYNES, Howard D.) 18.11.2004 (2004-11-18) [0002], [0030] ~ [0098], 図1~3, 図13, 図16A	1-11, 13-16, 21-28 12, 17-20
Y	JP 2016-90546 A (旭化成エンジニアリング株式会社) 23.05.2016 (2016-05-23) [0034]	1-11, 13-16, 21-28
Y	JP 2020-148461 A (株式会社荏原製作所) 17.09.2020 (2020-09-17) [0009], [0073] ~ [0074]	1-11, 13-16, 21-28
Y	JP 6854984 B1 (三菱電機株式会社) 07.04.2021 (2021-04-07) [0099]	13, 23, 26
Y	JP 2017-61045 A (富士ゼロックス株式会社) 30.03.2017 (2017-03-30) [0032]	13, 23, 26
P, X P, Y P, A	WO 2022/224631 A1 (株式会社日立産機システム) 27.10.2022 (2022-10-27) [0014] ~ [0042], 図1~6	1-11, 14-16, 21-22, 24-25, 27-28 13, 23, 26 12, 17-20
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 12.06.2023		国際調査報告の発送日 27.06.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 小川 浩史 2S 9114 電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WELCH, D. E. ; HAYNES, H. D. ; COX, D. F. ; MOSES, R. J., “Electrical Signature Analysis (ESA) as a Diagnostic Maintenance Technique for Detecting the High Consequence Fuel Pump Failure Modes”, [online], OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY, 2002.09.19, [retrieved on 2023.06.12], Retrieved from the Internet: <URL: https://technicalreports.ornl.gov/cppr/y2001/pres/114556.pdf > 全文	1-28
A	豊田利夫, “電流徴候解析MCSAによる電動機駆動回転機の診断技術”, 高田技報, 2010.04.01, Vol. 20, pp. 3-6 全文	1-28
A	JP 6968323 B1 (三菱電機株式会社) 17.11.2021 (2021 - 11 - 17) 全文	1-28
A	JP 6824494 B1 (三菱電機株式会社) 03.02.2021 (2021 - 02 - 03) 全文	1-28
A	WO 2020/189014 A1 (オムロン株式会社) 24.09.2020 (2020 - 09 - 24) 全文	1-28
A	WO 2018/109993 A1 (三菱電機株式会社) 21.06.2018 (2018 - 06 - 21) 全文	1-28
A	KR 10-2017-0025310 A (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) 08.03.2017 (2017 - 03 - 08) 全文	1-28

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/015466

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
US	2004/0230384	A1	18.11.2004	(ファミリーなし)			
JP	2016-90546	A	23.05.2016	(ファミリーなし)			
JP	2020-148461	A	17.09.2020	(ファミリーなし)			
JP	6854984	B1	07.04.2021	WO	2021/240778	A1	
				CN	115666839	A	
				DE	112020007259	T5	
JP	2017-61045	A	30.03.2017	US	2017/0094105	A1	
				[0075]			
WO	2022/224631	A1	27.10.2022	JP	2022-166398	A	
JP	6968323	B1	17.11.2021	WO	2022/224391	A1	
JP	6824494	B1	03.02.2021	WO	2022/003758	A1	
				KR	10-2023-0010708	A	
				CN	115885469	A	
WO	2020/189014	A1	24.09.2020	EP	3940366	A1	
				US	2022/0170987	A1	
				KR	10-2021-0120049	A	
				CN	113544487	A	
				JP	2020-153965	A	
WO	2018/109993	A1	21.06.2018	US	2020/0284690	A1	
				CN	110088589	A	
				DE	112017005650	T5	
				JP	6628905	B2	
KR	10-2017-0025310	A	08.03.2017	(ファミリーなし)			