(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2020-201220
(P2020-201220A)
(43)公開日　令和2年12月17日(2020.12.17)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G01M 99/00	(2011.01)	G01M	99/00	Z	2G024
G01N 29/11	(2006.01)	G01N	29/11		2G047

審査請求 未請求　請求項の数 7　ＯＬ　（全 14 頁）

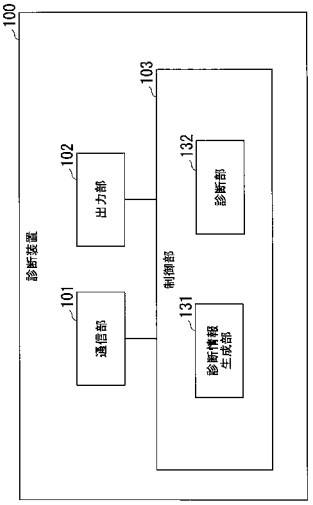
(21)出願番号　特願2019-110442 (P2019-110442)
(22)出願日　令和1年6月13日 (2019.6.13)

(71)出願人　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(71)出願人　598076591
東芝インフラシステムズ株式会社
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４
(74)代理人　110001634
特許業務法人　志賀国際特許事務所
(72)発明者　原口　智
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４
東芝インフラシステムズ株式会社内
(72)発明者　角本　雄一
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４
東芝インフラシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】診断装置、診断方法及び診断システム

(57)【要約】
【課題】より簡単に電力機器の締結部材の異常を検知することができる診断装置、診断方法及び診断システムを提供することである。
【解決手段】実施形態の診断装置は、取得部と、診断部とを持つ。取得部は、多相交流を負荷に供給する複数の導体に与えられた振動が所定の締結部材によって導体と締結された他の導体に伝達した後の振動に関する振動情報を導体毎に取得する。診断部は、取得された複数の振動情報が、締結部材の異常に関する所定の条件を満たす場合に、締結部材に異常があると診断する。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
多相交流を負荷に供給する複数の導体に与えられた振動が所定の締結部材によって前記導体と締結された他の導体に伝達した後の前記振動に関する振動情報を前記導体毎に取得する取得部と、
取得された複数の前記振動情報が、前記締結部材の異常に関する所定の条件を満たす場合に、前記締結部材に異常があると診断する診断部と、
を備える、診断装置。
【請求項２】
前記取得部は、前記振動情報として振幅の絶対値を前記導体毎に取得し、
前記診断部は、前記導体毎に取得された振幅の絶対値同士の差分が、前記所定の条件を満たす場合に前記締結部材に異常があると診断する、
請求項１に記載の診断装置。
【請求項３】
前記取得部は、前記振動情報として前記導体から前記他の導体に前記振動が伝達したことに伴う前記振動の減衰率を前記導体毎に取得し、
前記診断部は、前記導体毎に取得された振動の減衰率の差分が、前記所定の条件を満たす場合に前記締結部材に異常があると診断する、
請求項１に記載の診断装置。
【請求項４】
前記取得部は、前記振動情報として振幅の固有振動数を前記導体毎に取得し、
前記診断部は、前記導体毎に取得された固有振動数の差分が、前記所定の条件を満たす場合に前記締結部材に異常があると診断する、
請求項１に記載の診断装置。
【請求項５】
前記取得部は、３相交流の電流を負荷に供給する３つの導体に与えられた振動が前記所定の締結部材によって前記導体と締結された他の導体に伝達した後の前記振動情報を前記３つの導体毎に取得する取得部と、
診断部は、取得された３つの振動情報のうち、いずれか１つの振動情報が他の２つの振動情報と異なる特徴を有する場合に、前記異なる特徴を有する振動情報が取得された導体に設けられた締結部材に異常があると診断する、
請求項１から４のいずれか一項に記載の診断装置。
【請求項６】
診断装置が、多相交流を負荷に供給する複数の導体に与えられた振動が所定の締結部材によって前記導体と締結された他の導体に伝達した後の前記振動に関する振動情報を前記導体毎に取得する取得ステップと、
診断装置が、取得された複数の前記振動情報が、前記締結部材の異常に関する所定の条件を満たす場合に、前記締結部材に異常があると診断する診断ステップと、
を有する、診断方法。
【請求項７】
多相交流を負荷に供給する複数の導体に与えられた振動が所定の締結部材によって前記導体と締結された他の導体に伝達した後の前記振動に関する振動情報を前記導体毎に取得する取得部と、
取得された複数の前記振動情報が、前記締結部材の異常に関する所定の条件を満たす場合に、前記締結部材に異常があると診断する診断部と、
を備える、診断システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明の実施形態は、診断装置、診断方法及び診断システムに関する。

【背景技術】
【０００２】
受変電設備等の電力機器では、定期的な保守点検や状態監視等による予防保全が行われている。電力機器は、初期不良、経年劣化又は汚損等によって、局部的に過熱することがある。局部的に加熱した電力機器は、焼損や事故に至る。特に、通電部分の導体同士を締結する部分は、ボルト等の締結部材の緩みによって過熱する場合がある。そこで、保守作業者は、導体に振動を加えることで、締結部材の緩みを検知する。しかし、このような方法は、検知対象の正常状態の振動特性を予め取得しておく必要があった。このため、正常状態の振動特性を取得していない電力機器については、締結部材の緩み等の異常を検知できない場合があった。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特許第５６７４９３５号公報
【特許文献２】特許第４３７７７６５号公報
【特許文献３】特許第３５６０８３０号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
本発明が解決しようとする課題は、より簡単に電力機器の締結部材の異常を検知することができる診断装置、診断方法及び診断システムを提供することである。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
実施形態の診断装置は、取得部と、診断部とを持つ。取得部は、多相交流を負荷に供給する複数の導体に与えられた振動が所定の締結部材によって前記導体と締結された他の導体に伝達した後の前記振動に関する振動情報を前記導体毎に取得する。診断部は、取得された複数の前記振動情報が、前記締結部材の異常に関する所定の条件を満たす場合に、前記締結部材に異常があると診断する。
【図面の簡単な説明】
【０００６】
【図１】実施形態の振動特性によって締結部材の緩みを検知するための機器構成の一具体例を示す図。
【図２】実施形態の診断装置１００を示す機能ブロック図。
【図３】実施形態の導体締結部２０の診断の処理の流れを示すフローチャート。
【図４】実施形態の三相の導体のうち導体締結部２０ｗに緩みが発生した場合の測定結果の一具体例を示す図。
【図５】実施形態の振動計測機を２つ設置して締結部材の緩みを検知するための機器構成の一具体例を示す図。
【図６】実施形態の振動の減衰率に基づいて診断を行う場合の測定結果の一具体例を示す図。
【図７】実施形態の固有振動数に基づいて診断を行う場合の測定結果の一具体例を示す図。
【図８】実施形態の複数の導体締結部を持つ機器構成の一具体例を示す図。
【発明を実施するための形態】
【０００７】
以下、実施形態の診断装置、診断方法及び診断システムを、図面を参照して説明する。
【０００８】
図１は、実施形態の振動特性によって締結部材の緩みを検知するための機器構成の一具体例を示す図である。締結部材は、負荷に電力を供給する導体同士を締結する部材である。電力は産業用の電力機器によって供給される。産業用の電力機器は、遮断機、断路器、

