

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4535193号  
(P4535193)

(45) 発行日 平成22年9月1日 (2010.9.1)

(24) 登録日 平成22年6月25日 (2010.6.25)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 H 33/38 (2006.01)

H O 1 H 33/38 A

H O 1 H 33/66 (2006.01)

H O 1 H 33/66 X

H O 1 H 33/66 P

請求項の数 7 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2008-506079 (P2008-506079)  
 (86) (22) 出願日 平成18年3月17日 (2006.3.17)  
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2006/305362  
 (87) 国際公開番号 W02007/108063  
 (87) 国際公開日 平成19年9月27日 (2007.9.27)  
 審査請求日 平成20年3月26日 (2008.3.26)

(73) 特許権者 000006013  
 三菱電機株式会社  
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号  
 (74) 代理人 100113077  
 弁理士 高橋 省吾  
 (74) 代理人 100112210  
 弁理士 稲葉 忠彦  
 (74) 代理人 100108431  
 弁理士 村上 加奈子  
 (74) 代理人 100128060  
 弁理士 中鶴 一隆  
 (72) 発明者 丸山 昭彦  
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三  
 菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 状態把握装置およびこの状態把握装置を備えた開閉制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固定鉄心と、この固定鉄心に対して移動可能に構成された可動鉄心と、駆動用電源により励磁され、上記可動鉄心を移動させる電磁コイルと、可動鉄心の外周部に設置された永久磁石とを備えた電磁操作装置に設けられ、上記電磁操作装置の状態を把握する状態把握装置において、上記電磁コイルに流れる電流を測定する電流測定手段と、上記固定鉄心内部の磁束を測定する磁束測定手段と、上記電流測定手段からの出力信号の時間的変化を表す電流変化波形と上記磁束測定手段からの出力信号の時間的変化を表す磁束変化波形とを演算して演算波形を作成する演算手段と、上記演算波形の特徴点を求め、この特徴点の情報に基づき上記電磁操作装置の状態を判定する状態判定手段とを備えたことを特徴とする状態把握装置。

【請求項 2】

演算手段は、磁束変化波形と電流変化波形とを演算係数を介して線形結合させた演算式を用いて演算波形を作成することを特徴する請求項 1 記載の状態把握装置。

【請求項 3】

演算手段は、可動鉄心の動作開始前に、演算波形がフラットな領域を持つことを条件として演算係数を求め、演算式を決定することを特徴する請求項 2 記載の状態把握装置。

【請求項 4】

状態判定手段は、演算波形の特徴点の情報を用いて可動鉄心の駆動速度の計算を行い、上記駆動速度の値を基に電磁操作装置の状態を判定することを特徴する請求項 1 ~ 3 のい

ずれかに記載の状態把握装置。

【請求項 5】

状態判定手段は、永久磁石が作る磁束と可動鉄心の位置と間に非線形な相関関係がある場合、上記相関関係に基づいて速度補正関数を求め、この速度補正関数により特徴点における駆動速度を補正することを特徴とする請求項 4 記載の状態把握装置。

【請求項 6】

状態判定手段は、演算波形の特徴点より可動鉄心の動作開始点を求め、この動作開始点での電流値を基に電磁操作装置の状態を判定することを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載の状態把握装置。

【請求項 7】

請求項 1～6 のいずれかに記載の状態把握装置により得られた電磁操作装置の状態に基づき、故障の程度を判定し、上記故障の程度に応じた表示を行うとともに、重故障発生時の開閉操作を制御することを特徴とする開閉制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば電力遮断器等の開閉装置を電磁操作装置によって操作する場合の被操作機器の状態、あるいは電磁操作装置の状態、あるいは開閉装置の状態を把握する状態把握装置に関するものである。さらに、この状態把握装置を備えた開閉制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

遮断器の状態量の 1 つである開閉接点の消耗量を計測する計測装置として、例えば電磁アクチュエータの駆動コイルに接続した駆動棒に指標をつけ、その位置を光学的検出器を用いて検出し、接点が消耗することによる初期の位置からの指標の移動量を調べるものがある（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

【特許文献 1】英国特許出願公開公報第 2 3 5 0 7 2 4 号公報（第 5 頁第 1 5 行～第 2 0 行及び第 4 図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の開閉接点の消耗量を計測する計測装置は以上のように構成されているので、光学的検出器が必要になり装置が大きくなる。また、光学的に狙いを定めて指標を捉える必要があるが、そのために軸ずれなどをなくするための調整が必要となる。しかも接点の消耗量は数 mm 程度であるため、上記調整は高い精度で行う必要があった。さらに、光学的検出器は 1 台のアクチュエータに 2 個、三相遮断器の場合、検出器が 6 個要ることになり装置が高価になるという問題があった。

【0005】

この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、小形化でき、かつ安価で精度の高い状態把握装置を得ることを目的とする。また、このような状態把握装置を備えた開閉制御装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

この発明に係る状態把握装置は、固定鉄心と、この固定鉄心に対して移動可能に構成された可動鉄心と、駆動用電源により励磁され、上記可動鉄心を移動させる電磁コイルと、可動鉄心の外周部に設置された永久磁石とを備えた電磁操作装置に設けられ、上記電磁操作装置の状態を把握する状態把握装置において、上記電磁コイルに流れる電流を測定する電流測定手段と、上記固定鉄心内部の磁束を測定する磁束測定手段と、上記電流測定手段からの出力信号の時間的变化を表す電流変化波形と上記磁束測定手段からの出力信号の時

10

20

30

40

50

間の変化を表す磁束変化波形とを演算して演算波形を作成する演算手段と、上記演算波形の特徴点を求め、この特徴点の情報に基づき上記電磁操作装置の状態を判定する状態判定手段とを備えたものである。

【 0 0 0 7 】

また、この発明に係る開閉制御装置は、請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の状態把握装置により得られた電磁操作装置の状態に基づき、故障の程度を判定し、上記故障の程度に応じた表示を行うとともに、重故障発生時の開閉操作を制御するものである。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

この発明によれば、磁束変化波形と電流変化波形を演算することにより、可動鉄心の駆動特性を知ることができ、小形で、安価で、かつ正確に、電磁操作装置の状態、あるいは電磁操作装置によって操作する被操作機器の状態、あるいは開閉装置の状態を把握することができる状態把握装置が得られる効果がある。

10

【 0 0 0 9 】

また、この発明によれば、上記のような状態把握装置を用いて故障の程度に応じた故障表示を行うので、定期的なメンテナンスによって機器の状態を確認する作業を省略することができ、メンテナンス作業に掛かる費用を低減することができる。また、重故障発生時の開閉操作を制御するので被操作機器の動作不良による事故の発生を未然に防ぐ効果がある。

【図面の簡単な説明】

20

【 0 0 1 0 】

【図 1】本発明の実施の形態 1 に係る電磁操作機構を用いた電力開閉器を示す概略構成図（開極状態）である。

【図 2】本発明の実施の形態 1 に係る電磁操作機構を用いた電力開閉器を示す概略構成図（閉極状態）である。

【図 3】本発明の実施の形態 1 に係る電磁操作機構および状態把握装置を示す概略構成図である。

【図 4】本発明の実施の形態 1 による状態把握装置および開閉制御装置の動作を説明するフローチャートである。

【図 5】本発明の実施の形態 1 に係る可動子の位置に応じた電磁アクチュエータ内部の磁束の流れを示す図である。

30

【図 6】本発明の実施の形態 1 に係る可動子が閉極状態から開極状態へ移動した場合の可動子位置、開極側コイル電流、および磁束センサの出力を示す特性図である。

【図 7】本発明の実施の形態 1 による状態把握装置の動作を説明する図である。

【図 8】本発明の実施の形態 1 に係る可動子が閉極状態から開極状態へ移動した場合の可動子位置および演算波形 e , f を示す特性図である。

【図 9】本発明の実施の形態 1 に係る可動子が開極状態から閉極状態へ移動した場合の可動子位置、閉極側コイル電流、および磁束センサの出力を示す特性図である。

【図 10】本発明の実施の形態 1 に係る可動子が開極状態から閉極状態へ移動した場合の可動子位置および演算波形 g , h を示す特性図である。

40

【図 11】本発明の実施の形態 1 に係る演算波形 f の特徴点を説明する図である。

【図 12】本発明の実施の形態 1 に係る磁束センサ出力と可動子の位置との関係の一例を示す図である。

【図 13】本発明の実施の形態 2 に係る電磁操作機構を示す概略構成図（閉極状態）である。

【図 14】本発明の実施の形態 3 に係る電磁操作機構を示す概略構成図（閉極状態）である。

【図 15】本発明の実施の形態 4 に係る電磁操作機構を示す概略構成図（閉極状態）である。

【図 16】本発明の実施の形態 5 に係る電磁操作機構を示す概略構成図（閉極状態）であ

50

る。

【図 1 7】本発明の実施の形態 6 に係る可動子が閉極状態から開極状態へ移動した場合の可動子位置、および磁束センサの出力を示す特性図である。

【図 1 8】本発明の実施の形態 7 による開閉制御装置を示すブロック構成図である。

【符号の説明】

【 0 0 1 1 】

1 電磁操作機構、2 a 閉極側コイル、2 b 開極側コイル、3 可動子、4 ヨーク、5 永久磁石、6 a , 6 b 磁束センサ、7 電流センサ、8 磁束センサ挿入穴、9 可動軸、10 a , 10 b , 11 a , 11 b サーチコイル、20 駆動電源、21 波形取得手段、22 記憶手段、23 波形演算手段、24 状態判定手段、30 真空バルブ、31 絶縁ロッド、32 ワイプばね、33 固定接点 34 可動接点、40 開閉制御装置、41 状態情報表示手段、42 状態情報送信手段、43 開閉指令送信手段、44 開閉指令制御手段、45 開閉指令入力手段、46 トリップ信号入力手段。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 2 】

実施の形態 1 .

