

明 細 書

発明の名称：開閉装置の診断システム、及び、診断方法

技術分野

[0001] 本開示は、開閉装置の診断システム、及び、診断方法に関する。

背景技術

[0002] バス・鉄道・路面電車などの交通機関のプラットフォームにおいて、車両が侵入する所定のエリアに対して立ち入りを制限するためのホームドアのような開閉装置が設置されることがある（例えば特許文献1）。この種の開閉装置は、省スタッフ運転や無人運転のような従来の交通機関とは異なる新たな技術を用いる新交通システムの一要素として導入が進んでいる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2017-218151号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 開閉装置は車両の往来に対応して開閉動作を行うため、稼働率が高く、新交通システムの構成要素において比較的故障率が高くなる傾向がある。開閉装置の不具合は、開閉装置だけでなく新交通システム全体の営業運転に対して影響を与えるおそれがある。このような不具合は、所定のタイミングで点検や部品交換などのメンテナンス作業を行うことで未然防止することが好ましいが、作業員のマンパワーには限度があり、また従来のメンテナンス実施は営業中断を伴うことから高頻度で実施することが難しい事情がある。

[0005] 本開示の少なくとも一実施形態は上述の事情に鑑みなされたものであり、開閉装置の運用状態への影響が少なく、良好な信頼性で健全性を診断可能な開閉装置の診断システム、及び、診断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

[0006] 本開示の少なくとも一実施形態に係る開閉装置の診断システムは、上記課

題を解決するために、

モータを駆動することによって開閉可能な開閉装置の診断システムであって、

前記モータの駆動電流を取得する駆動電流取得部と、

前記駆動電流取得部で取得された前記駆動電流の時間変化により特定される電流波形に基づいて、前記開閉装置の健全性を診断する診断部と、
を備える。

[0007] 本開示の少なくとも一実施形態に係る開閉装置の診断方法は、上記課題を解決するために、

モータを駆動することによって開閉可能な開閉装置の診断方法であって、

前記モータの駆動電流を取得する工程と、

前記駆動電流の時間変化により特定される電流波形に基づいて、前記開閉装置の健全性を診断する工程と、
を備える。

発明の効果

[0008] 本開示の少なくとも一実施形態によれば、開閉装置の運用状態への影響が少なく、良好な信頼性で健全性を診断可能な開閉装置の診断システム、及び、診断方法を提供できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]開閉装置の一例を概略的に示す模式図である。

[図2]本開示の少なくとも一実施形態に係る診断システムの全体構成図である。
。

[図3]図2の診断システムによって実施される診断方法を概略的に示すフローチャートである。

[図4]取得部で取得される駆動電流の時間変化の一例である。

[図5A]診断部で実施される診断方法を工程毎に示すフローチャートである。

[図5B]診断部で実施される診断方法を工程毎に示すフローチャートである。

[図6]診断部が取得した電流波形の一例である。

[図7]診断部が取得した電流波形の他の例である。

[図8]診断部が取得した電流波形の他の例である。

発明を実施するための形態

[0010] 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。

[0011] まず本開示の少なくとも一実施形態に係る診断システムの診断対象である開閉装置1について説明する。図1は開閉装置1の一例を概略的に示す模式図である。図1では、床面2上に立設された開閉装置1を側方から示している。

[0012] 開閉装置1は、床面2の上方に床面2と略平行に設置されたレール4に沿って開閉可能な一对のドア6と、動力源であるモータ8と、モータ8の動力をドア6に伝達するための動力伝達機構10と、を備える。モータ8は電源

5から供給される電力によって駆動されることで動力を出力可能な電動機であり、直流電力によって駆動可能な直流モータであってもよいし、交流電力によって駆動可能な交流モータであってもよい。

[0013] モータ8から出力される動力は、動力伝達機構10を介して一对のドア6に伝達される。動力伝達機構10は、モータ8の出力軸8aに連結された駆動プーリ12と、駆動プーリ12に対向配置された従動プーリ14と、駆動プーリ12及び従動プーリ14にわたって掛け回された無端状の駆動タイミングベルトであるベルト部材16とを含む。モータ8からの動力によって駆動プーリ12が回転すると、それに伴ってベルト部材16が回転することで、ベルト部材16に連結部材15a、15bを介して連結された一对のドア6が駆動する。具体的には、一对のドア6のうち一方は、ベルト部材16の上方に連結部材15aを介して連結され、他方はベルト部材16の下方に連結部材15bを介して連結されることで、ベルト部材16が回転した際に、一对のドア6が互いに反対方向に駆動し、開閉動作が実現されるように構成される。

[0014] このような構成を有する開閉装置1は、所定のタイミングで一对のドア6が開状態又は閉状態になるように制御されることで、開閉装置1によって仕切られる領域間における出入りを制限可能に構成される。具体的には、一对のドア6が開状態にある場合、開閉装置1によって仕切られる領域間は互いに連通することで出入りが許可され、一方で、一对のドア6が閉状態にある場合、開閉装置1によって仕切られる領域間は互いに隔離されることで出入りが禁止される。