変流器又は変圧器等の機器（いずれも不図示）によって構成される。産業用の電力機器は、異常時には通電を遮断する機能を有する。産業用の電力機器は、接続された導体を介して負荷に電力を供給する。産業用の電力機器は、三相交流によって負荷に電力を供給する。負荷は、例えば工場設備やビル設備等である。三相交流では、電力機器は三相の電力を供給する。したがって、電力機器から負荷に向けて電力を供給するための導体は、三相存在する。三相の導体は、いずれも同じ機器構成である。実施形態では、三相をそれぞれ第一相、第二相及び第三相として説明する。なお、実施形態では三相交流であるとして説明するが、三相交流に限定されない。例えば、電力機器は、２相以上の電力を供給する多相交流であればどのような機器であってもよい。

【０００９】

第一相では、電力機器（不図示）は、導体１０ｕと導体１１ｕとを通じて負荷（不図示）に電力を供給する。導体１０ｕ及び導体１１ｕは、いずれも銅又はアルミ等の負荷に電力を供給できる素材である。導体１０ｕ及び導体１１ｕは、樹脂等の絶縁体で覆われていてもよい。導体１０ｕと導体１１ｕとは、導体締結部２０ｕで締結されている。導体１０ｕ及び導体１１ｕは、端部に孔を有する。孔にはボルトやねじ等の締結部材が挿入される。

【００１０】

導体締結部２０ｕは、導体１０ｕと導体１１ｕとが締結される位置を表す。導体締結部２０ｕには、締結部材２１ｕが設けられる。締結部材２１ｕは、導体１０ｕと導体１１ｕとに形成された孔に挿入及び締め付けされることで、導体１０ｕと導体１１ｕと締結する。締結部材２１ｕは、例えばボルトやねじ等である。

【００１１】

ここで、導体１０ｕと導体１１ｕとの締結部材２１ｕの緩みに基づいた過熱現象の一例について説明する。締結部材２１ｕは、既定の締め付けトルクで固定された場合、導体１０ｕと導体１１ｕとの接触抵抗を安定させる。接触抵抗は、数μオーム程度が望ましい。既定の締め付けトルクで導体１０ｕと導体１１ｕとが固定された場合、導体１０ｕと導体１１ｕとの間は、安定して電流が流れる。しかし、締結部材２１ｕは、締め付け不良や固定後に与えられた振動等によって緩みが生じる。締結部材２１ｕが緩むと、導体１０ｕと導体１１ｕとの接触圧力が低下する。接触圧力の低下によって、導体１０ｕと導体１１ｕとの接触点が減少する。このため、導体１０ｕと導体１１ｕとの間を流れる電流は、減少した接触点に集中する。減少した接触点に電流が集中することで、接触点に発熱が生じる。発熱は、導体１０ｕと導体１１ｕとの表面の酸化を進行させる。酸化が進行すると、接触抵抗が増加する。また、導体は、温度が高まると、導体軟化によって反り等の形状変化が起きる。導体１０ｕと導体１１ｕとの接触抵抗が数百μオームを超えた場合、電流は導体１０ｕと導体１１ｕとの間を流れずに締結部材２１ｕに集中する。このため、締結部材２１ｕは、過熱されて溶解する。

【００１２】

本実施形態では、導体に振動を加えることで振動の特性を取得する。このため、導体締結部２０ｕを挟む形で加振手段３０ｕ及び振動計測機４０ｕが配置される。図１では、加振手段３０ｕは導体１０ｕに配置される。振動計測機４０ｕは導体１１ｕに配置される。加振手段３０ｕは、導体１０ｕに振動を加える。加振手段３０ｕは、電導のアクチュエータを備えた励振器等の機器であってもよいし、ハンマー等の人手によって行われる手段であってもよい。導体１０ｕに加えられた振動は、導体締結部２０ｕを通過して、導体１１ｕに伝達する。導体１１ｕに伝達された振動は、振動計測機４０ｕに到達する。

【００１３】

振動計測機４０ｕは、加振手段３０ｕによって導体１０ｕに与えられた振動特性を取得する。振動計測機４０ｕは、圧電素子やひずみゲージ等の接触型の加速度を検知するセンサであってもよいし、静電容量や渦電流を計測する非接触型の変位センサであってもよい。振動計測機４０ｕは、取得された振動特性を診断装置１００に出力する。振動特性は、振動計測機４０ｕの設置された導体の振動の特性を表す。振動特性は、加振手段３０ｕに

よって与えられた振動によって生じた導体の振動の特性を表す。振動特性は、例えば振動の振幅の絶対値であってもよい。振動特性は、固有振動数であってもよい。振動特性は、振動情報の一具体例である。振動情報は、それぞれ異なる位相を持つ電流を負荷に供給する複数の導体に与えられた振動が所定の締結部材によって導体と締結された他の導体に伝達した後の振動に関する情報である。