図 1 および図 2 はこの発明の実施の形態 1 に係る電磁操作機構（電磁アクチュエータ）を用いた電力開閉器を示す概略構成図であり、通常は 3 相ある電力系統の 1 相分について示したものである。また、図 1 は電力系統を開極した状態であり、図 2 は閉極した状態を示す。

20

電力系統の開閉は真空バルブ 30 内部の可動接点（被操作機器）34 が動くことによって行われる。可動接点 34 の駆動は、電磁アクチュエータ 1 によって行われる。また、可動接点 34 と、電磁アクチュエータ 1 を接続する軸上には、電力系統と電磁アクチュエータ 1 を絶縁するための絶縁ロッド 31、および可動接点 34 と固定接点 33 との間に接触圧力を与えるためのワイプばね 32 が配置される。ワイプばね 32 は、押し縮めた状態で組み立てられており、一定の長さ以上は伸びないように機械的に固定されている。電磁アクチュエータ 1 は、外部からの開閉指令信号によって、電源回路 20 から電磁アクチュエータ 1 に通電を行うことによって動作する。

【 0 0 1 3 】

30

通常、可動接点 34 と接続された電磁アクチュエータ 1 の可動子 3 の駆動距離  $L$  は、可動接点 34 の駆動距離  $K$  よりも大きく設定されている。このため、例えば、開極状態から閉極状態に駆動する場合には、まず最初に可動子 3 と可動接点 34 が連結した状態で閉極方向に移動し、可動子 3 と可動接点 34 が距離  $K$  だけ移動した時点で、可動接点 34 は固定接点 33 に当接して停止し、次に、 $(L - K)$  の距離だけ可動子 3 が動き、ワイプばね 32 が  $(L - K)$  の長さだけ縮む。この時、可動接点 34 はワイプばねの縮み量  $(L - K)$  に応じたばね力で、固定接点 33 に押し付けられる。

また、閉極状態から開極状態に駆動される場合に、まず、可動子 3 が移動を開始し、これに伴って、ワイプばね 32 が伸びる。この間、可動接点 34 は固定接点 33 に接触したまま停止している。可動子 3 が  $(L - K)$  だけ移動した時点で、ワイプばね 32 が最大長まで伸び、この時点から可動子 3 と可動接点 34 が連結して移動するようになる。この時点をワイプ完了点と呼ぶ。

40

【 0 0 1 4 】

図 3 は、本発明の実施の形態 1 に係る電磁アクチュエータおよび状態把握装置の概略構造を示した構成図であり、図 3 ( a ) は電磁アクチュエータおよび状態把握装置の構成を、図 3 ( b ) は電磁アクチュエータのヨーク（固定鉄心）の一部を示す図であり、図 3 ( b ) は図 3 ( a ) の B - B 線での断面構成図である。

電磁アクチュエータ 1 は、ヨーク 4、ヨーク 4 に対して移動可能に構成された可動子（可動鉄心）3、駆動用電源回路 20 により励磁される閉極側コイル 2 a および開極側コイル 2 b、可動子 3 の外周部に設置され、開極状態または閉極状態を保持する永久磁石 5、

50

可動軸 9、並びにヨーク 4 内部に挿入された磁束センサ 6 a , 6 b から構成される。可動子 3 と可動軸 9 とは固着されており、可動子 3 はヨーク 4 の内部で可動軸 9 の軸方向にほぼ直線的に動くように構成されている。図 3 では、可動子 3 はヨーク 4 の真空バルブ側（上側）の端面に接触している。

【 0 0 1 5 】

電源回路 2 0 は、外部から供給される電源によって内部のコンデンサ（図示せず）に電荷を充電しており、外部から与えられる閉指令信号、または開指令信号に応じて、コイル 2 a またはコイル 2 b に対して充電された電荷を一定時間だけ放電する。

なお、ここでは、一旦コンデンサに充電した電荷をコイル放電する方法を示したが、外部電源から供給される電流を直接コイル 2 a またはコイル 2 b に通電する方式としても良い。

10

【 0 0 1 6 】

磁束センサ 6 a , 6 b は、図 3（b）に示すように、ヨーク 4 に設けられた磁束センサ挿入穴 8 に挿入される。閉極側磁束センサ 6 a は、可動子 3 が閉極位置で保持されている状態で、永久磁石 5 の磁束が通る位置に配置されている。開極側磁束センサ 6 b は、可動子 3 が開極位置で保持されている状態で、永久磁石 5 の磁束が通る位置に配置されている。

磁束センサ 6 a , 6 b は、ホール素子またはホール素子に校正機能を組み込んだホール IC であり、波形取得手段 2 1 より電力が供給されると共に、磁束センサ 6 a , 6 b の位置で計測された磁束を電圧または電流に変換して出力する。

20

【 0 0 1 7 】

波形取得手段 2 1 ではこの出力信号を、開閉指令信号を受け取った時点から電源回路 2 0 が放電を完了するまでの期間、一定のサンプリング間隔で A / D 変換し、変換された磁束変化波形データをメモリ 2 2 に保存する。

なお、A / D 変換を終了するタイミングは、電源回路 2 0 が放電を完了するタイミングに厳密に一致される必要なく、予め波形取得手段 2 1 の内部で決めておけば良い。

【 0 0 1 8 】

電流センサ 7 は、ホール IC やシャント抵抗を用いた直流電流センサであるが、放電電流波形の条件によっては、CT 方式の交流電流センサを用いることもできる。電流センサ 7 は、電源回路 2 0 からコイル 2 a またはコイル 2 b に流される電流値を、電圧または電流信号に変換して出力する。

30

【 0 0 1 9 】

波形取得手段 2 1 ではこの出力信号を、開閉指令信号を受け取った時点から電源回路 2 0 が放電を完了するまでの期間、一定のサンプリング間隔で A / D 変換し、変換された電流変化波形データをメモリ（記憶手段）2 2 に保存する。

【 0 0 2 0 】

波形演算手段 2 3 では、波形取得手段 2 1 で A / D 変換された磁束変化波形データおよび電流変化波形データをメモリ 2 2 から読み出し、後述する手順によって、上記磁束変化波形データと上記電流変化波形データの演算を行い、演算波形データを作成する。作成された演算波形データはメモリ 2 2 に一時的に保存される。

40

【 0 0 2 1 】

状態判定手段 2 4 では、メモリ 2 2 に保存された演算波形データ、電流変化波形データ、および磁束変化波形データから、アクチュエータの駆動開始タイミング、ワイプ完了タイミング、動作完了タイミング、駆動速度などの、アクチュエータの動作状態を表す数値データ（状態値）を算出する。さらに、これらの状態値が予め決められている状態値の正常な範囲内にあるかどうかを判定し、状態判定信号を出力する。

さらに、判定結果に基づいて、例えば、開閉装置盤面、または盤内に設置された状態表示ランプの点灯を行う。また、状態判定結果を接点信号や、有線 / 無線の通信手段によって、受配電設備の監視システムに引き渡しても良い。

【 0 0 2 2 】

50

図4は本発明の実施の形態1による状態把握装置および開閉制御装置の動作を説明するフローチャートであり、閉極状態から開極状態に移動する開極時の動作を示す。ステップS1で開指令信号が入力されると、ステップS2～ステップS3で、電源回路20はコンデンサに充電した電荷を一定時間、開極側コイル2bに放電する。一方、ステップS4～ステップS7では、波形取得手段21において、電流センサ7および磁束センサ6a, 6bからの出力信号を一定のサンプリング間隔でA/D変換し、変換された時間的变化波形データをメモリ22に保存する。ステップS8～ステップS10では、波形演算手段23において、メモリ22に記憶された磁束変化波形データと電流変化波形データとを読み出し、電流ピーク位置から一定時間前の領域Sに含まれる磁束変化波形データと電流変化波形データとから後述の係数 $\alpha$ ,  $\beta$ を決定し、演算波形を作成する。ステップS11では作成した演算波形をメモリ22に保存する。ステップS12では、状態判定手段24において、メモリ22に記憶された演算波形eから、アクチュエータの動作開始点、ワイプ完了点等の特徴点を抽出し、ステップS13では、この抽出された特徴点での波形の値と時刻とを用いて演算波形fからアクチュエータの駆動速度を推定する。ステップS14～ステップS16では、推定された駆動速度値が予め決められている正常な範囲内にあるかどうかを判定し、正常または異常の判定結果を出力する。

