

(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
2019年11月21日(21.11.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/220591 A1

(51) 国際特許分類:

F02B 37/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/019121

(22) 国際出願日: 2018年5月17日(17.05.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

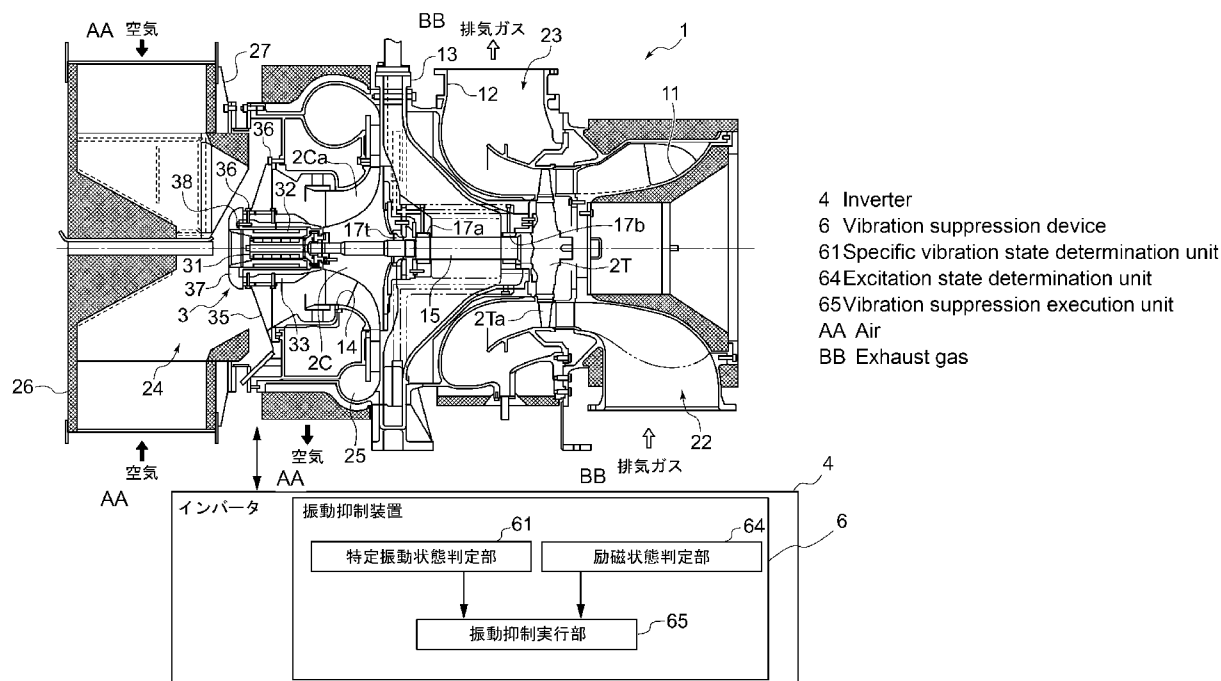
(71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内
三丁目2番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 吉田 正(YOSHIDA, Tadashi); 〒1088215
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株
式会社内 Tokyo (JP). 坂本 武蔵(SAKAMOTO,

Musashi); 〒1088215 東京都港区港南二丁目
16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo
(JP). 佐々木 領士(SASAKI, Ryoji); 〒1088215
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重
工業株式会社内 Tokyo (JP). 小野 嘉久(ONO,
Yoshihisa); 〒8508610 長崎県長崎市飽の浦町
1番1号 三菱重工マリンマシナリ株式会
社内 Nagasaki (JP). 西村 英高(NISHIMURA,
Hidetaka); 〒8508610 長崎県長崎市飽の浦町1
番1号 三菱重工マリンマシナリ株式会社内
Nagasaki (JP). 辻 剛志(TSUJI, Takeshi); 77046
テキサス州ヒューストン、スウィート 83
0、イーストグリーンウェイ プラザ 20、
ミツビシ ヘビー インダストリーズ アメリカ
インコーポレイテッド内 Texas (US).

(54) Title: VIBRATION SUPPRESSION METHOD AND VIBRATION SUPPRESSION DEVICE FOR SUPER-CHARGER DRIVABLE BY MOTOR

(54) 発明の名称: モータにより駆動可能である過給機の振動抑制方法および振動抑制装置



(57) Abstract: This vibration suppression method for superchargers is for suppressing shaft vibration of a supercharger drivable by a motor, and is provided with: a specific vibration state determination step for determining whether a rotor shaft of the supercharger is in a specific vibration state where the size of the shaft vibration exceeds or is likely to exceed a prescribed size; an excitation state determination step for determining whether the motor is in an excitation state where an excitation voltage is applied thereto; and a vibration suppression execution step for applying the excitation voltage to the

(74) 代理人: 誠真 I P 特許業務法人 (SEISHIN IP PATENT FIRM, P.C.); 〒1080073 東京都港区三田三丁目13番16号 三田43MTビル13階 Tokyo (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, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第19条(1))

motor when the specific vibration state has been determined in the specific vibration state determination step and when no excitation state has been determined in the excitation state determination step.

(57) 要約: 過給機の振動抑制方法は、モータにより駆動可能である過給機の軸振動を抑制する過給機の振動抑制方法であって、過給機のロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか、又は、超える可能性がある、特定振動状態であるか否かを判定する特定振動状態判定ステップと、モータに励磁電圧が印加されている励磁状態であるか否かを判定する励磁状態判定ステップと、特定振動状態判定ステップによって特定振動状態であると判定された場合、かつ、励磁状態判定ステップによって励磁状態でない判定された場合に、モータに励磁電圧を印加する振動抑制実行ステップと、を備える。

明 細 書

発明の名称：

モータにより駆動可能である過給機の振動抑制方法および振動抑制装置

技術分野

[0001] 本開示は、モータを備える過給機の振動抑制に関する。

背景技術

[0002] 従来から、空気等の気体を圧縮して密度を高め、燃焼用気体としてエンジン（内燃機関）の燃焼室へ過給する過給機が知られている。過給機は、ロータ軸（回転軸）およびロータ軸の両端に配置されたタービンとコンプレッサから構成される。そして、内燃機関の燃焼室から排気通路へ排出された排ガスのエネルギーをタービンで回転エネルギーに変換してコンプレッサを駆動し、空気等の気体を圧縮して燃焼用気体を燃焼室に送る。エンジンに過給機を設けることで、より少ない燃料で同一のエンジンの出力を得ることができ、エンジン出力の向上や燃料消費量を減少させることが可能となる。一方、タービンは排ガスのエネルギーに依存して駆動されるため、排ガスの流量が少ないエンジンの低負荷運転時には過給機の効果は小さい。例えば船舶では、燃料消費量（燃料コスト）の削減のために減速運転が行われる場合があるが、減速運転にはエンジンが低負荷となるため排ガスの流量は少なく、過給機的能力不足が顕著になる。

[0003] そこで、排ガスとは関係なく、ロータ軸を回転させることが可能なモータ（電動機）を備えた電動アシスト過給機が開発されている（例えば、特許文献1）。電動アシスト過給機を備えたエンジンでは、低負荷運転時にはモータによりロータ軸の回転が加勢されて過給機的能力不足が補われる。その一方で、エンジンの高負荷運転時には、排ガスのエネルギーが十分となることからモータは停止される。また、電動アシスト過給機的一种として、電動アシスト過給機と同様に過給を行いつつ、上記のエンジンの高負荷運転時には、排ガスの余剰のエネルギーを電力として回収するハイブリッド過給機も知

られている。

[0004] このような電動アシスト過給機の構造としては、ロータ軸のコンプレッサ側の端部を延長した軸延長部に小型のモータが取り付けられたモータオーバハング構造が知られている（特許文献1参照）。モータオーバハング構造では、ロータ軸を支持するための通常2つの軸受により小型のモータの重量を十分に支えることができる。そのため、モータを支持するための専用の軸受は不要とされる。ところが、電動アシスト過給機においてロータ軸における軸受の外側に位置する先端に重量物（モータ）があることから軸振動の原因となりやすく、軸振動により生じる騒音が問題となる場合がある。例えば特許文献2には電動過給機（スーパーチャージャ）の騒音や振動を低減する方法が開示されており、過給機、電動機及び、インバータの収納するケーシング間に弾性材を介在させて、且つ、ダクトに吸音材を施工する等の対策を行うことが開示されている。振動騒音は、ロータ軸の軸振動のケーシング等への伝搬が主な原因となるため、特許文献2では振動の伝搬を弾性部材により絶つことによりその低減を図ることが可能となる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2015-158161号公報

特許文献2：特開2010-174680号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：白石啓一、他3名、“船用ディーゼル機関用ターボチャージャの電動アシストによる省エネ効果”、[online]、2015年3月、[2016年11月28日検索]、インターネット（URL：<http://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/e521/e521036.pdf>）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献 1 に示されるようなモータオーバハング構造を有する電動アシスト過給機等では、危険速度通過時に大きな振動を伴う。発明者らは、鋭意研究により、特に、ロータ軸の回転がモータによって加勢されていない時や、モータによる発電が行われていない時といったモータが作動していない時（非作動時）に、危険速度を通過すると大きな振動が生じるとの知見を得た（後述する図 3 A 及び図 3 B 参照）。

[0008] 上述の事情に鑑みて、本発明の少なくとも一実施形態は、モータの非作動時に生じるロータ軸の軸振動を抑制可能な過給機の振動抑制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] (1) 本発明の少なくとも一実施形態に係る過給機の振動抑制方法は、
モータにより駆動可能である過給機の軸振動を抑制する過給機の振動抑制方法であって、

前記過給機のロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか、又は、超える可能性がある、特定振動状態であるか否かを判定する特定振動状態判定ステップと、

前記モータに励磁電圧が印加されている励磁状態であるか否かを判定する励磁状態判定ステップと、

前記特定振動状態判定ステップによって前記特定振動状態であると判定された場合、かつ、前記励磁状態判定ステップによって前記励磁状態でないと判定された場合に、前記モータに前記励磁電圧を印加する振動抑制実行ステップと、を備える。

[0010] 通常、ロータ軸の回転がモータによって加勢されている時や、モータが発電している時といったモータが作動している時（作動時）には、モータが励磁された励磁状態にある。モータが励磁状態にある場合には、モータが有するステータ（コイル）に励磁のための電圧（励磁電圧）が印加されてステータに電流が流れることによって、ステータから磁力が発生している状態にある。そして、本発明者らは、励磁状態にあるモータのステータからの磁力（

引力)によってモータロータがステータに引きつけられることでステータに対するモータロータの相対的な動きが抑制され、モータロータに取り付けられているロータ軸の軸振動レベルを低減させることが可能であることを見出した。

[0011] 上記(1)の構成によれば、モータが励磁状態になく、かつ、振動抑制が必要なほどロータ軸が振動している状態となる特定振動状態であると判定された場合には、モータに励磁電圧が印加される。このようにしてモータを励磁状態にすることにより、この励磁状態で生ずるステータからの磁力(引力)によってステータに対するモータロータの相対的な動きを抑制することができ、モータロータに接続されることによって一緒に回転するロータ軸の軸振動を低減させることができる。

[0012] (2) 幾つかの実施形態では、上記(1)の構成において、
前記特定振動状態判定ステップは、
前記ロータ軸の軸振動の振動検出値を取得する振動取得ステップと、
前記振動取得ステップで取得された前記振動検出値が所定の振動閾値よりも大きい場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えている前記特定振動状態であると判定する振動判定ステップと、を有する。

上記(2)の構成によれば、ロータ軸の軸振動を直接検出することにより得られる振動検出値に基づいて、ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか否かの判定(ロータ軸が特定振動状態にあるか否かの判定)を行うことができる。

[0013] (3) 幾つかの実施形態では、上記(1)の構成において、
前記特定振動状態判定ステップは、
前記ロータ軸の実ターボ回転速度を取得する実ターボ回転速度取得ステップと、
前記実ターボ回転速度取得ステップで取得された前記実ターボ回転速度が、前記ロータ軸の危険速度域に入っている場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超える可能性がある前記特定振動状態であると判定

する危険速度域通過判定ステップと、を有する。

上記（３）の構成によれば、ロータ軸の回転速度（実ターボ回転速度）に基づいて、ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを越えている可能性があるか否かの判定（ロータ軸が特定振動状態にあるか否かの判定）を行うことができる。

[0014] （４）幾つかの実施形態では、上記（３）の構成において、

前記危険速度域の範囲を補正する危険速度域補正ステップを、さらに備え、

前記危険速度域補正ステップは、

前記ロータ軸の軸受の軸受温度を取得する軸受温度取得ステップと、

前記軸受温度取得ステップで取得した前記軸受温度に基づいて、前記危険速度域の範囲を補正する補正実行ステップと、を有する。

上記（４）の構成によれば、例えば、軸受の潤滑油の油温や軸受のメタル温度などに基づいて得られる軸受温度に基づいて、危険速度域が補正される。これによって、実ターボ回転速度に基づいて軸振動の大きさが所定の大きさを越えている可能性の有無により特定振動状態を判定するのに際して、過給機の実際の運転状況を考慮することができ、実ターボ回転速度に基づく特定振動状態の判定をより精度良く行うことができる。

[0015] （５）幾つかの実施形態では、上記（１）の構成において、

前記特定振動状態判定ステップは、

前記ロータ軸の軸受の軸受温度を取得する軸受温度取得ステップと、

前記軸受温度取得ステップで取得された前記軸受温度が所定の軸受温度閾値よりも大きい場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを越える可能性がある前記特定振動状態であると判定する軸受温度判定ステップと、を有する。

上記（５）の構成によれば、ロータ軸を支持する軸受の軸受温度に基づいて、ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを越えている可能性があるか否かの判定（ロータ軸が特定振動状態にあるか否かの判定）を行うことができ

きる。

[0016] (6) 幾つかの実施形態では、上記(1)～(5)の構成において、
前記モータは、前記過給機のコンプレッサ側の端部に取り付けられている。
。

上記(6)の構成によれば、電動アシスト過給機はオーバハング構造を有する。オーバハング構造では、ロータ軸における軸受の外側に位置する先端に重量物(モータ)があることから軸振動の原因となりやすく、オーバハング構造を有する電動アシスト過給機の軸振動を効果的に抑制することができる。

[0017] (7) 幾つかの実施形態では、上記(6)の構成において、
前記モータは、前記ロータ軸を取り囲むように配置されるステータを含み、
、

前記ステータは、前記ロータ軸に沿って直列に配列される複数の要素ステータを有し、

前記振動抑制実行ステップは、前記複数の要素ステータのうち、前記ロータ軸の振動モードの各々に対してそれぞれ定められた1以上の前記要素ステータからなる対象要素ステータに前記励磁電圧を印加するよう構成される。

上記(7)の構成によれば、モータのステータは、ロータ軸の軸方向に沿って配置された複数の要素ステータにより構成される。ここで、ロータ軸の振動は、1次、2次、3次といった各振動モードに応じて振幅の大きさや、その位置が異なる。このため、振動抑制の実行時において全ての要素ステータに励磁電圧を印加するのではなく、振動の大きさに応じて複数の要素ステータの少なくとも一部に限定し、あるいは、各振動モードにおける振幅が大きくなる部分に位置する要素ステータに限定するなどして、限定された要素ステータ(対象要素ステータ)にのみ励磁電圧を印加するよう構成される。これによって、全ての要素ステータに励起電圧を印加するよりも電力消費を抑制することができ、電力消費を抑制しつつ、ロータ軸の振動を抑制することができる。

[0018] (8) 幾つかの実施形態では、上記(1)～(7)の構成において、
前記振動抑制実行ステップの実行を禁止する振動抑制実行禁止ステップを、さらに備え、
前記振動抑制実行禁止ステップは、
前記モータ、あるいは、前記モータを駆動するインバータのうちの少なくとも一方を含む機器の機器温度を取得する機器温度取得ステップと、
前記機器温度が所定の機器温度閾値以上の場合には、前記振動抑制実行ステップの実行を禁止する禁止実行ステップと、を有する。

上記(8)の構成によれば、機器温度が過度に高い場合には振動抑制の実行が禁止される。これによって、振動抑制の実行により機器の温度がさらに上昇するのを防止することができ、機器の保護を図ることができる。

[0019] (9) 幾つかの実施形態では、上記(8)の構成において、
前記振動抑制実行禁止ステップの実行を報知する報知ステップを、さらに備える。
上記(9)の構成によれば、振動抑制実行ステップの実行ができないことをオペレータや外部システムなどの外部に知らせることができる。換言すれば、モータにより駆動可能である過給機の振動(騒音)の抑制ができないことを外部に知らせることができる。

[0020] (10) 本発明の少なくとも一実施形態に係る過給機の振動抑制装置は、
モータにより駆動可能である過給機の軸振動を抑制する過給機の振動抑制装置であって、
前記過給機のロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか、又は、超える可能性がある、特定振動状態であるか否かを判定する特定振動状態判定部と、
前記モータに励磁電圧が印加されている励磁状態であるか否かを判定する励磁状態判定部と、
前記特定振動状態判定部によって前記特定振動状態であると判定された場合、かつ、前記励磁状態判定部によって前記励磁状態でないと判定された場

合に、前記モータに前記励磁電圧を印加する振動抑制実行部と、を備える。

[0021] 上記（１０）の構成によれば、上記（１）と同様の効果を奏することができる。

[0022] （１１）幾つかの実施形態では、上記（１０）の構成において、
前記特定振動状態判定部は、
前記ロータ軸の軸振動の振動検出値を取得する振動検出値取得部と、
前記振動検出値取得部で取得された前記振動検出値が所定の振動閾値よりも大きい場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えている前記特定振動状態であると判定する振動判定部と、を有する。

上記（１１）の構成によれば、上記（２）と同様の効果を奏することができる。

[0023] （１２）幾つかの実施形態では、上記（１０）の構成において、
前記特定振動状態判定部は、
前記ロータ軸の実ターボ回転速度を取得する実ターボ回転速度取得部と、
前記実ターボ回転速度取得部で取得された前記実ターボ回転速度が、前記ロータ軸の危険速度域に入っている場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超える可能性がある前記特定振動状態であると判定する危険速度域通過判定部と、を有する。

上記（１２）の構成によれば、上記（３）と同様の効果を奏することができる。

[0024] （１３）幾つかの実施形態では、上記（１２）の構成において、
前記危険速度域の範囲を補正する危険速度域補正部を、さらに備え、
前記危険速度域補正部は、
前記ロータ軸の軸受の軸受温度を取得する軸受温度取得部と、
前記軸受温度取得部で取得した前記軸受温度に基づいて、前記危険速度域の範囲を補正する補正実行部と、を有する。

上記（１３）の構成によれば、上記（４）と同様の効果を奏することができる。

[0025] (14) 幾つかの実施形態では、上記(10)の構成において、
前記特定振動状態判定部は、
前記ロータ軸の軸受の軸受温度を取得する軸受温度取得部と、
前記軸受温度取得部で取得された前記軸受温度が所定の軸受温度閾値よりも大きい場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超える可能性がある前記特定振動状態であると判定する軸受温度判定部と、を有する。

上記(14)の構成によれば、上記(5)と同様の効果を奏することができる。

[0026] (15) 幾つかの実施形態では、上記(10)～(14)の構成において、
前記モータは、前記過給機のコンプレッサ側の端部に取り付けられている。

上記(15)の構成によれば、上記(6)と同様の効果を奏することができる。

[0027] (16) 幾つかの実施形態では、上記(15)の構成において、
前記モータは、前記ロータ軸を取り囲むように配置されるステータを含み、

前記ステータは、前記ロータ軸に沿って直列に配列される複数の要素ステータを有し、

前記振動抑制実行部は、前記複数の要素ステータのうち、前記ロータ軸の振動モードの各々に対してそれぞれ定められた1以上の前記要素ステータからなる対象要素ステータに前記励磁電圧を印加するよう構成される。