【００１４】

第一相において、導体１０ｕに与えられた振動は、導体１０ｕ及び締結部材２１ｕを伝達する際に減衰する。締結部材２１ｕにおいて、緩み又は締結不良等の異常が発生している場合、導体１０ｕと導体１１ｕとを押し付ける接触圧力が低下する。したがって、導体１０ｕから導体１１ｕへの振動の伝達が阻害される。この場合、振動計測機４０ｕは、伝達された振動が小さいことを示す振動特性を取得する。

【００１５】

このような導体構成を三相交流のそれぞれの相に設置する。したがって、第二相は、導体１０ｖと導体１１ｖとが締結部材２１ｖによって締結される。導体１０ｖの端部には、加振手段３０ｖが配置される。導体１１ｖの端部には振動計測機４０ｖが配置される。締結部材２１ｖは、導体締結部２０ｖに設けられる。導体締結部２０ｖは、導体１０ｖと導体１１ｖとを締結する位置を表す。

【００１６】

また、第三相は、導体１０ｗと導体１１ｗとが締結部材２１ｗによって締結される。導体１０ｗの端部には、加振手段３０ｗが配置される。導体１１ｗの端部には振動計測機４０ｗが配置される。締結部材２１ｗは、導体締結部２０ｗに設けられる。導体締結部２０ｗは、導体１０ｗと導体１１ｗとを締結する位置を表す。以下、いずれの導体、導体締結部、締結部材、加振手段及び振動計測機であるかを区別しないときは、単に導体１０、導体１１、導体締結部２０、締結部材２１、加振手段３０及び振動計測機４０と称して説明する。

【００１７】

このように、第二相及び第三相についても、第一相と同等の構成を有する。したがって、締結部材２１がいずれも正常（例えば、既定の締め付けトルクで固定されている）である場合、導体１０及び導体１１を伝わる振動特性は、いずれの相も同様の振動特性を有する。一方で、締結部材２１に緩み等の異常がある相では、振動特性が変化する。このため、診断装置１００は、３相の振動特性に基づいて締結部材２１の異常を診断する。

【００１８】

図２は、実施形態の診断装置１００を示す機能ブロック図である。診断装置１００は、パーソナルコンピュータ、スマートフォン、タブレットコンピュータ又はサーバ等の情報処理装置である。診断装置１００は、導体締結部２０に異常があるか否かの診断を行う。導体締結部２０の異常とは、例えば締結部材２１に緩みや、締め付け不良である。診断装置１００は、導体締結部２０の振動特性を取得する。診断装置１００は、振動特性を解析することで得られるパラメータに基づいて、導体締結部２０の異常を診断する。診断装置１００は、診断プログラムを実行することによって通信部１０１、出力部１０２及び制御部１０３を備える装置として機能する。

【００１９】

通信部１０１は、ネットワークインタフェースである。通信部１０１はネットワークを介して、外部の通信装置と通信する。通信部１０１は、例えば無線ＬＡＮ（Local Area Network）、有線ＬＡＮ、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ（登録商標）又はＬＴＥ（Long Term Evolution）（登録商標）等の通信方式で通信してもよい。

【００２０】

出力部１０２は、診断装置１００に接続された不図示の出力装置を介し、診断装置１００のユーザに対してデータの出力を行う。出力装置は、例えば画像や文字を画面に出力する装置を用いて構成されても良い。例えば、出力装置は、ＣＲＴ（Cathode Ray Tube）や液晶ディスプレイや有機ＥＬ（Electro Luminescence）ディスプレイ等を用いて構成でき

る。また、出力装置は、画像や文字をシートに印刷（印字）する装置を用いて構成されても良い。例えば、出力装置は、インクジェットプリンタやレーザープリンタ等を用いて構成できる。また、出力装置は、文字を音声に変換して出力する装置を用いて構成されても良い。この場合、出力装置は、音声合成装置及び音声出力装置（スピーカー）を用いて構成できる。出力装置は、ＬＥＤ（Light Emitting Diode）等の発光装置を用いて構成されてもよい。出力部１０２は、診断装置１００に設けられた通信装置を介して他の情報処理装置に対し判定結果を送信してもよい。ユーザは、例えば、電気機器の締結部材の点検を行う点検員であってもよい。

【００２１】

制御部１０３は、診断装置１００の各部の動作を制御する。制御部１０３は、例えばＣＰＵ（Central Processing Unit）等のプロセッサ及びＲＡＭ（Random Access Memory）を備えた装置により実行される。制御部１０３は、診断プログラムを実行することによって診断情報生成部１３１及び診断部１３２として機能する。

【００２２】

診断情報生成部１３１は、振動特性に基づいて診断情報を生成する。具体的には、診断情報生成部１３１は、振動計測機４０ｕ、振動計測機４０ｖ及び振動計測機４０ｗからそれぞれ振動特性を取得する。診断情報生成部１３１は、取得された３つの振動特性に基づいて診断情報を生成する。診断情報は、導体締結部２０に異常があるか否かの診断に用いられる情報である。診断情報は、振幅に基づいて得られる情報と時間とを対応付けた情報である。この情報は、第一相から第三相までの各相毎に生成される。

【００２３】

診断情報生成部１３１は、例えば第一相から第三相までの各相毎に、振幅の絶対値と時間とを対応付けた情報を診断情報として生成してもよい。また、診断情報生成部１３１は、例えば加振手段３０近傍で計測された振動の振幅と、振動計測機４０によって取得された振動の振幅とに基づいて得られる、振動の減衰率を算出してもよい。この場合、診断情報生成部１３１は、第一相から第三相までの各相毎に、振動の減衰率と時間とを対応付けた情報を診断情報として生成してもよい。また、診断情報生成部１３１は、例えば第一相から第三相までの各相毎に、固有振動数と振幅とを対応付けた情報を診断情報として生成してもよい。診断情報生成部１３１は、取得部の位置具体例である。取得部は、振動情報を導体毎に取得する。