#### 【0023】

次に、磁束センサ6a, 6bが測定する信号、および磁束センサ6a, 6bからの磁束変化波形データと電流センサ7からの電流変化波形データとの演算方法について詳細に説明する。

#### 【0024】

図5(a)～(f)は可動子3の位置に応じた電磁アクチュエータ内部の主要な磁束の流れを示す図であり、図5(a)は閉極状態、図5(b)は開極状態における永久磁石による主要な磁束の流れを示している。また、図5(c)～(f)は永久磁石5と開極側コイル2bとが作る磁束の流れを示している。なお、磁束線は左右対称であるが、図中には右半分の磁束線についてのみ示している。

図5(a)に示すように、永久磁石5の作る磁束によって、可動子3にはヨーク4との接触状態を保持する力(保持力)が働いている。この状態において、開極側コイル2bに、永久磁石5が発生する磁束をキャンセルする方向に電流を通電すると、電流が十分に大きければ、永久磁石5による保持力は消滅し、コイル2bの作る磁束によって可動子3は下方(開極方向)に向かって移動し、ヨーク4の下側の面(開極側端面)に接触する。この状態で、永久磁石5による磁束によって、可動子3には開極側端面との接触を保持するように保持力が発生する(図5(b))。可動子3が開極側端面に接触した状態において、閉極側コイル2aを通電すると、同様の動作によって、可動子3を閉極側へ移動させ、その位置で保持させることができる(図5(a))。

#### 【0025】

可動子3が閉極側で静止している状態で、かつコイル2a, 2bへの通電が行われていない状態(図5(a))では、磁束センサ6aが測定している磁束は、永久磁石5が作る磁束 $\Phi_{PM}$ である。ただし、実際には、 $\Phi_{PM}$ に加えて、ヨーク4が磁化したことによって発生した磁束 $\Phi_y$ も同時に測定している。 $\Phi_y$ については後述する。

#### 【0026】

コイル2bに通電を行うと、図5(c)の破線で示すように、コイル2bが作る磁束 $\Phi_{c1}$ 、 $\Phi_{c2}$ が磁束センサ6a, 6bで測定されるようになる。

コイル2bが作る磁束が流れる経路は、ヨーク4と可動子3の閉極側端面(図中の上端面)との接触面から、可動子3の開極側端面(図中の下端面)を通過して、ヨーク4に流れる経路( $\Phi_{c1}$ ～ $\Phi_{c1}$ )と、ヨーク4から永久磁石5を通過して可動子3の一部を通過してヨーク4に戻る経路( $\Phi_{c2}$ ～ $\Phi_{c2}$ )との2つの経路がある。

ヨーク4と可動子3の閉極側端面との接触面において、永久磁石5が作る磁束 $\Phi_{PM}$ の流れる向きとコイル2bが作る磁束 $\Phi_{c1}$ の流れる向きとは逆向きである。

$\Phi_{c1}$ 、 $\Phi_{c1}$ 、 $\Phi_{c2}$ の間には、

10

20

30

40

50

$c = c_{-1} + c_{-2}$   
の関係がある。

また、( $c \sim c_{-2}$ )の経路では永久磁石5と可動子3との間に空気ギャップがあり、永久磁石5自体も空気ギャップとして働くため、

$c_{-1} > c_{-2}$   
の関係がある。

コイル2bが作る磁束成分で、磁束センサ6aで測定される成分は  $c_{-1}$  であり、磁束センサ6bが測定する成分は  $c$  である。

コイル2bに通電を行っても、可動子3が動き出す前の状態では、磁束  $c$ 、 $c_{-1}$  は、コイル2bへの通電電流  $I$  に比例する。

10

#### 【0027】

図5(d)に示すように、コイル2bの通電電流が増大することによって可動子3が動き出すと、磁束センサ6aが測定している永久磁石5による磁束  $PM_{-2}$  は、可動子3の開極側端面とヨーク4との間のギャップが広がるにつれて減少し始める。すなわち、永久磁石5による磁束  $PM_{-2}$  の大きさが可動子3の位置に依存しており、単調減少の特性となる。

これに対して、コイル2bが作る磁束に関しては、センサ6aを通過する  $c_{-1}$  では、可動子3の開極側端面とヨーク5との間、閉極側端面とヨーク5との間には常にギャップがあり、開極側、閉極側のギャップの和は、可動子3が移動しても変化しないため、 $c_{-1}$  は可動子3の位置による変化は小さく、コイル2bに流れる電流値に比例する大きさとなる。

20

#### 【0028】

一方、開極側の磁束センサ6bで計測する磁束は、永久磁石5が作る  $PM_{-1}$  と、コイル2bが作る磁束  $c$  との和である。可動子3の移動とともに、可動子3の開極側端面とヨーク5との間のギャップが狭くなるために、磁束  $PM_{-1}$  は単調増加の特性となる。

また、 $c$  の変動の傾向は、可動子3の移動とともにヨーク4と可動子3の開極側端面間とのギャップが狭くなるために  $c$  が増加する効果と、コイル2bの通電電流に比例して  $c$  が変化する効果を重ね合わせたものとなる。ただし、 $c$  から  $c_{-2}$  へ流れる磁束の経路には、常に永久磁石5が空気ギャップとして存在するため、可動子3の位置変動による  $c$  の変化の程度は、 $PM_{-1}$  の変化の程度に比べると小さいものになる。

30

#### 【0029】

以上の説明は、ヨーク5が磁気飽和していないことを前提とした説明であるが、磁気飽和が発生した場合には、上記の関係が成り立たない場合がある。通常の磁気設計では、可動子3がヨーク4の開極側、または閉極側で接触している場合には、磁気飽和が起きることがあるが、可動子3が移動している場合には磁気飽和は発生していないと考えて良い。具体的には、図5(a)で一部、磁気飽和が起きていても、図5(c)、(d)では磁気飽和は無いと考えて良い。

また、図5(e)は、可動子3が移動を完了した直後の状態であるが、この時点では、まだコイル2bには通電が行われており、コイル2bの作る磁束  $c$  の向きと永久磁石5が作る磁束  $PM$  の向きとは同方向であるため、磁気飽和が発生する場合がある。

40

#### 【0030】

可動子3の移動完了時点(図5(e))から一定時間経過後(実際には、コイル2bへの通電開始から一定時間経過後)に、コイル2bへの通電が完了し、図5(f)の状態になる。図5(f)では、図5(c)から図5(e)までの間に、コイル2bによってヨーク4及び可動子3が励磁された影響により、ヨーク4及び可動子3に残留磁化が残っており、この残留磁化によって磁束  $y$ 、 $y_{-1}$ 、 $y_{-2}$  が作られる。このため、磁束センサ6aでは、磁束  $y_{-1}$  が計測され、磁束センサ6bでは、永久磁石5が作る磁束  $PM$  に磁束  $y$  を加えた値が計測される。

#### 【0031】

このように、磁束センサ6a、6bで計測する磁束変化は、可動子3の位置の変化によ

50

る成分と、コイル電流値  $I$  の変化による成分とが複合したものとなっている。例えば磁束センサ 6a で検出される値  $\phi_{6a}$  は、可動子 3 の位置  $x$  に依存する永久磁石の磁束  $\phi_{PM\_6a}(x)$  と、可動子 3 の位置  $x$  とコイル 2b の電流値  $I$  との両方に依存する  $c_{6a}(x, I)$  との和として

$$\phi_{6a}(t) = \phi_{PM\_6a}(x(t)) + c_{6a}(x(t), I(t)) \quad (1)$$

と書くことができる。

ここで、可動子 3 の位置  $x$ 、コイル電流  $I$  は、それぞれ時間  $t$  に依存するため、 $x(t)$ 、 $I(t)$  と表記している。

【0032】

$c_{6a}(x, I)$  は、電流値  $I$  に対して比例関係にあると考えて良いので、

$$c_{6a}(x, I) = c_{6a}(x) \cdot k_1 \cdot I \quad (2)$$

と書き換えることができる。

ここで、 $k_1$  は比例係数である。また、 $c_{6a}(x)$  は、 $c_{6a}$  の、 $x$  に対する関係を示した関数である。

【0033】

$\phi_{PM\_6a}$  と  $c_{6a}$  とは、両者とも、可動子 3 とヨーク 4 とのギャップの大きさと、このギャップを通過する磁束との関係を示す関数であるので、同じ関数で近似できるとすると、

$$c_{6a}(x) = k_2 \cdot \phi_{PM\_6a}(x) \quad (3)$$

とできる。ここで、 $k_2$  は比例係数である。

これから、

【0034】

【数 1】

$$\phi_{6a}(t) = \phi_{PM\_6a}(x) + k_2 \cdot \phi_{PM\_6a}(x) \cdot k_1 \cdot I$$

$$\phi_{6a}(t) = \phi_{PM\_6a}(x) \cdot (1 + k_1 \cdot k_2 \cdot I)$$

$$\phi_{PM\_6a}(x) = \frac{\phi_{6a}(t)}{(1 + k_1 \cdot k_2 \cdot I(t))} \quad (4)$$