上記(16)の構成によれば、上記(7)と同様の効果を奏することができる。

[0028] (17) 幾つかの実施形態では、上記(16)の構成において、
前記対象要素ステータには、前記複数の要素ステータのうちの前記ロータ軸の前記コンプレッサ側の端部に最も近い要素ステータが含まれる。

上記(17)の構成によれば、ロータ軸のコンプレッサ側の端部に最も近

い要素ステータは、振動モードの種類（次数）にかかわらず必ず対象要素ステータに含まれるよう構成される。ここで、ロータ軸のコンプレッサ側の端部は、いずれの振動モードにおいても最も振幅が大きくなる傾向にあることに本発明者らは着目した。このように、振動モードの種類（次数）にかかわらずロータ軸のコンプレッサ側の端部に最も近い要素ステータを対象要素ステータに含めることで、ロータ軸の振動の抑制をより効率的に行うことができる。

[0029] (18) 幾つかの実施形態では、上記(10)～(17)の構成において、前記振動抑制実行部の実行を禁止する振動抑制実行禁止部を、さらに備え、

前記振動抑制実行禁止部は、

前記モータ、あるいは、前記モータを駆動するインバータのうちの少なくとも一方を含む機器の機器温度を取得する機器温度取得部と、

前記機器温度が所定の機器温度閾値以上の場合には、前記振動抑制実行部の実行を禁止する禁止実行部と、を有する。

上記(18)の構成によれば、上記(8)と同様の効果を奏することができる。

[0030] (19) 幾つかの実施形態では、上記(18)の構成において、

前記振動抑制実行禁止部の実行を報知する報知部を、さらに備える。

上記(19)の構成によれば、上記(9)と同様の効果を奏することができる。

[0031] (20) 本発明の少なくとも一実施形態に係る過給機は、

モータにより駆動可能な過給機であって、

ロータ軸と、

エンジンから排出される排ガスにより駆動されるタービンホイールと、

前記ロータ軸によって、前記タービンホイールに連結されたコンプレッサホイールと、

電力により前記ロータ軸に回転力を付与することが可能な前記モータと、

上記（１０）～（１９）のいずれか１項に記載の過給機の振動抑制装置と、を備える。

上記（２０）の構成によれば、上記（１０）～（１９）の各々と同様の効果を奏することができる。

発明の効果

[0032] 本発明の少なくとも一実施形態によれば、モータの非作動時に生じるロータ軸の軸振動を抑制可能な過給機の振動抑制方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0033] [図1]本発明の一実施形態に係る過給機の振動抑制装置および電動アシスト過給機の要部を示す図である。

[図2]図１に示されたモータの周辺部を拡大した図である。

[図3A]本発明の一実施形態に係る電動アシスト過給機による過給が行われるタイミングを説明するための図であり、エンジン負荷と掃気圧力との関係を示す。

[図3B]本発明の一実施形態に係る電動アシスト過給機による過給が行われるタイミングを説明するための図であり、エンジン負荷と掃気圧力との関係を示す。

[図4]本発明の一実施形態に係る電動アシスト過給機のモータを励磁することによる軸振動レベルの低減効果を説明するための図である。

[図5]本発明の一実施形態に係る過給機の振動抑制方法を示すフロー図である。

[図6]本発明の一実施形態に係る振動をモニタリングすることにより特定振動状態を判定する過給機の振動抑制装置の構成を示す図である。

[図7]本発明の一実施形態に係る過給機の振動抑制方法における特定振動状態判定ステップの詳細を示すフロー図であり、軸振動をモニタリングすることにより特定振動状態であるか否かを判定する。

[図8]本発明の一実施形態に係るロータ軸の実ターボ回転速度に基づいて特定振動状態を判定する過給機の振動抑制装置の構成を示す図である。

[図9]本発明の一実施形態に係るロータ軸の軸振動の振動モードを説明するための図である。

[図10]本発明の一実施形態に係る過給機の振動抑制方法における特定振動状態判定ステップの詳細を示すフロー図であり、ロータ軸の実ターボ回転速度に基づいて特定振動状態を判定する。

[図11]本発明の一実施形態に係る軸受温度に基づいて特定振動状態を判定する過給機の振動抑制装置の構成を示す図である。

[図12]本発明の一実施形態に係る過給機の振動抑制方法における特定振動状態判定ステップの詳細を示すフロー図であり、軸受温度に基づいて特定振動状態であるか否かを判定する。

[図13]本発明の一実施形態に係る危険速度域補正部を備える過給機の振動抑制装置の構成を示す図である。

[図14]本発明の一実施形態に係る危険速度域補正ステップを示すフロー図である。

[図15]本発明の一実施形態に係る複数の要素ステータを有するモータを示す図である。

[図16]本発明の一実施形態に係る振動抑制実行禁止部および報知部を備える過給機の振動抑制装置の構成を示す図である。

[図17]本発明の一実施形態に係る振動抑制実行禁止ステップを示すフロー図である。

[図18]本発明の一実施形態に係る振動抑制実行ステップを示すフロー図であり、図17と共に行われる。

発明を実施するための形態

[0034] 以下、添付図面を参照して本発明の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、

「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一の構成要素を「備える」、「具える」、「具備する」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

[0035] 図1は、本発明の一実施形態に係る過給機の振動抑制装置6および電動アシスト過給機1の要部を示す図である。図2は、図1に示されたモータ3の周辺部を拡大した図である。図3A及び図3Bは、本発明の一実施形態に係る電動アシスト過給機1による過給が行われるタイミングを説明するための図であり、エンジン負荷と掃気圧力との関係を示す。また、図4は、本発明の一実施形態に係る電動アシスト過給機1のモータ3を励磁することによる軸振動レベルの低減効果を説明するための図である。

以下では、過給機の振動抑制装置6（以下、単に、振動抑制装置6という。）および過給機の振動抑制方法（以下、単に、振動抑制方法という。）によって、電動アシスト過給機1の軸振動を抑制する場合を例として説明するが、この電動アシスト過給機1は、後述するような電動アシスト過給機1と同様な過給が可能なハイブリッド過給機であっても良い。ハイブリッド過給機は、電動アシスト過給機1と同様な過給が可能であると共に、十分な排ガスのエネルギーが得られる高負荷運転領域でエンジンが運転されている際には排ガスの余剰のエネルギーを電力として回収する。

[0036] 電動アシスト過給機 1 は、エンジンの排気通路に設置されたタービンホイール 2 T が排ガスによって回転されることにより、ロータ軸 1 5 によって連結されたコンプレッサホイール 2 C が回転し、エンジンの燃焼室に向けて流れる掃気通路内の空気等の気体を圧縮するよう構成された過給機（ターボチャージャ）である。また、電動アシスト過給機 1 は、電力によりロータ軸 1 5 に回転力を付与することが可能なモータ 3（電動機）を備える。モータ 3 は、例えばエンジンが低負荷運転領域で運転されている場合など、タービンホイール 2 T を駆動する排ガスのエネルギーが不足する時に、電力によりロータ軸 1 5 に回転力を付与することで、ロータ軸 1 5 の回転を加勢するよう構成される。

[0037] 以下の説明では、電動アシスト過給機 1 が、大型船舶の推進機関であるユニフロー掃気方式の 2 サイクルディーゼルエンジンに設けられている場合を例に、図 1 ～図 1 8 を用いて説明する。また、ハイブリッド過給機および電動アシスト過給機 1 を過給機 1 と適宜呼ぶものとする。ユニフロー掃気方式の 2 サイクルディーゼルエンジンでは、燃料の燃焼、爆発によって押し下げられたピストンがシリンダ下部に開けられた掃気ポートより下がると、掃除空気（掃気）がシリンダ内に流入する。この際、シリンダ上部の排気弁が開放されることにより、排ガスと燃焼用気体が入れ替わり、再度ピストンは上昇して燃焼用気体を圧縮する。このため、以下に説明する過給機 1 が用いられる。

[0038] 過給機 1 は、図 1 に示されるように、排ガス入口ケーシング 1 1、排ガス出口ケーシング 1 2、軸受台 1 3 及びコンプレッサ側の空気案内ケーシング 1 4 がボルト（図示せず）によって一体に締結されることにより構成されている。ロータ軸 1 5 は、軸受台 1 3 内に設けたスラスト軸受 1 7 t 及びラジアル軸受 1 7 a、1 7 b により回転自在に支持されており、一端部にタービン（タービン部）を構成するタービンホイール 2 T を有し、他端部にコンプレッサ（コンプレッサ部）を構成するコンプレッサホイール 2 C を有している。タービンホイール 2 T は外周部に多数のブレード 2 T a を有しており、

タービンホイール 2 T のブレード 2 T a は、排ガス入口ケーシング 1 1 に設けられた、タービンホイール 2 T に排ガスを導入するための排ガス導入路 2 2 と、排ガス出口ケーシング 1 2 に設けられた、タービンホイール 2 T を通過後の排ガスを外部へ導く排ガス排出路 2 3 との間に配置されている。一方、コンプレッサホイール 2 C は外周部に多数のブレード 2 C a を有しており、このコンプレッサホイール 2 C のブレード 2 C a は、過給機ケーシングの一部である空気案内ケーシング 1 4 に設けられた、コンプレッサホイール 2 C に空気を導く吸入空気導入路 2 4 と、コンプレッサホイール 2 C によって圧縮された燃焼用気体が流入される渦室 2 5 との間に配置される。渦室 2 5 は図示しない掃気通路の下流側に接続されており、渦室 2 5 を通過した燃焼用気体はエンジンの燃焼室に向かって流れる。

図 1 ～図 4 に示される実施形態の過給機 1 は、吸入空気導入路 2 4 の上流側にサイレンサ 2 6 を備えている。このサイレンサ 2 6 は、吸入空気導入路 2 4 の入口部の上流側に設置され、空気吸入によって発生する騒音を吸収する消音機能などを有しており、中間ピース 2 7 を介して空気案内ケーシング 1 4 に支持されている。なお、後述する図 6 ～図 1 8 に示される実施形態でも同様となる。

[0039] また、過給機 1 のモータ 3 は、図 1 ～図 2 および後述する図 6、図 8、図 1 1、図 1 5 に示されるように、モータロータ 3 1、ステータ 3 2 及びハウジング 3 3 を備えている。モータ 3 は、ロータ軸のコンプレッサ側の端部を延長した軸延長部 1 5 e に取り付けられており、モータ 3 が専用の軸受を持たないモータオーバハング構造となっている。つまり、モータ 3 は、ロータ軸 1 5 を支持するスラスト軸受 1 7 t 及びラジアル軸受 1 7 a、1 7 b により支持されている（図 1 参照）。

[0040] 図 1 ～図 2 に示される実施形態（後述する図 6、図 8、図 1 1、図 1 5 でも同様）では、モータロータ 3 1 は、外周面に永久磁石を備える円柱形状の部材となっており、ロータ軸 1 5 の端部の軸延長部 1 5 e に設けられたフランジ 1 5 f とモータロータ 3 1 の端部（基端）に設けられたフランジ 3 1 f

とを複数のボルト・ナット 34 を用いて締結することにより、ロータ軸 15 に取り付けられている。また、ステータ 32 は、モータロータ 31 と離間した状態でその外周を取り囲むように、円筒形状のハウジング 33 内に収納設置されている。換言すれば、ステータ 32 の内側に形成される中空部にはモータロータ 31 がステータ 32 に対して非接触の状態で配設されている。なお、ハウジング 33 は、サポート部材 35 を介して空気案内ケーシング 14 に支持される共に、その先端部にはキャップ 37 がボルト 38 により固定して取り付けられている。

[0041] また、過給機 1 のモータ 3 は例えば三相交流モータであり、モータ 3 を制御するモータ制御装置（例えばインバータ 4）によって駆動される。モータ制御装置は、モータ 3 に励磁電圧を印加することによってモータ 3 を励磁状態とすることと、励磁電圧によって生じる磁界の向きを回転させることによりモータロータ 31 を回転させることを、独立して個別に行うことが可能に構成される。つまり、モータ 3 は、励磁電圧が印加され、かつ、励磁電圧の印加により生じるステータ 32 の磁界の向きが回転されることによって、モータロータ 31 に回転力が付与された状態（モータ作動状態）となる。他方、モータ 3 には励磁電圧が印加されるのみで、励磁電圧の印加により生じるステータ 32 の磁界の向きが回転されない場合には、モータロータ 31 に回転力が付与されずに、単に、ステータ 32 からの磁力によってモータロータ 31 が引きつけられた状態（励磁拘束状態）が維持されることになる。

[0042] 図 1 ～図 2 に示される実施形態（後述する図 6、図 8、図 11、図 16 でも同様）では、上述したモータ制御装置は、ステータ 32 に印加する電圧（励磁電圧）と周波数とを制御することによって、モータロータ 31 を目標となる回転速度で回転させることが可能なインバータ 4 となっている。より詳細には、インバータ 4 は、インバータ 4 が備える複数のトランジスタなどのスイッチング素子（例えば 6 つのトランジスタ）を周期的に切り替えることで、電流が流れるステータ 32 の 3 相を周期的に切り替える。これによって、ステータ 32 の磁界の向きが一方向に回転するように順次切り替えられる

ので、この回転磁界によってモータロータ 31 側の磁石（永久磁石）が引き付けられることで、モータロータ 31 が回転する。つまり、インバータ 4 は、モータ 3 に励磁電圧を印加すると共に、ステータ 32（巻線）に流れる電流の向きを上記の回転磁界が生じるように切り替えることにより、モータ 3 をモータ作動状態とすることが可能となっている。他方、インバータ 4 は、例えば、ステータ 32 に対して周波数 0 で励磁電圧を印加するなどすることによって、モータ 3 を励磁拘束状態とすることが可能となっている。

[0043] 上述した構成を有する過給機 1 のモータ 3 は、エンジンの運転状態に応じてオン、オフされるように構成される。なお、モータ 3 は、オンされることにより上述したモータ作動状態となり、オフにより励磁電圧の印加が停止されることになる（モータ非作動状態）。モータ 3 のオン、オフのタイミングを、図 3 A 及び図 3 B を用いて説明する。図 3 A 及び図 3 B には、図 3 A で例示されるように、エンジン負荷（%）が変化するのに伴って、過給機 1 が図 3 B で示されるような掃気圧力を生じさせていることが示されている。なお、他の幾つかの実施形態では、船用の 2 ストロークエンジンが電動の補助ブロアを過給機のコンプレッサ出口に装着し、補助ブロアのオン、オフによって掃気圧力を生じさせるように構成しても良く、この補助ブロアにより、後述する時刻 t_1 より前や t_5 以降に、補助ブロアによる掃気圧力が生じていても良い。この補助ブロワは一定回転数で運転される遠心羽根車と誘導電動機からなり、エンジンの機関の掃気圧の変化によって自動的に発停（オン／オフ）するようになっている。なお、補助ブロアは必須ではなく、他の幾つかの実施形態ではエンジンは補助ブロアを備えていなくても良い。

[0044] 図 3 A 及び図 3 B を具体的に説明すると、時刻 t_1 でエンジンの運転が開始されて、時刻 t_2 までアイドリング状態となっている。その後、時刻 t_2 から船舶が航行を開始するなどによってエンジン負荷が上昇し始め、時刻 t_3 を過ぎたところまで段階的にエンジン負荷は上昇している（図 3 A 参照）。

[0045] この時刻 t_2 から時刻 t_3 の間は、エンジンは低負荷状態で運転されてい

る時間帯でもある。このため、図3Bにおいて太実線で示されるように、時刻 t_2 から時刻 t_3 の間は過給機1のモータ3はオンされており、モータ3はロータ軸15に回転力を付与することにより、排ガスによって駆動されているロータ軸15の回転を加勢している。その後、時刻 t_3 から時刻 t_4 までの間ではエンジンは高負荷状態で運転されており、タービンホイール2Tを駆動する十分なエネルギーを排ガスは有するため、過給機1のモータ3はオフされている。なお、過給機1がハイブリッド過給機の場合には、上記の時刻 t_3 から時刻 t_4 までの間は、モータ3を用いて排ガスの余剰エネルギーを回収すべく、モータ3は発電機として使用されても良い。

[0046] また、時刻 t_3 より後では、図3Aに示されるように、時刻 t_3 と時刻 t_4 の間にエンジン負荷のピークがあり、ピークを過ぎてから、時刻 t_4 、時刻 t_5 を過ぎた後、時刻 t_6 においてエンジンは停止されている。エンジン負荷のピークを過ぎた後の時刻 t_4 において、エンジンの運転状態が低負荷状態に再度戻ることになったため、過給機1のモータ3はオンされている。その状態のまま、時刻 t_5 において過給機1のモータ3は加勢が不要と判定されることによりオフされる。

[0047] 上述したように、図3A及び図3Bに示される実施形態では、過給機1は、エンジンの負荷に応じてモータ3をオン、オフしながら空気などを圧縮するところ、過給機1のロータ軸15が回転する際には、例えば、ロータ軸15自体のアンバランスやロータ軸15の軸受17（スラスト軸受17tや、ラジアル軸受17a、17b）が振動することにより、ロータ軸15に軸振動が生じる。この際、本発明者らは、過給機1のモータ3がオフされている時に、軸振動が比較的顕著となることに気づいた。モータ3のオン時には、モータ3が励磁状態とされた上でロータ軸15の回転がモータ3によって加勢される一方で、モータ3のオフ時には、モータ3は励磁状態とされずに、排ガスのみによってロータ軸15は回転駆動されることになる。このことから、本発明者らは、図4に示されるように、過給機1のロータ軸15に軸振動が生じている際にモータ3を励磁状態とすることにより、軸振動の振動レ

ベルが低減されることを見出した。図4に例示されるように、ロータ軸15に軸振動が生じている際に時刻 t_x で励磁電圧をオンにすると、時刻 t_x 以降、振動レベルは低下する。

[0048] つまり、本発明者らは、励磁状態にあるモータ3のステータ32からの磁力（引力）によってモータロータ31がステータ32に引きつけられることでステータ32に対するモータロータ31の相対的な動きが抑制され、モータロータ31に取り付けられているロータ軸15の軸振動レベルを低減させることが可能であることを見出した。特に、モータ3をモータ作動状態とはせずに励磁拘束状態とすることで、モータ3はロータ軸15を加勢しないので、掃気圧力に影響を与えることなく、ロータ軸15の軸振動レベルを低減することが可能となる。

[0049] そして、振動抑制装置6は、上述したような、ロータ軸15のコンプレッサ側の端部にモータ3が取り付けられた電動アシスト過給機1のエンジンの運転時（アイドリング状態も含めたエンジン始動後のエンジン負荷が0%よりも大きい時からエンジン停止までの間）における軸振動を、上記の原理に基づいて、抑制するよう構成される。図3A及び図3Bの例示では、時刻 t_0 ～時刻 t_2 の間、時刻 t_3 ～時刻 t_4 の間、時刻 t_5 ～時刻 t_6 の間の時間帯となる振動抑制実行可能域において、過給機1のモータ3はモータ作動状態ではなく、ロータ軸15の軸振動が生じる可能性がある。このため、振動抑制装置6はこのような振動抑制実行可能域に相当する状況を判別すると共に、必要がある場合にはモータ3を励磁状態とするよう構成される。なお、不図示の補助ブロアがエンジンに装着されているような実施形態では、オン状態の補助ブロアによる軸振動が生じる場合があり、この場合にも、同様に、非励磁状態にあるモータ3を励磁状態とすることで、ロータ軸15の軸振動レベルを低減することが可能である。

[0050] 詳述すると、図1（後述する図6、図8、図11、図13、図16も同様）に示されるように、振動抑制装置6は、振動抑制装置6は、特定振動状態判定部61と、励磁状態判定部64と、振動抑制実行部65と、を備える。