【００２４】

診断部１３２は、診断情報に基づいて導体締結部２０に異常があるか否かを診断する。具体的には、診断部１３２は、診断情報が有する第一相から第三相までの各相毎の、振幅に基づいて得られる情報と時間とを対応付けた情報とに基づいて導体締結部２０を診断する。例えば、導体１０と導体１１とを締結している締結部材２１が緩むと、導体間の振動の伝達が阻害される。したがって、ある相の導体締結部２０において締結部材２１の締め付け不良又は緩み等の異常が発生すると、異常を有する相では、振動の伝達が導体締結部２０において減衰する。その結果、異常を有する相では、締結部材２１が正常に締結されている相の振幅よりも、振幅が大きく減衰する。診断部１３２は、診断情報に基づいて、このような減衰に伴う振動特性の変化の有無を診断することで、いずれかの相にて発生した導体締結部２０の異常を診断する。診断部１３２は、診断結果を出力部１０２に出力する。診断結果は、導体締結部２０に異常があるか否かを示す情報を含む。導体締結部２０に異常がある場合、診断結果はいずれの相に異常があるかを示す情報を含んでもよい。
また、診断部１３２は、診断結果を通信部１０１を介して外部の通信装置に送信してもよい。診断部１３２は、例えば電子メール、ＳＭＳ（Short Message Service）又はメッセンジャー等の予め定められた通信手段を用いて診断結果を送信してもよい。この場合、診断部１３２は、通信手段及び診断結果の送信先を予め記憶されている。

【００２５】

図３は、実施形態の導体締結部２０の診断の処理の流れを示すフローチャートである。電気機器の診断は、所定のタイミングで行われる。所定のタイミングとは、電気機器の定

期メンテナンスのタイミングであってもよいし、電気機器に異常が発生したタイミングであってもよい。まず、ユーザは導体１１に振動計測機４０が設置する（ステップＳ１０１）。具体的には、ユーザは、診断対象となる導体締結部２０を診断可能な場所に振動計測機４０を設置する。ユーザは、第一相から第三相までの各相毎に振動計測機４０を設置する。ユーザは、診断対象となる導体締結部２０の位置から同等の位置に各振動計測機４０を設置する。加振手段３０は、導体１０に振動を与える（ステップＳ１０２）。具体的には、加振手段３０は、振動計測機４０の設置された場所から導体締結部２０を挟む形で導体１０に振動を与える。加振手段３０は、電導のアクチュエータを備えた励振器等の機器であってもよいし、ハンマー等の人手によって行われる手段であってもよい。振動は、３相とも同じ加振手段３０で与えられることが望ましい。

【００２６】

振動計測機４０は、加振手段３０によって導体１０に与えられた振動特性を取得する（ステップＳ１０３）。診断情報生成部１３１は、振動計測機４０からそれぞれ振動特性を取得する。診断情報生成部１３１は、取得された３つの振動特性に基づいて診断情報を生成する（ステップＳ１０４）。

【００２７】

診断部１３２は、診断情報に基づいて導体締結部２０に異常があるか否かを診断する（ステップＳ１０５）。異常があると診断された場合（ステップＳ１０５：ＹＥＳ）、診断部１３２は、導体締結部２０に異常があること示す診断結果を出力部１０２に出力する（ステップＳ１０６）。異常がないと診断された場合（ステップＳ１０５：ＮＯ）、診断部１３２は、導体締結部２０に異常がないこと示す診断結果を出力部１０２に出力する（ステップＳ１０７）。

【００２８】

図４は、実施形態の三相の導体のうち導体締結部２０ｗに緩みが発生した場合の測定結果の一具体例を示す図である。このような測定結果は、例えば第一相から第三相までの各相毎に、振幅の絶対値と振幅の発生時間とを対応付けた診断情報の一態様である。図４では、縦軸は振幅の絶対値である。横軸は時間である。時間とは、振幅の発生時間である。加振手段３０が導体１０に振動を与える場合、３相とも一定の振幅で振動を与える。各相が同等の構成を有する場合、振動計測機４０は、導体１０及び導体１１の締結状態が正常であればほぼ同等の振動特性を取得する。すなわち、振動特性は、同等の振幅の絶対値を示す。一方で、導体１０及び導体１１の締結状態に異常がある場合、振動計測機４０は、他の相とは異なる振動特性を取得する。

【００２９】

図４によると、第一相と第二相ではほぼ同等の振幅が計測されている。第三相では、第一相及び第二相よりも振幅が小さくなっている。診断部１３２は、第一相及び第二相における振幅の絶対値の差分を算出する。診断部１３２は、第二相及び第三相における振幅の絶対値の差分を算出する。診断部１３２は、第一相及び第三相における振幅の絶対値の差分を算出する。診断部１３２は、算出された３つの絶対値の差分間の差が所定の範囲内であるか否かを判定する。所定の範囲とは、導体締結部２０が正常であると考えられる範囲の値である。所定の範囲は予め定められた値が用いられる。診断部１３２は、算出された３つの絶対値の差分間の差が所定の範囲内である場合、導体締結部２０に正常であると診断する。診断部１３２は、算出された３つの絶対値の差分間の差が所定の範囲内でない場合、導体締結部２０に異常があると診断する。この場合、診断部１３２は、各相のうち、振幅の絶対値がもっとも小さい相の導体締結部２０に異常があると診断する。図４の場合、診断部１３２は、第三相の導体締結部２０に異常があると診断する。このように導体締結部２０に締め付け不良又は緩み等の異常がある相では、振幅の減衰が大きくなる。診断部１３２は、診断情報に基づいて、このような振幅の差異を検出することで異常の有無を診断する。

【００３０】

図５は、実施形態の振動計測機を２つ設置して締結部材の緩みを検知するための機器構

成の一具体例を示す図である。図５の機器構成において、第一相では、振動計測機４１ｕが加振手段３０ｕの近傍に配置される。より具体的には、振動計測機４１ｕは、加振手段３０ｕと同じ導体（例えば、導体１０ｕ）に配置される。振動計測機４１ｕは、加振手段３０ｕによって導体１０ｕに与えられた振動特性を取得する。振動計測機４１ｕは、圧電素子やひずみゲージ等の接触型の加速度を検知するセンサであってもよいし、静電容量や渦電流を計測する非接触型の変位センサであってもよい。振動計測機４１ｕは、振動計測機４０ｕと同じ手段で振動特性を取得するセンサであることが望ましい。振動計測機４１ｕは、取得された振動特性を診断装置１００に出力する。