[0015] 一对のドア6の開閉制御は、不図示のコントローラによって行われる。ここでは開閉制御の詳細については説明を省略するが、例えば開閉装置1が交通機関のプラットフォームに設置されるホームドアである場合には、プラットフォームへの車両の侵入タイミングに同期するように、開閉制御が実施される。尚、開閉装置1は、プラットフォームに侵入する車両が有する車両側ドアの開閉タイミングに連動して開閉制御される連動式ホームドアであって

もよいし、車両側ドアの開閉タイミングとは独立して開閉制御される非連動式ホームドアであってもよい。

[0016] また開閉装置 1 には、モータ 8 の駆動電流 I_d を検出するための駆動電流センサ 18 が設けられる。駆動電流センサ 18 は、モータ 8 と電源 5 とを電氣的に接続する電源供給回路 11 上に設置されている。駆動電流センサ 18 による検出結果（駆動電流 I_d ）は、後述するように電気信号として外部に取り出し可能に構成されている。駆動電流センサ 18 は、例えば電流トランスデューサ（CT: Current Transducer）である。

[0017] 尚、図 1 に示す開閉装置 1 は、床面 2 から天井にわたって設けられることで開閉装置 1 によって互いに仕切られる領域間を完全に分離するフルスクリーンタイプであってもよいし、例えば人間の胸部に対応する高さに設定されることで開閉装置 1 によって互いに仕切られる領域間を部分的に分離する可動式ホーム柵タイプであってもよい。

[0018] 続いて上記構成を有する開閉装置 1 を診断するための診断システム 100 について説明する。図 2 は本開示の少なくとも一実施形態に係る診断システム 100 の全体構成図である。

[0019] 健全性診断システム 100 は、診断対象である開閉装置 1 がある現場（フィールド）に対して比較的近傍に設置される第 1 システム 110 と、第 1 システム 110 から地理的に離れた基地局などに設置される第 2 システム 120 と、を含んで構成される。第 1 システム 110 及び第 2 システム 120 は、ネットワーク 130 を介して接続されることにより、互いに各種データを送受信可能に構成される。具体的には、第 1 システム 110 及び第 2 システム 120 は、それぞれが第 1 ルータ 112 及び第 2 ルータ 122 を通信インターフェースとして互いにネットワーク 130 を介して通信可能に構成される。第 1 ルータ 112 及び第 2 ルータ 122 によるデータ送受信は、後述するように、所定の条件下において実施される。

[0020] 尚、ネットワーク 130 は有線ネットワークであってもよいし、無線ネットワークであってもよい。

- [0021] 第1システム110は、駆動電流取得部114（取得部114の一例）、開閉回数カウント部116（カウント部116の一例）、及び、記憶部118を備える。第2システム120は、健全性診断部124（診断部124の一例）、及び、メンテナンス時期予測部126（予測部126の一例）、及び、診断結果出力部128（出力部128の一例）を備える。
- [0022] 駆動電流取得部114は、駆動電流センサ18（図1を参照）の検出信号を取得することにより、モータ8の駆動電流 I_d を取得する。駆動電流取得部114による駆動電流 I_d の取得は時間的に連続に行われる。このような駆動電流取得部114によって取得された駆動電流 I_d は、駆動電流 I_d の大きさと測定時刻とが紐付けられて記録されることで、駆動電流 I_d の時間変化として記憶部118に記憶される。尚、駆動電流取得部114による駆動電流 I_d の取得は、その時間分解能が後述する電流波形に対して十分小さくなる間隔で行われる。
- [0023] 開閉回数カウント部116は、開閉装置1の一对のドア6の開閉動作の実施回数をカウントする。一对のドア6は、前述のように開閉装置1のコントローラ（不図示）によって開閉制御される。開閉回数カウント部116は、このような一对のドア6の開閉回数をカウントし、その積算値を記憶部118に記憶する。開閉回数カウント部116による開閉回数のカウントは、一对のドア6に設置された開閉回数カウンタ（不図示）の測定結果を取得することによって行われてもよいし、開閉装置1のコントローラ（不図示）の制御信号に基づいて行われてもよい。尚、記憶部118に記憶される開閉回数は、所定のタイミング（例えば定期検査ごと）にリセット可能になっていてもよい。
- [0024] 記憶部118は、第1システム110で取り扱う各種データを記憶可能な記憶デバイスである。記憶部118に記憶される各種データには、前述の駆動電流取得部114で取得された駆動電流 I_d の時間変化、及び、開閉回数カウント部116でカウントされた一对のドア6の開閉動作回数を含む。これらの各種データは、適宜読み出し可能に記憶部118に記憶される。

