

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5039943号
(P5039943)

(45) 発行日 平成24年10月3日(2012.10.3)

(24) 登録日 平成24年7月20日(2012.7.20)

(51) Int.Cl. F I
G 1 1 B 21/10 (2006.01) G 1 1 B 21/10 V
 G 1 1 B 21/10 R

請求項の数 13 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-132834 (P2007-132834) (22) 出願日 平成19年5月18日 (2007.5.18) (65) 公開番号 特開2008-287815 (P2008-287815A) (43) 公開日 平成20年11月27日 (2008.11.27) 審査請求日 平成22年3月29日 (2010.3.29)</p>	<p>(73) 特許権者 503116280 エイチジーエスティーネザerlandビーブ イ オランダ国 アムステルダム 1076 エイズィ パルナスストーレン ロカテリ ケード 1 (74) 代理人 110000154 特許業務法人はるか国際特許事務所 (72) 発明者 内田 博 神奈川県小田原市国府津2880番地 株 式会社日立グローバルストレージテクノ ジーズ内</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気ディスク装置およびその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁気ディスクと、
 磁気ヘッドと、

前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上に支持し、該磁気ディスクの外側に定められた旋回軸を中心に旋回可能な支持機構と、

前記支持機構を旋回駆動して、前記磁気ヘッドを前記磁気ディスクの略半径方向に移動させるヘッド用アクチュエータと、

装置筐体の前記旋回軸周りの回転振動を検出する回転振動検出器と、
 を備え、前記回転振動検出器の出力信号を前記ヘッド用アクチュエータの制御に供する磁気ディスク装置を対象とし、

前記ヘッド用アクチュエータを駆動して、前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上で移動させるヘッド移動ステップと、

前記磁気ヘッドの移動後における前記回転振動検出器の出力信号に含まれる前記回転振動検出器による外乱成分の周波数を推定する周波数推定ステップと、

前記推定した周波数の収束を判定する収束判定ステップと、

前記推定した周波数に基づいて、前記外乱成分を抑制する外乱抑制器を設定する抑制器設定ステップと、

を含むことを特徴とする磁気ディスク装置の制御方法。

【請求項2】

10

20

請求項 1 に記載の磁気ディスク装置の制御方法であって、
前記外乱抑制器は、デジタルフィルタで構成され、
前記抑制器設定ステップは、前記デジタルフィルタの伝達関数に含まれるパラメータを、
前記推定した周波数に応じて設定する、
ことを特徴とする磁気ディスク装置の制御方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の磁気ディスク装置の制御方法であって、
前記パラメータは、各周波数において、前記デジタルフィルタが該周波数を含む所定の
周波数帯域の信号成分を抑制するように定められる、
ことを特徴とする磁気ディスク装置の制御方法。

10

【請求項 4】

請求項 1 に記載の磁気ディスク装置の制御方法であって、
前記周波数推定ステップは、
前記回転振動検出器の出力信号に含まれる前記外乱成分のうち、より大きな外乱成分の
周波数に推定値を近づけるモードと、
当該大きな外乱成分の周波数に前記推定値を合わせるモードと、
を切替える、ことを特徴とする磁気ディスク装置の制御方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の磁気ディスク装置の制御方法であって、
前記周波数推定ステップにおいて前記外乱成分の周波数が推定されるまで、前記ヘッド
移動ステップを繰り返す、
ことを特徴とする磁気ディスク装置の制御方法。

20

【請求項 6】

請求項 1 に記載の磁気ディスク装置の制御方法であって、
前記回転振動検出器の出力信号が周波数の異なる複数の外乱成分を含む場合に、
前記回転振動検出器の出力信号を対象として、前記ヘッド移動ステップ、前記周波数推
定ステップおよび前記抑制器設定ステップを実行し、第 1 の外乱成分が抑制されるよう
に第 1 の外乱抑制器を設定した後、
当該第 1 の外乱抑制器の出力信号を対象として、前記ヘッド移動ステップ、前記周波数
推定ステップおよび前記抑制器設定ステップを実行し、第 2 の外乱成分が抑制されるよう
に第 2 の外乱抑制器を設定する、
ことを特徴とする磁気ディスク装置の制御方法。

30

【請求項 7】

請求項 1 に記載の磁気ディスク装置の制御方法であって、
前記回転振動検出器は、前記装置筐体、または該装置筐体に取り付けられる基板に設置
される、
ことを特徴とする磁気ディスク装置の制御方法。

【請求項 8】

磁気ディスクと、
磁気ヘッドと、
前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上に支持し、該磁気ディスクの外側に定められた旋
回軸を中心に旋回可能な支持機構と、
前記支持機構を旋回駆動して、前記磁気ヘッドを前記磁気ディスクの略半径方向に移動
させるヘッド用アクチュエータと、
装置筐体の前記旋回軸周りの回転振動を検出する回転振動検出器と、
前記ヘッド用アクチュエータを駆動して、前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上で移動
させるヘッド移動手段と、
前記磁気ヘッドの移動後における前記回転振動検出器の出力信号に含まれる前記回転振
動検出器による外乱成分の周波数を推定する周波数推定手段と、
前記推定した周波数の収束を判定する収束判定手段と、

40

50

前記推定した周波数に基づいて、前記外乱成分を抑制する外乱抑制器を設定する抑制器設定手段と、

を備え、前記外乱抑制器の出力信号を前記ヘッド用アクチュエータの制御に供する磁気ディスク装置。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の磁気ディスク装置であって、