【００３１】

このような振動計測機４１を三相交流のそれぞれの相に設置する。したがって、第二相には、振動計測機４１ｖが配置される。第三相には、振動計測機４１ｗが配置される。以下、いずれの振動計測機４１であるかを区別しないときは、単に振動計測機４１と称して説明する。このように、振動計測機４１が配置されることで、診断装置１００は、振動計測機４１によって計測された振動の振幅と振動計測機４０によって計測された振動の振幅とに基づいて、振動の減衰率を算出することができる。診断装置１００は、算出された振動の減衰率に基づいて、導体締結部２０の異常を診断することができる。この方法では、加振手段３０から導体１０に与えられた振動の強さがそれぞれの相で異なる場合でも、異常を診断することができる。

【００３２】

図５の構成にて、導体締結部２０の異常を診断する場合、診断装置１００の診断情報生成部１３１は、例えば、以下の処理によって診断情報を生成してもよい。ここで、振動特性は、振幅の絶対値であるとして説明する。まず、診断情報生成部１３１は、取得された振動特性に基づいて、各相の振動の減衰率を算出する。具体的には、診断情報生成部１３１は、振動計測機４０によって取得された振動の振幅を、振動計測機４１によって取得された振動の振幅で除算することで減衰率を算出する。診断情報生成部１３１は、第一相から第三相までの各相毎に、減衰率を算出する。診断情報生成部１３１は、第一相から第三相までの各相毎に、振動の減衰率と振幅の発生時間とを対応付けた情報を診断情報として生成する。

【００３３】

図６は、実施形態の振動の減衰率に基づいて診断を行う場合の測定結果の一具体例を示す図である。図６では、第三相の導体締結部２０ｗにおいて緩みが発生した場合の、振動計測機４０及び振動計測機４１での測定例を示している。図６では、縦軸は振幅である。横軸は時間である。時間とは、振幅の発生時間である。図６の一点鎖線は、振動計測機４１によって測定された振幅の絶対値を表す。図６の実線は、振動計測機４０によって測定された振幅の絶対値を表す。図６によると、振動計測機４１によって計測された振幅の絶対値は、第一相から第三相のいずれも大きな差はみられない。一方で、振動計測機４０によって計測された振幅の絶対値は、第一相及び第二相とで、大きな差は見られない。しかし、第三相の振幅の絶対値は、第一相及び第二相と比べて小さくなっていることがわかる。

【００３４】

ここで、振動計測機４１によって計測された振幅の絶対値のピーク値をＡ０とする。振動計測機４０によって計測された振幅の絶対値のピーク値をＡ１とする。診断情報生成部１３１は、Ａ１をＡ０で除算することで各相の減衰率を算出することで、診断情報を生成する。診断部１３２は、各相の減衰率に基づいて、導体締結部２０の異常を診断する。具体的には、診断部１３２は、各相の減衰率を比較することで、いずれか１つの導体締結部２０に異常があるか否かを診断する。例えば、診断部１３２は、第一相、第二相及び第三相の減衰率を比較して、減衰率が他の二相よりも大きい相について、導体締結部２０に異常があると診断してもよい。診断部１３２は、減衰率を比較するにあたって、減衰率同士の差分を算出してもよいし、基準となる減衰率からの差分を算出してもよい。また、診断部１３２は、減衰率が他の二相よりも大きい相の減衰率が、所定の閾値よりも大きい場合

に導体締結部２０に異常があると診断してもよい。所定の閾値とは、減衰率に関する閾値である。所定の閾値は予め定められた閾値であればどのような閾値であってもよい。診断部１３２は、診断情報に基づいて、このような振幅の減衰率を比較して、異常の有無を診断してもよい。

【００３５】

診断装置１００は、振動特性として固有振動数を求め、各相間で比較することで導体締結部２０を診断してもよい。固有振動数は、振動する物体の材質、構造、寸法等の機械的な物性から決定される特性である。そのため導体締結部２０において締結部材２１の緩み又は締め付け不良等の異常が発生すると、物質の連続性や拘束状態に変化が生じ、固有振動数も変化する。振動計測機４０は、固有振動数の変化に応じて、極大を示す振動数が変化したことを示す振動特性を取得する。診断装置１００は、各相の極大を示す振動数同士を比較し、固有振動数に差異がみられる場合には各相の導体締結部２０の異常を診断することができる。

【００３６】

図７は、実施形態の固有振動数に基づいて診断を行う場合の測定結果の一具体例を示す図である。図７では、第三相の導体締結部２０ｗにおいて緩みが発生した場合の、振動計測機４０での測定例を示している。図７では、縦軸は振幅である。横軸は振動数である。図７において、固有振動数はｆ１、ｆ２及びｆ３で表される。図７では、全ての相において、ｆ１、ｆ２及びｆ３の固有振動数が見られる。第一相及び第二相では、締結部材２１が正常に締結されているため、ほぼ同じ固有振動数を示す。一方で、第三相では、締結部材２１が正常に締結されていないため、固有振動数ｆ３が第一相及び第二相と比較して低周波側にシフトしている。

【００３７】

診断情報生成部１３１は、振動特性として固有振動数が取得された場合、固有振動数とその固有振動数における振幅とを対応付けた情報を診断情報として生成する。診断情報生成部１３１は、各相毎に固有振動数とその固有振動数における振幅とを対応付けることで診断情報を生成する。診断部１３２は、各相の固有振動数に基づいて、導体締結部２０の異常を診断する。具体的には、診断部１３２は、各相毎に、振幅が検知された固有振動数を特定する。診断部１３２は、特定された固有振動数を各相毎に比較することで、いずれか１つの導体締結部２０に異常があるか否かを診断する。例えば、診断部１３２は、固有振動数同士の差分を算出してもよいし、特定された固有振動数の数の差分を算出してもよい。診断部１３２は、異常を診断するにあたって、固有振動数同士の差分が所定の閾値よりも大きい場合に導体締結部２０に異常があると診断してもよい。所定の閾値とは、固有振動数に関する閾値である。所定の閾値は予め定められた閾値であればどのような閾値であってもよい。診断装置１００は、導体締結部２０の構造に起因する固有振動数の変化に基づいて、導体締結部２０に締結部材２１の緩み又は締め付け不良等の異常常が発生しているか否かを診断することができる。