【0035】

となり、 $\phi_{PM\_6a}$  と  $x$  との関係式が判っていれば、

【0036】

【数 2】

$$x(t) = \phi^{-1} \left( \frac{\phi_{6a}(t)}{(1 + k_1 \cdot k_2 \cdot I(t))} \right) \quad (5)$$

【0037】

として、可動子 3 の位置  $x$  と時間  $t$  との関係を求めることができる。

また、上述したように、 $c_{6a}$  の  $x$  に対する変化が、 $\phi_{PM\_6a}$  の  $x$  に対する変化に比べて十分小さい場合には、 $c_{6a}$  は  $x$  に対してほぼ一定であると近似することができ、

$$\phi_{6a}(t) = \phi_{PM\_6a}(x) + k_3 \cdot I \quad (6)$$

とすることができる。ここで  $k_3$  は比例定数である。

この結果、式 (5) は

$$x(t) = \phi_{PM\_6a}^{-1} (\phi_{6a}(t) - k_3 \cdot I(t)) \quad (7)$$

となる。

10

20

30

40

50



例えば、 $PM_{6a}(x)$  が 1 次関数であれば、  

$$x(t) = k_4 \cdot (i_{6a}(t) - k_3 \cdot I(t)) + k_5 \quad (8)$$
 とすることができる。

ここで、 $k_4$ 、 $k_5$  は定数である。

#### 【0038】

したがって、可動子 3 が閉極位置から開極位置へ移動する際における、磁束センサ 6 a、6 b からの出力信号の時間的変化を表す磁束変化波形を取得し、同様に、コイル 2 b の通電電流の時間変化を示す波形（電流センサ 7 からの出力信号の時間的変化を表す電流変化波形）を取得した後、この磁束変化波形と電流変化波形とに適切な演算処理を行うことにより、磁束変化波形から電流変化成分を消去することができ、この結果得られた波形は、可動子 3 の位置の時間変化を示す波形となる。

10

#### 【0039】

図 6 は、可動子 3 が閉極位置から開極位置へ移動した場合の可動子 3 の位置（波形 a）、磁束センサ 6 a の出力（波形 b）、磁束センサ 6 b の出力（波形 c）、および開極側コイル 2 b の通電電流（波形 d 1）の時間変化を示している。図 6 において、横軸は時間、縦軸は左側が電流センサ 7 の出力信号に対するスケール、右側が磁束センサの出力信号に対するスケールである。なお、波形 a に対する縦軸は可動子 3 の位置を示すスケールとなる。

波形 b は、可動子 3 の動き出し（時刻 T 2）から全移動距離の 1 / 3 程度の所までは単調に出力が変化しているが、1 / 3 以降では出力がほぼフラットになっている。これは、可動子 3 が移動するに伴って、永久磁石 5 の作る磁束が開極側を流れるようになり、閉極側にはほとんど流れなくなってしまうためである。

20

一方、波形 c は、全工程に渡って単調に出力が変化している。これは、アクチュエータが図 7（a）の A 部と B 部において非対称な形状になっているために、可動子 3 が開極側から閉極側に移動しても（図 7（a） 図 7（b））、A 部の磁路の磁気抵抗が大きくなっているために、B 部にも磁束  $PM_1$  が流れ続けているためである。

#### 【0040】

図 8 は、ステップ S 1 1 で演算する演算例として、磁束変化波形から、電流変化波形に定数を乗算したのちに、引き算を行った結果を示したものである。波形 e は、磁束変化波形 b と電流変化波形 d 1 に係数を乗じたものとの差分であり、波形 f は、磁束変化波形 c と電流変化波形 d 1 に係数を乗じたものとの差分である。

30

ここで、係数  $k_4$ 、 $k_5$  は、可動子 3 が動き出すまでに波形 e、および波形 f にそれぞれフラットな領域 s ができるという条件で決定している。これは、演算した結果の波形 e、f は、式（1）、式（2）で示したように、可動子 3 の位置  $x$  と時間  $t$  の関係を示すものでなければならないので、可動子 3 が移動を開始する前には、波形 e、f の時間変化は無いはずであるという理由から決定した条件である。ここで、フラットになるという条件は、具体的には、領域 s の範囲で、波形の時間変化が極小になるように  $k_4$ 、 $k_5$  を決めることである。

また、領域 s の決定は、アクチュエータに固有の領域として予め決めておく方法、電流のピーク位置から一定時間前の時間領域として定義する方式、磁束センサの磁束変化波形から推定する方式が考えられる。

40

#### 【0041】

図 8 において、演算波形 e と可動子 3 の位置を示す波形 a とを比較すると、可動子 3 の動き出しから動作の 1 / 3 程度の領域で、可動子 3 の変位を示す波形 a との相関が得られている。特に、可動子 3 の動き出し時点（T 2）、ワイプ完了時点（T 5）を再現している。一方、演算波形 f は、可動子 3 の動き出し時点（T 2）の感度は、演算波形 e に比べて低くなっているが、ストローク全域に渡って可動子 3 の変位を示す波形 a との相関が得られている。

#### 【0042】

ここで、係数  $k_4$ 、 $k_5$  の具体的な決定方法について説明する。ここでは、コンデンサに充

50

電された電荷を用いてコイルを駆動する方式において、コイル駆動電流のピーク位置からフラット領域  $s$  を決める方式に基づいて説明する。

まず第 1 の手順として、フラット領域  $s$  を決定する（図 4 のステップ S 8 ～ステップ S 9 ）。

図 8 において、演算波形  $e$  ,  $f$  では、放電開始（地点  $T_0$  ）直後に急激に値が変動しており、その後フラットな領域  $s$  ができている。アクチュエータのヨーク 5 は、静止状態では永久磁石 5 の作る磁束によって磁氣的に飽和している。放電が開始されると、コイルの作る磁束は、永久磁石 5 の作る磁束を打ち消す方向に発生する。放電電流が上昇して、ヨーク 5 内部の磁氣的な飽和状態が解消された時点から、可動子 3 が動き始める時点までの間は、コイル電流値  $I$  と磁束センサの測定値  $B$  に、 $I$  -  $B$  の関係が成り立つ。上記のフラットな領域  $s$  は、磁気飽和が解消される時点から可動子 3 が動き出すまでの時間と考えることができる。磁気飽和が解消される時点は、アクチュエータ 1 の構造とコイル電流値とによってほぼ決まるため、同じ構成の開閉装置ではほぼ同じ時点となる。従って、予め磁気飽和が解消される時点を計測し、 $T_1$  としてメモリ 22 に保存しておけば、フラット領域  $s$  の始めの時点を決めることができる。また、前述のように、飽和が解消する時点はコイル電流値によって決まるため、図 6 において、コイル電流値  $I$  が予め決められた一定値  $I_x$  に等しくなった時点をフラット領域  $s$  の始めの時点  $T_1$  としても良い。

#### 【 0 0 4 3 】

次にフラット領域  $s$  の終わりの時点（可動子 3 が動き出す地点） $T_2$  を決めるために、電流ピーク時点  $T_3$  を検出する。コイル駆動電流は、一般的には、図 6 のような波形  $d_1$  を持つ。コンデンサの放電開始時点  $T_0$  から、コンデンサの静電容量  $C$  とコイルのインダクタンス  $L$  で決まる時定数でコイル電流は増加するが、アクチュエータの可動子 3 が動き出すと、インダクタンス  $L$  が急激に増加するためコイル電流が制限される。これによって電流変化波形  $d_1$  は図 6 に見られるようなピークを持つ。可動子 3 が動き出すタイミングは、電流ピーク時点よりも前であるが、同じ構成のアクチュエータであれば、電流ピーク時点と可動子 3 の動作開始時点とはほぼ一定の時間間隔となる。従って、予め、この時間間隔を測定して  $T$  としてメモリ 22 に保存しておけば、可動子の動作開始時点  $T_2$  を、電流ピーク時点  $T_3$  から（ $T_3 - T$  ）として推定できる。

なお、電流ピーク時点の推定方法としては、電流値が最大値となった時点の近傍の変化波形データに二次関数近似を行って、近似関数が極値を取る時点をピーク時点とする。ただし、電流センサの出力のノイズ成分が十分小さければ、電流値が最大となる時点をそのままピーク時点としても良い。

また、電流変化波形データに平滑化処理を行った後のデータにおいて最大値となる時点をピーク時点としても良い。

また、アクチュエータやコンデンサ容量の構成によっては、第 1 の電流ピークの後に、第 2 の電流ピークが現れる場合があり、第 2 の電流ピークが第 1 の電流ピークよりも大きい場合がある。この場合は、第 1 の電流ピークを電流ピーク時点とする。

#### 【 0 0 4 4 】

第 2 の手順として、フラット領域  $s$  、即ち、 $T_1$  から  $T_2$  （ $= T_3 - T$  ）の時間領域において、以下の式（ 9 ）, （ 10 ）で表される  $b$ 、または式（ 11 ）, （ 12 ）で表される  $c$  の値について、または  $b$  を順次変化させて値を評価し、 $b$  または  $c$  が最小となる  $b$  ,  $c$  の値を求める（図 4 のステップ S 10 ）。