前記外乱抑制器は、デジタルフィルタで構成され、

前記抑制器設定手段は、前記デジタルフィルタの伝達関数に含まれるパラメータを、前記推定した周波数に応じて設定する、

ことを特徴とする磁気ディスク装置。

10

【請求項 10】

請求項 9 に記載の磁気ディスク装置であって、

前記パラメータは、各周波数において、前記デジタルフィルタが該周波数を含む所定の周波数帯域の信号成分を抑制するように定められる、

ことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 11】

請求項 8 に記載の磁気ディスク装置であって、

前記周波数推定手段は、

前記回転振動検出器の出力信号に含まれる前記外乱成分のうち、より大きな外乱成分の周波数に推定値を近づけるモードと、

当該大きな外乱成分の周波数に前記推定値を合わせるモードと、

を切替える、ことを特徴とする磁気ディスク装置。

20

【請求項 12】

請求項 8 に記載の磁気ディスク装置であって、

前記外乱成分の周波数が推定されるまで、前記ヘッドの移動が繰り返される、

ことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 13】

請求項 8 に記載の磁気ディスク装置であって、

前記回転振動検出器は、前記装置筐体、または該装置筐体に取り付けられる基板に設置される、

ことを特徴とする磁気ディスク装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、装置筐体の回転振動を検出する回転振動検出器を備える磁気ディスク装置およびその制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ハードディスク等の磁気ディスク装置は、外部からの衝撃によって装置筐体に回転振動が加わると、この回転振動に起因する外乱が磁気ヘッドの位置決め制御系に作用して、磁気ヘッドの位置決めが阻害されてしまう虞がある。このため、磁気ディスク装置には、装置筐体の回転振動に起因する外乱を補償するための対策が施される。

40

【0003】

例えば特許文献 1 には、装置筐体の回転振動を検出する回転振動検出器を設けるとともに、検出された回転振動に応じて外乱を補償する信号を出力するフィードフォワード制御系を、磁気ヘッドの位置決め制御系に含めた磁気ディスク装置が開示されている。

【特許文献 1】特開 2001 - 14782 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

50

ところで、磁気ディスク装置に回転振動検出器を設ける場合、回転振動検出器の出力信号に、回転振動検出器の構造共振に起因する外乱成分（以下、共振外乱成分という）が含まれてしまうことから、この共振外乱成分を抑制する必要がある。

【0005】

しかしながら、回転振動検出器の構造共振周波数は製造単位毎にばらつきがあるため、回転振動検出器の出力信号に含まれる共振外乱成分を抑制することは困難を伴う。例えば、特定周波数帯域の信号成分を抑制するフィルタ（いわゆるノッチフィルタ）を用いる場合、共振外乱成分の周波数がフィルタの特定周波数帯域から外れて、共振外乱成分を抑制できなくなる虞がある。また、構造共振周波数のばらつきを吸収するため、ノッチフィルタの特定周波数帯域を広くすると、出力信号の位相遅れが顕著となる虞がある。

10

【0006】

本発明は、上記実情に鑑みて為されたものであり、回転振動検出器の出力信号に含まれる外乱成分を、その周波数に依らずに適切に抑制することが可能な、磁気ディスク装置およびその制御方法を提供することをその目的の一つとする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するため、本発明の磁気ディスク装置の制御方法は、磁気ディスクと、磁気ヘッドと、前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上に支持し、該磁気ディスクの外側に定められた旋回軸を中心に旋回可能な支持機構と、前記支持機構を旋回駆動して、前記磁気ヘッドを前記磁気ディスクの略半径方向に移動させるヘッド用アクチュエータと、装置筐体の前記旋回軸周りの回転振動を検出する回転振動検出器と、を備え、前記回転振動検出器の出力信号を前記ヘッド用アクチュエータの制御に供する磁気ディスク装置を対象とし、前記ヘッド用アクチュエータを駆動して、前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上で移動させるヘッド移動ステップと、前記磁気ヘッドの移動後における前記回転振動検出器の出力信号に含まれる外乱成分の周波数を推定する周波数推定ステップと、前記推定した周波数に基づいて、前記外乱成分を抑制する外乱抑制器を設定する抑制器設定ステップと、を含むことを特徴とする。

20

【0008】

また、本発明の一態様において、前記外乱抑制器は、デジタルフィルタで構成され、前記抑制器設定ステップは、前記デジタルフィルタの伝達関数に含まれるパラメータを、前記推定した周波数に応じて設定する。

30

【0009】

この態様において、前記パラメータは、各周波数において、前記デジタルフィルタが該周波数を含む所定の周波数帯域の信号成分を抑制するように定められる。

【0010】

また、本発明の一態様において、前記周波数推定ステップは、前記回転振動検出器の出力信号に含まれる前記外乱成分のうち、より大きな外乱成分の周波数に推定値を近づけるモードと、当該大きな外乱成分の周波数に前記推定値を合わせるモードと、を切替える。

【0011】

また、本発明の一態様は、前記周波数推定ステップにおいて前記外乱成分の周波数が推定されるまで、前記ヘッド移動ステップを繰り返す。

40

【0012】

また、本発明の一態様は、前記回転振動検出器の出力信号が周波数の異なる複数の外乱成分を含む場合に、前記回転振動検出器の出力信号を対象として、前記ヘッド移動ステップ、前記周波数推定ステップおよび前記抑制器設定ステップを実行し、第1の外乱成分が抑制されるように第1の外乱抑制器を設定した後、当該第1の外乱抑制器の出力信号を対象として、前記ヘッド移動ステップ、前記周波数推定ステップおよび前記抑制器設定ステップを実行し、第2の外乱成分が抑制されるように第2の外乱抑制器を設定する。

【0013】

また、本発明の一態様において、前記回転振動検出器は、前記装置筐体、または該装置

50

筐体に取り付けられる基板に設置される。

【0014】

次に、本発明の磁気ディスク装置は、磁気ディスクと、磁気ヘッドと、前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上に支持し、該磁気ディスクの外側に定められた旋回軸を中心に旋回可能な支持機構と、前記支持機構を旋回駆動して、前記磁気ヘッドを前記磁気ディスクの略半径方向に移動させるヘッド用アクチュエータと、装置筐体の前記旋回軸周りの回転振動を検出する回転振動検出器と、前記ヘッド用アクチュエータを駆動して、前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上で移動させるヘッド移動手段と、前記磁気ヘッドの移動後における前記回転振動検出器の出力信号に含まれる外乱成分の周波数を推定する周波数推定手段と、前記推定した周波数に基づいて、前記外乱成分を抑制する外乱抑制器を設定する抑制器設定手段と、を備え、前記外乱抑制器の出力信号を前記ヘッド用アクチュエータの制御に供する。