【００３８】

このように構成された診断装置１００では、各相の導体１０に加振手段３０によって与えられた振動を、振動計測機４０が振動特性として取得する。診断装置１００の診断部１３２は、各相毎の振動特性に基づいて、導体締結部２０の異常の有無を診断する。例えば、診断部１３２は、各相毎の振動特性のうち、いずれか１つが他の相と異なる振動特性を有する場合には、導体締結部２０は異常を有すると診断する。このため、診断装置１００は、締結部材２１の正常時の振動特性を予め取得することなく、異常を診断することが可能になる。このため、診断装置１００は、より簡単に電力機器の締結部材２１の緩みや締め付け不良等の異常を診断することが可能になる。

【００３９】

また、診断装置１００は、振動特性として振動の減衰率を用いてもよい。診断装置１００は、減衰率を指標に用いることで、導体１０に与えられる振動の強さの影響を受けること無く異常を診断することができる。例えば、加振手段３０としてハンマー等を用いて人

が振動を与える場合、毎回同じ強さの振動を与えることは難しい。このため、診断装置１００は、単純に振幅の絶対値を比較するだけでは困難な場合であっても、各相毎の減衰率を比較することで、より簡単に締結部材２１の異常を診断することが可能になる。

【００４０】

＜変形例＞

上述の実施形態では、導体締結部２０は、加振手段３０と振動計測機４０との間に１つ挟まれる構成であったが、１つに限定されない。例えば、導体締結部２０は、加振手段３０と振動計測機４０との間に２つ以上挟まれてもよい。図８は、実施形態の複数の導体締結部を持つ機器構成の一具体例を示す図である。以下、図１の機器構成と異なる点について説明する。第一相では、導体１０ｕと導体１１ｕとは、導体締結部２０ｕで締結されている。第一相では、導体１１ｕと導体１２ｕとは、導体締結部２２ｕで締結されている。導体締結部２２ｕは、導体１１ｕと導体１２ｕとが締結される位置を表す。導体締結部２２ｕには、締結部材２３ｕが設けられる。締結部材２３ｕは、導体１１ｕと導体１２ｕとに形成された孔に挿入及び締め付けされることで、導体１１ｕと導体１２ｕと締結する。締結部材２３ｕは、例えばボルトやねじ等の締結部材２１ｕと同じ部材であってもよい。振動計測機４０は、導体１１ｕの端部の代わりに、導体１２ｕの端部に配置される。

【００４１】

このような導体構成を三相交流のそれぞれの相に設置する。したがって、第二相は、導体１１ｖと導体１２ｖとが締結部材２３ｖによって締結される。導体１２ｖの端部には振動計測機４０ｖが配置される。締結部材２３ｖは、導体締結部２２ｖに設けられる。導体締結部２２ｖは、導体１１ｖと導体１２ｖとが締結される位置を表す。

【００４２】

また、第三相は、導体１１ｗと導体１２ｗとが締結部材２３ｗによって締結される。導体１２ｗの端部には振動計測機４０ｗが配置される。締結部材２３ｗは、導体締結部２２ｗに設けられる。導体締結部２２ｗは、導体１１ｗと導体１２ｗとが締結される位置を表す。以下、いずれの導体、導体締結部、締結部材、加振手段及び振動計測機であるかを区別しないときは、単に導体１２、導体締結部２２及び締結部材２３称して説明する。

【００４３】

このように、第二相及び第三相についても、第一相と同等の構成を有する。したがって、締結部材２３がいずれも正常（例えば、既定の締め付けトルクで固定されている）である場合、導体１１及び導体１２を伝わる振動特性は、いずれの相も同様の振動特性を有する。一方で、締結部材２３に緩み等の異常がある相では、振動特性が変化する。このため、診断装置１００は、導体締結部２０及び導体締結部２２のうち、１つ以上の導体締結部で異常が発生している場合、異常を検知することができる。したがって、診断装置１００は、より少ない回数で、より広い範囲の導体締結部の異常を診断することが可能になる。

【００４４】

診断情報生成部１３１は、振幅の平均値を算出して診断情報を生成してもよい。この場合、加振手段３０は複数の振動を導体１０に与える。振動計測機４０及び振動計測機４１は、与えられた振動の回数に応じた複数の振動特性を診断装置１００に送信する。診断情報生成部１３１は、取得した振動特性が有する振幅の平均値を算出する。診断情報生成部１３１は、算出された平均値に基づいて診断情報を生成してもよい。

【００４５】

また、診断情報生成部１３１は、周波数毎の振幅を取得し、診断情報を生成してもよい。この場合、診断情報生成部１３１は、振動特性に対してフーリエ変換を行うことで、周波数特性を取得する。そして、診断情報生成部１３１は、周波数毎に振幅を取得し、診断情報を生成してもよい。

【００４６】

診断装置１００は、ネットワークを介して通信可能に接続された複数台の情報処理装置を用いて実装されてもよい。この場合、診断装置１００が備える各機能部は、複数の情報処理装置に分散して実装されてもよい。例えば、診断情報生成部１３１と診断部１３２と

はそれぞれ異なる情報処理装置に実装されてもよい。

【００４７】

上記各実施形態では、診断情報生成部１３１及び診断部１３２はソフトウェア機能部であるものとしたが、ＬＳＩ等のハードウェア機能部であってもよい。

【００４８】

以上説明した少なくともひとつの実施形態によれば、診断情報生成部１３１及び診断部１３２を持つことにより、より簡単に電力機器の締結部材２１の緩みや締め付け不良等の異常を診断することができる。