振動抑制装置 6 は、例えばコンピュータで構成されており、図示しない CPU（プロセッサ）や、ROM や RAM といったメモリ M（記憶装置）を備えている。そして、主記憶装置にロードされたプログラムの命令に従って CPU が動作（データの演算など）することで、振動抑制装置 6 が備える上記の各機能部を実現する。また、図 1 に示される実施形態では、振動抑制装置 6 はインバータ 4 の一機能部として実装されているが、他の幾つかの実施形態では、例えばインバータ 4 となるモータ制御装置と通信可能に接続された別体の装置であっても良い。

以下、振動抑制装置 6 が備える各機能部について説明する。

[0051] 特定振動状態判定部 61 は、過給機 1 のロータ軸 15 の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか、又は、超える可能性がある、特定振動状態であるか否かを判定する。例えば、後述するように、振動抑制が必要なほどロータ軸が振動している状態となる特定振動状態の判定は、実際に測定した軸振動の振動検出値 F に基づいて行っても良いし（図 6～図 7 参照）、過給機 1 のロータ軸 15 の実ターボ回転速度 V に基づいて行っても良いし（図 8～図 10 参照）、あるいは、過給機 1 の軸受 17 の軸受温度 B_t に基づいて行っても良い（図 11～図 12 参照）。

[0052] 励磁状態判定部 64 は、過給機 1 のモータ 3 に励磁電圧が印加されている励磁状態であるか否かを判定する。例えば、モータ制御装置（インバータ 4 など）の制御部と通信し、あるいは、モータ制御装置のメモリ上の情報を取得するなどして取得されるモータ制御装置側の情報に基づいて、モータ 3 がオンされているか否かを判定しても良い。この場合には、モータ 3 がオンされている場合には、モータ 3 が励磁状態にあると判定される。あるいは、過給機 1 がオン、オフされるロジックと同じロジックで判定しても良く、例えば、図 3A 及び図 3B に示されるようなエンジン負荷やエンジン回転数などのエンジン運転状態を確認し、過給機 1 がオン、オフされる運転状態にエンジンがあるか否かを判定しても良い。この場合、過給機 1 がオンされる運転状態にエンジンがある場合には、モータ 3 が励磁状態にあると判定される。

実際にモータ３の電圧を検出しても良く、励磁電圧が検出された場合には、モータ３が励磁状態にあると判定される。

[0053] 振動抑制実行部６５は、特定振動状態判定部６１によって特定振動状態であると判定された場合、かつ、励磁状態判定部６４によって励磁状態でないと判定された場合に、モータ３に励磁電圧を印加する。図４に示されるように、モータ３に励磁電圧を印加することにより、軸振動レベルの低減を行うことができる。

[0054] 次に、上述した構成を備える振動抑制方法（過給機の振動抑制方法）について、図５を用いて説明する。図５は、本発明の一実施形態に係る過給機の振動抑制方法を示すフロー図である。

図５に示されるように、本発明の少なくとも一実施形態に係る振動抑制方法は、ロータ軸１５のコンプレッサ側の端部にモータ３が取り付けられた電動アシスト過給機１のエンジンの運転時における軸振動を抑制する方法であって、特定振動状態判定ステップ（Ｓ５１）と、励磁状態判定ステップ（Ｓ５２）と、振動抑制実行ステップ（Ｓ５３～Ｓ５４）と、を備える。なお、振動抑制方法は、上述した振動抑制装置６が実行しても良い。あるいは、オペレータが過給機１の運転状態を監視することにより特定振動状態を判断し、特定振動状態にあると判定した場合にモータ３に励磁電圧を印加する操作（スイッチの押下など）を行うなど、人手で行っても良い。図５のフローに従って振動抑制方法を説明する。

[0055] 図５のステップＳ５１において、特定振動状態判定ステップが実行される。特定振動状態判定ステップ（Ｓ５１）は、過給機１のロータ軸１５の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか、又は、超える可能性がある、特定振動状態であるか否かを判定するステップである。本ステップ（Ｓ５１）は、上述した特定振動状態判定部６１が実行する処理内容に相当するものであり、既に説明しているため詳細は省略する。

[0056] 次のステップＳ５２において、励磁状態判定ステップが実行される。励磁状態判定ステップ（Ｓ５２）は、過給機１のモータ３に励磁電圧が印加され

ている励磁状態であるか否かを判定するステップである。本ステップ（Ｓ５２）は、上述した励磁状態判定部６４が実行する処理内容に相当するものであり、既に説明しているため詳細は省略する。

[0057] そして、引き続くステップＳ５３～Ｓ５４において、振動抑制実行ステップが実行される。振動抑制実行ステップ（Ｓ５３～Ｓ５４）は、特定振動状態判定部６１によって特定振動状態であると判定された場合、かつ、励磁状態判定部６４によって励磁状態でないと判定された場合に、モータ３に励磁電圧を印加する。より詳細には、ステップＳ５３において、ロータ軸１５が特定振動状態にあり、かつ、モータ３が励磁状態ではない非励磁状態にあると判定した場合には、ステップＳ５４において、モータ３に励磁電圧を印加する。すなわち、振動抑制を実行する。逆に、ステップＳ５３で、特定振動状態でないか、あるいは、モータ３が既に励磁状態であると判定した場合には、ステップＳ５４の振動抑制の実行をすることなく、図５のフローを終了する。

[0058] 上記の構成によれば、モータ３が励磁状態になく、かつ、振動抑制が必要なほどロータ軸１５が振動している状態となる特定振動状態であると判定された場合には、モータ３に励磁電圧が印加される。このようにしてモータ３を励磁状態にすることで、この励磁状態で生ずるステータ３２（コイル）からの引力（磁力）によってステータ３２に対するモータロータ３１の相対的な動きを抑制することができ、モータロータ３１に接続されることによって一緒に回転するロータ軸１５の軸振動を低減させることができる。

[0059] 次に、上述した特定振動状態の判定方法に関する幾つかの実施形態について、図６～図１８を用いてそれぞれ説明する。

[0060] 図６～図７では、実際に振動を測定することにより得られる振動検出値Ｆをモニタリングする実施形態を説明する図である。図６は、本発明の一実施形態に係る振動をモニタリングすることにより特定振動状態を判定する過給機の振動抑制装置６の構成を示す図である。また、図７は、本発明の一実施形態に係る過給機の振動抑制方法における上述した特定振動状態判定ステッ

プ（図5のステップS51）の詳細を示すフロー図であり、軸振動をモニタリングすることにより特定振動状態であるか否かを判定する。

図8～図10は、ロータ軸15の回転速度（実ターボ回転速度V）に基づいて特定振動状態を判定する実施形態を説明する図である。図8は、本発明の一実施形態に係るロータ軸15の実ターボ回転速度Vに基づいて特定振動状態を判定する過給機の振動抑制装置6の構成を示す図である。図9は、本発明の一実施形態に係るロータ軸15の軸振動の振動モードを説明するための図である。また、図10は、本発明の一実施形態に係る過給機の振動抑制方法における特定振動状態判定ステップ（図5のステップS51）の詳細を示すフロー図であり、ロータ軸15の実ターボ回転速度Vに基づいて特定振動状態を判定する。

図11～図12は、過給機1のロータ軸15を支持する軸受17の軸受温度 B_t に基づいて特定振動状態を判定する実施形態を説明する図である。図11は、本発明の一実施形態に係る軸受温度 B_t に基づいて特定振動状態を判定する過給機の振動抑制装置6の構成を示す図である。また、図12は、本発明の一実施形態に係る過給機の振動抑制方法における特定振動状態判定ステップ（図5のステップS51）の詳細を示すフロー図であり、軸受温度 B_t に基づいて特定振動状態であるか否かを判定する。

その他、図13は、本発明の一実施形態に係る危険速度域補正部63dを備える過給機の振動抑制装置6の構成を示す図である。図14は、本発明の一実施形態に係る危険速度域補正ステップを示すフロー図である。図15は、本発明の一実施形態に係る複数の要素ステータを有するモータ3を示す図である。図16は、本発明の一実施形態に係る振動抑制実行禁止部66および報知部67を備える過給機の振動抑制装置6の構成を示す図である。図17は、本発明の一実施形態に係る振動抑制実行禁止ステップを示すフロー図である。また、図18は、本発明の一実施形態に係る振動抑制実行ステップを示すフロー図であり、図17と共に行われる。

[0061] 幾つかの実施形態では、図6に示されるように、特定振動状態判定部61

は、過給機 1 のロータ軸 15 の軸振動の振動検出値 F を取得する振動検出値取得部 62a と、振動検出値取得部 62a で取得された振動検出値 F が所定の振動閾値 T_f よりも大きい場合に、ロータ軸 15 の軸振動の大きさが所定の大きさを超えている特定振動状態であると判定する振動判定部 63a と、を有する。図 6 に示されるように、過給機 1 は、軸振動を検出可能な振動検出手段 71 を備えている。そして、振動検出手段 71 は振動検出値取得部 62a に接続されており、振動検出手段 71 によって検出された振動検出値 F は振動検出値取得部 62a に入力されるよう構成されている。これによって、振動検出値取得部 62a は、ロータ軸 15 の振動検出値 F の取得が可能となっている。なお、振動検出手段 71 は、例えば振動や速度をその大きさに応じた電流に変換可能なピックアップであっても良い。

[0062] 図 6 に示される実施形態では、振動検出手段 71 は軸受台 13 に設置されており、軸受台速度 F_s (mm/s) を振動検出値 F として検出している。そして、振動判定部 63a は、軸受台速度 F_s が所定の軸受台速度となる振動閾値 T_f よりも大きい場合 ($T_f < F_s$) には、特定振動状態であると判定する。ただし、これには限定されず、軸振動として検出可能なあらゆる物理量が振動検出手段 71 によって検出されても良い。例えば、他の幾つかの実施形態では、振動検出手段 71 は、軸振動の大きさ (振動レベル F_i (μ)) を振動検出値 F として検出しても良く、振動レベル F_i が所定の振動レベルとなる振動閾値 T_f よりも大きい場合 ($T_f < F_i$) には特定振動状態であると判定する。

[0063] 上述した実施形態 (図 6 参照) に対応する振動抑制方法について、図 7 を用いて説明する。図 7 は、図 5 の S51 の特定振動状態判定ステップの具体的な方法に該当する。幾つかの実施形態では、図 7 に示されるように、特定振動状態判定ステップ (図 5 の S51) は、ロータ軸 15 の軸振動の振動検出値 F を取得する振動取得ステップ (S71) と、振動取得ステップ (S71) で取得された振動検出値 F が所定の振動閾値 T_f よりも大きい場合に、ロータ軸 15 の軸振動の大きさが所定の大きさを超えている特定振動状態

あると判定する振動判定ステップ（S 7 2～S 7 3）と、を有する。図 7 のフローに沿って説明すると、ステップ S 7 1 において、振動検出手段 7 1 から取得するなどして、ロータ軸 1 5 の振動検出値 F が取得される。例えば、上述したように、振動検出手段 7 1 によって軸受台速度 F_s や振動レベル F_i が検出されても良い。ステップ S 7 2 において、振動検出値 F と振動閾値 T_f とを比較した結果、振動検出値 F が振動閾値 T_f よりも大きいと判定した場合には（ $T_f < F$ ）、ステップ S 7 3 において特定振動状態であると判定する。逆に、ステップ S 7 2 において、振動検出値 F が振動閾値 T_f 以下と判定した場合には（ $T_f \geq F$ ）、ステップ S 7 3 を実行することなく、図 7 のフローを終了する。なお、図 7 のフローを終了することは、上述した図 5 のステップ S 5 1 を終了するのと同じであるため、振動抑制方法としては、図 5 のステップ S 5 2 以降を引き続き実行することになる。

[0064] 上記の構成によれば、図 6～図 7 に示されるように、ロータ軸 1 5 の軸振動を直接検出することにより得られる振動検出値 F に基づいて、ロータ軸 1 5 の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか否かの判定（ロータ軸が特定振動状態にあるか否かの判定）を行うことができる。

[0065] 他の幾つかの実施形態では、図 8（後述する図 1 3 も同様）に示されるように、特定振動状態判定部 6 1 は、過給機 1 のロータ軸 1 5 の実ターボ回転速度 V を取得する実ターボ回転速度取得部 6 2 b と、実ターボ回転速度取得部 6 2 b で取得された実ターボ回転速度 V が、ロータ軸 1 5 の危険速度域 D に入っている場合に、ロータ軸 1 5 の軸振動の大きさが所定の大きさを超える可能性がある特定振動状態であると判定する危険速度域通過判定部 6 3 b と、を有する。図 8 に示されるように、過給機 1 は、作動時におけるロータ軸 1 5 の回転速度（回転数）となる実ターボ回転速度 V を検出可能な実ターボ回転速度検出手段 7 2 を備えている。そして、実ターボ回転速度検出手段 7 2 は実ターボ回転速度取得部 6 2 b に接続されており、実ターボ回転速度検出手段 7 2 によって検出された実ターボ回転速度 V は実ターボ回転速度取得部 6 2 b に入力されるよう構成されている。これによって、実ターボ回転

速度取得部 62b は実ターボ回転速度 V の取得が可能となっている。なお、実ターボ回転速度検出手段 72 は回転数センサであっても良い。図 8 に示される実施形態では、実ターボ回転速度検出手段 72 は、コンプレッサホイール 2C のブレード 2Ta のシュラウド側の縁部に対面する状態で、過給機 1 の空気案内ケーシング 14 に支持されることで設置されている。

[0066] また、ロータ軸 15 の危険速度域 D は、回転時のたわみなどによりロータ軸 15 が破壊に至る恐れがある速度域であり、ロータ軸 15 の回転速度が危険速度域 D に入っている場合には軸振動が大きくなる。このため、危険速度域通過判定部 63b は、ロータ軸 15 の回転速度が危険速度域 D に入っている場合には、ロータ軸 15 の軸振動の大きさが所定の大きさを超える可能性があるとして、特定振動状態であると判定する。より詳細には、図 9 に示されるように、危険速度域 D は通常複数あり、ロータ軸 15 の回転速度が小さい方から大きい方に向かって第 1 危険速度域 D_1 、第 2 危険速度域 D_2 、第 3 危険速度域 D_3 、第 4 危険速度域 D_4 、 $\dots$ というように並んでいる。各々の危険速度域 D となる第 n 危険速度域 D_n ($n = 1, 2, 3, 4, \dots$) は、それぞれ、下限値 D_d および上限値 D_u で定義される。そして、ロータ軸 15 の回転速度が第 1 危険速度域 D_1 に入っている場合には、図 9 の (a) で示される 1 次の振動モードが生じる。同様に、ロータ軸 15 の回転速度が第 2 危険速度域 D_2 に入っている場合、第 3 危険速度域 D_3 に入っている場合、第 4 危険速度域 D_4 に入っている場合には、それぞれ、図 9 の (b) で示される 2 次の振動モード、図 9 の (c) で示される 3 次の振動モード、図 9 の (d) で示される 4 次の振動モードがそれぞれ生じる。なお、第 n 危険速度域 D_n の上限値 D_u は、第 $n + 1$ 危険速度域 D_{n+1} の下限値 D_d よりも小さいという関係にある。

[0067] 上述した実施形態 (図 8 参照) に対応する振動抑制方法について、図 10 を用いて説明する。図 10 は、図 5 の S51 の特定振動状態判定ステップの具体的な方法に該当する。幾つかの実施形態では、図 10 に示されるように、特定振動状態判定ステップ (図 5 の S51) は、過給機 1 のロータ軸 15

の実ターボ回転速度 V を取得する実ターボ回転速度取得ステップ (S 1 0 1) と、実ターボ回転速度取得部 6 2 b で取得された実ターボ回転速度 V が、ロータ軸 1 5 の危険速度域 D に入っている場合に、ロータ軸 1 5 の軸振動の大きさが所定の大きさを超える可能性がある特定振動状態であると判定する危険速度域通過判定ステップ (S 1 0 2 ~ S 1 0 3) と、を有する。図 1 0 のフローに沿って説明すると、ステップ S 1 0 1 において、実ターボ回転速度検出手段 7 2 から取得するなどして、ロータ軸 1 5 の実ターボ回転速度 V が取得される。ステップ S 1 0 2 において、実ターボ回転速度 V と危険速度域 D とを比較した結果、実ターボ回転速度 V が危険速度域 D に入っていると判定された場合には ($D_d \leq V \leq D_u$)、ステップ S 1 0 3 において特定振動状態であると判定する。逆に、ステップ S 1 0 2 において、実ターボ回転速度 V が危険速度域 D に入っていないと判定した場合には ($D_d > V$ 、 $D_u < V$)、ステップ S 1 0 3 を実行することなく、図 1 0 のフローを終了する。

[0068] なお、ステップ S 1 0 2 における実ターボ回転速度 V が危険速度域 D に入っているかの判定は、実ターボ回転速度 V と全ての危険速度域 D (第 n 危険速度域 D_n) のいずれにも入っていないと判定された場合に、実ターボ回転速度 V が危険速度域 D に入っていないと判定される。また、図 7 のフローを終了することは、上述した図 5 のステップ S 5 1 を終了するのと同じであるため、振動抑制方法としては、図 5 のステップ S 5 2 以降を引き続き実行することになる。

[0069] 上記の構成によれば、図 8 ~ 図 1 0 に示されるように、ロータ軸の回転速度 (実ターボ回転速度 V) に基づいて、ロータ軸 1 5 の軸振動の大きさが所定の大きさを超えている可能性があるか否かの判定 (ロータ軸が特定振動状態にあるか否かの判定) を行うことができる。

[0070] その他の幾つかの実施形態では、図 1 1 に示されるように、特定振動状態判定部 6 1 は、ロータ軸 1 5 の軸受 1 7 の軸受温度 B_t を取得する軸受温度取得部 6 2 c と、軸受温度取得部 6 2 c で取得された軸受温度 B_t が所定の軸受温度閾値 T_b よりも大きい場合に、ロータ軸 1 5 の軸振動の大きさが所

定の大きさを超える可能性がある特定振動状態であると判定する軸受温度判定部63cと、を有する。図11に示されるように、過給機1のロータ軸15は軸受17(17s、17a、17b)によって支持されているところ、ロータ軸15の軸振動が大きくなるほど摩擦熱などによって、その温度(軸受温度Bt)が上昇する傾向にある。特に上述した危険速度域Dでは、軸受17においてロータ軸15が大きく振れ回ることにより、潤滑油の油膜の厚さが狭まるなどの結果、軸受17を形成する金属の温度(メタル温度)や潤滑油の温度が上昇する。この現象を利用して、軸受温度判定部63cは軸受温度Btに基づいてロータ軸15が特定振動状態にあるか否かを判定するよう構成される。このため、過給機1は、軸受温度Btを検出可能な軸受温度検出手段73(例えば温度計)を備えている。軸受温度検出手段73は軸受温度取得部62cに接続されており、軸受温度検出手段73によって検出された軸受温度Btは軸受温度取得部62cに入力されるよう構成されている。これによって、軸受温度取得部62cは軸受温度Btの取得が可能となっている。

[0071] 図11に示される実施形態では、上記の軸受温度検出手段73は、タービン側のラジアル軸受17bよりも振動が大きくなる傾向にあるコンプレッサ側のラジアル軸受17aに設置されている(図9参照)。そして、軸受温度検出手段73はラジアル軸受17aのメタル温度を軸受温度Btとして検出している。ただし、これには限定されず、他の幾つかの実施形態では、軸受温度検出手段73はタービン側のラジアル軸受17bに設置されても良いし、スラスト軸受17tに設けられても良い。あるいは、軸受温度検出手段73は軸受17(17a、17b、17t)の少なくとも一つに設けられても良い。その他の幾つかの実施形態では、軸受温度検出手段73は、軸受17に供給される潤滑油の油温を検出可能に構成されることによって、潤滑油の油温を軸受温度Btとして検出しても良い。