10

【発明の効果】

【0015】

本発明の発明者等は、回転振動検出器の出力信号に含まれる共振外乱成分が減衰し難く、ヘッド用アクチュエータを駆動して磁気ヘッドを移動させると、移動後における回転振動検出器の出力信号に共振外乱成分が所定期間残存することを見出すに至った。そこで、本発明では、磁気ヘッドを移動させ、移動後における回転振動検出器の出力信号に含まれる共振外乱成分の周波数を推定し、推定した周波数に基づいて共振外乱成分を抑制する外乱抑制器を設定することで、回転振動検出器の出力信号に含まれる共振外乱成分をその周波数に依らずに適切に抑制することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。

【0017】

図1に、本発明の一実施形態に係る磁気ディスク装置の構成例を示す。磁気ディスク装置1は、磁気ディスク2、スピンドルモータ3、磁気ヘッド4、サスペンションアーム5、キャリッジ6、ボイスコイルモータ7、およびヘッドアンプ14を、筐体9内に収納している。

【0018】

また、磁気ディスク装置1は、筐体9に取り付けられる基板に、主制御回路10、リードライトチャネル(R/Wチャネル)13およびモータドライバ17を有している。この主制御回路10は、マイクロプロセッシングユニット(MPU)およびハードディスクコントローラ(HDC)を含んでいる。

30

【0019】

また、磁気ディスク装置1は、筐体9に取り付けられる基板に、回転振動検出器30を有している。この回転振動検出器30は、複数の加速度センサ32および回路部34で構成される。なお、複数の加速度センサ32は、筐体9に直接取り付けられていてもよい。

【0020】

磁気ディスク2は、スピンドルモータ3に取付けられ、同図の矢印DRの方向に回転駆動される。磁気ディスク2には、同心円状に配列する複数のトラック21が形成されている。また、それぞれのトラック21には、周方向に沿って所定の周期でサーボデータ領域23が設けられている。また、サーボデータ領域23とサーボデータ領域23の間は、ユーザデータ領域25とされている。

40

【0021】

磁気ヘッド4は、再生素子および記録素子を含み、サスペンションアーム5の先端部に取付けられて磁気ディスク2上に支持されている。サスペンションアーム5は、ボイスコイルモータ7の一部と一体とされたキャリッジ6に取付けられている。これらサスペンションアーム5およびキャリッジ6は、磁気ヘッド4の支持機構であり、磁気ディスク2の外側に定められた旋回軸Pを中心に旋回可能に設けられている。ボイスコイルモータ7は

50

、ヘッド用アクチュエータの一例であり、キャリッジ6を旋回駆動することで、サスペンションアーム5の先端部に支持された磁気ヘッド4を磁気ディスク2上で略半径方向に移動させる。

【0022】

回転振動検出器30は、筐体9の回転軸P周りの回転振動を検出し、回転振動を表す信号を主制御回路10へ出力する。複数の加速度センサ32は、筐体9に取り付けられる基板のうち、例えば図1に示すように互いに離れた位置にそれぞれ設置される。これら加速度センサ32は、同方向の加速度を検出した場合の出力が同じとなるように設置される。回路部34は、例えば差分増幅回路を含み、これら加速度センサ32からの出力の差分を増幅して出力する。このように、複数の加速度センサ32の出力に差が生じる場合に回路部34が信号を出力することで、筐体9の回転振動を検出することができる。

10

【0023】

主制御回路10に含まれるMPUは、装置全体の制御を司るものであり、不図示のメモリに格納されたプログラムを読み出して実行することによって、磁気ヘッド4の位置決め制御やデータの記録再生制御など、種々の制御を実現する。本実施形態においては、このMPUが、上述のヘッド移動手段、周波数推定手段および抑制器設定手段として機能する。これらの機能については、後に詳しく述べる。

【0024】

磁気ヘッド4の位置決め制御において、MPUは、R/Wチャンネル13から入力されるサーボデータに基づいて磁気ヘッド4の現在位置を特定し、磁気ヘッド4の目標位置と現在位置との誤差を表す誤差信号(PES: Position Error Signal)を生成する。そして、MPUは、このPESに基づいて、ボイスコイルモータ7を駆動するための制御信号を生成し、モータドライバ17へ出力する。これにより、磁気ヘッド4は、目標位置のトラック上までシークされ、位置決めされる。

20

【0025】

主制御回路10に含まれるHDCは、インターフェースコントローラ、エラー訂正回路、バッファコントローラなどを有している。このHDCは、磁気ディスク2に記録すべきユーザデータを外部ホストから受信すると、このユーザデータをR/Wチャンネル13へ出力する。また、HDCは、磁気ディスク2から再生されたユーザデータがR/Wチャンネル13から入力されると、このユーザデータを外部ホストへ送信する。この際、HDCは、MPUからの制御を受けて、ユーザデータを不図示のバッファメモリに一時的に蓄積する。

30

【0026】

R/Wチャンネル13は、主制御回路10からユーザデータが入力されると、このユーザデータを変調してヘッドアンプ14へ出力する。また、R/Wチャンネル13は、磁気ヘッド4が磁気ディスク2から再生した再生信号がヘッドアンプ14から入力されると、この再生信号をデジタルデータに変換し、復調して、主制御回路10へ出力する。また、R/Wチャンネル13は、再生信号から所定のサンプル周期でサーボデータを抽出して、主制御回路10へ出力する。

【0027】

ヘッドアンプ14は、磁気ディスク2に記録させるデータがR/Wチャンネル13から入力されると、これを記録信号にして、磁気ヘッド4へ出力する。また、ヘッドアンプ14は、磁気ディスク2から読み出された再生信号が磁気ヘッド4から入力されると、この再生信号を増幅して、R/Wチャンネル13へ出力する。

