

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4024195号  
(P4024195)

(45) 発行日 平成19年12月19日(2007.12.19)

(24) 登録日 平成19年10月12日(2007.10.12)

(51) Int. Cl.	F I
<b>G 1 1 B 21/10 (2006.01)</b>	G 1 1 B 21/10 L
<b>G 1 1 B 21/08 (2006.01)</b>	G 1 1 B 21/10 V
<b>G 1 1 B 21/12 (2006.01)</b>	G 1 1 B 21/08 H
	G 1 1 B 21/08 Y
	G 1 1 B 21/12 T

請求項の数 33 (全 52 頁)

(21) 出願番号	特願2003-324512 (P2003-324512)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成15年9月17日(2003.9.17)		松下電器産業株式会社
(65) 公開番号	特開2004-139715 (P2004-139715A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成16年5月13日(2004.5.13)	(74) 代理人	100086737
審査請求日	平成18年9月4日(2006.9.4)		弁理士 岡田 和秀
(31) 優先権主張番号	特願2002-282989 (P2002-282989)	(72) 発明者	稲治 利夫
(32) 優先日	平成14年9月27日(2002.9.27)		大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	高祖 洋
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	宮田 敬三
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ディスク装置及びその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備したディスク装置であって、

前記外乱推定手段は、

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号に第2の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段と

を含むことを特徴とするディスク装置。

## 【請求項 2】

ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備したディスク装置であって、

前記外乱推定手段は、

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、

前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断しフィルタ出力信号を生成するフィルタ手段と、

前記偏差信号を積分した積分信号に第 1 の係数を乗算した信号と前記フィルタ出力信号に第 2 の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを含むことを特徴とするディスク装置。

## 【請求項 3】

前記外乱推定手段は、

前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、

前記駆動信号に第 1 の伝達関数からなる係数を乗算する第 1 の乗算手段と、

前記比較手段の出力に第 2 の伝達関数からなる係数を乗算する第 2 の乗算手段と、

前記比較手段の出力を積分する第 1 の積分手段と、

前記第 1 の乗算手段の出力から前記第 2 の乗算手段の出力と前記第 1 の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第 2 の積分手段とを具備し、

前記比較手段が前記第 2 の積分手段の出力と前記電圧信号とを比較し、その差分を前記第 2 の乗算手段と前記第 1 の積分手段へ出力するように構成されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のディスク装置。

## 【請求項 4】

ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、

前記位置制御信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備したディスク装置であって、

前記外乱推定手段は、

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、

前記偏差信号を積分した積分信号に第 1 の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号に第 2 の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段と

10

20

30

40

50

を含むことを特徴とするディスク装置。

【請求項 5】

ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、

前記位置制御信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備したディスク装置であって、

前記外乱推定手段は、

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、

前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断しフィルタ出力信号を生成するフィルタ手段と、

前記偏差信号を積分した積分信号に第 1 の係数を乗算した信号と前記フィルタ出力信号に第 2 の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段と

を含むことを特徴とするディスク装置。

【請求項 6】

前記外乱推定手段は、

前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、

前記位置制御信号に第 1 の伝達関数からなる係数を乗算する第 1 の乗算手段と、

前記比較手段の出力に第 2 の伝達関数からなる係数を乗算する第 2 の乗算手段と、

前記比較手段の出力を積分する第 1 の積分手段と、

前記第 1 の乗算手段の出力から前記第 2 の乗算手段の出力と前記第 1 の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第 2 の積分手段と

を具備し、

前記比較手段が前記第 2 の積分手段の出力と前記電圧信号とを比較し、その差分を前記第 2 の乗算手段と前記第 1 の積分手段へ出力するように構成されている

ことを特徴とする請求項 4 または請求項 5 に記載のディスク装置。

【請求項 7】

前記第 1 の係数 ( $k_1$ ) と前記第 2 の係数 ( $k_2$ ) との比率 ( $= k_2 / k_1$ ) が略  $\omega^2 / (\omega^2 - d^2)$  (ただし、 $\omega$  は前記外乱推定手段の推定周波数、 $d$  は外乱周波数) となるように設定されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 までのいずれかに記載のディスク装置。

【請求項 8】

前記第 1 の係数が 1 となるように設定されていることを特徴とする請求項 4 または請求項 5 に記載のディスク装置。

【請求項 9】

前記外乱推定手段の制御帯域が、前記位置制御手段の制御帯域よりも大きく設定されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 までのいずれかに記載のディスク装置。