- [0025] 健全性診断部 124 は、第 1 システム 110 から取得した各種データに基づいて、開閉装置 1 の健全性を診断する。健全性診断部 124 による健全性の診断方法は後述するが、その診断結果は、診断結果出力部 128 から所定のフォーマットで出力される。
- [0026] メンテナンス時期予測部 126 は、健全性診断部 124 の診断結果を考慮して、開閉装置 1 のメンテナンス時期を予測する。メンテナンス時期予測部 126 によって予測されたメンテナンス時期は、診断結果出力部 128 において前述の健全性診断部 124 による診断結果とともに出力される。
- [0027] 診断結果出力部 128 は、開閉装置 1 の健全性に関する診断結果を出力する。この診断結果には、健全性診断部 124 によって診断された健全性に関する情報、及び、メンテナンス時期予測部 126 によって予測されたメンテナンス時期が含まれ、所定のフォーマットで出力される。診断結果出力部 128 から出力された診断結果は、第 2 システム 120 側で出力されてもよいし、ネットワーク 130 を介して送信されることで第 1 システム 110 側で出力されてもよい。
- [0028] 続いて上記構成を有する診断システム 100 によって実施される診断方法について説明する。図 3 は図 2 の診断システム 100 によって実施される診断方法を概略的に示すフローチャートである。
- [0029] 駆動電流取得部 114 は、モータ 8 の駆動電流 I_d を取得する（ステップ S100）。ステップ S100 の駆動電流 I_d の取得は、駆動電流センサ 18 の出力信号を取得することにより行われる。駆動電流センサ 18 による駆動電流 I_d の検出は、開閉装置 1 の運転状況に関わらず継続的に行われているため、駆動電流取得部 114 による駆動電流 I_d の取得は、開閉装置 1 の運転状態に影響を与えることなく行うことができる。
- [0030] また駆動電流取得部 114 による駆動電流 I_d の取得は時間的に連続に実施され、その取得結果は、駆動電流 I_d の大きさと取得時刻とを紐付けられることで特定される駆動電流 I_d の時間変化として記憶部 118 に随時記憶される（ステップ S101）。駆動電流取得部 114 による駆動電流 I_d の

取得は、駆動電流 I_d の時間変化から診断に用いられる電流波形を特定可能な程度に、十分小さな時間分解能で実施される。

[0031] ここで図4は駆動電流取得部114で取得される駆動電流 I_d の時間変化の一例である。図4では、開閉装置1が開動作制御される開制御期間 T_1 と、開閉装置1が閉動作制御される閉制御期間 T_2 をそれぞれ1つずつ含む1サイクル分の駆動電流 I_d の時間変化が示されている。尚、閉制御期間 T_2 の終了時において開閉装置1は開制御期間 T_1 の初期時と同じ状態に戻ることにより、開制御期間 T_1 及び閉制御期間 T_2 はサイクル毎に繰り返される。

[0032] 開制御期間 T_1 では、初期状態である時刻 t_0 において一对のドア6は全閉状態にあり、時刻 t_0 から時刻 t_2 にかけて一对のドア6の開動作が行われる開動作期間 T_{1a} と、時刻 t_2 から時刻 t_3 にかけて一对のドア6を全開状態に維持する開ロック制御が行われる開ロック期間 T_{1b} とを含む。開動作期間 T_{1a} は、更に、時刻 t_0 から時刻 t_1 において全閉状態にある一对のドア6を全開状態に向けて開動作させるためにモータ8から必要なトルクを出力する第1開動作期間 T_{1a1} と、第1開動作期間 T_{1a1} より一对のドア6を遅い速度で移動することで目標位置である全開位置に位置合わせする第2開動作期間 T_{1a2} とを含む。第1開動作期間 T_{1a1} 及び第2開動作期間 T_{1a2} では、このような一对のドア6の開動作に対応するように、それぞれ駆動電流 I_d のピーク P_1 、 P_2 ($< P_1$) が現れている。

[0033] また開ロック期間 T_{1b} では、一对のドア6を全開状態に維持するために必要なトルクがモータ8から出力され、開動作期間 T_{1a} が有する2つのピーク P_1 、 P_2 に比べてブロードで大きなピーク P_3 を示した後、一定値を有する開ロック維持電流値 I_{r1} が示されている。

[0034] 閉制御期間 T_2 では、初期状態である時刻 t_3 において一对のドア6は全開状態にあり、時刻 t_3 から時刻 t_5 にかけて一对のドア6の閉動作が行われる閉動作期間 T_{2a} と、時刻 t_5 以降において一对のドア6が全閉状態に維持される閉ロック制御が行われる閉ロック期間 T_{2b} とを含む。閉動作期

間 T_{2a} は、更に、時刻 t_3 から時刻 t_4 において全開状態にある一対のドア 6 を全閉状態に向けて閉動作させるためにモータ 8 から必要なトルクを出力する第 1 閉動作期間 T_{2a1} と、第 1 閉動作期間 T_{2a1} より一対のドア 6 を遅い速度で移動することで目標位置である全閉位置に位置合わせする第 2 閉動作期間 T_{2a2} とを含む。第 1 閉動作期間 T_{2a1} 及び第 2 閉動作期間 T_{2a2} では、このような一対のドア 6 の閉動作に対応するように、それぞれ駆動電流 I_d のピーク P_4 、 P_5 ($< P_4$) が現れている。