40

【0028】

モータドライバ17は、主制御回路10からボイスコイルモータ7の制御信号が入力されると、この制御信号をアナログ変換し、増幅して、ボイスコイルモータ7に出力する。また、モータドライバ17は、主制御回路10からスピンドルモータ3の制御信号が入力されると、この制御信号をアナログ変換し、増幅して、スピンドルモータ3に出力する。

【0029】

50

図2に、主制御回路10の通常動作時の機能構成例を示す。通常動作時において、主制御回路10は、誤差信号生成器41、コントローラ45、加算器49、ノッチフィルタ(外乱抑制器)53および回転振動補償器55を機能的に有する。また、主制御回路10は、アナログ-デジタル変換器(AD変換器)51を有する。

【0030】

誤差信号生成器41は、R/Wチャンネル13から入力されるサーボデータにより特定される磁気ヘッド4の現在位置と、外部機器からの記録指令または再生指令に基づいて決定される磁気ヘッド4の目標位置との位置誤差を表す誤差信号(PES)を生成して、コントローラ45へ出力する。

【0031】

コントローラ45は、誤差信号生成器41から入力されたPESに基づいて、ボイスコイルモータ7を駆動するための制御信号を生成し、加算器49へ出力する。この制御信号は、磁気ヘッド4の位置誤差を抑制し、制御系全体を安定化する制御信号として生成される。

【0032】

AD変換器51は、回転振動検出器30の出力信号を、アナログ-デジタル変換して、ノッチフィルタ53へ出力する。

【0033】

ノッチフィルタ53は、回転振動検出器30の出力信号に含まれる共振外乱成分(回転振動検出器30の構造共振に起因する外乱成分)を抑制するために設けられる。ノッチフィルタ53は、回転振動検出器30の出力信号のうち、特定周波数帯域(抑制が有効となる周波数帯域)の信号成分を抑制する。このノッチフィルタ53は、後述する構成および動作によって特定周波数帯域が設定される。

【0034】

回転振動補償器55は、ノッチフィルタ53により特定周波数帯域の信号成分が抑制された回転振動検出器30の出力信号に基づき、筐体9に加わった回転振動によってコントローラ45を含むフィードバック制御系に作用する外乱を補償するための補償信号を生成し、加算器49へ出力する。

【0035】

加算器49は、コントローラ45から出力された制御信号と、回転振動補償器55から出力された補償信号とを加算して、モータドライバ17へ出力し、ボイスコイルモータ7を駆動させる。

【0036】

図3に、主制御回路10のフィルタ設定時の機能構成例を示す。この機能構成は、上記ノッチフィルタ53を設定するための機能構成である。フィルタ設定時において、主制御回路10は、上述のコントローラ45等に加えて、更に周波数推定ブロック60を機能的に有する。

【0037】

周波数推定ブロック60は、回転振動検出器30の出力信号に含まれる共振外乱成分の周波数を推定する機能を有している。具体的には、周波数推定ブロック60は、図4に示すように、バンドパスフィルタ62、周波数推定部64および収束判定部66を機能的に有する。

【0038】

バンドパスフィルタ62は、AD変換器51から入力される回転振動検出器30の出力信号のうち、低周波域および高周波域の信号成分を抑制して、周波数推定部64へ出力する。これにより、回転振動検出器30の出力信号に共振外乱成分が表れると考えられる周波数帯域のみを切り出す。

【0039】

周波数推定部64および収束判定部66の動作については、後に詳しく述べる。

【0040】

10

20

30

40

50

図5に、主制御回路10のフィルタ設定時の動作例を示す。

【0041】

S1は、ヘッド移動ステップである。主制御回路10は、ボイルコイルモータ7を駆動して、磁気ヘッド4を所定距離移動させるシーク動作を行う。このシーク動作により、筐体9には、旋回軸P周りの回転振動が加わる。磁気ヘッド4を移動させる距離は、筐体9に十分な回転振動を与えることができる程度の距離とすることができ、例えば、磁気ディスク2の半径に相当する程度の距離とすることができ、

【0042】

図6に、磁気ヘッド4のシーク動作時およびシーク動作後における回転振動検出器30の出力信号のグラフを示す。図6中の矢印は、シーク動作の終了時点を表す。図6によると、回転振動検出器30の出力信号には、シーク動作後に何らかの振動成分が減衰せずに残存していることがわかる(図6中において破線に取り囲まれた範囲)。

10

【0043】

図7(A)に、図6中で破線に取り囲まれた範囲を拡大したグラフを示す。また、図7(B)には、この範囲をフーリエ変換したグラフを示す。図7(B)からわかるように、シーク動作後に残存する振動成分は急峻なピークを有している。

【0044】

このようなシーク動作後に残存する振動成分は、共振外乱成分(回転振動検出器30の構造共振に起因する外乱成分)であることが確認された。すなわち、磁気ヘッド4のシーク動作を行うと、回転振動検出器30の出力信号には、シーク動作後に共振外乱成分が残存することが確認された。

20

【0045】

このため、S1では、後述するステップにおいて共振外乱成分の周波数を推定するために、磁気ヘッド4のシーク動作を行うことによって、回転振動検出器30の出力信号に共振外乱成分が表れるようにしている。

【0046】

次に、図5に示したS2およびS3は、周波数推定ステップである。S2は、上記周波数推定部64の機能に基づく。このS2において、主制御回路10は、磁気ヘッド4のシーク動作後に回転振動検出器30の出力信号に表れる共振外乱成分の周波数を推定する。

【0047】

共振外乱成分の周波数の推定は、例えば特開2003-109335号公報に記載されているような、追従ピークフィルタを用いた周波数推定技術を応用することができる。例えば、主制御回路10は、回転振動検出器30の出力信号の位相と、追従ピークフィルタ(図示せず)の出力信号の位相とを比較し、この比較結果に基づいて、追従ピークフィルタのピーク周波数を更新し、共振外乱成分の周波数に追従させていく。これによって、共振外乱成分の周波数が推定される。