[0072] 上述した実施形態(図11参照)に対応する振動抑制方法について、図12を用いて説明する。図12は、図5のS51の特定振動状態判定ステップ

の具体的な方法に該当する。幾つかの実施形態では、図12に示されるように、特定振動状態判定ステップ（図5のS51）は、ロータ軸15の軸受17の軸受温度 B_t を取得する軸受温度取得ステップ（S121）と、軸受温度取得部62cで取得された軸受温度 B_t が所定の軸受温度閾値 T_b よりも大きい場合に、ロータ軸15の軸振動の大きさが所定の大きさを超える可能性がある特定振動状態であると判定する軸受温度判定ステップ（S122～S123）と、を有する。図12のフローに沿って説明すると、ステップS121において、軸受温度検出手段73から取得するなどして、軸受温度 B_t が取得される。例えば、上述したように、軸受温度検出手段73によって軸受17のメタル温度や潤滑油の油温を検出しても良い。ステップS122において、軸受温度 B_t と軸受温度閾値 T_b とを比較した結果、軸受温度 B_t が軸受温度閾値 T_b よりも大きいと判定した場合には（ $T_b < B_t$ ）、ステップS123において特定振動状態であると判定する。逆に、ステップS122において、軸受温度 B_t が軸受温度閾値 T_b 以下と判定した場合には（ $T_b \geq B_t$ ）、ステップS123を実行することなく、図12のフローを終了する。なお、図12のフローを終了することは、上述した図5のステップS51を終了するのと同じであるため、振動抑制方法としては、図5のステップS52以降を引き続き実行することになる。

[0073] 上記の構成によれば、ロータ軸15を支持する軸受17の軸受温度 B_t に基づいて、ロータ軸15の軸振動の大きさが所定の大きさを超えている可能性があるか否かの判定（ロータ軸15が特定振動状態にあるか否かの判定）を行うことができる。

[0074] また、その他の幾つかの実施形態では、上述した実ターボ回転速度 V に基づいて特定振動状態を判定する実施形態（図8～図10参照）の危険速度域 D を、上述した軸受17の軸受温度 B_t に基づいて補正しても良い。具体的には、図13に示されるように、振動抑制装置6は、危険速度域 D の範囲を補正する危険速度域補正部63dを、さらに備える。危険速度域補正部63dは、ロータ軸15の軸受の軸受温度 B_t を取得する軸受温度取得部62c

と、軸受温度取得部 6 2 c で取得した軸受温度 B_t に基づいて、危険速度域 D の範囲を補正する補正実行部 6 3 e と、を有する。上述したように、軸受温度取得部 6 2 c は軸受温度検出手段 7 3 から軸受温度 B_t を取得する。

[0075] また、危険速度域補正部 6 3 d は、実ターボ回転速度 V に対する標準的な軸受温度 B_t の情報（軸受標準温度情報 R_t ）を有しており、軸受標準温度情報 R_t に基づいて実ターボ回転速度 V から軸受標準温度 B_s が算出可能となっている。そして、軸受温度 B_t が軸受標準温度 B_s よりも高い場合（ $B_t > B_s$ ）には、軸振動が想定（標準）より大きい可能性が示唆されるので、その差（ $B_t - B_s$ ）の程度に応じるなどして危険速度域 D （ D_n ）の上限値 D_u をより大きくするか、あるいは、下限値 D_d をより小さくすることの少なくとも一方を行うことで、危険速度域 D （ D_n ）の領域を拡大する。これによって、同一の実ターボ回転速度 V であっても実ターボ回転速度 V が危険速度域 D に入るとの判定がよりなされ易くなり、運転状況に応じて、実際の軸振動が想定より大きいにもかかわらず振動抑制が実行されないことを回避することができる。逆に、軸受温度 B_t が軸受標準温度 B_s よりも低い場合（ $B_t < B_s$ ）には、軸振動が想定より小さい可能性が示唆されるので、その差（ $B_s - B_t$ ）の程度に応じるなどして危険速度域 D （ D_n ）の上限値 D_u をより小さくするか、あるいは、下限値 D_d をより大きくすることの少なくとも一方を行うことで、危険速度域 D （ D_n ）の領域を縮小する。これによって、同一の実ターボ回転速度 V であっても、実ターボ回転速度 V が危険速度域 D に入るとの判定がよりなされ難くなり、運転状況に応じて、実際の軸振動が想定より小さいにもかかわらず、振動抑制が実行されるのを回避することができる。なお、危険速度域 D （ D_n ）の補正にあたっては、複数の危険速度域 D （第 n 危険速度域 D_n ）のうちの、実ターボ回転速度 V が最も近接する危険速度域 D や、実ターボ回転速度 V の前後に位置する各々の危険速度域 D など、一部の危険速度域 D が補正されても良いし、全ての危険速度域 D が補正されても良い。

[0076] 図 1 3 に示される実施形態では、実ターボ回転速度取得部 6 2 b および軸

受温度取得部 6 2 c がそれぞれ補正実行部 6 3 e に接続されており、それぞれの機能部から実ターボ回転速度 V および軸受温度 B_t が補正実行部 6 3 e に入力されるように構成されている。これらの入力を受けると、補正実行部 6 3 e は、メモリ M 上の軸受標準温度情報 R_t を用いて、実ターボ回転速度 V に対応する軸受標準温度 B_s を取得する。そして、検出された軸受温度 B_t と軸受標準温度 B_s とを比較し、検出された軸受温度 B_t が軸受標準温度 B_s に対して大きい小さいかを判断し、その違いの程度に応じて上述したように危険速度域 D の範囲を補正する。具体的には、危険速度域補正部 6 3 d は、振動抑制装置 6 が備えるメモリ M に格納された危険速度域 D (D_n) を直接補正しても良い。なお、図 1 3 に示される特定振動状態判定部 6 1 についての説明は、既に説明しているため省略する。

[0077] 上述した実施形態（図 1 3 参照）に対応する振動抑制方法について、図 1 4 を用いて説明する。幾つかの実施形態では、図 1 4 に示されるように、振動抑制方法は、危険速度域 D の範囲を補正する危険速度域補正ステップ (S_{140}) を、さらに備える。そして、危険速度域補正ステップは、ロータ軸 1 5 の軸受 1 7 の軸受温度 B_t を取得する軸受温度取得ステップ (S_{141}) と、軸受温度取得ステップ (S_{141}) で取得した軸受温度 B_t に基づいて、危険速度域 D の範囲を補正する補正実行ステップ ($S_{142} \sim S_{147}$) と、を有する。図 1 4 のフローに沿って説明すると、ステップ S_{141} において、軸受温度検出手段 7 3 から取得するなどして軸受温度 B_t が取得される。ステップ S_{142} において、実ターボ回転速度検出手段 7 2 から取得するなどして実ターボ回転速度 V が取得される。また、ステップ S_{143} において、上記の軸受標準温度情報 R_t を参照するなどして、取得した実ターボ回転速度 V に対応する軸受標準温度 B_s を算出する。

[0078] そして、ステップ S_{144} において、軸受温度 B_t と軸受標準温度 B_s とを比較した結果、軸受温度 B_t が軸受標準温度 B_s よりも大きい場合 ($B_t > B_s$) には、ステップ S_{145} において、上述したように、領域が広がるようにその差 ($B_t - B_s$) に応じるなどして危険速度域 D (D_n) の範囲

を補正する。逆に、ステップS 1 4 4において、軸受温度 B_t が軸受標準温度 B_s より大きくない場合 ($B_t \leq B_s$) には、ステップS 1 4 5を実行することなく、次のステップS 1 4 6に進む。ステップS 1 4 6において、軸受温度 B_t と軸受標準温度 B_s とを比較した結果、軸受温度 B_t が軸受標準温度 B_s よりも小さい場合 ($B_t < B_s$) には、ステップS 1 4 7において、上述したように、領域が狭まるようにその差 ($B_s - B_t$) に応じるなどして危険速度域 D (D_n) の範囲を補正する。逆に、ステップS 1 4 6において、軸受温度 B_t が軸受標準温度 B_s よりも小さくない場合 ($B_t \geq B_s$) には、ステップS 1 4 7を実行することなく、図14のフローを終了する。

[0079] 上記の構成によれば、例えば、軸受17の潤滑油の油温や軸受のメタル温度などに基づいて得られる軸受温度 B_t に基づいて、危険速度域 D が補正される。これによって、実ターボ回転速度 V に基づいて軸振動の大きさが所定の大きさを超えている可能性の有無により特定振動状態を判定するのに際して、過給機1の実際の運転状況を考慮することができ、実ターボ回転速度 V に基づく特定振動状態の判定をより精度良く行うことができる。

[0080] 以下、振動抑制装置6あるいは振動抑制方法が備えるその他の構成について説明する。

幾つかの実施形態では、上述したように、モータ3は、ロータ軸15を取り囲むように配置されるステータ32を有している。また、図15に示されるように、ステータ32は、ロータ軸15に沿って直列に配列される複数の要素ステータを有している (図15では32a~32cの3)。そして、振動抑制装置6が備える振動抑制実行部65、あるいは、振動抑制方法における振動抑制実行ステップ (図5のS54) は、複数の要素ステータのうち、ロータ軸15の振動モードの各々に対してそれぞれ定められた1以上の要素ステータからなる対象要素ステータ32tに励磁電圧を印加するよう構成されても良い。すなわち、モータ3のステータ32は、複数の要素ステータの各々に対して、独立して個別に励磁電圧の印加が可能に構成されている。図15に示される実施形態では、モータ3のステータ32は、ロータ軸15の

軸方向に沿って、3つの要素ステータ（32a～32c）に分割されている。ただし、これには限定されず、ステータ32を構成する要素ステータの数は2以上の複数であれば良い。

[0081] また、振動抑制装置6は、ロータ軸15に生じる複数の振動モード（図9参照）の各々に対して、複数の要素ステータから選択された1以上の要素ステータを関連付けた対象要素ステータ情報を備えている。換言すれば、対象要素ステータ情報は、複数の振動モードの各々、換言すれば、複数の危険速度域D（第n危険速度域D_n）の各々に対して1以上の要素ステータをそれぞれ関連付けた情報となる。そして、振動抑制実行部65は、振動抑制を実行する際に、例えば、実ターボ回転速度Vと危険速度域D（D_n）との比較に基づいて振動モードを判定すると共に、上記の対象要素ステータ情報を参照することにより、特定した振動モードから励磁電圧を印加すべき1以上の対象要素ステータ32tを判定する。対象要素ステータ32tが全ての要素ステータとならない場合には、全ての要素ステータに励起電圧を印加するよりも電力消費を抑制することが可能となる。

[0082] 例えば、幾つかの実施形態では、ロータ軸15の振動モードの振幅の大きさに着目して、対象要素ステータ32tを決定しても良い。軸振動の振幅が大きいほど、より強固にモータロータ31をステータ32に引きつける必要があるため、より多くの要素ステータを対象要素ステータとしても良い。

他の幾つかの実施形態では、各々の振動モードにおいて振幅がより大きな位置に近接する要素ステータに限定して、各々の振動モードにおける対象要素ステータ32tとなる要素ステータを決定しても良い。具体的には、図9に示されるようにロータ軸15（モータ3およびロータ軸15）が振動するとした場合を考えると、例えば、図9の（a）に示されるような1次振動モードの場合には、ロータ軸15の軸振動がどの位置でも比較的大きいので、全ての要素ステータを対象要素ステータ32tとし、図9の（b）～（d）に示されるような2次～4次の振動モードの場合には、例えば、第1要素ステータ32aおよび第2要素ステータ32bを対象要素ステータ32t

としても良い。この場合には、図15に示される実施形態では、2次～4次の振動モードの場合には、第3要素ステータ32cには励磁電圧が印加されないで、その分、電力消費量が抑制される。

[0083] 上記の構成によれば、モータ3のステータ32は、ロータ軸15の軸方向に沿って配置された複数の要素ステータ（図15では32a、32b、32cの3つ）により構成される。ここで、ロータ軸15の振動は、1次、2次、3次といった各振動モードに応じて振幅の大きさや、その位置が異なる。このため、振動抑制の実行時において全ての要素ステータに励磁電圧を印加するのではなく、振動の大きさに応じて複数の要素ステータの少なくとも一部に限定し、あるいは、各振動モードにおける振幅が大きくなる部分に位置する要素ステータに限定するなどして、限定された要素ステータ（対象要素ステータ32t）にのみ励磁電圧を印加するよう構成される。これによって、全ての要素ステータに励起電圧を印加するよりも電力消費を抑制することができ、電力消費を抑制しつつ、ロータ軸15の振動を抑制することができる。

[0084] また、上記の図15を用いて説明した実施形態において、その他の幾つかの実施形態では、各々の振動モードに対応した各々の対象要素ステータ32tには、複数の要素ステータのうちのロータ軸15のコンプレッサ側の端部に最も近い要素ステータが含まれていても良い。図15に示される実施形態では、第1要素ステータ32aが該当する。

上記の構成によれば、ロータ軸15のコンプレッサ側の端部に最も近い要素ステータ（図15では第1要素ステータ32a）は、振動モードの種類（次数n）にかかわらず必ず対象要素ステータ32tに含まれるよう構成される。ここで、ロータ軸15のコンプレッサ側の端部は、いずれの振動モードにおいても最も振幅が大きくなる傾向にあることに本発明者らは着目した。このように、振動モードの種類（次数）にかかわらずロータ軸15のコンプレッサ側の端部に最も近い要素ステータを対象要素ステータ32tに含めることで、ロータ軸15の振動の抑制をより効率的に行うことができる。

[0085] また、幾つかの実施形態では、図 16 に示されるように、上述した実施形態の各々において、さらに、振動抑制装置 6 は、振動抑制実行部 65 の実行を禁止する振動抑制実行禁止部 66 を、さらに備えていても良い。振動抑制実行禁止部 66 は、過給機 1 のモータ 3、あるいは、このモータ 3 を駆動するインバータ 4 のうちの少なくとも一方を含む機器の機器温度 E_t を取得する機器温度取得部 66a と、機器温度が所定の機器温度閾値 T_e 以上の場合には、振動抑制実行部 65 の実行を禁止する禁止実行部 66b と、を有する。機器温度取得部 66a は、機器温度 E_t を検出可能な機器温度検出手段 74 に接続されており、機器温度検出手段 74 から機器温度 E_t の入力を受けられるように構成されている。また、例えば、禁止実行部 66b は、振動抑制装置 6 のメモリ M に格納された振動抑制の実行の許可、禁止を示す実行可否フラグ f を更新可能に構成されており、これによって、振動抑制実行部 65 がモータ 3 に対して励磁電圧を印加すること（振動抑制の実行）の許可、禁止を行うように構成しても良い。この場合には、振動抑制実行部 65 は、メモリ M 上の実行可否フラグ f を確認し、実行可否フラグ f の情報に応じて振動抑制の実行の可否を判定するように構成される（後述する図 18 参照）。

[0086] 上述した実施形態（図 16 参照）に対応する振動抑制方法について、図 17 を用いて説明する。幾つかの実施形態では、図 17 に示されるように、振動抑制方法は、振動抑制実行ステップ（図 5 のステップ S54）の実行を禁止する振動抑制実行禁止ステップ（S171～S173）を、さらに備えても良い。具体的には、振動抑制実行禁止ステップ（S171～S173）は、過給機 1 のモータ 3、あるいは、このモータ 3 を駆動するインバータ 4 のうちの少なくとも一方を含む機器の機器温度 E_t を取得する機器温度取得ステップ（S171）と、機器温度が所定の機器温度閾値 T_e 以上の場合には、振動抑制実行ステップ（図 5 の S54）の実行を禁止する禁止実行ステップ（S172～S173）と、を有する。図 17 のフローに沿って説明すると、ステップ S171 において、機器温度検出手段 74 から取得するなどして、機器温度 E_t が取得される。そして、ステップ S172 において、機器

温度 E_t と機器温度閾値 T_e とを比較した結果、機器温度 E_t が機器温度閾値 T_e よりも大きい場合 ($T_d > T_e$) には、ステップ S_{173} において、例えば、上述した実行可否フラグ f を禁止に更新することで、振動抑制実行ステップ (図5の S_{54}) の実行を禁止する。逆に、ステップ S_{172} において、機器温度 E_t が機器温度閾値 T_e 以下の場合 ($T_d \leq T_e$) には、ステップ S_{173} を実行することなく、図17のフローを終了する。なお、図17に示される実施形態では、ステップ S_{172} で No の場合 ($T_d \leq T_e$) には、ステップ S_{174} において、例えば上述した実行可否フラグ f を許可に設定することによって振動抑制の実行を許可とし、その後、図17のフローを終了している。

[0087] また、本実施形態では、図5の S_{54} の振動抑制実行ステップは、図18に示されるようなフローに置き換えられることになる。図18のフローに沿って説明すると、ステップ S_{181} において、例えば、上述した振動抑制実行禁止ステップ (図17) により設定 (更新) される上述したメモリ M 上の実行可否フラグ f を確認することにより、振動抑制の実行の可否を判定する。そして、ステップ S_{182} において、振動抑制の実行が許可されていると判定された場合には、ステップ S_{183} で振動抑制を実行する。すなわち、モータ3に励磁電圧を印加する。逆に、ステップ S_{182} において、振動抑制の実行が禁止されていると判定された場合には、ステップ S_{183} を実行することなく、図18 (図5) のフローを終了する。

[0088] 上記の構成によれば、機器温度 E_t が過度に高い場合には振動抑制の実行が禁止される。これによって、振動抑制の実行により機器の温度がさらに上昇するのを防止することができ、機器の保護を図ることができる。

[0089] また、幾つかの実施形態では、図16に示されるように、振動抑制装置6は、振動抑制実行禁止部66の実行を報知する報知部67を、さらに備えていても良い。報知部67は、ディスプレイ、音声、光などの報知装置に接続されており、報知装置に情報を出力することにより報知が実行される。この際、振動検出値 F や、実ターボ回転速度 V 、軸受温度 B_t 、機器温度 E_t の

推移などを一緒に報知しても良い。同様に、図18に示されるように、振動抑制方法は、振動抑制実行禁止ステップの実行を報知する報知ステップ（S184）を、さらに備えていても良い。図18に示される実施形態では、報知ステップ（S184）は、図18のステップS182において振動抑制の実行が禁止されていると判定された場合において、図18のフローを終了するまでの間に実行される。

[0090] なお、図16に示される実施形態では、振動抑制装置6は振動抑制実行禁止部66および報知部67を備え、また、図17～図18に示される実施形態では、振動抑制方法は振動抑制実行禁止ステップ（S171～S173）および報知ステップ（S184）を備えているが、報知部67や報知ステップ（S184）は必須ではなく、他の幾つかの実施形態では報知部67や報知ステップ（S184）はなくても良い。また、危険速度域補正部63dや危険速度域補正ステップを備えていても良い。

[0091] 上記の構成によれば、振動抑制実行ステップ（図5のS54）の実行ができないことをオペレータや外部システムなどの外部に知らせることができる。換言すれば、電動アシスト過給機1の振動（騒音）の抑制ができないことを外部に知らせることができる。

[0092] 以上、本発明の一実施形態に係るモータハングオーバ構造を有する電動アシスト過給機1について、船用の2サークルディーゼルエンジンを例に説明した。本発明は上述した実施形態に限定されることはなく、上述した実施形態に変形を加えた形態や、これらの形態を適宜組み合わせた形態も含む。

例えば、他の幾つかの実施形態では、電動アシスト過給機1は、船用の4サイクルディーゼルエンジンに設けられても良い。また、その他の幾つかの実施形態では、電動アシスト過給機1は、例えば、車両用など、船用ではないエンジンに設けられても良い。

また、本発明は、オーバハングオーバ構造を有していない電動アシスト過給機1にも適用できる。この場合には、例えば、電動アシスト過給機1は、2つのラジアル軸受17a、17bの間に位置していても良く、図1、図2