【請求項 10】

ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、

前記ヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段の駆動信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づいて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を

生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号に第 1 の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号に第 2 の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行うことを特徴とするディスク装置の制御方法。

【請求項 1 1】

ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、

前記ヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段の駆動信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づいて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号に第 1 の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断したフィルタ出力信号に第 2 の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行うことを特徴とするディスク装置の制御方法。

【請求項 1 2】

ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、

前記位置制御信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とから前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号に第 1 の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号に第 2 の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行うことを特徴とするディスク装置の制御方法。

【請求項 1 3】

ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、

前記位置制御信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とから前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号に第 1 の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断したフィルタ出力信号に第 2 の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行うことを特徴とするディスク装置の制御方法。

【請求項 1 4】

前記第 1 の係数 ( $k_1$ ) と前記第 2 の係数 ( $k_2$ ) との比率 ( $= k_2 / k_1$ ) が略  $\omega^2 / (\omega^2 - d^2)$  (ただし、 $\omega$  は前記外乱推定手段の推定周波数、 $d$  は外乱周波数) となるように設定されていることを特徴とする請求項 1 0 から請求項 1 3 までのいずれかに記

10

20

30

40

50

載のディスク装置の制御方法。

【請求項 15】

前記第 1 の係数が 1 となるように設定されていることを特徴とする請求項 12 または請求項 13 に記載のディスク装置の制御方法。

【請求項 16】

前記外乱推定の制御帯域が、前記位置制御の制御帯域よりも大きく設定されていることを特徴とする請求項 10 から請求項 15 までのいずれかに記載のディスク装置の制御方法。

【請求項 17】

ディスクに対するヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

速度指令信号と前記電圧信号より速度制御信号を生成する速度制御手段と、

前記速度制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備したディスク装置であって、

前記外乱推定手段は、

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、

前記偏差信号を積分した積分信号に第 1 の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号に第 2 の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段と

を含むことを特徴とするディスク装置。

【請求項 18】

ディスクに対するヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

速度指令信号と前記電圧信号より速度制御信号を生成する速度制御手段と、

前記速度制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備したディスク装置であって、

前記外乱推定手段は、

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、

前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断しフィルタ出力信号を生成するフィルタ手段と、

前記偏差信号を積分した積分信号に第 1 の係数を乗算した信号と前記フィルタ出力信号に第 2 の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを含むことを特徴とするディスク装置。

【請求項 19】

前記外乱推定手段は、

前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、

前記駆動信号に第 1 の伝達関数からなる係数を乗算する第 1 の乗算手段と、

前記比較手段の出力に第 2 の伝達関数からなる係数を乗算する第 2 の乗算手段と、

前記比較手段の出力を積分する第 1 の積分手段と、

前記第 1 の乗算手段の出力から前記第 2 の乗算手段の出力と前記第 1 の積分手段の出力

10

20

30

40

50

との加算値を減算した値を積分する第２の積分手段とを具備し、

前記比較手段が前記第２の積分手段の出力と前記電圧信号とを比較し、その差分を前記第２の乗算手段と前記第１の積分手段へ出力するように構成されていることを特徴とする請求項１７または請求項１８に記載のディスク装置。

【請求項２０】

ディスクに対するヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

10

速度制御信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

速度指令信号と前記電圧信号より前記速度制御信号を生成する速度制御手段と、

前記速度制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段と

を具備したディスク装置であって、

前記外乱推定手段は、

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、

前記偏差信号を積分した積分信号に第１の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号に第２の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段と

20

を含むことを特徴とするディスク装置。

【請求項２１】

ディスクに対するヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

速度制御信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

速度指令信号と前記電圧信号より前記速度制御信号を生成する速度制御手段と、

30

前記速度制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段と

を具備したディスク装置であって、

前記外乱推定手段は、

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、

前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断しフィルタ出力信号を生成するフィルタ手段と、

前記偏差信号を積分した積分信号に第１の係数を乗算した信号と前記フィルタ出力信号に第２の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段と

を含むことを特徴とするディスク装置。

40

【請求項２２】

前記外乱推定手段は、

前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、

前記位置制御信号に第１の伝達関数からなる係数を乗算する第１の乗算手段と、

前記比較手段の出力に第２の伝達関数からなる係数を乗算する第２の乗算手段と、

前記比較手段の出力を積分する第１の積分手段と、

前記第１の乗算手段の出力から前記第２の乗算手段の出力と前記第１の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第２の積分手段と