#### 【 0 0 4 5 】

【数 3】

$$\sigma b = \sum_{(s)} \left\{ (b_k - \alpha \cdot I_k) - \overline{Sb} \right\}^2 \quad (9)$$

$$\overline{Sb} = \frac{\sum_{(s)} (b_k - \alpha \cdot I_k)}{M} \quad (10)$$

$$\overline{Sc} = \frac{\sum_{(s)} (-c_k - \beta \cdot I_k)}{M} \quad (11)$$

$$\sigma c = \sum_{(s)} \left\{ (-c_k - \beta \cdot I_k) - \overline{Sc} \right\}^2 \quad (12)$$

【0046】

ここで、 $b_k$ 、 $c_k$ 、 $I_k$ は、一定のサンプリング周期でA/D変換されてメモリ22に保存された磁束センサ6a、6bの変化波形データ、及び電流センサの変化波形データである。各センサのサンプリング周期は共通であるとし、データ数はそれぞれN個ずつであるとする。また、

【0047】

【数 4】

$$\sum_{(s)}$$

【0048】

は、上記サンプリングされたデータの中で、領域sに含まれるものに付いての和を取ること示したものである。さらに、Mは、サンプリングされた各センサの変化波形データのうちで、領域sに含まれるデータの個数である。

【0049】

なお、上記式(11)、(12)において、磁束データ $c_k$ にマイナス符号が付いているのは、磁束センサ6aと磁束センサ6bとの向きの違いを補償するものであり、一方の磁束センサの向きを180度反転させれば、マイナス記号を付ける必要はなくなる。

【0050】

さらに、この、を用いて、演算波形e、fを以下のように算出する(図4のステップS11)。

$$e_i = b_i - \alpha \cdot I_i \quad (13)$$

$$f_i = -c_i - \beta \cdot I_i \quad (14)$$

ここで、 $b_i$ 、 $c_i$ は変化波形データのi番目のサンプリング・データを表し、 $1 \leq i \leq N$ である。

【0051】

図9は、可動子3が開極位置から閉極位置へ移動した場合の可動子3の位置(波形a)、磁束センサ6aの出力(波形b)、磁束センサ6bの出力(波形c)、および閉極側コイル2aの通電電流(波形d2)の時間変化を示している。図9において、横軸は時間、縦軸は左側が電流センサ7の出力信号に対するスケール、右側が磁束センサの出力信号に対するスケールである。なお、波形aに対する縦軸は可動子3の位置を示すスケールとなる。

これらの波形に関しても、上記と同様に、可動子3の動き出しの前に波形がフラットに

10

20

30

40

50

なるという条件によって、電流変化波形の演算係数  $\alpha$  ,  $\beta$  を決定して、演算波形  $g$  ,  $h$  を以下のように算出する。

$$g_i = b_i - \alpha \cdot I_i \quad (15)$$

$$h_i = -c_i - \beta \cdot I_i \quad (16)$$

【0052】

図10は磁束変化波形と電流変化波形とを演算して得られた演算波形  $g$  ,  $h$  を示したものである。演算波形  $g$  、および演算波形  $h$  は、可動子3の動き出し時点から動作完了までで可動子3の位置との良い相関が得られる。

【0053】

次に、演算波形データから、開閉装置の状態を示すパラメータである可動子3の駆動速度の算出と、状態判定を行う手順について詳細に説明する。

まず、開極動作時(図4のステップS12~ステップS16)について述べる。第1の手順では、演算波形  $e$  を参照し、この波形データから図11に示した3つの特徴点  $P4$  ,  $P5$  ,  $P6$  を探索して、 $T4$  ,  $T5$  ,  $T6$  を算出する。特徴点  $P4$  は、フラット領域  $s$  の後に、値が急激に下がり始める点であり、可動子3の動作開始時点  $T4$  ( $T2$  に一致する時点)を表す点である。特徴点  $P5$  は、 $T4$  以降に単調に減少していた波形が、一時的に増加に転じる点であり、ワイプばね完了点  $T5$  に一致する時点である。特徴点  $P6$  は、 $T5$  以降に減少に転じた波形が、再び増加に転じる点であり、可動子3の駆動完了点  $T6$  に一致する。

【0054】

なお、特徴点  $P5$  および特徴点  $P6$  は、開閉装置の構成によっては、減少から増加に転じる点として現れず、曲がり点、即ち、傾きが急激に変化している点として現れる場合もある。このような特徴点を探索する方法としては、電流ピーク点の検出方法と同様に極大、極小値を特徴点とする方法や、波形の2階微分値の絶対値が予め決められたしきい値を超えた点を特徴点とする方法などがある。

【0055】

第2の手順では、波形  $f$  を参照し、上記  $T4$  および  $T6$  の時間に相当する波形  $f$  の値  $f_{t=T4}$  および  $f_{t=T6}$  を求め、各値の差分をとる。波形  $f$  は、ストローク波形  $a$  に近似的に一致しているとした場合、この差分は、可動子3の駆動距離  $L$  に相当する。即ち、補正係数を用いて、

$$L = \alpha \cdot (f_{t=T4} - f_{t=T6}) \quad (17)$$

とすることができる。

【0056】

可動子3の駆動距離  $L$  は、同形状の開閉装置でほぼ一定の値であるため、波形  $f$  の差分を算出すれば、

【0057】

【数5】

$$\varepsilon = \frac{L}{(f_{t=T6} - f_{t=T4})} \quad (18)$$

【0058】

として、補正係数  $\varepsilon$  を求めることができる。

この補正係数  $\varepsilon$  を用いて、波形  $f$  をさらに修正し、

$$F_i = \varepsilon \cdot (-c_i - \beta \cdot I_i) \quad (19)$$

として、新しく演算波形  $F$  を求める。

【0059】

第3の手順では、波形  $F$  の  $T5$  における値と、 $T5 + T7$  における値の差分から可動子3の開極時の駆動速度  $v$  を算出する。 $T7$  は予め決められた固定値である。

【0060】

10

20

30

40

50

## 【数 6】

$$v = \frac{F_{t=T5+\Delta T7} - F_{t=T5}}{\Delta T7} \quad (20)$$

## 【0061】

なお、ここでは、ワイプ完了時点 T5 を基準として速度を求めたが、特定の時刻や特定の波形 F の値を基準点として速度を求めても構わない。

## 【0062】

第 4 の手順では、速度 v と、予め決められた速度の下限值、上限値を比較し、速度が下限値よりも下回った場合や、上限値を超えた場合は、速度異常と判定し、外部装置に異常判定信号を出力する。

10

## 【0063】

閉極動作時についても同様に、図 10 に示す演算波形 g, h から開閉装置の状態を示すパラメータである可動子 3 の駆動速度の算出と状態判定を行うことができる。ただし、図 10 に示す演算波形 g, h からはワイプ完了点 T5 を算出することは困難であるが、可動子の駆動開始点 T4 および駆動完了点 T6 を検出することにより、開極動作時とほぼ同様に、演算波形 g および演算波形 h に対する各補正係数 t, u を

## 【0064】

## 【数 7】

20

$$t = \frac{L}{(g_{t=T6} - g_{t=T4})} \quad (21)$$

$$u = \frac{L}{(h_{t=T6} - h_{t=T4})} \quad (22)$$

## 【0065】

より求めることができる。

30

また、この補正係数 t, u を用いて、新たに演算波形 G, H を

$$G_i = t \cdot (b_i - \cdot I_i) \quad (23)$$

$$H_i = u \cdot (c_i - \cdot I_i) \quad (24)$$

として求め、新たな演算波形 G, H より、特定の時刻や特定の波形 F の値を基準点として閉極時の速度の算出を行うことができる。

得られた速度と、予め決められた速度の下限值、上限値（一般に開極時の値とは異なる値）を比較し、速度が下限値よりも下回った場合や、上限値を超えた場合は、速度異常と判定し、外部装置に異常判定信号を出力する。

## 【0066】

開極動作時の可動子 3 の駆動速度が低下すると、可動子 3 にワイプばねを介して連結されている可動接点の駆動速度が低下し、電力開閉装置においては、開極時における電流遮断性能が低下する。すなわち、接点が開いていてもアーク電流が流れ続け、事故発生時に電力を遮断しなければならない状況においても電流を遮断することができなくなり、事故の拡大を招くことになる。したがって、速度の低下を検知した場合は、即座にメンテナンスの実施が必要となる。

40

閉極動作時の可動子 3 の駆動速度が低下すると、閉極時に発生するアーク電流によって電極が溶着し、その後の開極動作が行えなくなる可能性がある。この場合にも同様に緊急のメンテナンスが必要となる。

また、開極動作、閉極動作のどちらの場合においても、駆動速度の低下は、駆動機構上の機械的な摩擦力の上昇や、駆動電流量の不足等に起因しており、なんらかの機器の異常

50

の兆候と考えることができる。これらの異常は、駆動機構の動作不良に繋がる可能性が高いため、同様にメンテナンスの実施が必要となる。

また、可動子3の駆動速度が所定の値よりも速すぎる場合には、駆動完了時の機械的な衝撃が大きくなり、開閉装置の耐用年数を低下させる要因となる。したがって、速度超過を検出した場合には、定期メンテナンスの繰上げ実施や、装置耐用年数の見直しなどの対処を行うことができる。