、図6、図8、図11、図15の各々に示されモータ3の位置が2つのラジアル軸受17a、17bの間などになる。

符号の説明

[0093]	1	過給機
	1 1	排ガス入口ケーシング
	1 2	排ガス出口ケーシング
	1 3	軸受台
	1 4	空気案内ケーシング
	1 5	ロータ軸
	1 5 e	軸延長部
	1 5 f	フランジ
	1 7	軸受
	1 7 a	ラジアル軸受（コンプレッサ側）
	1 7 b	ラジアル軸受（タービン側）
	1 7 t	スラスト軸受
	2 C	コンプレッサホイール
	2 C a	ブレード
	2 T	タービンホイール
	2 T a	ブレード
	2 2	排ガス導入路
	2 3	排ガス排出路
	2 4	吸入空気導入路
	2 5	渦室
	2 6	サイレンサ
	2 7	中間ピース
	3	モータ
	3 1	モータロータ
	3 1 f	フランジ

3 2	ステータ
3 2 a	第 1 要素ステータ
3 2 b	第 2 要素ステータ
3 2 t	対象要素ステータ
3 3	ハウジング
3 4	ボルト・ナット
3 5	サポート部材
3 7	キャップ
3 8	ボルト
4	インバータ
6	振動抑制装置 6
6 1	特定振動状態判定部
6 2 a	振動検出値取得部
6 2 b	実ターボ回転速度取得部
6 2 c	軸受温度取得部
6 3 a	振動判定部
6 3 b	危険速度域通過判定部
6 3 c	軸受温度判定部
6 3 d	危険速度域補正部
6 3 e	補正実行部
6 4	励磁状態判定部
6 5	振動抑制実行部
6 6	振動抑制実行禁止部
6 6 a	機器温度取得部
6 6 b	禁止実行部
6 7	報知部
M	メモリ
7 1	振動検出手段

7 2	実ターボ回転速度検出手段
7 3	軸受温度検出手段
7 4	機器温度検出手段
F	軸振動の検出値
T f	振動閾値
F i	振動レベル
F s	軸受台速度
V	実ターボ回転速度
D	危険速度域
D d	下限値
D u	上限値
D n	第 n 危険速度域
D 1	第 1 危険速度域
D 2	第 2 危険速度域
D 3	第 3 危険速度域
D 4	第 4 危険速度域
B t	軸受温度
T b	軸受温度閾値
R t	軸受標準温度情報
B s	軸受標準温度
E t	機器温度
T e	機器温度閾値
f	実行可否フラグ

請求の範囲

[請求項1] モータにより駆動可能である過給機の軸振動を抑制する過給機の振動抑制方法であって、

前記過給機のロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか、又は、超える可能性がある、特定振動状態であるか否かを判定する特定振動状態判定ステップと、

前記モータに励磁電圧が印加されている励磁状態であるか否かを判定する励磁状態判定ステップと、

前記特定振動状態判定ステップによって前記特定振動状態であると判定された場合、かつ、前記励磁状態判定ステップによって前記励磁状態でないと判定された場合に、前記モータに前記励磁電圧を印加する振動抑制実行ステップと、を備えることを特徴とする過給機の振動抑制方法。

[請求項2] 前記特定振動状態判定ステップは、
前記ロータ軸の軸振動の振動検出値を取得する振動取得ステップと、
、

前記振動取得ステップで取得された前記振動検出値が所定の振動閾値よりも大きい場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えている前記特定振動状態であると判定する振動判定ステップと、を有することを特徴とする請求項1に記載の過給機の振動抑制方法。

[請求項3] 前記特定振動状態判定ステップは、
前記ロータ軸の実ターボ回転速度を取得する実ターボ回転速度取得ステップと、

前記実ターボ回転速度取得ステップで取得された前記実ターボ回転速度が、前記ロータ軸の危険速度域に入っている場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超える可能性がある前記特定振動状態であると判定する危険速度域通過判定ステップと、を有するこ

とを特徴とする請求項 1 に記載の過給機の振動抑制方法。

[請求項4] 前記危険速度域の範囲を補正する危険速度域補正ステップを、さらに備え、

前記危険速度域補正ステップは、

前記ロータ軸の軸受の軸受温度を取得する軸受温度取得ステップと

、

前記軸受温度取得ステップで取得した前記軸受温度に基づいて、前記危険速度域の範囲を補正する補正実行ステップと、を有することを特徴とする請求項 3 に記載の過給機の振動抑制方法。

[請求項5] 前記特定振動状態判定ステップは、

前記ロータ軸の軸受の軸受温度を取得する軸受温度取得ステップと

、

前記軸受温度取得ステップで取得された前記軸受温度が所定の軸受温度閾値よりも大きい場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超える可能性がある前記特定振動状態であると判定する軸受温度判定ステップと、を有することを特徴とする請求項 1 に記載の過給機の振動抑制方法。

[請求項6] 前記モータは、前記過給機のコンプレッサ側の端部に取り付けられていることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の過給機の振動抑制方法。

[請求項7] 前記モータは、前記ロータ軸を取り囲むように配置されるステータを含み、

前記ステータは、前記ロータ軸に沿って直列に配列される複数の要素ステータを有し、

前記振動抑制実行ステップは、前記複数の要素ステータのうち、前記ロータ軸の振動モードの各々に対してそれぞれ定められた 1 以上の前記要素ステータからなる対象要素ステータに前記励磁電圧を印加するよう構成されることを特徴とする請求項 6 に記載の過給機の振動抑

制方法。

[請求項8] 前記振動抑制実行ステップの実行を禁止する振動抑制実行禁止ステップを、さらに備え、

前記振動抑制実行禁止ステップは、

前記モータ、あるいは、前記モータを駆動するインバータのうちの少なくとも一方を含む機器の機器温度を取得する機器温度取得ステップと、

前記機器温度が所定の機器温度閾値以上の場合には、前記振動抑制実行ステップの実行を禁止する禁止実行ステップと、を有することを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の過給機の振動抑制方法。

[請求項9] 前記振動抑制実行禁止ステップの実行を報知する報知ステップを、さらに備えることを特徴とする請求項8に記載の過給機の振動抑制方法。

[請求項10] モータにより駆動可能な過給機の軸振動を抑制する過給機の振動抑制装置であって、

前記過給機のロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか、又は、超える可能性がある、特定振動状態であるか否かを判定する特定振動状態判定部と、

前記モータに励磁電圧が印加されている励磁状態であるか否かを判定する励磁状態判定部と、

前記特定振動状態判定部によって前記特定振動状態であると判定された場合、かつ、前記励磁状態判定部によって前記励磁状態でないと判定された場合に、前記モータに前記励磁電圧を印加する振動抑制実行部と、を備えることを特徴とする過給機の振動抑制装置。

[請求項11] 前記特定振動状態判定部は、

前記ロータ軸の軸振動の振動検出値を取得する振動検出値取得部と、

前記振動検出値取得部で取得された前記振動検出値が所定の振動閾値よりも大きい場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えている前記特定振動状態であると判定する振動判定部と、を有することを特徴とする請求項 10 に記載の過給機の振動抑制装置。

[請求項12]

前記特定振動状態判定部は、

前記ロータ軸の実ターボ回転速度を取得する実ターボ回転速度取得部と、

前記実ターボ回転速度取得部で取得された前記実ターボ回転速度が、前記ロータ軸の危険速度域に入っている場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超える可能性がある前記特定振動状態であると判定する危険速度域通過判定部と、を有することを特徴とする請求項 10 に記載の過給機の振動抑制装置。

[請求項13]

前記危険速度域の範囲を補正する危険速度域補正部を、さらに備え、

前記危険速度域補正部は、

前記ロータ軸の軸受の軸受温度を取得する軸受温度取得部と、

前記軸受温度取得部で取得した前記軸受温度に基づいて、前記危険速度域の範囲を補正する補正実行部と、を有することを特徴とする請求項 12 に記載の過給機の振動抑制装置。

[請求項14]

前記特定振動状態判定部は、

前記ロータ軸の軸受の軸受温度を取得する軸受温度取得部と、

前記軸受温度取得部で取得された前記軸受温度が所定の軸受温度閾値よりも大きい場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超える可能性がある前記特定振動状態であると判定する軸受温度判定部と、を有することを特徴とする請求項 10 に記載の過給機の振動抑制装置。

[請求項15]

前記モータは、前記過給機のコンプレッサ側の端部に取り付けられていることを特徴とする請求項 10～14 のいずれか 1 項に記載の過

給機の振動抑制装置。

[請求項16] 前記モータは、前記ロータ軸を取り囲むように配置されるステータを含み、

前記ステータは、前記ロータ軸に沿って直列に配列される複数の要素ステータを有し、

前記振動抑制実行部は、前記複数の要素ステータのうち、前記ロータ軸の振動モードの各々に対してそれぞれ定められた1以上の前記要素ステータからなる対象要素ステータに前記励磁電圧を印加するよう構成されることを特徴とする請求項15に記載の過給機の振動抑制装置。

[請求項17] 前記対象要素ステータには、前記複数の要素ステータのうちの前記過給機の前記コンプレッサ側の端部に最も近い要素ステータが含まれることを特徴とする請求項16に記載の過給機の振動抑制装置。

[請求項18] 前記振動抑制実行部の実行を禁止する振動抑制実行禁止部を、さらに備え、

前記振動抑制実行禁止部は、

前記モータ、あるいは、前記モータを駆動するインバータのうちの少なくとも一方を含む機器の機器温度を取得する機器温度取得部と、

前記機器温度が所定の機器温度閾値以上の場合には、前記振動抑制実行部の実行を禁止する禁止実行部と、を有することを特徴とする請求項10～17のいずれか1項に記載の過給機の振動抑制装置。

[請求項19] 前記振動抑制実行禁止部の実行を報知する報知部を、さらに備えることを特徴とする請求項18に記載の過給機の振動抑制装置。

[請求項20] モータにより駆動可能な過給機であって、

ロータ軸と、

エンジンから排出される排ガスにより駆動されるタービンホイールと、

前記ロータ軸によって、前記タービンホイールに連結されたコンプ

レッサホイールと、

電力により前記ロータ軸に回転力を付与することが可能な前記モータと、

請求項 10～19 のいずれか 1 項に記載の過給機の振動抑制装置と、を備える過給機。

補正された請求の範囲
[2018年9月10日 (10.09.2018) 国際事務局受理]

- [請求項1] (補正後) モータにより駆動可能である過給機の軸振動を抑制する過給機の振動抑制方法であって、
- 前記過給機のロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか、又は、超える可能性がある、特定振動状態であるか否かを判定する特定振動状態判定ステップと、
- 前記モータに励磁電圧が印加されている励磁状態であるか否かを判定する励磁状態判定ステップと、
- 前記特定振動状態判定ステップによって前記特定振動状態であると判定された場合、かつ、前記励磁状態判定ステップによって前記励磁状態でないと判定された場合に、前記モータに前記励磁電圧を印加する振動抑制実行ステップと、を備え、
- 前記特定振動状態判定ステップは、
- 前記ロータ軸の実ターボ回転速度を取得する実ターボ回転速度取得ステップと、
- 前記実ターボ回転速度取得ステップで取得された前記実ターボ回転速度が、前記ロータ軸の危険速度域に入っている場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超える可能性がある前記特定振動状態であると判定する危険速度域通過判定ステップと、を有し、
- 前記危険速度域の範囲を補正する危険速度域補正ステップを、さらに備え、
- 前記危険速度域補正ステップは、
- 前記ロータ軸の軸受の軸受温度を取得する軸受温度取得ステップと、
- 、
- 前記軸受温度取得ステップで取得した前記軸受温度に基づいて、前記危険速度域の範囲を補正する補正実行ステップと、を有することを特徴とする過給機の振動抑制方法。

[請求項2] (補正後) モータにより駆動可能である過給機の軸振動を抑制する過給機の振動抑制方法であって、

前記過給機のロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか、又は、超える可能性がある、特定振動状態であるか否かを判定する特定振動状態判定ステップと、

前記モータに励磁電圧が印加されている励磁状態であるか否かを判定する励磁状態判定ステップと、

前記特定振動状態判定ステップによって前記特定振動状態であると判定された場合、かつ、前記励磁状態判定ステップによって前記励磁状態でないとして判定された場合に、前記モータに前記励磁電圧を印加する振動抑制実行ステップと、を備え、

前記特定振動状態判定ステップは、

前記ロータ軸の軸受の軸受温度を取得する軸受温度取得ステップと、

前記軸受温度取得ステップで取得された前記軸受温度が所定の軸受温度閾値よりも大きい場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超える可能性がある前記特定振動状態であると判定する軸受温度判定ステップと、を有することを特徴とする過給機の振動抑制方法。

[請求項3] (補正後) モータにより駆動可能である過給機の軸振動を抑制する過給機の振動抑制方法であって、

前記過給機のロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか、又は、超える可能性がある、特定振動状態であるか否かを判定する特定振動状態判定ステップと、

前記モータに励磁電圧が印加されている励磁状態であるか否かを判定する励磁状態判定ステップと、

前記特定振動状態判定ステップによって前記特定振動状態であると判定された場合、かつ、前記励磁状態判定ステップによって前記励磁

状態でないと判定された場合に、前記モータに前記励磁電圧を印加する振動抑制実行ステップと、を備え、

前記モータは、前記ロータ軸を取り囲むように配置されるステータを含み、

前記ステータは、前記ロータ軸に沿って直列に配列される複数の要素ステータを有し、

前記振動抑制実行ステップは、前記複数の要素ステータのうち、前記ロータ軸の振動モードの各々に対してそれぞれ定められた1以上の前記要素ステータからなる対象要素ステータに前記励磁電圧を印加するよう構成されることを特徴とする過給機の振動抑制方法。

[請求項4] (補正後) モータにより駆動可能である過給機の軸振動を抑制する過給機の振動抑制方法であって、

前記過給機のロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか、又は、超える可能性がある、特定振動状態であるか否かを判定する特定振動状態判定ステップと、

前記モータに励磁電圧が印加されている励磁状態であるか否かを判定する励磁状態判定ステップと、

前記特定振動状態判定ステップによって前記特定振動状態であると判定された場合、かつ、前記励磁状態判定ステップによって前記励磁状態でないと判定された場合に、前記モータに前記励磁電圧を印加する振動抑制実行ステップと、

前記振動抑制実行ステップの実行を禁止する振動抑制実行禁止ステップと、を備え、

前記振動抑制実行禁止ステップは、

前記モータ、あるいは、前記モータを駆動するインバータのうちの少なくとも一方を含む機器の機器温度を取得する機器温度取得ステップと、

前記機器温度が所定の機器温度閾値以上の場合には、前記振動抑制

実行ステップの実行を禁止する禁止実行ステップと、を有することを特徴とする過給機の振動抑制方法。

[請求項5] (補正後) 前記特定振動状態判定ステップは、
前記ロータ軸の軸振動の振動検出値を取得する振動取得ステップと、

前記振動取得ステップで取得された前記振動検出値が所定の振動閾値よりも大きい場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えている前記特定振動状態であると判定する振動判定ステップと、を有することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の過給機の振動抑制方法。

[請求項6] (補正後) 前記振動抑制実行禁止ステップの実行を報知する報知ステップを、さらに備えることを特徴とする請求項4に記載の過給機の振動抑制方法。

[請求項7] (補正後) 前記モータは、前記過給機のコンプレッサ側の端部に取り付けられていることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の過給機の振動抑制方法。

[請求項8] (補正後) モータにより駆動可能な過給機の軸振動を抑制する過給機の振動抑制装置であって、

前記過給機のロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか、又は、超える可能性がある、特定振動状態であるか否かを判定する特定振動状態判定部と、

前記モータに励磁電圧が印加されている励磁状態であるか否かを判定する励磁状態判定部と、

前記特定振動状態判定部によって前記特定振動状態であると判定された場合、かつ、前記励磁状態判定部によって前記励磁状態でないと判定された場合に、前記モータに前記励磁電圧を印加する振動抑制実行部と、を備え、

前記特定振動状態判定部は、

前記ロータ軸の実ターボ回転速度を取得する実ターボ回転速度取得部と、

前記実ターボ回転速度取得部で取得された前記実ターボ回転速度が、前記ロータ軸の危険速度域に入っている場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超える可能性がある前記特定振動状態であると判定する危険速度域通過判定部と、を有し、

前記危険速度域の範囲を補正する危険速度域補正部を、さらに備え、

前記危険速度域補正部は、

前記ロータ軸の軸受の軸受温度を取得する軸受温度取得部と、

前記軸受温度取得部で取得した前記軸受温度に基づいて、前記危険速度域の範囲を補正する補正実行部と、を有することを特徴とする過給機の振動抑制装置。

[請求項9] (補正後) モータにより駆動可能な過給機の軸振動を抑制する過給機の振動抑制装置であって、

前記過給機のロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか、又は、超える可能性がある、特定振動状態であるか否かを判定する特定振動状態判定部と、

前記モータに励磁電圧が印加されている励磁状態であるか否かを判定する励磁状態判定部と、

前記特定振動状態判定部によって前記特定振動状態であると判定された場合、かつ、前記励磁状態判定部によって前記励磁状態でないと判定された場合に、前記モータに前記励磁電圧を印加する振動抑制実行部と、を備え、

前記特定振動状態判定部は、

前記ロータ軸の軸受の軸受温度を取得する軸受温度取得部と、

前記軸受温度取得部で取得された前記軸受温度が所定の軸受温度閾値よりも大きい場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大き

さを超える可能性がある前記特定振動状態であると判定する軸受温度判定部と、を有することを特徴とする過給機の振動抑制装置。

[請求項10] (補正後) モータにより駆動可能な過給機の軸振動を抑制する過給機の振動抑制装置であって、

前記過給機のロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか、又は、を超える可能性がある、特定振動状態であるか否かを判定する特定振動状態判定部と、

前記モータに励磁電圧が印加されている励磁状態であるか否かを判定する励磁状態判定部と、

前記特定振動状態判定部によって前記特定振動状態であると判定された場合、かつ、前記励磁状態判定部によって前記励磁状態でないと判定された場合に、前記モータに前記励磁電圧を印加する振動抑制実行部と、を備え、

前記モータは、前記ロータ軸を取り囲むように配置されるステータを含み、

前記ステータは、前記ロータ軸に沿って直列に配列される複数の要素ステータを有し、

前記振動抑制実行部は、前記複数の要素ステータのうち、前記ロータ軸の振動モードの各々に対してそれぞれ定められた1以上の前記要素ステータからなる対象要素ステータに前記励磁電圧を印加するよう構成されることを特徴とする過給機の振動抑制装置。

[請求項11] (補正後) モータにより駆動可能な過給機の軸振動を抑制する過給機の振動抑制装置であって、

前記過給機のロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えているか、又は、を超える可能性がある、特定振動状態であるか否かを判定する特定振動状態判定部と、

前記モータに励磁電圧が印加されている励磁状態であるか否かを判定する励磁状態判定部と、

前記特定振動状態判定部によって前記特定振動状態であると判定された場合、かつ、前記励磁状態判定部によって前記励磁状態でないと判定された場合に、前記モータに前記励磁電圧を印加する振動抑制実行部と、

前記振動抑制実行部の実行を禁止する振動抑制実行禁止部と、を備え、

前記振動抑制実行禁止部は、

前記モータ、あるいは、前記モータを駆動するインバータのうちの少なくとも一方を含む機器の機器温度を取得する機器温度取得部と、

前記機器温度が所定の機器温度閾値以上の場合には、前記振動抑制実行部の実行を禁止する禁止実行部と、を有することを特徴とする過給機の振動抑制装置。

[請求項12] (補正後) 前記特定振動状態判定部は、

前記ロータ軸の軸振動の振動検出値を取得する振動検出値取得部と、

前記振動検出値取得部で取得された前記振動検出値が所定の振動閾値よりも大きい場合に、前記ロータ軸の軸振動の大きさが所定の大きさを超えている前記特定振動状態であると判定する振動判定部と、を有することを特徴とする請求項8～11のいずれか1項に記載の過給機の振動抑制装置。

[請求項13] (補正後) 前記対象要素ステータには、前記複数の要素ステータのうちの前記過給機の前記コンプレッサ側の端部に最も近い要素ステータが含まれることを特徴とする請求項10に記載の過給機の振動抑制装置。