[0035] また閉ロック期間 T_{2b} では、一対のドア 6 を全閉状態に維持するために必要なトルクがモータ 8 から出力され、閉動作期間 T_{2a} が有する 2 つのピーク P_4 、 P_5 に比べてブロードで大きなピーク P_6 を示した後、一定値を有する閉ロック維持電流値 I_{r2} ($< I_{r1}$) が示されている。

[0036] 図 3 に戻って、続いて第 1 システム 110 は、駆動電流取得部 114 で検出された駆動電流 I_d が基準値 I_{dref} を超えたか否かを判定する（ステップ $S102$ ）。基準値 I_{dref} は、ステップ $S101$ で記憶部 118 に記憶したデータを、ネットワーク 130 を介して第 2 システム 120 に送信するか否かを判定するための閾値である。本実施形態では、基準値 I_{dref} は、開ロック維持電流値 I_{r1} 及び閉ロック維持電流値 I_{r2} より大きく設定されることで、開閉装置 1 において開動作又は閉動作が行われたことをトリガーとして、ステップ $S101$ で記憶部 118 に記憶された駆動電流 I_d の時間変化から特定される電流波形 CW を、ネットワーク 130 を介して第 2 システム 120 に送信されるように構成される。

[0037] 駆動電流取得部 114 で取得された駆動電流 I_d が基準値 I_{dref} 以下である場合は（ステップ $S102$: NO）、処理がステップ $S100$ に戻されることで、駆動電流 I_d の取得と記憶部 118 への記憶が繰り返し実施される。この場合、記憶部 118 の記憶容量に応じて、記憶部 118 の記憶内容を更新（上書き）してもよい。

[0038] 一方、駆動電流取得部 114 で取得された駆動電流 I_d が基準値 I_{dref} を超えた場合（ステップ $S102$: YES）、第 1 システム 110 は、記

憶部 118 に記憶された駆動電流 I_d の時間変化から電流波形 CW を抽出し、ネットワーク 130 を介して第 2 システム 120 に送信する（ステップ S103）。

[0039] ステップ S103 で駆動電流 I_d の時間変化から抽出される電流波形 CW は、記憶部 118 に記憶された駆動電流 I_d の時間変化のうち、駆動電流 I_d が基準値 I_{dref} を超える時点より前に設定される波形開始時点 t_s から、駆動電流 I_d が基準値 I_{dref} 未満に所定期間にわたって維持される波形終了時点 t_e までとして特定される。図 4 の例では、波形開始時点 t_s は基準値を超える時点 t_a より所定期間 t_p （例えば数秒）前に設定され、波形終了時点 t_e は駆動電流 I_d が基準値 I_{dref} 未満に所定期間 t_q （例えば数秒間）にわたって維持された時点として設定される。これにより、記憶部 118 に記憶された一連の駆動電流 I_d の時間変化から、診断に用いられる開閉時の電流波形 CW を適切に抽出することができる。

[0040] 続いて第 2 システム 120 はステップ S103 で送信された電流波形 CW を受信し（ステップ S014）、健全性診断部 124 はステップ S104 で受信した電流波形 CW に基づいて開閉装置 1 の健全性を診断する（ステップ S105）。このように時間的に連続的な駆動電流 I_d の時間変化のうち、診断に用いられる開閉時の電流波形 CW のみがネットワーク 130 を介して第 2 システム 120 側に送られることで、診断が行われる。これにより、通信負荷や消費電力を抑えながら、開閉装置 1 から遠隔地にある第 2 システム 120 において、信頼性の高い健全性の診断を行うことができる。

[0041] ここでステップ S105 における診断手法について具体的に説明する。図 5 A 及び図 5 B は健全性診断部 124 で実施される健全性診断方法を工程毎に示すフローチャートである。

[0042] まず健全性診断部 124 は、図 5 A に示すように、第 2 システム 120 で受信した電流波形 CW を取得する（ステップ S200）。そして取得した電流波形 CW を解析することにより、電流波形 CW のうち波形開始時点 t_s における駆動電流 I_{dstart} が開閉判定用閾値 I_{dj} 以下であるか否かを

判定する（ステップS201）。ステップS201で判定基準として用いられる開閉判定用閾値 I_{dj} は、電流波形CWが開制御期間T1に対応するものなのか、又は、閉制御期間T2に対応するものなのかを判定するための電流閾値である。図4を参照して前述したように、開制御期間T1に対応する電流波形CWでは波形開始時点 t_s における駆動電流 I_{dstart} （＝閉ロック維持電流値 I_{r2} ）は、閉制御期間T2に対応する電流波形CWに含まれる波形開始時点 t_s における駆動電流 I_{dstart} （＝開ロック維持電流値 I_{r1} ）に比べて小さい。そのため、開閉判定用閾値 I_{dj} は、開ロック維持電流値 I_{r1} と閉ロック維持電流値 I_{r2} との間に設定されることで（すなわち $I_{r2} < I_{dj} < I_{r1}$ ）、電流波形CWが開制御期間T1に対応するものなのか、又は、閉制御期間T2に対応するものなのかを判定することができる。