【００４９】

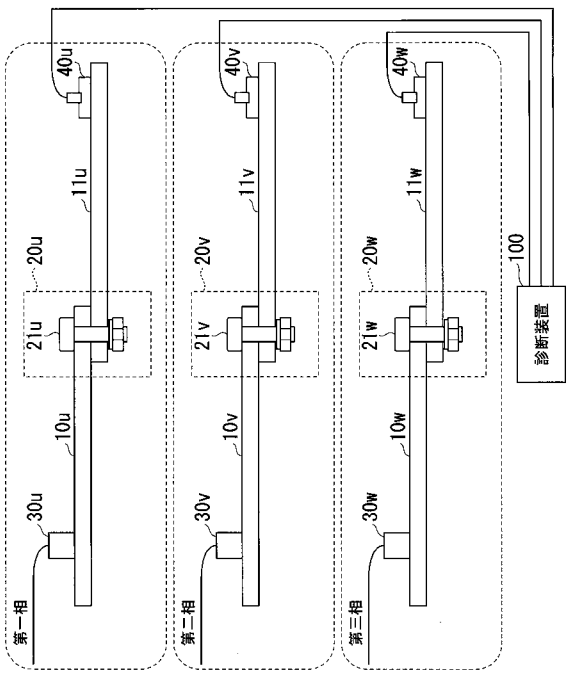
本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【符号の説明】

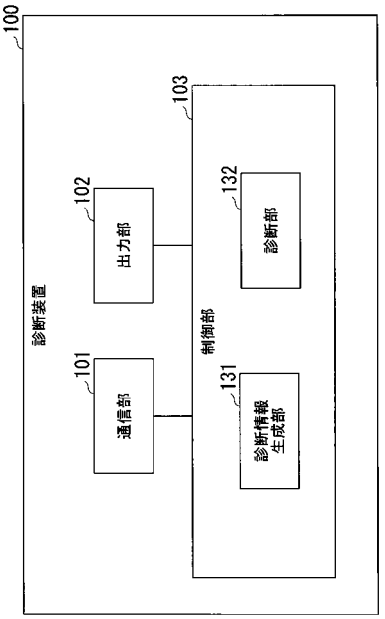
【００５０】

１０、１１…導体、２０、２２…導体締結部、２１、２３…締結部材、３０…加振手段、４０、４１…振動計測機、１００…診断装置、１０１…通信部、１０２…出力部、１０３…制御部、１３１…診断情報生成部、１３２…診断部

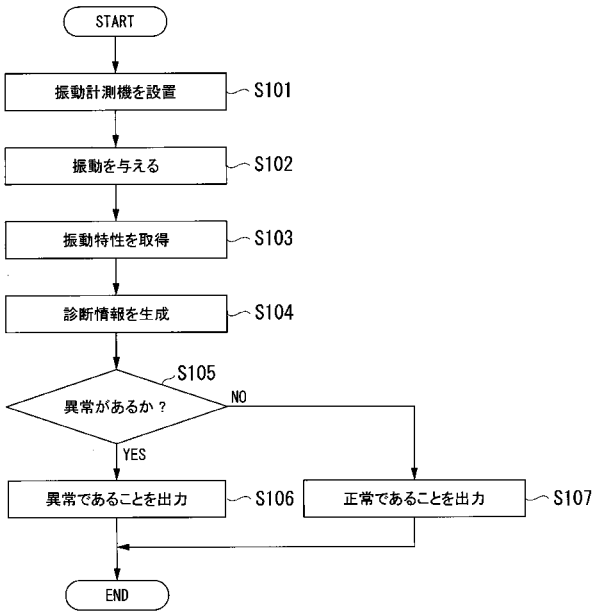
【図１】



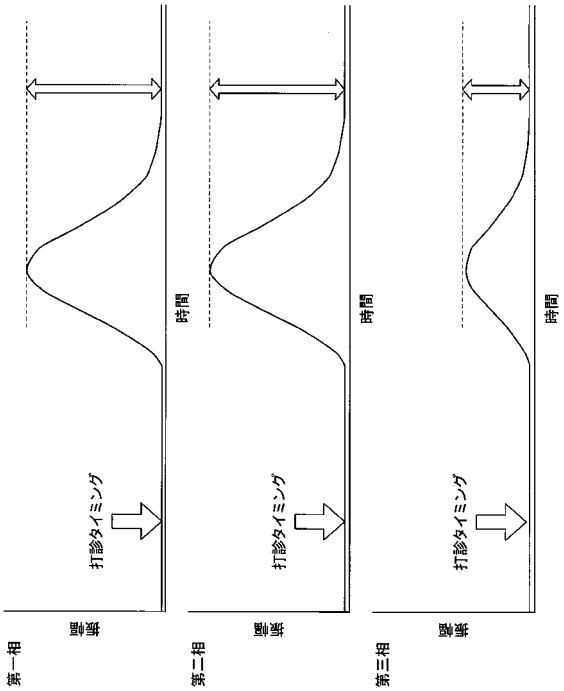
【図２】



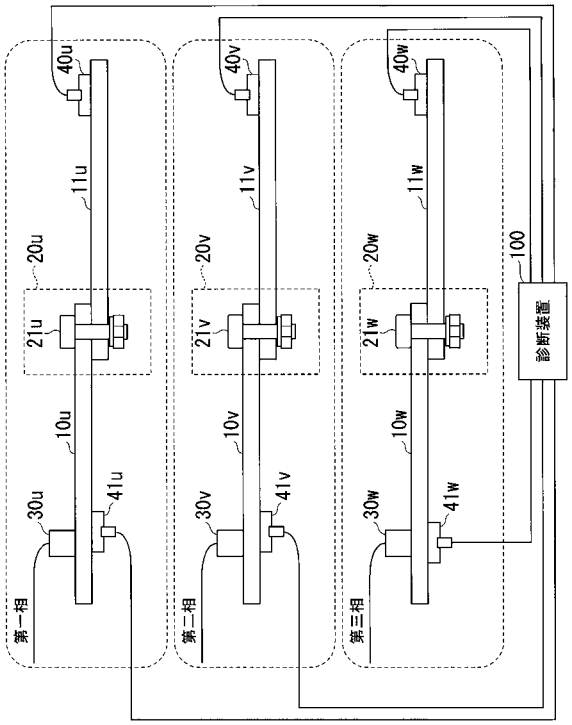
【図３】


START
振動計測機を設置
S101
振動を与える
S102
振動特性を取得
S103
診断情報を生成
S104
S105
異常があるか？
NO
YES
異常であることを出力
S106
正常であることを出力
S107
END