[請求項14] (補正後) 前記振動抑制実行禁止部の実行を報知する報知部を、さらに備えることを特徴とする請求項11に記載の過給機の振動抑制装置。

[請求項15] (補正後) 前記モータは、前記過給機のコンプレッサ側の端部に取

り付けられていることを特徴とする請求項 8 ～ 1 4 のいずれか 1 項に記載の過給機の振動抑制装置。

- [請求項16] (補正後) モータにより駆動可能な過給機であって、
ロータ軸と、
エンジンから排出される排ガスにより駆動されるタービンホイールと、
前記ロータ軸によって、前記タービンホイールに連結されたコンプレッサホイールと、
電力により前記ロータ軸に回転力を付与することが可能な前記モータと、
請求項 8 ～ 1 5 のいずれか 1 項に記載の過給機の振動抑制装置と、
を備える過給機。

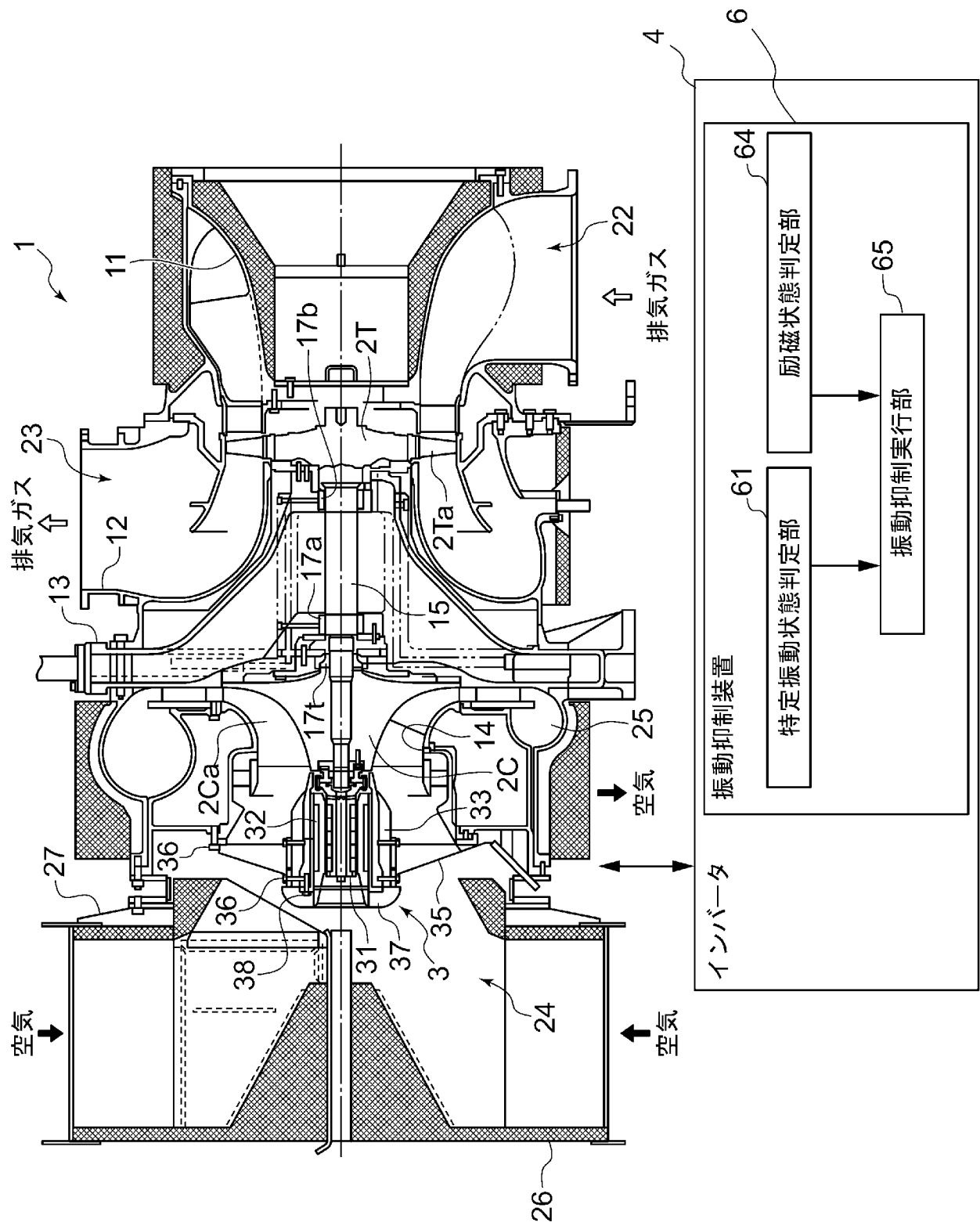
[請求項17] (削除)

[請求項18] (削除)

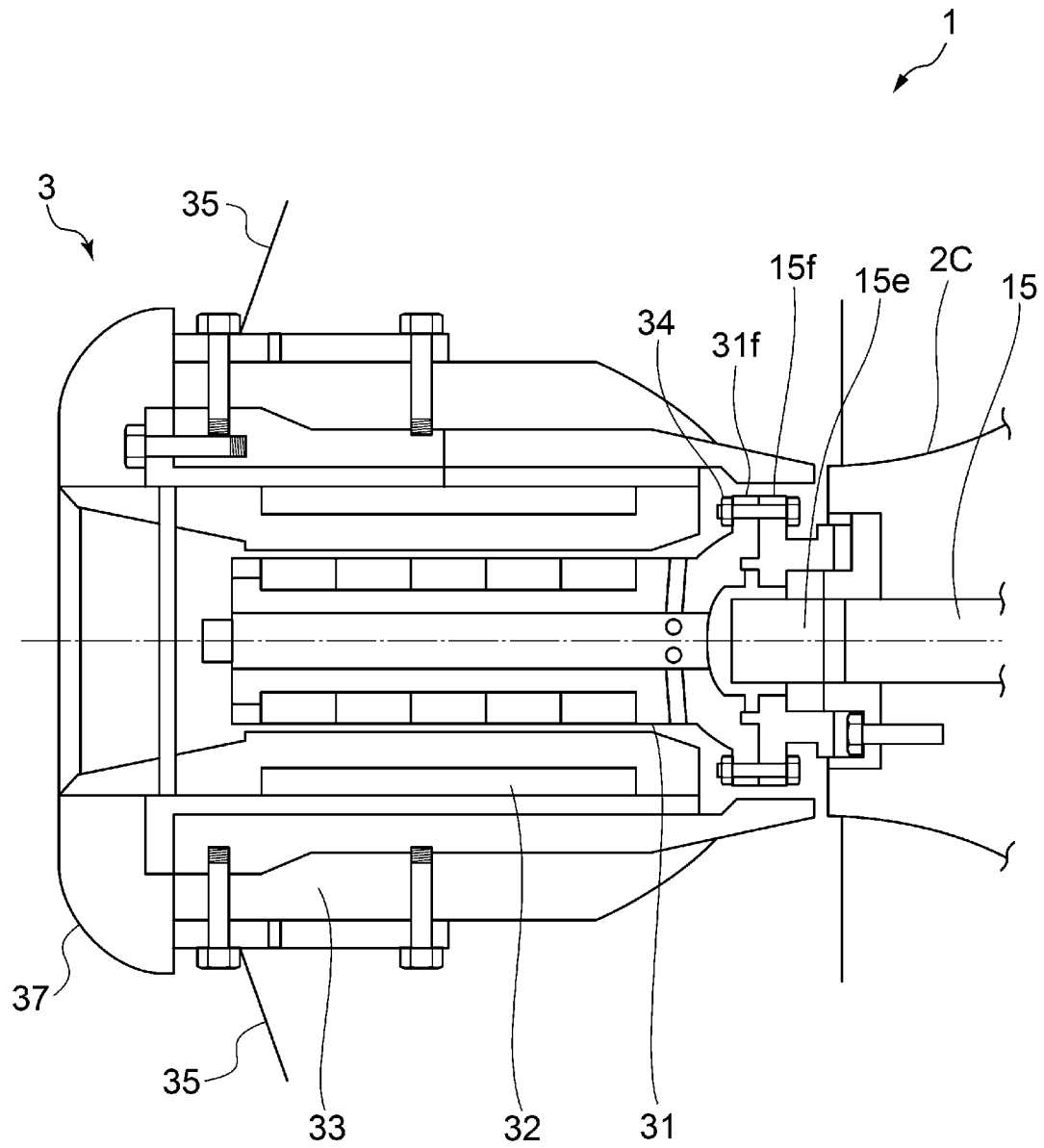
[請求項19] (削除)

[請求項20] (削除)

[図1]

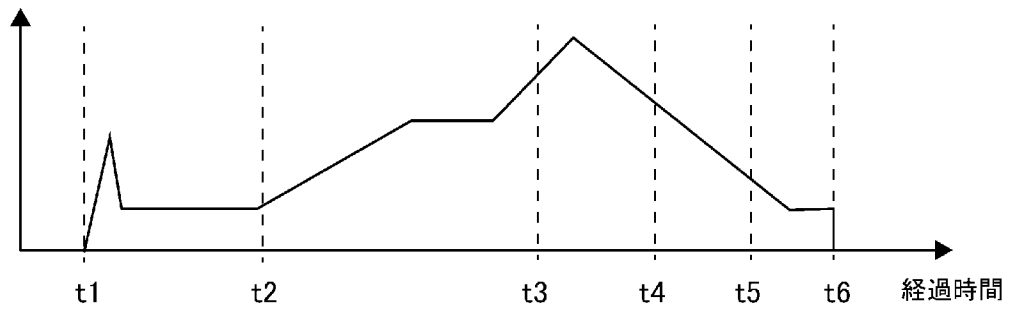


[図2]

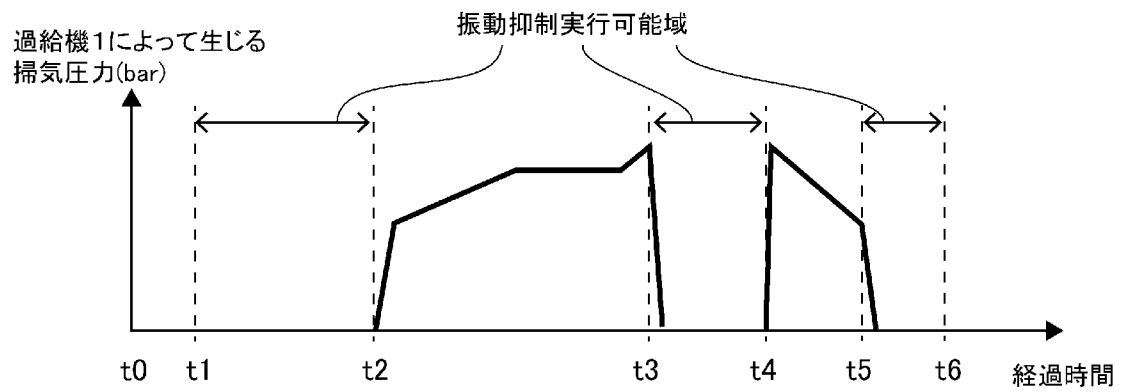


[図3A]

エンジン負荷(%)

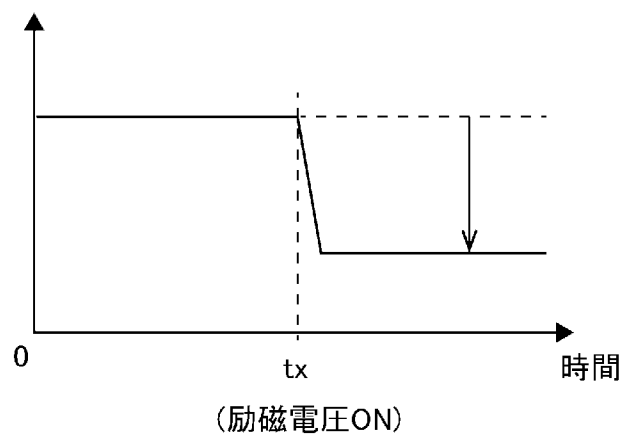


[図3B]

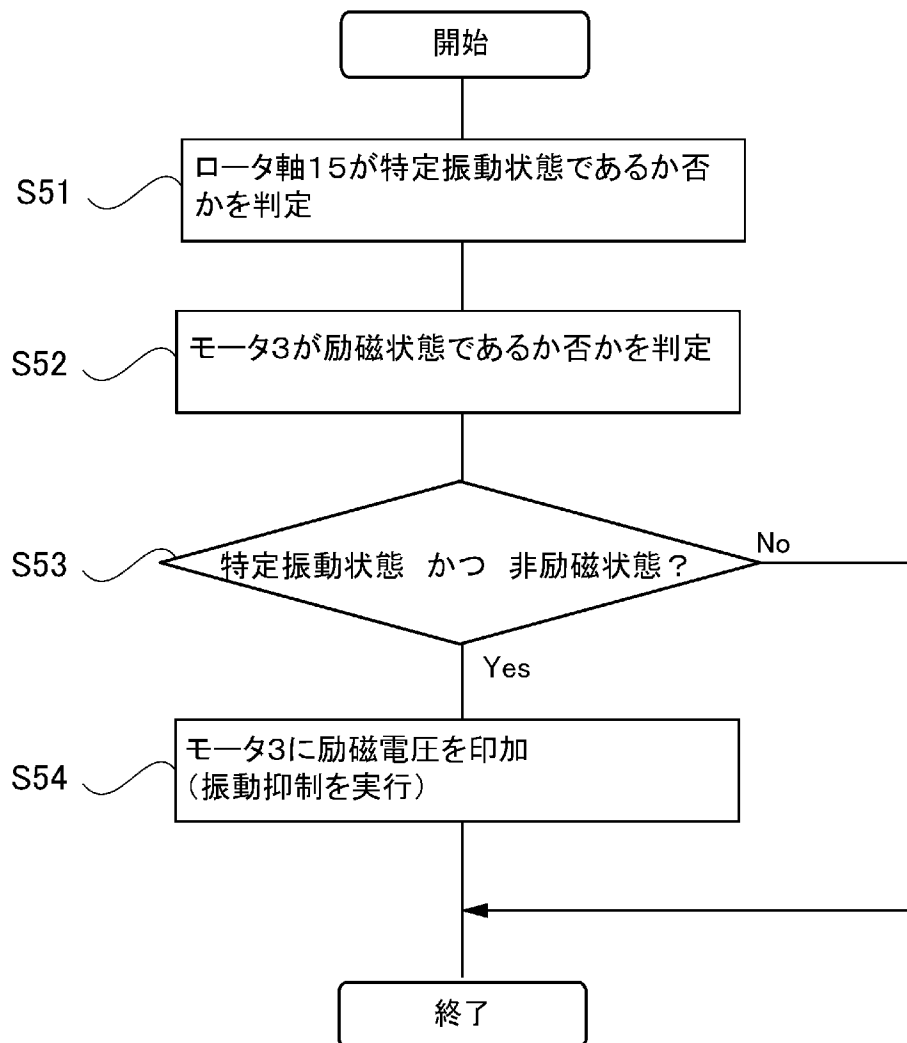


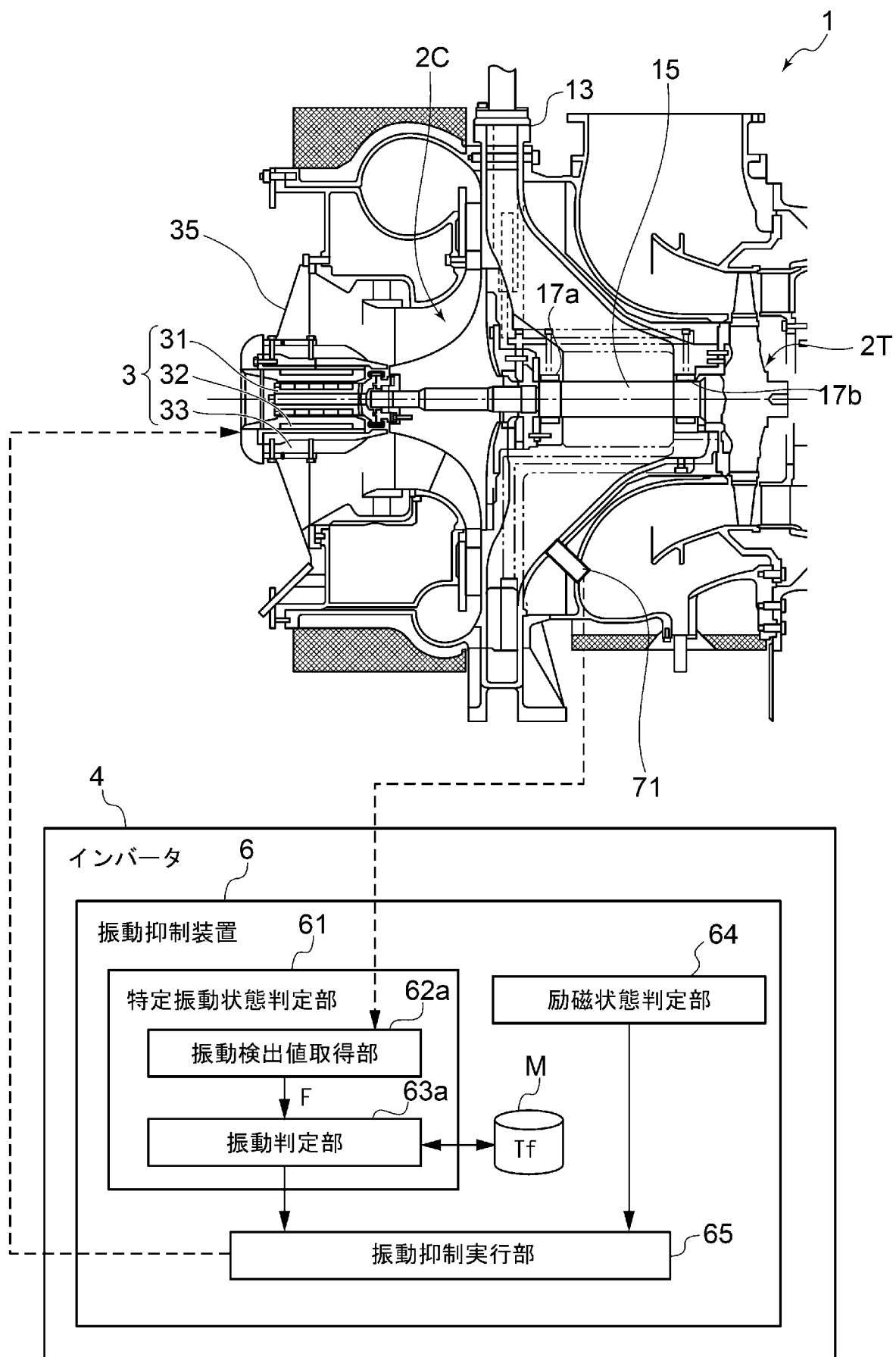
[図4]