[0043] このように健全性診断部124は、電流波形CWが開制御状態又は閉制御状態のいずれであるかを判断し、後述するように、その判断結果に対応して設定された診断基準に基づいて開閉装置の健全性を診断する。すなわち、開閉装置の動作状態に応じて設定された診断基準に基づいて健全性診断を行うことで、より効果的に信頼性を高めることができる。

[0044] 駆動電流 I_{dstart} が開閉判定用閾値 I_{dj} 以下である場合（ステップS201：YES）、ステップS200で取得した電流波形CWは開制御期間T1に対応すると判定する（ステップS202）。この場合、健全性診断部124は、更に、電流波形CWの測定時間 T_m （電流波形CWの時間幅）が所定の閾値 T_{ref} 未満であるか否かを判定する（ステップS203）。ステップS203で用いられる閾値 T_{ref} は、予め規定された設定時間であり、例えば、正常動作時に対して余裕を有するように設定される。

[0045] 電流波形CWの測定時間 T_m が閾値 T_{ref} 以上である場合（ステップS203：NO）、健全性診断部124は、電流波形CWに含まれる最大電流値 I_{dmax} が閾値 $I_{dmaxref1}$ 未満であるか否かを判定する（ステップS204）。最大電流値 I_{dmax} が閾値 $I_{dmaxref1}$ 以上であ

る場合（ステップS204：NO）、健全性診断部124は、開閉装置1の開制御時に異物の挟み込みがあったと異常診断する（ステップS205）。

[0046] ここで図6は健全性診断部124が取得した電流波形CWの一例である。図6の例では、電流波形CWのうち開ロック期間T1bに含まれるピークP3において最大電流値 I_{dmax} を有しており、当該最大電流値 I_{dmax} が閾値 $I_{dmaxref1}$ 以上であることが示されている。これは、一對のドア6に異物の挟み込みが生じることで、一對のドア6に対して動力を供給するモータ8に過大な負荷が印加され、最大電流値 I_{dmax} が大きくなっていることを示している。

[0047] 一方、電流波形CWの測定時間 T_m が閾値 T_{ref} 未満である場合（ステップS203：YES）、又は、電流波形CWに含まれる最大電流値 I_{dmax} が閾値 $I_{dmaxref1}$ 未満である場合（ステップS204：YES）、健全性診断部124は、電流波形CWに含まれるスロープに突起がないか否かを判定する（ステップS206）。スロープに突起がある場合（ステップS206：NO）、閉制御時にも同様に再現性があることを条件に（ステップS207：NO）、健全性診断部124はレール4上に異物があると異常診断する（ステップS208）。

[0048] ここで図7は健全性診断部124が取得した電流波形CWの他の例である。図7の例では、電流波形CWのうち破線で囲まれる領域R1において、スロープに突起が生じている。これは、レール4上に異物が存在することで、レール4上をドア6が移動する際に、ドア6の移動が一時的に異物によって阻害されることが電流波形CWの乱れとして現れている。

[0049] 一方で、スロープに突起がない場合（ステップS206：YES）、又は、閉制御時に再現性がない場合（ステップS207：YES）、健全性診断部124は、開閉装置1は健全であると診断する（ステップS209）。

[0050] 続いて、駆動電流 I_{dstart} が開閉判定用閾値 I_{dj} より大きい場合（ステップS201：NO）、図5Bに示すように、健全性診断部124は、ステップS200で取得した電流波形CWは開制御期間T1に対応すると

判定する（ステップS 2 1 0）。この場合、健全性診断部1 2 4は、更に、電流波形CWの測定時間T m（電流波形CWの時間幅）が所定の閾値T r e f未満であるか否かを判定する（ステップS 2 1 1）。ステップS 2 1 1における判定は、前述のステップS 2 0 3における判定と同様である。

[0051] 電流波形CWの測定時間T mが閾値T r e f以上である場合（ステップS 2 1 1：N O）、健全性診断部1 2 4は、電流波形CWに含まれる最大電流値I d m a xが閾値I d m a x r e f 2未満であるか否かを判定する（ステップS 2 1 2）。最大電流値I d m a xが閾値I d m a x r e f 2以上である場合（ステップS 2 1 2：N O）、健全性診断部1 2 4は、開閉装置1の開閉制御時に異物の挟み込みがあったと異常診断する（ステップS 2 1 3）。尚、ステップS 2 1 2における判定は、前述のステップS 2 0 4における判定と同様である。