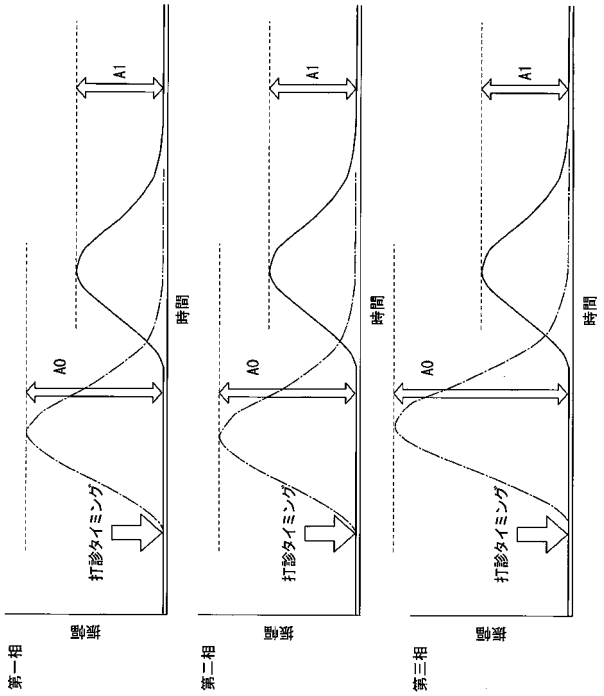
【図４】


第一相
第二相
第三相
振幅
時間
打診タイミング

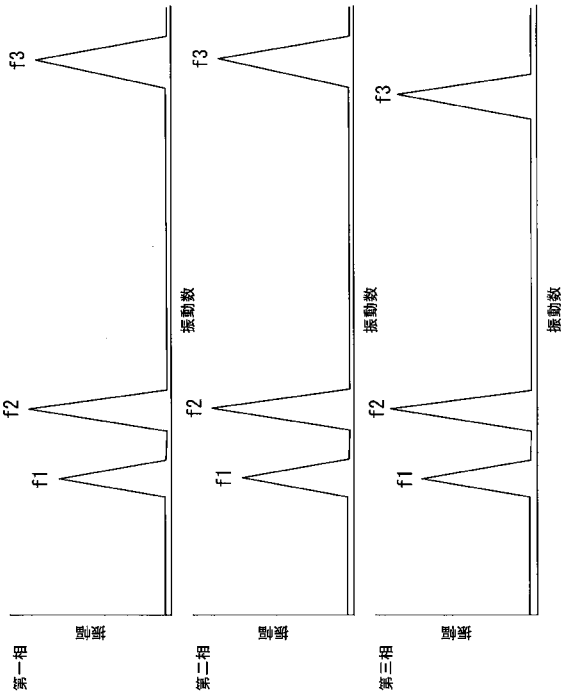
【図５】


40u
40v
40w
11u
11v
11w
20u
20v
20w
21u
21v
21w
10u
10v
10w
30u
30v
30w
41u
41v
41w
100
診断装置
第一相
第二相
第三相

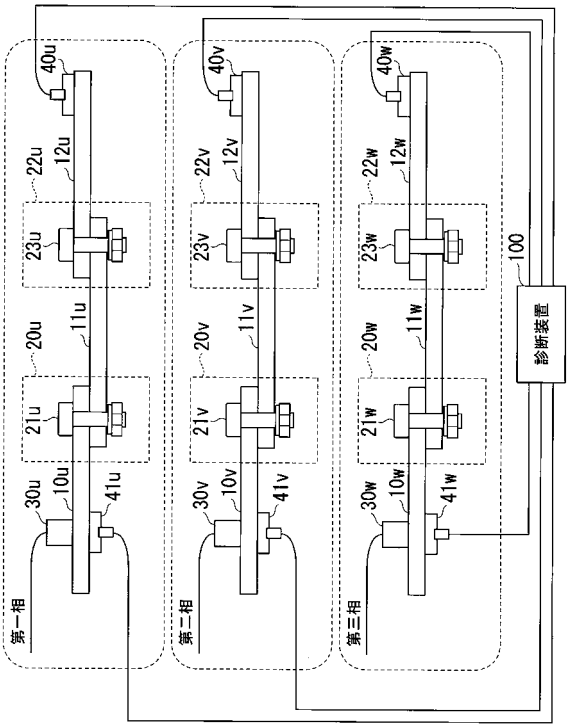
【図６】


A1
A0
第一相
第二相
第三相
振幅
時間
打診タイミング

【図７】


f3
f2
f1
振幅
振動数
第一相
第二相
第三相

【図８】


40u
40v
40w
22u
22v
22w
12u
12v
12w
23u
23v
23w
20u
20v
20w
11u
11v
11w
21u
21v
21w
30u
30v
30w
10u
10v
10w
41u
41v
41w
100
診断装置
第一相
第二相
第三相

フロントページの続き

(72)発明者　村上　和也
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４　東芝インフラシステムズ株式会社内
(72)発明者　今村　武
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４　東芝インフラシステムズ株式会社内
(72)発明者　田中　翔
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４　東芝インフラシステムズ株式会社内
(72)発明者　松野　洋輔
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４　東芝インフラシステムズ株式会社内
(72)発明者　赤地　諭
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４　東芝インフラシステムズ株式会社内
(72)発明者　水出　隆
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４　東芝インフラシステムズ株式会社内

Ｆターム(参考)　2G024 AA03　AA05　BA25　CA13　DA12　FA04　FA06
2G047 AA05　AB04　BC03　BC04　CA01