30

【0048】

具体的には、共振外乱成分の周波数の推定は、以下の数式1ないし5を計算することによって行うことができる。

【0049】

【数1】

$$y(n+2) = x(n) + B(n) \cdot y(n+1) - C \cdot y(n)$$

【0050】

この数式1は、追従ピークフィルタの分母を表す数式である。なお、追従ピークフィルタの分子は、ピーク周波数と関係がないので、詳しい説明を省略する。

【0051】

xは、回転振動検出器30の出力信号を表す。詳細には、xは、上記図4において、バンドパスフィルタ62から周波数推定部64へ入力される信号を表す。また、yは、追従ピークフィルタの出力信号を表す。

40

50

【 0 0 5 2 】

Cはフィルタ係数である。本実施形態において、このCは、計算回数nに応じて変更される（後に詳しく述べる）。

【 0 0 5 3 】

Bはフィルタ係数である。このBは、ピーク周波数を含むフィルタ係数であり、下記数式2で表される。追従ピークフィルタにおいては、このピーク周波数が、共振外乱成分を推定するための推定周波数とされる。

【 0 0 5 4 】

【 数 2 】

$$B = 2 \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot T_s)$$

10

【 0 0 5 5 】

fはピーク周波数（推定周波数）を表す。T_sはサンプリング時間を表す。

【 0 0 5 6 】

【 数 3 】

$$P(n) = (1 - a_1) \cdot P(n-1) + a_1 \cdot y(n) \cdot y(n)$$

【 0 0 5 7 】

この数式3は、yの2乗平均を表す数式である。a₁は係数である。

【 0 0 5 8 】

【 数 4 】

$$B(n+1) = B(n) + a_2 \cdot \frac{x(n-1) \cdot y(n)}{P(n)}$$

20

【 0 0 5 9 】

この数式4は、推定周波数fを含むフィルタ係数Bを表す数式である。ここで、数式4の右辺第2項は、下記数式5に表すようにdBとする。また、a₂は係数である。

【 0 0 6 0 】

【 数 5 】

$$dB(n) = a_2 \cdot \frac{x(n-1) \cdot y(n)}{P(n)}$$

30

【 0 0 6 1 】

なお、本実施形態では、共振外乱成分の周波数を推定する際に、回転振動検出器30の出力信号に含まれる外乱成分のうち、より大きな外乱成分の周波数に追従ピークフィルタの推定周波数fを近づける第1モードと、当該大きな外乱成分の周波数に追従ピークフィルタの推定周波数fを収束させる第2モードと、を計算回数nに応じて切替える。

【 0 0 6 2 】

具体的には、計算回数nが所定未満の場合に、第1モードとして、上記数式1に含まれるフィルタ係数Cを1よりもやや小さい値に設定し、計算回数nが所定以上の場合に、第2モードとして、フィルタ係数Cを1に設定する。このフィルタ係数Cは、従来の追従ピークフィルタにおいて1に設定されるフィルタ係数である。

40

【 0 0 6 3 】

第2モードのようにフィルタ計数Cを1に設定する場合（従来の追従ピークフィルタと同様）、回転振動検出器30の出力信号に含まれる外乱成分に追従ピークフィルタの推定周波数fを収束させることができる。しかしながら、上記図7（B）に示すように、回転振動検出器30の出力信号に複数の外乱成分が含まれる場合（共振外乱成分に限らない）、追従ピークフィルタの推定周波数fがピーク強度の比較的小さな外乱成分に収束してしまうことがある。これは、追従ピークフィルタのゲインが推定周波数fで無限大となり、追従ピークフィルタの出力が外乱成分のピーク強度に依らず同じになるためである。

50

【 0 0 6 4 】

他方、第 1 モードのようにフィルタ係数 C を 1 よりも小さい値に設定する場合、回転振動検出器 3 0 の出力信号に複数の外乱成分が含まれていても、より大きな外乱成分（例えば共振外乱成分）に追従ピークフィルタの推定周波数 f を近づけることができる。これは、追従ピークフィルタのゲインが推定周波数 f で有限大となり、追従ピークフィルタの出力が外乱成分のピーク強度に依って異なるためである。但し、フィルタ係数 C が 1 ではないことから、追従ピークフィルタの推定周波数 f は、当該大きな外乱成分に近づくだけで、完全には収束しない。

【 0 0 6 5 】

このため、本実施形態では、第 1 モードにより、回転振動検出器 3 0 の出力信号に含まれる外乱成分のうち、より大きな外乱成分に追従ピークフィルタの推定周波数 f を近づけ、その後、第 2 モードにより、当該大きな外乱成分の周波数に追従ピークフィルタの推定周波数 f を収束させている。これによれば、回転振動検出器 3 0 の出力信号に複数の外乱成分が含まれる場合であっても、追従ピークフィルタの推定周波数 f をより大きな外乱成分に収束させることができる。

10

【 0 0 6 6 】

また、第 1 モードにおいて、フィルタ係数 C は、計算回数 n の増加に応じて 1 に近づくように設定されてもよい。これによれば、第 2 モードに切り替える前に、追従ピークフィルタの推定周波数 f を大きな外乱成分により近づけることができるので、第 2 モードに切り替えた後に、追従ピークフィルタの推定周波数 f が当該大きな外乱成分に収束する精度を高めることができる。

20

【 0 0 6 7 】

次に、S 3 は、上記収束判定部 6 6 の機能に基づく。この S 3 において、主制御回路 1 0 は、上記数式 5 で表される d B に基づいて、回転振動検出器 3 0 の出力信号に含まれる共振外乱成分に追従ピークフィルタの推定周波数 f が収束したか否かを判断する。具体的には、主制御回路 1 0 は、追従ピークフィルタの計算回数 n が既定回数を超えた際の d B の絶対値と閾値とを比較して、推定周波数 f が収束したか否かを判断する。