【0067】

なお、上記実施の形態では、開極動作と閉極動作との両方の速度を監視する例を示した。機械的な摩擦力は、開極動作/閉極動作で同じ程度であると考え、一方の速度だけ見ていれば、もう一方の状態も同じであると推定できるが、電気的には開極と閉極で独立している場合が多く、開極動作/閉極動作の一方でのみ異常な摩擦力が発生する場合もあり得る。また、開極動作/閉極動作で速度の基準値が違う等の理由から、両方監視する方が望ましい。

【0068】

以上のように、本実施の形態によれば、磁束変化波形と電流変化波形とを演算して得られた演算波形より、可動子の駆動速度を知ることができ、この駆動速度より、アクチュエータの状態、あるいはアクチュエータによって操作する可動接点の状態、あるいは開閉装置の状態を把握することができるので、小形で、安価で、かつ正確な状態把握装置が得られる効果がある。

【0069】

また、電流センサ7や磁束センサ6a, 6bの感度が変化した場合、例えば、各センサの感度比をそれぞれp, q, rとして、

$$I_i = p \cdot I_{i0}$$

$$b_i = q \cdot b_{i0}$$

$$c_i = r \cdot c_{i0}$$

となった場合には、波形Fは、

$$F_i = \frac{1}{2} \cdot (-r c_i - \frac{1}{2} \cdot p \cdot I_i) \quad (25)$$

と変化する。これは

$$F_i = \frac{1}{2} \cdot (-c_i - \frac{1}{2} \cdot I_i) \quad (26)$$

と書き直すことができるが、 $\frac{1}{2}$ と $\frac{1}{2}$ とは、可動子3の駆動前にフラット領域ができるという条件、および可動子3の駆動距離がLであるという2つの条件のみで決定されているため、センサの感度が変動しても、係数および補正係数を求める時点でその変動分はこれらの係数に吸収されるため、常に同じ結果が得られる。波形e, g, h, G, Hに関する係数, , および補正係数t, uに関しても、これらの係数を求める時点で、その変動分はこれらの係数に吸収されるため、常に同じ結果が得られる。

したがって、本実施の形態の状態把握装置を用いることにより、電流センサや磁束センサの初期の校正試験が不要になると共に、電流センサおよび磁束センサの感度の経時的な変動に対しても影響を受けることがない。

したがって、安価なセンサを用いても精度の良い判定を行うことが可能となる。

【0070】

なお、永久磁石が作る磁束と可動子3の位置との関係には、非線形な相関関係があり、例えば、図12に示すような関係となることがある。このような非線形の相関関係がある場合は、例えば、可動子3が最初から最後まで一定の速度で動いたとしても、例えば波形Fを元にして算出した速度では、可動子3の動き出し近傍に比べて、駆動完了点近傍での速度が遅くなっているように計測される。

したがって、ワイプ完了点など、特定の基準点での速度を計測する場合においては、その基準点における速度補正係数zを用いることにより正確な速度に変換することができる。

なお、速度の正常範囲の定義を測定値を基準にして決めておけば、速度補正係数の導入は不要である。

10

20

30

40

50

全領域に渡って正確な速度の算出が必要な場合は、波形 F に応じた速度補正係数が必要となる。具体的には、磁束センサ出力  $b$  と可動子 3 の位置  $x$  との間に、

$$x = Y(b) \quad (27)$$

という関係式、または、近似的な関係式がある場合、

【 0 0 7 1 】

【 数 8 】

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{\partial Y}{\partial b} \cdot \frac{db}{dt} \quad (28)$$

10

【 0 0 7 2 】

であり、 $db / dt$  は、波形 F から求めた速度に対応する値であるから、

【 0 0 7 3 】

【 数 9 】

$$z(b) = \frac{\partial Y}{\partial b} \quad (29)$$

【 0 0 7 4 】

を速度補正関数として定義すれば良い。

20

$x$  と  $b$  との近似式を作成することが困難である場合には、 $x$  と  $b$  との相関関係から離散的な速度補正係数データ  $y_j$  を作成して、データベースとしてメモリ 22 内に保存し、速度算出時にメモリ内の上記データベースを用いる方法を取ることもできる。

【 0 0 7 5 】

以上は、状態値として、可動子 3 の駆動速度を用いる場合について述べたが、別の状態量として、動作開始点におけるコイル電流値を用いることもできる。また、速度と動作開始点との両方を用いても良い。

動作開始点を用いる場合、速度を用いる場合の手法と同様に、演算波形  $e$  ,  $f$  ,  $g$  ,  $h$  を導出し、各波形の動作開始点を算出し、この時点での電流値が、予め決められた下限値を下回った場合や、上限値を超えた場合に、異常判定とし、外部の異常判定出力を行う。

30

可動子 3 の動作開始時点は、可動子 3 の保持力とコイルによる電磁力が釣り合った点である。したがって、動作開始点の電流値より、可動子 3 の保持力を知ることができる。

【 0 0 7 6 】

動作開始点での電流値の低下は、保持力の低下を表しており、当接面の異常や、永久磁石の減磁によって発生している場合が考えられ、開閉装置の誤動作の原因となる。

保持力低下の兆候を検知して、駆動機構のメンテナンスを実施することにより、開閉装置の誤動作を未然に防ぐことが可能となる。

また、動作開始点での電流値の上昇は、可動子 3 の保持力の上昇を表すが、経時的な保持力の上昇は、静止摩擦力の上昇と考えることができる。静止摩擦力の増大は、アクチュエータの動作不良を引き起こす原因となるため、静止摩擦力の基準値からの増大の兆候を判定することより、障害が発生する前にメンテナンスを実施し、開閉装置の動作不良の発生を防ぐことが可能になる。

40

【 0 0 7 7 】

なお、上記実施の形態では、開極時における演算波形  $e$  ,  $f$  と、閉極時における演算波形  $g$  ,  $h$  とを演算し、演算波形  $e$  より得られた特徴点を用いて演算波形  $f$  により開極時の可動子の速度の計算を行うと共に、演算波形  $g$  ,  $h$  より得られた特徴点を用い、演算波形  $g$  ,  $h$  より閉極時の可動子の速度の計算を行う例を示したが、用いる演算波形は、演算波形  $e$  ,  $f$  ,  $g$  ,  $h$  のうちの 1 つであってもよい。

また、複数の演算波形を用い、開極時または閉極時の可動子の速度、あるいは動作開始点での電流値を求め、得られた速度、あるいは動作開始点での電流値を基に開閉装置の状

50

態を把握するようにしても良い。

【 0 0 7 8 】

また、上記実施の形態では、磁束変化波形と電流変化波形とから演算波形  $e$  ,  $f$  ,  $g$  ,  $h$  を算出する際に、演算係数  $k_1$  ,  $k_2$  ,  $k_3$  を介して磁束変化波形と電流変化波形とを線形結合させた演算式を用いたが、理論的に導出される演算式を用いて演算波形を算出するようにしても良い。

例えば、式 ( 4 ) で示した、

$$6a(t) = PM_{6a}(x) \cdot (1 + k_1 \cdot k_2 \cdot I)$$

や、式 ( 1 ) , ( 2 ) から求められる関係式、

$$6a(t) = PM_{6a}(x) + c_{6a}(x) \cdot k_1 \cdot I \quad (30)$$

に基づいて、演算式を作成することができる。

【 0 0 7 9 】

実施の形態 2 .

図 1 3 は、本発明の実施の形態 2 に係る電磁アクチュエータを示す構成図 ( 閉極状態 ) である。磁束センサ 6 a , 6 b は、ヨーク 4 の内面側に溝加工を施し、この溝加工部分に組み込まれている。

図 3 ( b ) に示す実施の形態 1 の構成に比べ、ヨーク 4 の穴加工の必要が無くなるため、安価に製造を行うことができる。

【 0 0 8 0 】

実施の形態 3 .

図 1 4 は、本発明の実施の形態 3 に係る電磁アクチュエータを示す構成図 ( 閉極状態 ) である。磁束センサ 6 a , 6 b は、ヨーク 4 の内面側に張り付ける形で固定されている。

ヨーク 4 の角部分などの磁束が飽和しやすい部分に貼り付けることによって、ヨーク 4 内部での磁束測定に準じた測定値を得ることができる。

これによって、ヨーク 4 の穴加工を行う必要が無くなり、安価に製造を行うことができる。

【 0 0 8 1 】

実施の形態 4 .

図 1 5 は、本発明の実施の形態 4 に係る電磁アクチュエータを示す構成図 ( 閉極状態 ) である。サーチコイル 1 0 a , 1 0 b が、それぞれコイル 2 a , 2 b と重なる形で巻かれており、サーチコイル 1 0 a , 1 0 b を貫通する磁束変化率に比例した出力信号が得られる構成とする。

この出力信号を積分することによって、サーチコイル 1 0 a , 1 0 b を貫通する磁束を求めることができ、ヨーク 4 内部に磁束センサ 6 a , 6 b を挿入した場合に準じた出力を得ることができる。

【 0 0 8 2 】

実施の形態 5 .