[0052] 一方、電流波形CWの測定時間T mが閾値T r e f未満である場合（ステップS 2 1 1：Y E S）、又は、電流波形CWに含まれる最大電流値I d m a xが閾値I d m a x r e f 2未満である場合（ステップS 2 1 2：Y E S）、健全性診断部1 2 4は、電流波形CWに含まれるスロープに突起がないか否かを判定する（ステップS 2 1 4）。スロープに突起がある場合（ステップS 2 1 4：N O）、開閉制御時にも同様に再現性があることを条件に（ステップS 2 1 5：N O）、健全性診断部1 2 4はレール4上に異物があると異常診断する（ステップS 2 1 6）。尚、ステップS 2 1 4及びS 2 1 5における判定は、それぞれ前述のステップS 2 0 6及びS 2 0 7における判定と同様である。

[0053] 一方で、スロープに突起がない場合（ステップS 2 1 4：Y E S）、又は、閉制御時に再現性がない場合（ステップS 2 1 5：Y E S）、健全性診断部1 2 4は、更に、電流波形CWのうちロック制御が行われている期間（図4の開ロック期間T 2 bを参照）に複数のピークがないか否かが判定される（ステップS 2 1 7）。開ロック期間T 2 bに複数のピークがある場合（ステップS 2 1 7：N O）、再現性があることを条件に（ステップS 2 1 8：

NO)、健全性診断部124はベルト部材16に弛みがあると診断する(ステップS219)。

[0054] ここで図8は健全性診断部124が取得する電流波形の他の例である。図8の例では、電流波形CWのうち破線で囲まれる領域R2において、図4に示す健全な電流波形に含まれるピークP6に加えて、もう一つのピークP6'が現れており、複数のピークが生じている。これは、モータ8の動力をドア6に伝達するためのベルト部材16に弛みが生じることで少なからず空転状態が生じていることにより電流波形CWに乱れが生じ、複数のピークとして現れたものである。

[0055] 尚、開閉装置1にモータ8の回転数をカウント可能なエンコーダ(不図示)を備える場合には、エンコーダのカウント結果から推定される一對のドア6の位置に基づいてベルト部材16の弛みの有無を診断し、その診断結果を上記手法による診断結果と照合することで、最終的な異常診断を行ってもよい。この場合、2つの観点から異常診断を行うことができるので、より信頼性の高い診断を行うことができる。

[0056] 一方で、電流波形CWのうちロック制御が行われている期間に複数のピークが含まれない場合(ステップS217: YES)、又は、再現性がない場合(ステップS218: YES)、健全性診断部124は、開閉装置1が健全であると診断する(ステップS220)。

[0057] 尚、健全性診断部124による診断手法の他の例としては、電流波形CWを、過去の異常発生時における電流波形と比較することにより、健全性を診断してもよい。また健全な電流波形を予め取得しておき、診断対象となる電流波形CWの当該健全な電流波形からの乖離度が所定基準を超えた場合に異常診断するようにしてもよい。

[0058] 図3に戻って、メンテナンス時期予測部126は、健全性診断部124による診断結果に基づいて開閉装置1のメンテナンス時期を予測する(ステップS106)。例えばメンテナンス時期予測部126は、健全性診断部124による異常診断の回数や頻度、開閉回数カウント部116による開閉装置

1 が実施した開閉動作の回数、及び、前回のメンテナンス実施時期からの経過期間の少なくとも一つを含む要素を考慮することでメンテナンス時期を予測する。これにより、開閉装置 1 の信頼性を維持するために必要なメンテナンス時期を的確に予測し、メンテナンスに伴う開閉装置 1 の運用への影響を効果的に抑えることができる。

[0059] 続いて出力部 128 は、開閉装置 1 の診断結果を出力する（ステップ S107）。この診断結果には、健全性診断部 124 による正常診断及び異常診断、並びに、メンテナンス時期予測部 126 によって予測されたメンテナンス時期に関する情報が含まれ、所定のフォーマットで出力される。

[0060] このような診断結果には、例えば、開閉装置 1 における異常診断の発生頻度から求められる開閉装置 1 の故障発生リスクを含めることで、将来的なメンテナンス計画に有用な情報を提供できるようにしてもよい（故障発生リスクは、例えば、健全性診断部 124 による異常診断の発生頻度と、一定期間において、開閉回数カウント部 116 による開閉装置 1 が実施した開閉動作の回数とを乗算することで評価パラメータを求めることで評価してもよい）。

[0061] また診断結果出力部 128 から出力された診断結果は、第 2 システム 120 側で出力されてもよいし、ネットワーク 130 を介して第 1 システム 110 側で出力されてもよい。

[0062] 以上説明したように上記実施形態によれば、開閉装置 1 の動力源であるモータ 8 の駆動電流 I_d を検出し、その時間変化から特定される電流波形 CW に基づいて、開閉装置 1 の健全性が診断される。このような診断は、運用中におけるモータ 8 の駆動電流 I_d を検知することで実施できるため、開閉装置 1 の通常運用への影響を抑えることができる。また駆動電流 I_d の時間変化から特定される電流波形 CW に基づいた診断を行うことで、開閉装置 1 の状態を的確に把握し、信頼性の高い診断を行うことができる。