振動レベル

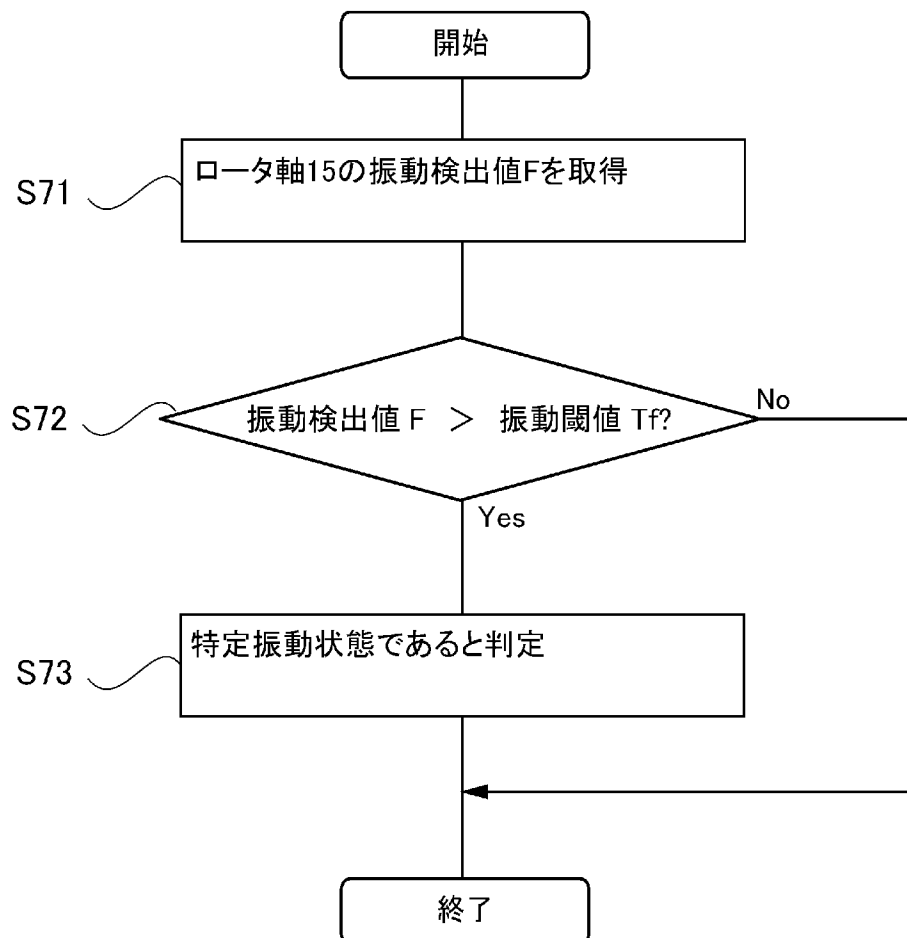


[図5]

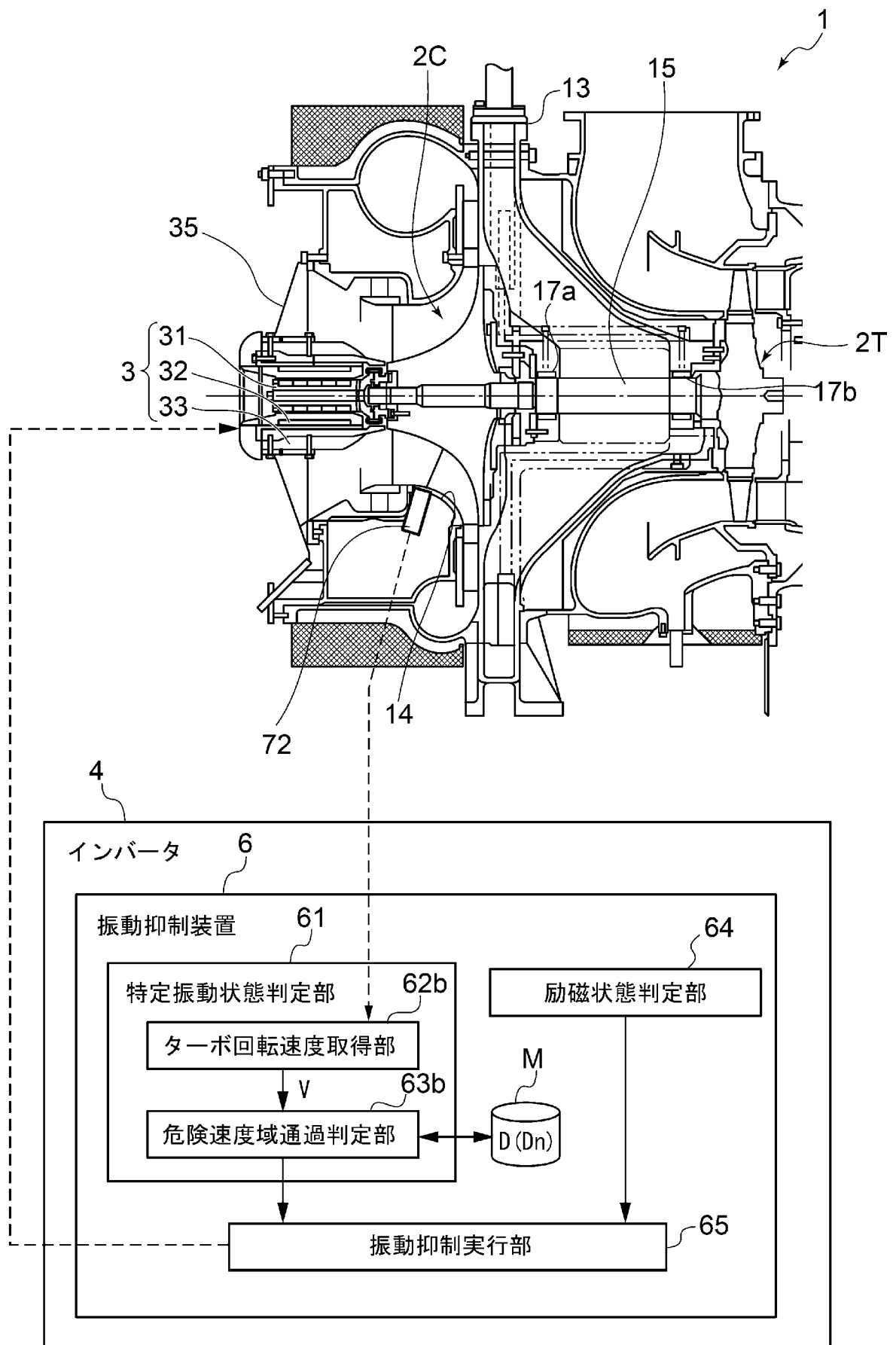
過給機の振動抑制方法



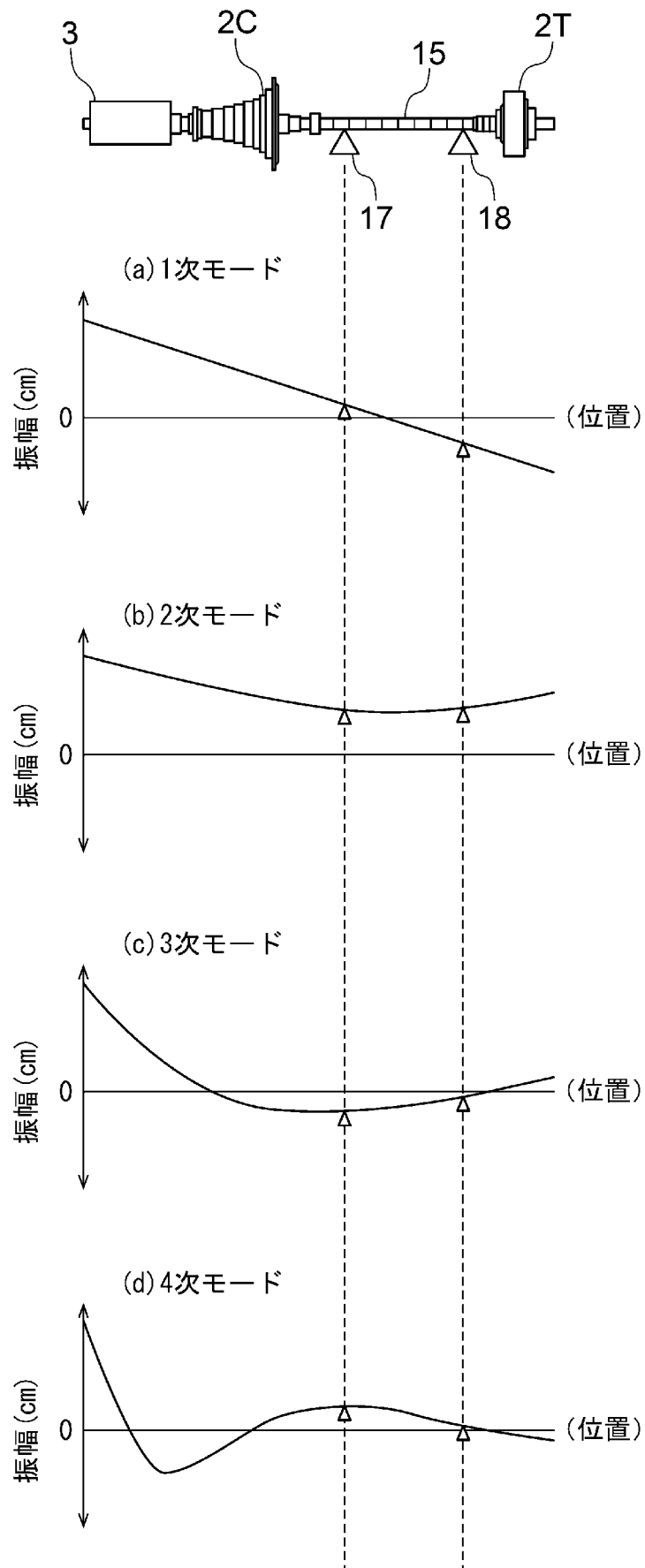
[図7]

特定振動状態判定ステップ（振動検出値Fに基づく判定）

[図8]

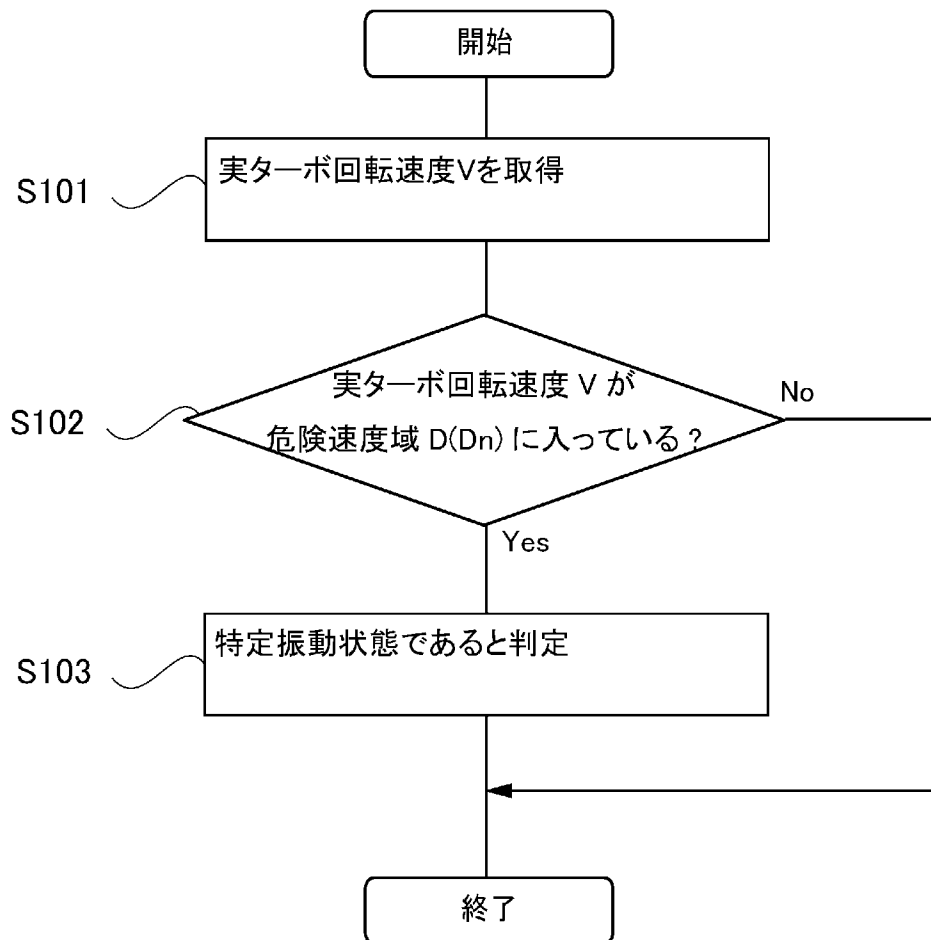


[図9]

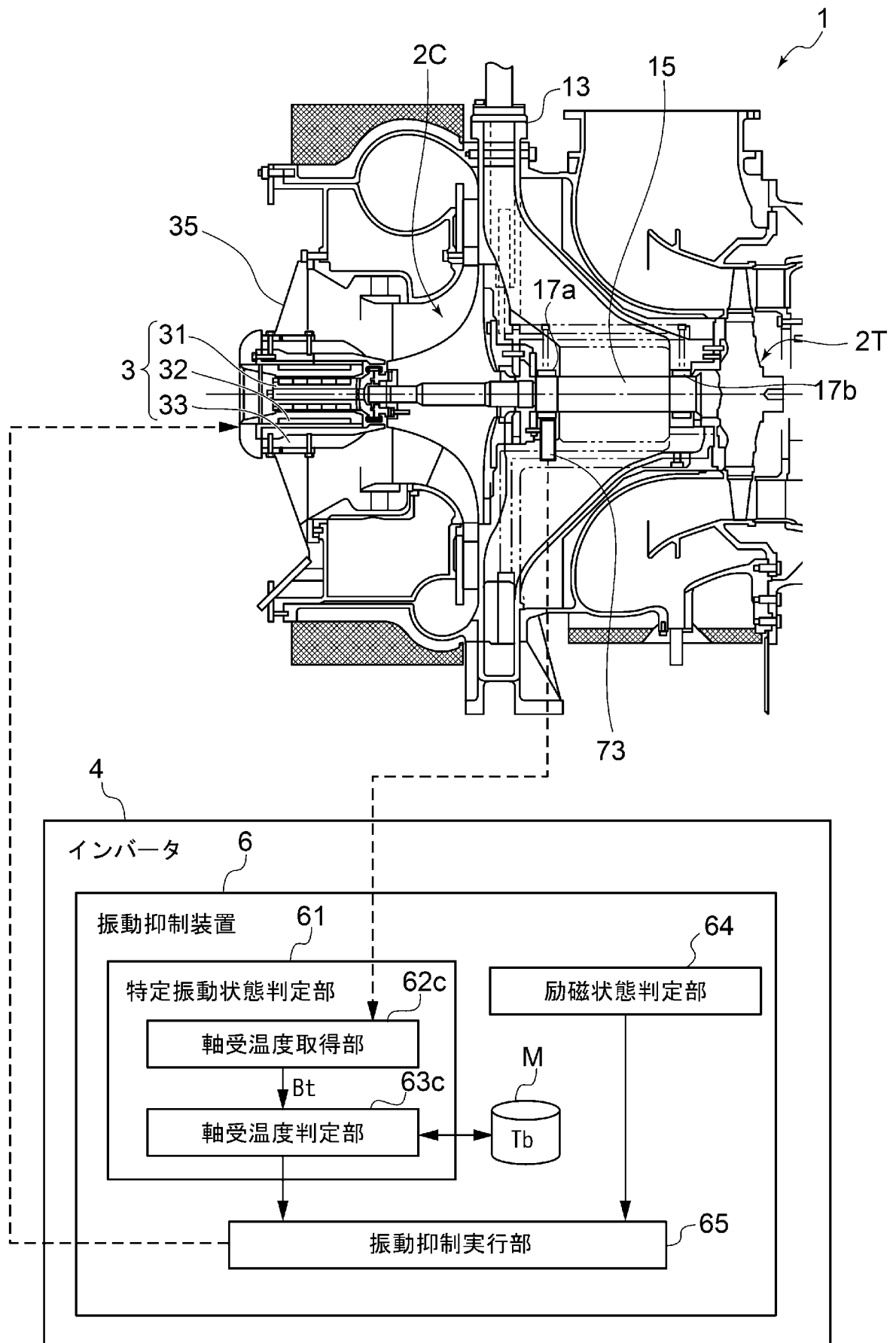


[図10]

特定振動状態判定ステップ（実ターボ回転速度 V に基づく判定）

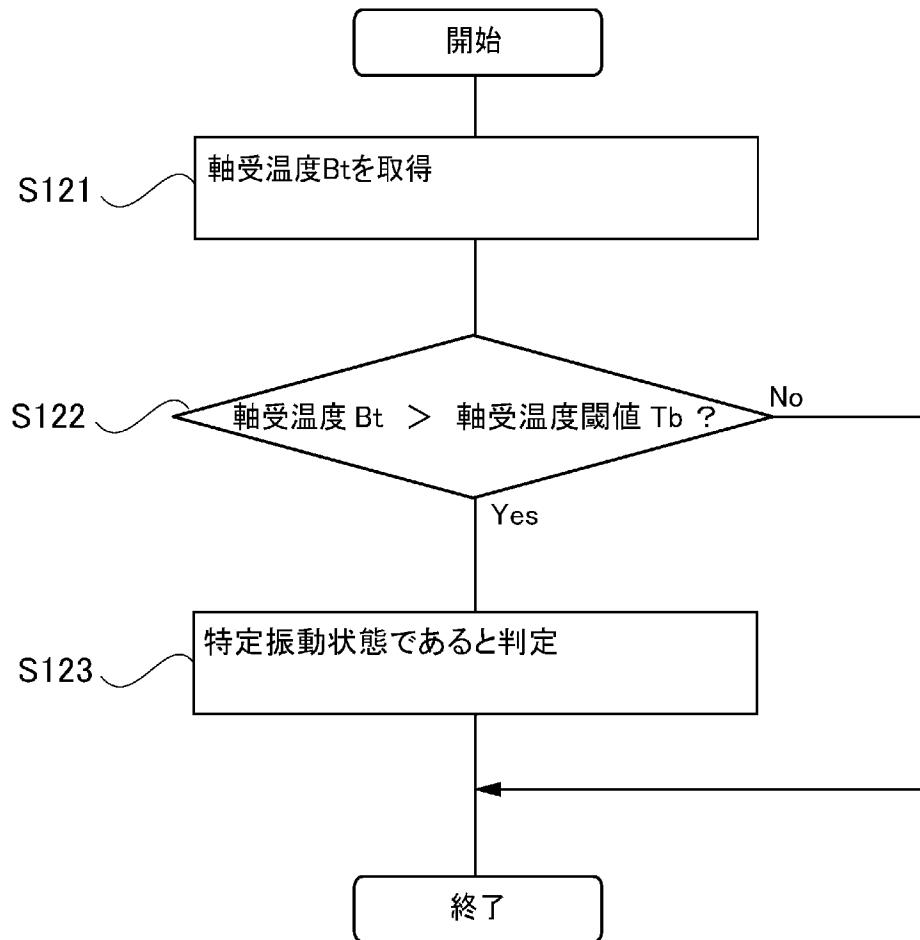


[図11]