図 1 6 は、本発明の実施の形態 6 に係る電磁アクチュエータを示す構成図 ( 閉極状態 ) である。サーチコイル 1 1 a , 1 1 b は、ヨーク 4 に巻きつけられており、サーチコイル 1 1 a , 1 1 b を貫通する磁束の変化率に比例した出力信号が得られる構成とする。

この信号を積分することによって、サーチコイル 1 1 a , 1 1 b を貫通する磁束を求めることができ、ヨーク 4 内部に磁束センサ 6 a , 6 b を挿入した場合に準じた出力を得ることができる。

【 0 0 8 3 】

実施の形態 6 .

上記各実施の形態では、磁束変化波形と電流変化波形とを演算することにより機器状態を判定したが、磁束変化波形から直接、機器状態を判定することも可能である。図 1 7 において、磁束センサ出力波形  $b$  の  $t$  および  $u$ 、磁束センサ出力波形  $c$  の  $v$  のように、波形の曲率が特徴的に変化している点は、可動子の動作開始点、ワイプ完了点、動作完了点に一致している。

10

20

30

40

50



したがって、磁束センサの信号のみを検出することによっても、可動子3の動作の特徴的な時点を簡便に知ることができるため、これらの情報から開閉装置の状態を推定することが可能となる。

具体的には、磁束センサ出力波形b, cの曲率が特徴的に変化している時点の特徴点として求め、各特徴点の時間間隔が標準的な値から変動しているかどうかによって、開閉装置の状態を推定することができる。

【0084】

実施の形態7.

図18は本発明の実施の形態7による開閉制御装置を示すブロック構成図である。開閉制御装置40は、波形取得手段(AD変換器)21、記憶手段(メモリ)22、波形演算手段23、状態判定手段24、状態情報表示手段41、状態情報送信手段42、開閉指令送信手段43、開閉指令制御手段44、開閉指令入力手段45、およびトリップ信号入力手段46を有している。

【0085】

開閉指令送信手段43からは、1つまたは複数の駆動電源20に対して、開指令または閉指令を送信できるように構成されている。開閉指令入力手段45は、外部の制御装置から、各駆動電源に対する開指令信号または閉指令信号を受信する。開閉指令制御手段44は、開閉指令入力手段45に入力された開閉指令信号に応じて、開閉指令送信手段43から開閉指令を個々の駆動電源20に送信する。また、開閉指令制御手段44は、開閉指令を送信すると同時にまたは一定の時間経過後から、波形取得手段21に対してAD変換の開

【0086】

波形取得手段21は、駆動電源20からアクチュエータ1に通電されるコイル電流値、及びアクチュエータ1に内蔵された磁束センサ(図示せず)からの信号を読み取り、一定のサンプリング間隔で読取った値のAD変換を繰り返し、所定のサンプリング回数または所定の時間だけ変換を行った後に、AD変換を終了して、取得した磁束波形データ及び電流波形データをメモリ22に保存する。

【0087】

波形演算手段23では、AD変換完了後に、磁束波形データと電流波形データとの演算処理を行い、演算波形データをメモリ22に保存する。

【0088】

状態判定手段24では、波形演算処理完了後に、メモリ22に保存された演算データを読み取り、可動子3の駆動速度、アクチュエータ保持力、アクチュエータ静止摩擦力などの状態量を算出し、予め、メモリ22に保存されているそれぞれの状態量の基準値との比較を行って、故障の程度を判定する。すなわち、緊急のメンテナンスが必要である重故障状態、メンテナンス時期の繰上げを要求する軽故障状態、または正常状態の判定を行い、判定結果をメモリ22に保存する。

【0089】

状態表示手段41は、状態判定手段22の判定結果に基づき、LEDの点灯や、ディスプレイ・モニタにより故障の程度に応じた表示を行う。

【0090】

状態情報送信手段42は、接点信号、RS-422、ネットワーク機能によって、外部制御機器に対して、状態情報の送信を行う。

【0091】

また、開閉指令制御手段44では、状態判定結果に基づいて、次回の開閉指令を受信した場合に、開閉指令送信手段43に対して、指令を送信するかどうかを判断する。すなわち、前回動作時に重故障判定がなされたアクチュエータに対しては、開閉指令の送信を禁止する。

このような開閉制御を行うことにより、開閉装置の動作不良による事故の発生を未然に

10

20

30

40

50

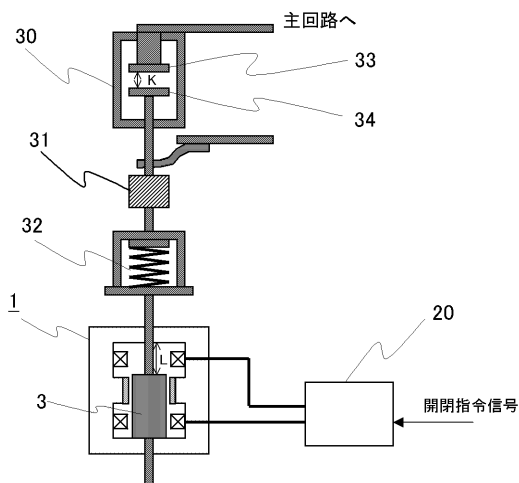
防止することが可能となる。

【 0 0 9 2 】

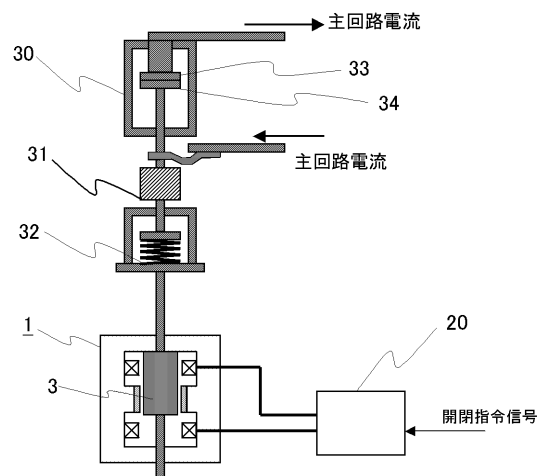
なお、トリップ信号入力手段 4 6 がトリップ信号を受信した場合は、重故障状態に係らず、開閉指令制御手段 4 4 は、開指令を開閉指令送信手段 4 3 より送信させる。これは、電力機器の事故が発生した場合には、事故遮断を優先するためである。

また、重故障状態にある開閉装置に対してトリップ信号を受信した場合には、開閉制御装置 4 4 において、より上位の開閉装置にトリップ信号、または開指令を送信する制御を行うことによって、事故の拡大を防止することができる。