[0063] その他、本開示の趣旨を逸脱しない範囲で、上記した実施形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能であり、また、上記し

た実施形態を適宜組み合わせてもよい。

[0064] 上記各実施形態に記載の内容は、例えば以下のように把握される。

[0065] (1) 一態様に係る開閉装置の診断システムは、

モータ（例えば上記実施形態のモータ8）を駆動することによって開閉可能な開閉装置の診断システム（例えば上記実施形態の診断システム100）であって、

前記モータの駆動電流（例えば上記実施形態の駆動電流 I_d ）を取得する駆動電流取得部（例えば上記実施形態の駆動電流取得部114）と、

前記駆動電流取得部で取得された前記駆動電流の時間変化により特定される電流波形（例えば上記実施形態の電流波形CW）に基づいて、前記開閉装置の健全性を診断する診断部（例えば上記実施形態の健全性診断部124）と、

を備える。

[0066] 上記(1)の態様によれば、開閉装置に対して動力を供給可能なモータの駆動電流の時間変化から特定される電流波形に基づいて、開閉装置の健全性が診断される。診断に用いられる駆動電流の時間変化は、モータの運用中に取得できるため、開閉装置の運用状態への影響を抑えながら健全性診断を行うことができる。また駆動電流の時間変化から特定される電流波形に基づいた診断を行うことで、開閉装置の動作状況を的確に把握し、信頼性の高い診断を行うことができる。

[0067] (2) 他の態様では、上記(1)の態様において、

前記駆動電流の時間変化を記憶する記憶部（例えば上記実施形態の記憶部118）を更に備え、

前記駆動電流が基準値（例えば上記実施形態の基準値 I_{dref} ）を超えた場合に、前記記憶部に記憶された前記駆動電流の時間変化に含まれる前記電流波形を、ネットワーク（例えば上記実施形態のネットワーク130）を介して前記診断部に送信するように構成される。

[0068] 上記(2)の態様によれば、モータの駆動電流の時間変化は記憶部に適宜

記憶されることで蓄積され、駆動電流が基準値を超えたことをトリガーとして、当該駆動電流の時間変化から特定された電流波形がネットワークを介して診断部に送信される。これにより、駆動電流を長時間にわたって監視しながら開閉動作に関連する電流波形をネットワークを介して地理的に離れた診断部に送信して解析できるため、通信負荷や消費電力を抑えながら、信頼性の高い診断を行うことができる。

[0069] (3) 他の態様では、上記(2)の態様において、

前記電流波形は、前記駆動電流の時間変化のうち、前記駆動電流が前記基準値を超える時点より前に設定される波形開始時点（例えば上記実施形態の波形開始時点 t_s ）から、前記駆動電流値が前記基準値未満に所定期間（例えば上記実施形態の所定期間 t_q ）にわたって維持される波形終了時点（例えば上記実施形態の波形終了時点 t_e ）までとして特定される。

[0070] 上記(3)の態様によれば、診断に用いられる電流波形が、駆動電流の時間変化から、波形開始時点から波形終了時点までの間を抽出することで特定される。これにより、一連の駆動電流の時間変化から開閉動作に関する電流波形を効果的に特定することができ、信頼性の高い診断を行うことができる。

[0071] (4) 他の態様では、上記(3)の態様において、

前記診断部は、前記電流波形のうち前記波形開始時点における前記駆動電流に基づいて、前記電流波形が前記開閉装置の動作状態が開制御状態又は閉制御状態のいずれであるかを判断し、前記動作状態に対応して設定された診断基準（例えば上記実施形態の図5A及び図5B）に基づいて前記開閉装置の健全性を診断する。

[0072] 上記(4)の態様によれば、診断に用いられる電流波形のうち波形開始時点における駆動電流の大きさに基づいて、当該電流波形が開動作状態又は閉動作状態のいずれに対応しているかが判断される。そして、開動作状態又は閉動作状態によって設定された診断基準に基づいて診断を行うことで、より効果的に信頼性を高めることができる。