を具備し、

前記比較手段が前記第２の積分手段の出力と前記電圧信号とを比較し、その差分を前記

50

第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されていることを特徴とする請求項20または請求項21に記載のディスク装置。

【請求項23】

前記第1の係数( $k_1$ )と前記第2の係数( $k_2$ )との比率( $= k_2 / k_1$ )が略  $\omega^2 / (\omega^2 - d^2)$  (ただし、 $\omega$ は前記外乱推定手段の推定周波数、 $d$ は外乱周波数)となるように設定されていることを特徴とする請求項17から請求項22までのいずれかに記載のディスク装置。

【請求項24】

前記第1の係数が1となるように設定されていることを特徴とする請求項20または請求項21に記載のディスク装置。

10

【請求項25】

前記速度制御手段は、速度指令信号と前記外乱推定手段で生成する速度推定信号より速度制御信号を生成されていることを特徴とする請求項17から請求項24までのいずれかに記載のディスク装置。

【請求項26】

前記外乱推定手段の制御帯域が、前記速度制御手段の制御帯域よりも大きく設定されていることを特徴とする請求項17から請求項25までのいずれかに記載のディスク装置。

【請求項27】

速度指令に対応した速度制御信号を生成し、

ヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段の駆動信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づいて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

20

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号に第2の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記速度制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドのロード・アンロードを行うことを特徴とするディスク装置の制御方法。

【請求項28】

速度指令に対応した速度制御信号を生成し、

30

ヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段の駆動信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づいて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断したフィルタ出力信号に第2の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記速度制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドのロード・アンロードを行うことを特徴とするディスク装置の制御方法。

40

【請求項29】

速度指令に対応した速度制御信号を生成し、

前記速度制御信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づいて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号に第2の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記速度制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドのロード・アンロードを行うことを特徴とするディスク装置の制御方法。

50

**【請求項 30】**

速度指令に対応した速度制御信号を生成し、

前記速度制御信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づいて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断したフィルタ出力信号に第2の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記速度制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドのロード・アンロードを行うことを特徴とするディスク装置の制御方法。 10

**【請求項 31】**

前記第1の係数( $k_1$ )と前記第2の係数( $k_2$ )との比率( $=k_2/k_1$ )が略  $\omega^2 / (\omega^2 - d^2)$  (ただし、 $\omega$ は前記外乱推定手段の推定周波数、 $d$ は外乱周波数)となるように設定されていることを特徴とする請求項27から請求項30までのいずれかに記載のディスク装置の制御方法。

**【請求項 32】**

前記第1の係数が1となるように設定されていることを特徴とする請求項29または請求項30に記載のディスク装置の制御方法。

**【請求項 33】**

前記外乱推定の制御帯域が、前記位置制御の制御帯域よりも大きく設定されていることを特徴とする請求項27から請求項32までのいずれかに記載のディスク装置の制御方法。 20

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、記録/再生ヘッドをアクチュエータにより記録媒体であるディスクの目標トラックへ高精度に位置決めするディスク装置に関する。さらに詳しくは、アクチュエータが受ける外乱のためにヘッドが目標トラックからずれることを抑制するための技術に関する。

**【0002】**

本発明は、また、停止時にヘッドをディスク外のランブブロックなどのヘッド退避部材上にアンロードし、使用時にヘッド退避部材からヘッドをディスク面上にロードさせるロード・アンロード機構を有するディスク装置にかかわり、ヘッド退避部材上での外乱が大きくても適切な速度制御のもとでヘッドをディスク面に安定良くロードさせるための技術に関する。 30

**【背景技術】****【0003】**

近年、磁気ディスク装置などのディスク装置は、小型化、大容量化が急速に進み、トラックの高密度化・狭トラックピッチ化の傾向にあり、目標トラックに対するヘッドの高精度位置決めが重要となっている。あらかじめディスクに記録されたサーボ情報をヘッドが読み取り、目標トラックに対するヘッドの位置誤差信号を生成し、位置誤差信号の大きさを最小にするようにヘッドを位置決め制御する。位置決め速度を高速化するには位置決め制御系の制御周波数を高くすればよい。しかし、ヘッドのアクチュエータの固有機械共振のために、位置決め制御系が不安定になる。このような実情で、制御周波数を高めることには自ずと限界がある。 40