【 0 0 6 8 】

ここで、回転振動検出器 3 0 の出力信号に含まれる共振外乱成分に追従ピークフィルタの推定周波数 f が収束していない場合（S 3：NO）、主制御回路 1 0 は、S 1 に戻り、磁気ヘッド 4 のシーク動作を再び実行するとともに、S 2 において、それまでの推定周波数 f を初期値として、共振外乱成分の周波数を再び推定する。このように、1 回のシーク動作で共振外乱成分の周波数を推定しきれない場合であっても、S 1 および S 2 を繰り返して共振外乱成分の周波数を推定する。

30

【 0 0 6 9 】

次に、S 4 および S 5 は、抑制器設定ステップである。S 4 において、主制御回路 1 0 は、上記 S 1 ないし S 3 において得られた推定周波数 f に基づいて、ノッチフィルタ 5 3 の伝達関数に含まれるフィルタ係数（パラメータ）を算出する。また、S 5 において、主制御回路 1 0 は、算出したフィルタ係数をノッチフィルタ 5 3 に設定する。

【 0 0 7 0 】

具体的には、ノッチフィルタ 5 3 の伝達関数は、下記数式 6 によって表される。

40

【 0 0 7 1 】

【数 6】

$$\frac{Y}{X} = K \cdot \frac{1 - B \cdot z^{-1} + C \cdot z^{-2}}{1 - E \cdot z^{-1} - F \cdot z^{-2}}$$

【 0 0 7 2 】

X は、ノッチフィルタ 5 3 の入力信号、すなわち回転振動検出器 3 0 の出力信号を表す。また、Y は、ノッチフィルタ 5 3 の出力信号を表す。

【 0 0 7 3 】

50

Cは、上記数式1に含まれるフィルタ係数Cと同じフィルタ係数である。ここでは、フィルタ係数Cは1に設定される。

【0074】

Bは、上記数式2で表されるフィルタ係数Bと同じフィルタ係数であり、ノッチフィルタ53における特定周波数帯域（抑制が有効となる周波数帯域）の中心周波数（ピーク周波数）に寄与する。

【0075】

K, E, Fはフィルタ係数であり、ノッチフィルタ53の特定周波数帯域の幅などの特性に寄与する。

【0076】

主制御回路10は、上記S1ないしS3において得られたフィルタ係数B（すなわち、回転振動検出器30の出力信号に含まれる共振外乱成分に収束した追従ピークフィルタの推定周波数fを含むフィルタ係数B）を、数式6で表されるノッチフィルタ53のフィルタ係数Bとして適用する。これにより、ノッチフィルタ53の特定周波数帯域の中心周波数を、回転振動検出器30の出力信号に含まれる共振外乱成分の周波数に合わせることができるので、共振外乱成分を抑制することができる。

【0077】

また、主制御回路10は、上記S1ないしS3において得られたフィルタ係数Bを基に、予め定められた対応関係に応じて他のフィルタ係数K, E, Fを求める。

【0078】

以下、フィルタ係数の対応関係について説明する。フィルタ係数Bと各フィルタ係数K, E, Fとの対応関係は、例えば外部のコンピュータ等で計算されることによって、予め定められる。

【0079】

具体的には、外部のコンピュータ等で、所望の特性を有するノッチフィルタを中心周波数を変えて複数作成し、これらのノッチフィルタから、中心周波数に依存するフィルタ係数Bと、他のフィルタ係数K, E, Fとの対応関係を導き出す。

【0080】

図8に、フィルタ係数の対応関係を導出するための説明図を示す。

【0081】

図8(A)は、外部のコンピュータ等で作成される、互いに異なる中心周波数を有する複数のノッチフィルタの特性を表すグラフである。上段は利得-周波数特性を表し、下段は入出力信号の位相差-周波数特性を表す。

【0082】

これらのノッチフィルタは、回転振動を補償するフィードフォワード制御系で使われることから、低周波数域での位相差-周波数特性が同じになるように作成される。これにより、選ばれるノッチフィルタに依らずに、回転振動が補償される低周波数域でのフィードフォワード制御系の特性が同一になる。

【0083】

図8(B)は、図8(A)に示した複数のノッチフィルタの、中心周波数に依存するフィルタ係数Bと、他のフィルタ係数K, E, Fとの対応関係を示すグラフである。

【0084】

この図8(B)には、図8(A)に示した複数のノッチフィルタの、中心周波数に依存するフィルタ係数Bと、他のフィルタ係数K, E, Fとの対応関係をプロットした点と、これらプロットした点に対してフィッティングした関数の曲線とを示している。

【0085】

本実施形態では、このようにして得られるフィルタ係数の対応関係を表す関数を、主制御回路10に含まれるメモリ等に予め格納する。なお、関数に限らず、フィルタ係数の対応関係を表すテーブルなどであってもよい。

【0086】

10

20

30

40

50

主制御回路 10 は、この格納されている関数に基づいて、上記 S 1 ないし S 3 において得られたフィルタ係数 B から、対応するフィルタ係数 K, E, F を求めるとともに、これらのフィルタ関数をノッチフィルタ 53 に設定する。

【0087】

これにより、主制御回路 10 は、特定周波数帯域の幅が比較的狭く、入出力信号の位相差が低減された特性を有するノッチフィルタ 53 を設定することができる。

【0088】

また、予め定められたフィルタ係数の対応関係に基づいてフィルタ係数 K, E, F を求めることで、上記図 8 に示したような計算を主制御回路 10 に行わせる必要がなく、ノッチフィルタ 53 の設定を簡便に行うことができる。

10

【0089】

次に、図 5 に示した S 6 は、確認ステップである。この確認ステップにおいて、主制御回路 10 は、フィルタ係数を設定したノッチフィルタ 53 が、回転振動検出器 30 の出力信号に含まれる共振外乱成分を抑制できているか否かを確認する。

【0090】

図 9 に、確認ステップの動作例を示す。なお、以下の説明において、上述のフローチャートと重複するステップについては、図面に同番号を付すことで詳細な説明を省略する。

【0091】

まず、主制御回路 10 は、ヘッド移動ステップ (S 1) により磁気ヘッド 4 のシーク動作を行うことによって、回転振動検出器 30 の出力信号に共振外乱成分が表れるようにする。