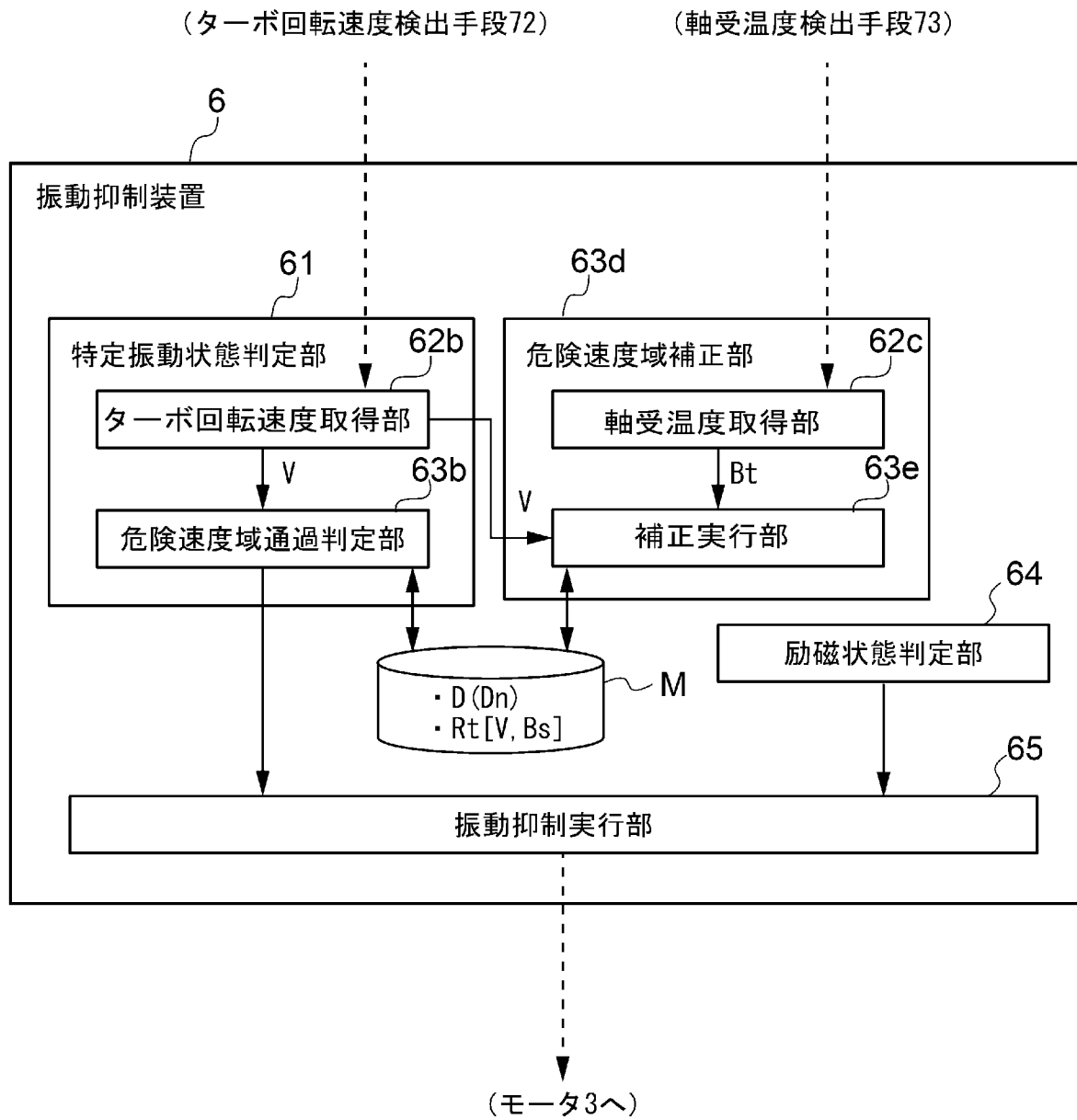


[図12]

特定振動状態判定ステップ（軸受温度 B_t に基づく判定）

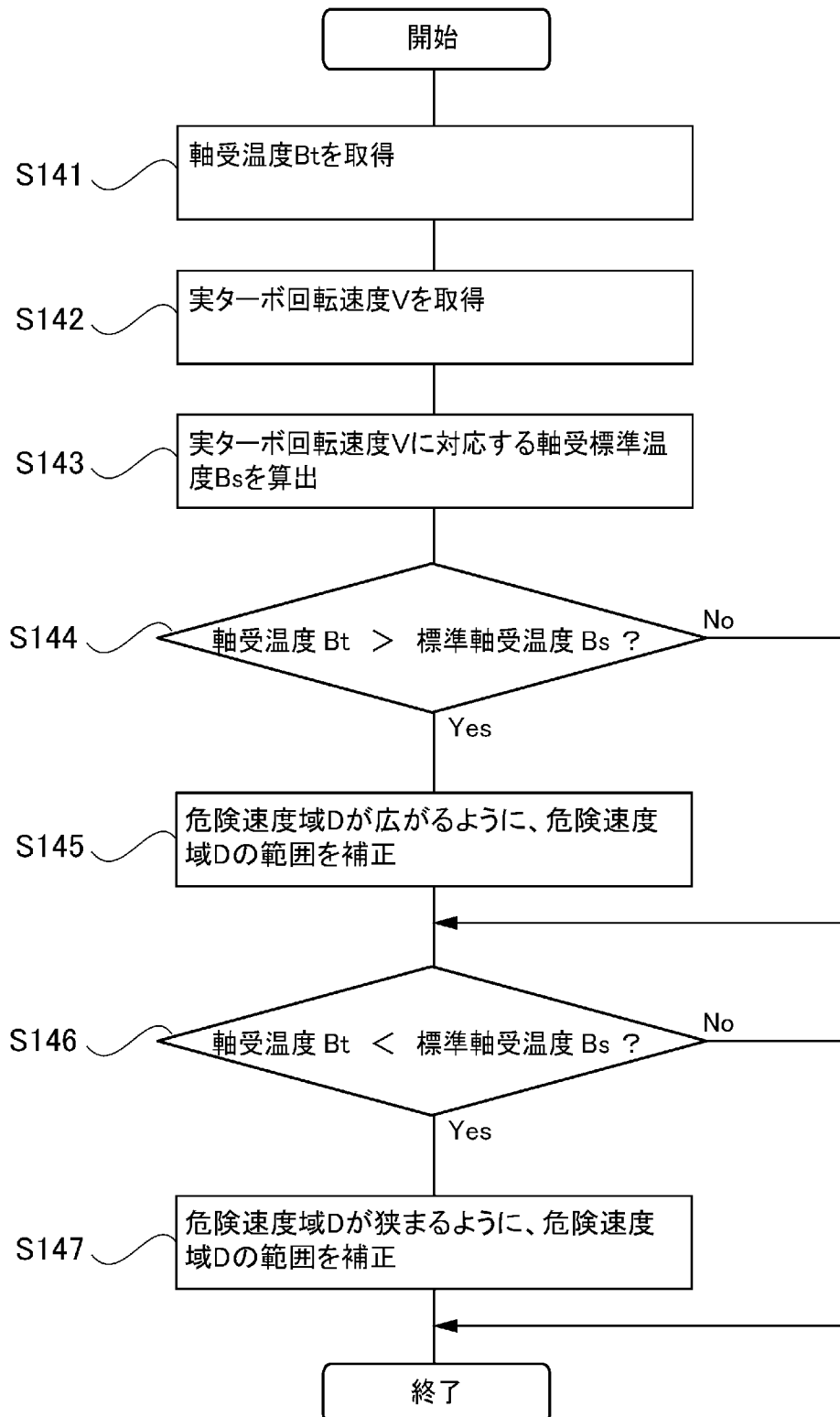


[図13]

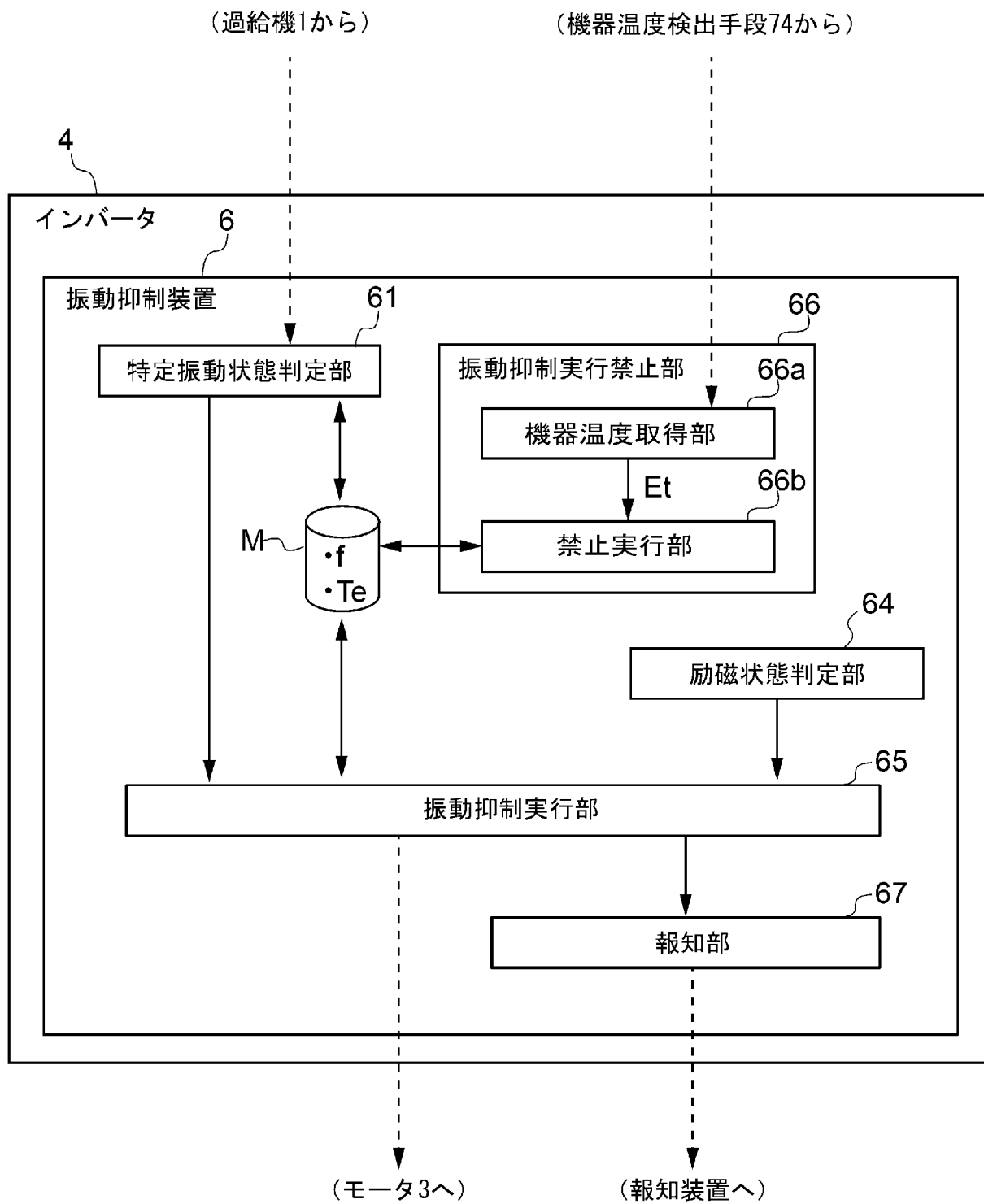


[図14]

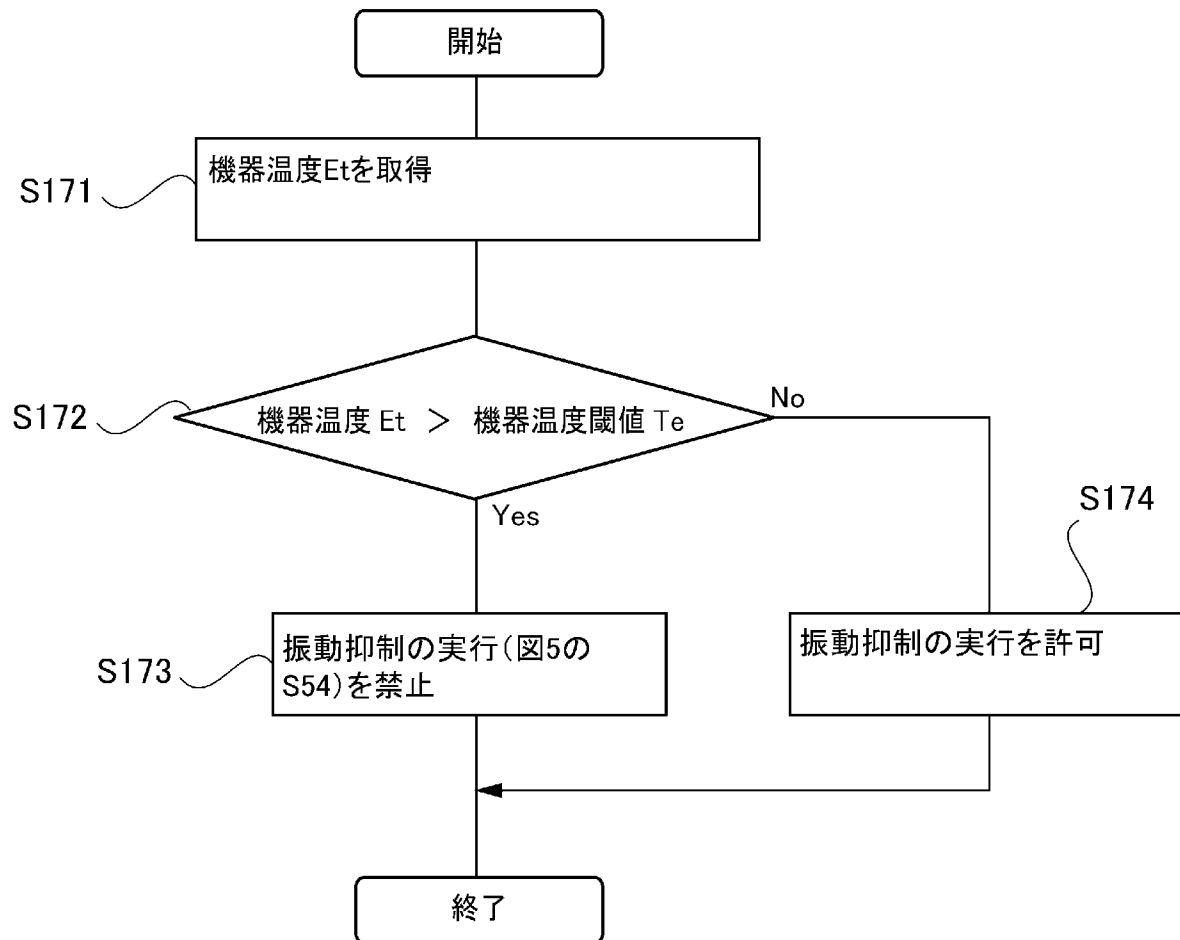
危険速度域補正ステップ (S140)



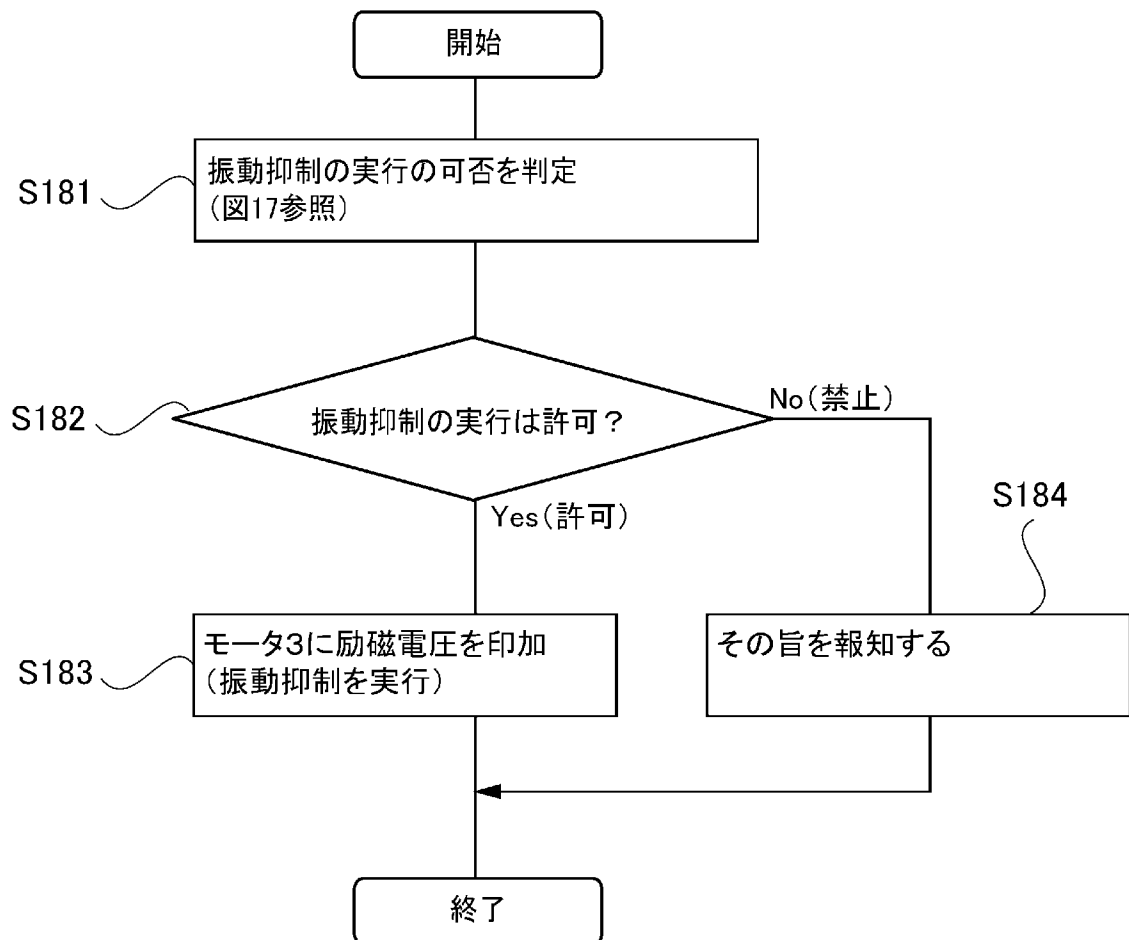
[図16]



[図17]

振動抑制禁止ステップ

[図18]

振動抑制実行ステップ（図5のS54）

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/019121

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F02B37/04 (2006.01) i

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)

Int.Cl. F02B37/04

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
X	JP 2007-192092 A (TOYOTA MOTOR CORPORATION) 02	1-2, 10-11
Y	August 2007, paragraphs [0006], [0035]-[0041],	3, 6, 12, 15,
	[0046], [0054], [0055], [0067]-[0079], [0085]-	20
A	[0089], fig. 1-3, 8-10	4-5, 7-9, 13-
	(Family: none)	14, 16-19
Y	JP 5-98985 A (ISUZU MOTORS LTD.) 20 April 1993,	3, 6, 12, 15,
	paragraphs [0012], [0013], [0017], [0018], fig. 1,	20
	2	
	(Family: none)	



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

23.07.2018

Date of mailing of the international search report

31.07.2018

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/019121

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2015-158161 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 03 September 2015, paragraph [0023], fig. 1 & US 2017/0167511 A1, paragraph [0034], fig. 1 & WO 2015/125910 A1 & KR 10-2016-0090385 A & CN 105940201 A	6, 15, 20
Y	JP 2007-56790 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 08 March 2007, paragraph [0015], fig. 1 (Family: none)	6, 15, 20
A	US 2003/0223892 A1 (WOOLLENWEBER, W. E.) 04 December 2003 & US 2004/0200215 A1 & WO 2005/059331 A2	1-20

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02B37/04(2006.01)i

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））

Int.Cl. F02B37/04

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
X Y A	JP 2007-192092 A（トヨタ自動車株式会社）2007.08.02, 段落0006, 0035-0041, 0046, 0054-0055, 0067-0079, 0085-0089, 図1-3, 8-10（ファミリーなし）	1-2, 10-11 3, 6, 12, 15, 20 4-5, 7-9, 13-14, 16-19
Y	JP 5-98985 A（いすゞ自動車株式会社）1993.04.20, 段落0012-0013, 0017-0018, 図1-2（ファミリーなし）	3, 6, 12, 15, 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矛盾するものではなく、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

23.07.2018

国際調査報告の発送日

31.07.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

北村 亮

3 S

3521

電話番号 03-3581-1101 内線 3391

C (続き) . 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	JP 2015-158161 A (三菱重工業株式会社) 2015.09.03, 段落 0023, 図 1 & US 2017/0167511 A1 段落 0034, 図 1 & WO 2015/125910 A1 & KR 10-2016-0090385 A & CN 105940201 A	6, 15, 20
Y	JP 2007-56790 A (三菱重工業株式会社) 2007.03.08, 段落 0015, 図 1 (ファミリーなし)	6, 15, 20
A	US 2003/0223892 A1 (WOOLLENWEBER, William E) 2003.12.04 & US 2004/0200215 A1 & WO 2005/059331 A2	1-20