- [0073] (5) 他の態様では、上記(1)から(4)のいずれか一態様において、
前記開閉装置は前記モータから出力される動力によってレール（例えば上記実施形態のレール4）上を移動可能なドア（例えば上記実施形態のドア6）を備え、
前記診断部は、前記電流波形に含まれるスロープに突起（例えば上記実施形態の領域R1）があるか否かに基づいて、前記レール上に異物があるか否かを診断する。
- [0074] 上記(5)の態様によれば、電流波形に含まれるスロープに突起があるか否かに基づいて、開閉するドアが移動するレール上に異物があるか否かを好適に診断できる。
- [0075] (6) 他の態様では、上記(1)から(5)のいずれか一態様において、
前記開閉装置は、前記モータから出力される動力を開閉可能なドア（例えば上記実施形態のドア6）に伝達するためのベルト部材（例えば上記実施形態のベルト部材16）を備え、
前記診断部は、前記ドアを全開状態又は全閉状態に維持するロック制御が行われる際（例えば上記実施形態の開ロック期間T1b又は閉ロック期間T2b）の前記電流波形に複数のピーク（例えば上記実施形態の領域R2にあるピークP6、P6'）が含まれる場合、前記ベルト部材に弛みがあると診断する。
- [0076] 上記(6)の態様によれば、開閉装置の一連の動作のうちロック制御が行われている際の電流波形に複数のピークが含まれるか否かに基づいて、モータの動力をドアに伝達するためのベルト部材に弛みがあるか否かを好適に診断できる。
- [0077] (7) 他の態様では、上記(1)から(6)のいずれか一態様において、
前記診断部は、前記電流波形に含まれる最大電流値が閾値（例えば上記実施形態の閾値ldmaxref1又はldmaxref2）未満である場合、前記開閉装置に異物の挟み込みがあったと診断する。
- [0078] 上記(7)の態様によれば、電流波形に含まれる最大電流値が閾値未満で

あるか否かに基づいて、開閉装置に異物の挟み込みがあったか否かを好適に診断できる。

[0079] (8) 他の態様では、上記(1)から(7)のいずれか一態様において、前記診断部における診断結果に基づいて前記開閉装置のメンテナンス時期を予測する予測部(例えば上記実施形態のメンテナンス時期予測部126)を更に備える。

[0080] 上記(8)の態様によれば、開閉装置の健全性に関する診断結果に基づいて、開閉装置のメンテナンス時期を予測することで、将来的なメンテナンス計画を効率的に策定できる。これにより開閉装置の運用への影響を抑えたメンテナンス計画の立案が可能となる。

[0081] (9) 他の態様では、上記(8)の態様において、前記開閉装置の開閉回数をカウントする開閉回数カウント部(例えば上記実施形態の開閉回数カウント部116)を更に備え、前記予測部は、前記開閉回数カウント部でカウントされた開閉回数に基づいて、前記メンテナンス時期を予測する。

[0082] 上記(9)の態様によれば、電流波形による健全性の診断結果に加えて開閉装置の開閉回数を考慮することで、開閉装置に将来的に必要となるメンテナンス時期をより好適に予測できる。

[0083] (10) 他の態様では、上記(1)から(9)のいずれか一態様において、前記診断部による診断結果を出力する出力部を更に備える。

[0084] 上記(10)の態様によれば、出力部によって診断部による診断結果を外部に出力することで、診断結果に基づいて開閉装置のメンテナンス計画などの策定に有効利用することができる。

[0085] (11) 他の態様では、上記(1)から(10)のいずれか一態様において、前記開閉装置はホームドアである。

[0086] 上記(11)の態様によれば、交通機関のプラットフォームに設置されるホームドアであるホームドアの健全性を診断できる。これにより、交通機関

の運行に対する影響を抑えながらプラットホームドアの健全性を良好な信頼性で診断できるので、交通機関の稼働率に影響を与えるホームドアの不具合を効果的に未然防止できる。

[0087] (12) 一態様に係る開閉装置の診断方法は、

モータ（例えば上記実施形態のモータ8）を駆動することによって開閉可能な開閉装置（例えば上記実施形態の開閉装置1）の診断方法であって、

前記モータの駆動電流（例えば上記実施形態の駆動電流1d）を取得する工程と、

前記駆動電流の時間変化により特定される電流波形（例えば上記実施形態の電流波形CW）に基づいて、前記開閉装置の健全性を診断する工程と、を備える。

[0088] 上記(12)の方法によれば、開閉装置に対して動力を供給可能なモータの駆動電流の時間変化から特定される電流波形に基づいて、開閉装置の健全性が診断される。診断に用いられる駆動電流の時間変化は、モータの運用中に取得できるため、開閉装置の運用状態への影響を抑えながら健全性診断を行うことができる。また駆動電流の時間変化から特定される電流波形に基づいた診断を行うことで、開閉装置の動作状況を的確に把握し、信頼性の高い診断を行うことができる。

符号の説明

- [0089] 1 開閉装置
2 床面
4 レール
5 電源
6 ドア
8 モータ
8a 出力軸
10 動力伝達機構
11 電源供給回路

- 1 2 駆動プーリ
- 1 4 従動プーリ
- 1 5 a, 1 5 b 連結部材
- 1 6 ベルト部材
- 1 8 駆動電流センサ
- 1 0 0 診断システム
- 1 1 0 第 1 システム
- 1 1 2 第 1 ルータ
- 1 1 4 駆動電流取得部
- 1 1 6 開閉回数カウント部
- 1 1 8 記憶部
- 1 2 0 第 2 システム
- 1 2 2 第 2 ルータ
- 1 2 4 健全性診断部
- 1 2 6 メンテナンス時期予測部
- 1 2 8 診断結果出力部
- 1 3 0 ネットワーク