20

【0092】

次に、主制御回路 10 は、ノッチフィルタ 53 の入出力信号に基づいて、回転振動検出器 30 の出力信号に含まれる共振外乱成分を抑制できているか否かを確認する (S 6 2)。この確認は、ノッチフィルタ 53 の入力信号の 2 乗和および出力信号の 2 乗和を計算することによって行う。

【0093】

ノッチフィルタ 53 の入力信号の 2 乗和 P_{in} 、出力信号の 2 乗和 P_{out} は、下記数式 7、数式 8 のように表される。

【0094】

【数 7】

$$P_{in} = \sum_{N=1} (NF_{input})^2$$

【0095】

【数 8】

$$P_{out} = \sum_{N=1} (NF_{output})^2$$

【0096】

主制御回路 10 は、入力信号の 2 乗和 P_{in} および出力信号の 2 乗和 P_{out} を計算回数 N が所定回数に達するまで計算し、これらの比と閾値を比較することで、共振外乱成分を抑制できているか否かを確認する。

40

【0097】

このような確認により、2 乗和の比が閾値を下回り、共振外乱成分を抑制できていると確認された場合には (S 6 3 : YES)、処理を終了する。

【0098】

他方、2 乗和の比が閾値を上回り、共振外乱成分を抑制できていない場合には (S 6 3 : NO)、図 10 に示す動作例に移る。この図 10 に示す動作例は、ノッチフィルタ 53 の出力信号に残存している共振外乱成分を抑制するための新たなノッチフィルタ (図示せず) を設定する動作である。

50

【 0 0 9 9 】

まず、主制御回路 1 0 は、ヘッド移動ステップ (S 1) により、磁気ヘッド 4 のシーク動作を行うことによって、上記 S 5 で設定したノッチフィルタ 5 3 (第 1 ノッチフィルタ) の出力信号に共振外乱成分が表れるようにする。

【 0 1 0 0 】

次に、主制御回路 1 0 は、上記 S 2 と同様の処理により、磁気ヘッド 4 のシーク動作後にノッチフィルタ 5 3 の出力信号に含まれる共振外乱成分の周波数を推定する (S 2 2) 。そして、主制御回路 1 0 は、得られた推定周波数 f に基づいてフィルタ係数を算出して (S 4) 、上記 S 5 と同様の処理により、算出したフィルタ係数を新たなノッチフィルタ (第 2 ノッチフィルタ) に設定する (S 5 2) 。

10

【 0 1 0 1 】

このように設定された新たなノッチフィルタは、ノッチフィルタ 5 3 の下流側 (上記図 2 においてノッチフィルタ 5 3 と回転振動補償器 5 5 の間) に設けられ、ノッチフィルタ 5 3 の出力信号に残存する共振外乱成分を抑制する。

【 0 1 0 2 】

次に、主制御回路 1 0 は、確認ステップ (S 6) を行い、フィルタ係数が設定された新たなノッチフィルタの出力信号に含まれる共振外乱成分が抑制されているか否かを確認し、共振外乱成分が抑制されている場合には (S 6 3 : Y E S) 、処理を終了する。他方、新たなノッチフィルタの出力信号に共振外乱成分が残存している場合には (S 6 3 : N O) 、これまでの処理と同様の処理を、全ての共振外乱成分が抑制されるまで繰り返す。

20

【 0 1 0 3 】

以上の処理によって、回転振動検出器 3 0 の出力信号に複数の共振外乱成分が含まれる場合であっても、全ての共振外乱成分を抑制することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 0 4 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態に係る磁気ディスク装置の構成例を表すブロック図である。

【 図 2 】 主制御回路の通常動作時の機能構成例を表すブロック図である。

【 図 3 】 主制御回路のフィルタ設定時の機能構成例を表すブロック図である。

【 図 4 】 図 3 における周波数推定ブロックの機能構成例を表すブロック図である。

【 図 5 】 主制御回路のフィルタ設定時の動作例を表すフローチャートである。

30

【 図 6 】 磁気ヘッドのシーク動作時およびシーク動作後における回転振動検出器の出力信号を表すグラフである。

【 図 7 】 図 6 のグラフの要部を拡大したグラフ及びそのフーリエ変換を表すグラフである。

【 図 8 】 フィルタ係数の対応関係を導出するための説明図である。

【 図 9 】 図 5 における確認ステップの動作例を表すフローチャートである。

【 図 1 0 】 図 9 における確認ステップ後の動作例を表すフローチャートである。

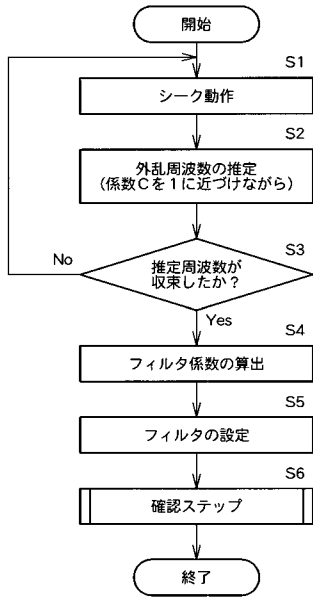
【 符号の説明 】

【 0 1 0 5 】

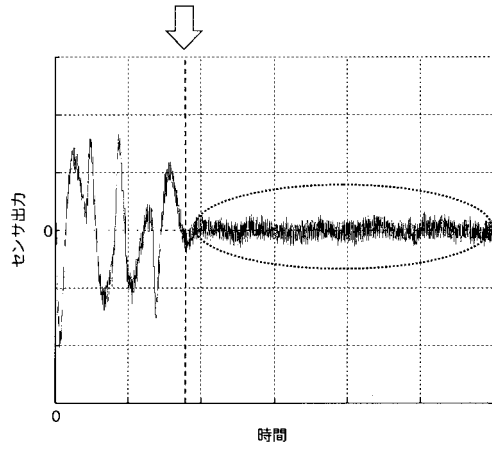
1 磁気ディスク装置、 2 磁気ディスク、 3 スピンドルモータ、 4 磁気ヘッド、 5 サスペンションアーム、 6 キャリッジ、 7 ボイスコイルモータ、 9 筐体、 1 0 主制御回路、 1 3 R / Wチャネル、 1 4 ヘッドアンプ、 1 7 モータドライバ、 2 1 トラック、 2 3 サーボデータ領域、 2 5 ユーザデータ領域、 3 0 回転振動検出器、 3 2 加速度センサ、 3 4 回路部、 4 1 誤差信号生成器、 4 5 コントローラ、 4 9 加算器、 5 1 アナログ - デジタル変換器、 5 3 ノッチフィルタ、 5 5 回転振動補償器、 6 0 周波数推定ブロック、 6 2 バンドパスフィルタ、 6 4 周波数推定部、 6 6 収束判定部。