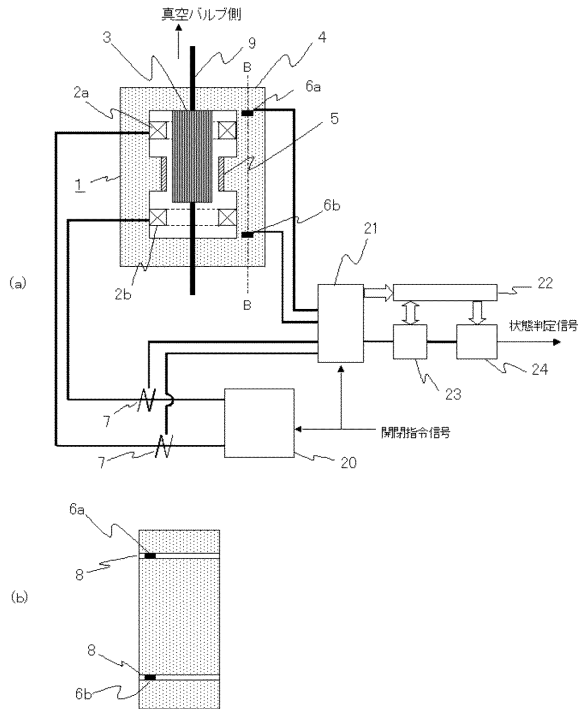
【 図 1 】



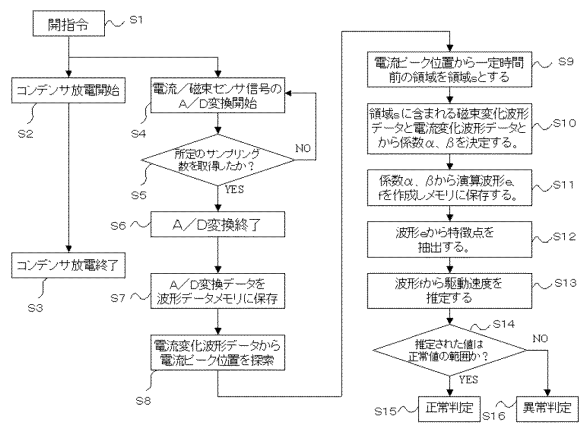
【 図 2 】



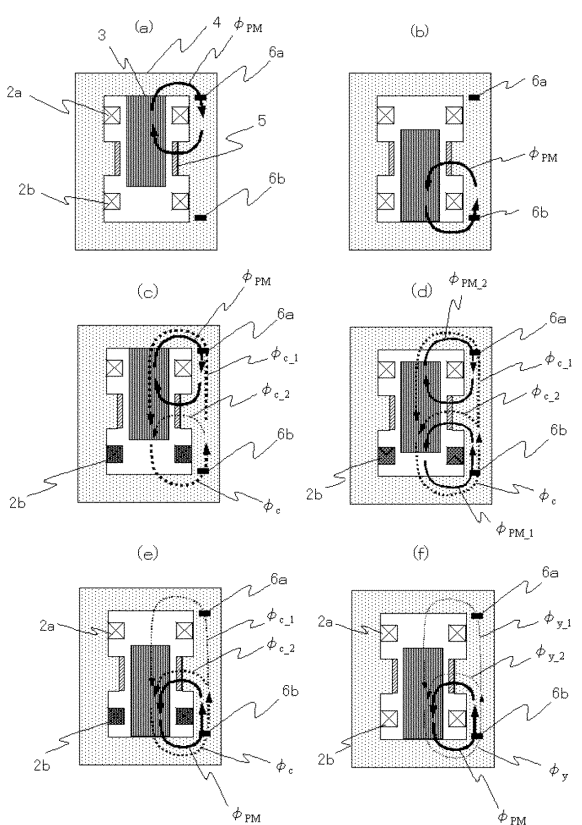
【図 3】



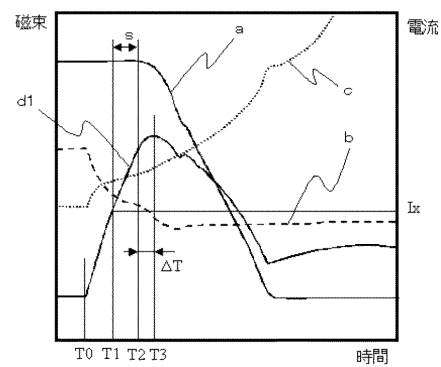
【図 4】



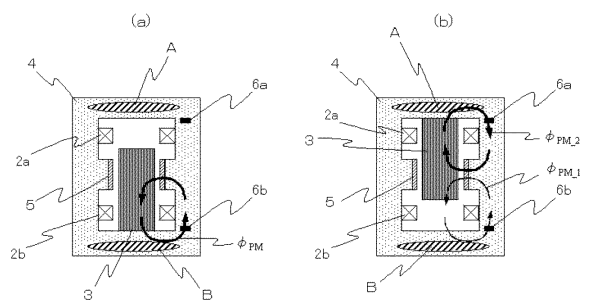
【図 5】



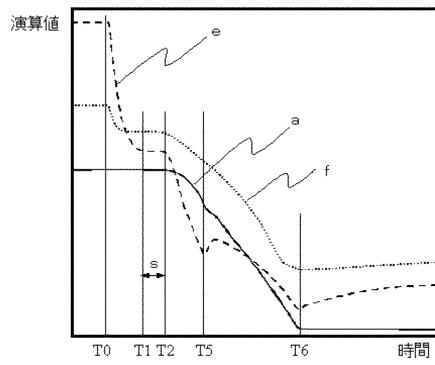
【図 6】



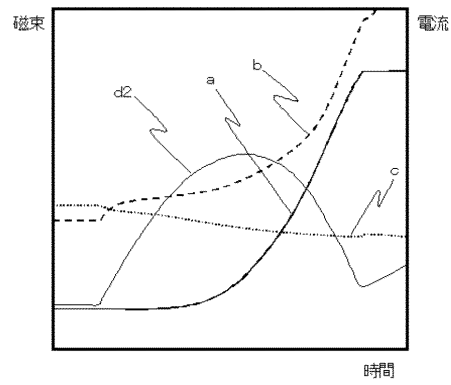
【図 7】



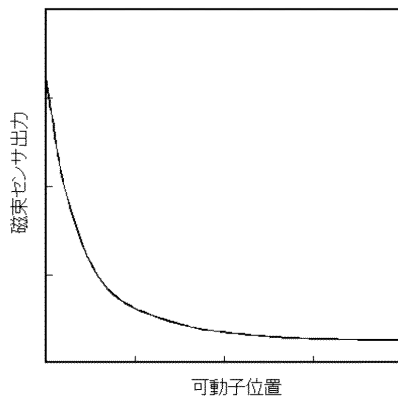
【図 8】



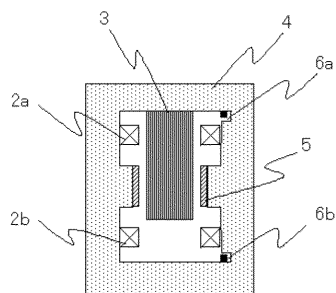
【図 9】



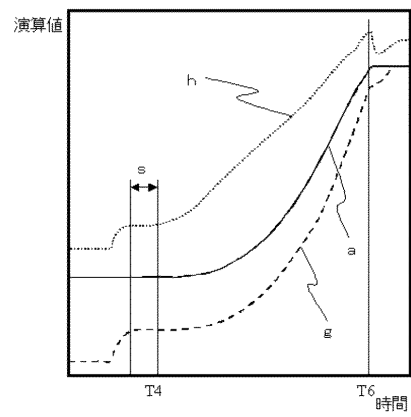
【図 12】



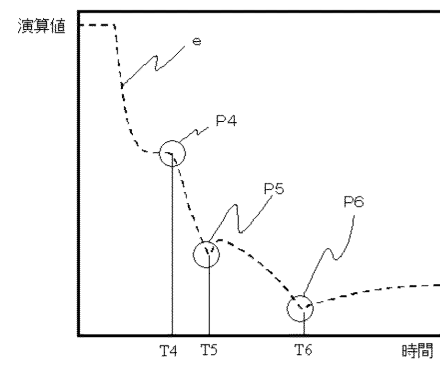
【図 13】



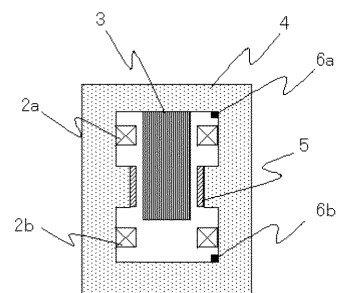
【図 10】



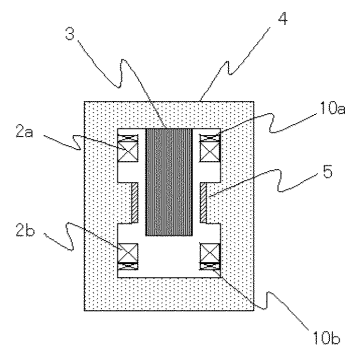
【図 11】



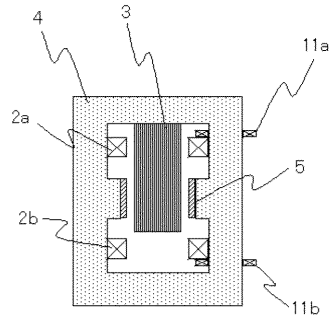
【図 14】



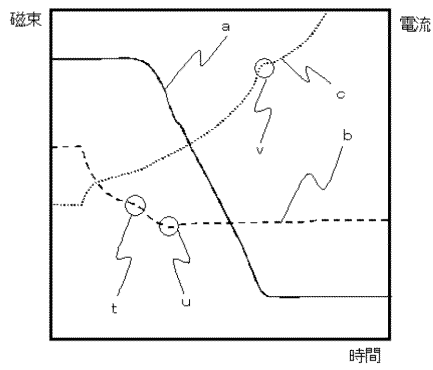
【図 15】



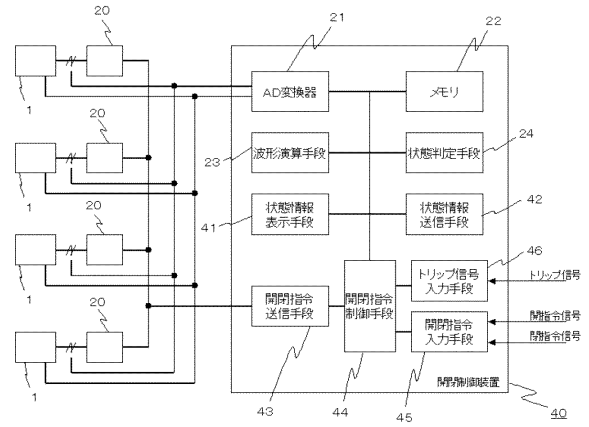
【図 16】



【図 17】



【図 18】



---

フロントページの続き

審査官 関 信之

- (56)参考文献 特開 2 0 0 6 - 4 9 0 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 5 - 2 2 3 1 6 8 ( J P , A )  
特開 2 0 0 5 - 7 8 9 7 1 ( J P , A )  
特表 2 0 0 0 - 5 0 9 9 1 7 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 0 5 / 1 1 1 6 4 1 ( WO , A 1 )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01H 33/38

H01H 33/66

H01F 7/18