40

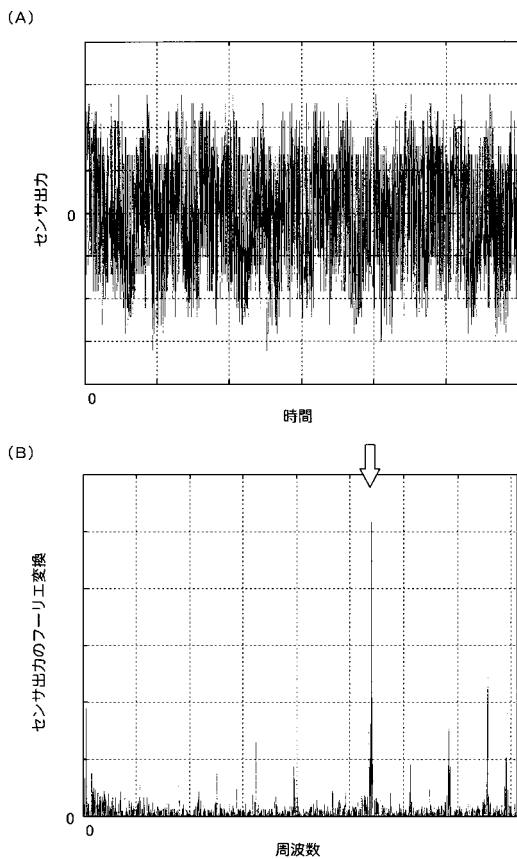
【図5】



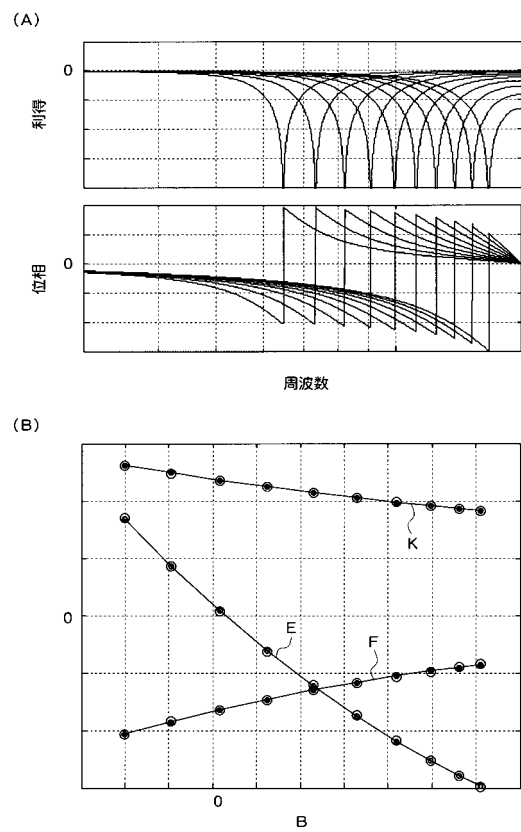
【図6】



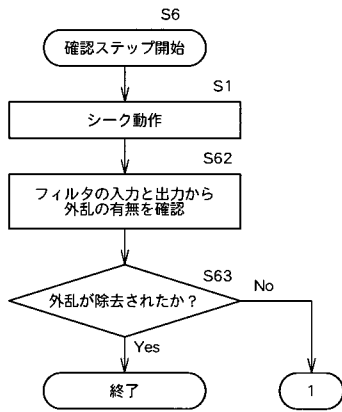
【図7】



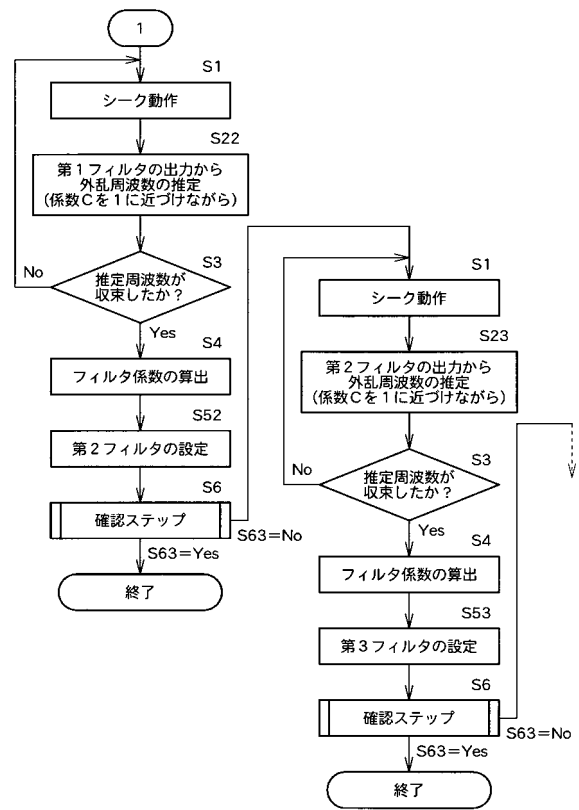
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 池戸 学

神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ内

審査官 山澤 宏

(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 0 9 5 1 1 9 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 2 8 7 8 2 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 1 1 B 2 1 / 1 0