**【0004】**

トラックの高密度化・狭トラックピッチ化およびアクチュエータの小型軽量化に伴い、アクチュエータに作用する外乱が位置決め制御系に与える影響は大きくなる。一方、ヘッドの高精度位置決めに対する要求は厳しい。ヘッドの位置決め精度の悪化要因である外乱の低減が重要である。従来、ディスク上のサーボ情報から得たヘッド位置信号とアクチュ 50



エータの駆動信号とに基づいて外乱を推定して、フィードフォワード制御により外乱を補償する技術が提案されている（例えば、特許文献１参照。）。

【特許文献１】特開平９－２３１７０１号公報（第４－５頁、図１）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

しかし、ディスク上のサーボ情報は一定のサンプリング周期をもつ離散的情報であり、これを再生したヘッド位置信号は連続信号ではない。サーボ情報のサンプリング周波数の制約から、外乱推定手段の制御帯域には上限が存在し、この上限の存在が外乱の正確な推定を困難にする。その結果、ヘッドを目標トラックに対して常に正確に追従させることがむずかしい。

10

【０００６】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであって、外乱推定手段によりアクチュエータ手段に作用する外乱を正確に推定し、外乱を良好に打ち消すことにより、目標トラックに対するヘッドの位置決め精度を向上させることを目的とする。

【０００７】

また、ヘッド退避部材上では摺動摩擦による外乱の変動が大きいため、ヘッドスライダ速度は大きく変動する。ヘッドスライダ移動速度のフィードバック制御を施しても、ヘッドローディング速度の変動が大きくスライダがディスクに衝突することがある。

【０００８】

20

そこで、本発明は、アクチュエータに作用する摩擦などの外力を補償することにより、ヘッド退避部材上の外乱の変動が大きくても、安定な速度制御が可能なディスク装置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】

アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力、衝撃や振動に起因する慣性力などの外乱を打ち消すために、その外乱の大きさを推定する。外乱の大きさを推定に際して、２つの要素を用いる。１つは、アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し、その検出結果としての電圧信号を用いる。もう１つは、アクチュエータ手段の駆動手段における駆動信号である。ここで、駆動手段における駆動信号としては、駆動手段に入力するものであってもよいし、あるいは、駆動手段から出力するものであってもよい。また、駆動手段における駆動信号に代えて、その駆動信号を生成するもとになる位置制御信号を用いてもよい。すなわち、外乱の大きさを推定するための外乱推定手段を設け、この外乱推定手段をもって、電圧検出手段が検出した電圧信号と駆動手段における駆動信号または位置制御信号とを入力として、外乱推定信号を生成する。２つの要素に基づいて生成した外乱推定信号は、ヘッドに実際に加わる外乱の大きさを正確に推定したものとなる。この結果、アクチュエータ手段の軸受摩擦やアクチュエータ手段と電子回路基板とを接続するＦＰＣ（フレキシブルプリント回路）の弾性力やディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段が受ける慣性力などの外乱の大きさを正確に推定することができる。

30

40

【００１０】

以上のようにして正確に推定した外乱推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消すように、補正手段において、その外乱推定信号を位置制御手段からの位置制御信号に合成して駆動信号を生成する。その駆動信号を用いてヘッドのアクチュエータ手段を駆動することにより、アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱を打ち消し、外乱に対する補償を良好に行うことができる。

【００１１】

本発明は、上記だけにとどまらず、さらに進んで次の点にも配慮している。

【００１２】

外乱推定手段は、入力されてくる電圧信号に相当する電圧推定信号を生成し、この電圧

50

推定信号と入力の電圧信号とを比較し、その差分の偏差信号を生成する。さらに、この偏差信号を積分した積分信号と偏差信号に比例した比例信号を生成し、積分信号と比例信号との加算信号を前記電圧推定信号の生成のためにフィードバックし、偏差信号をゼロに近づける。

【0013】

ここで、基礎的な考え方として、補正手段に戻す外乱推定信号の生成について、前記の積分信号のみに基づいて外乱推定信号を生成するという考え方がある。外乱推定信号を積分信号のみに基づいて生成する場合にも、外乱推定信号と位置制御信号とを合成した駆動信号でアクチュエータ手段を駆動すれば、上述の作用を発揮させて、外乱に対する補償を行うことはできる。

10

【0014】

しかし、外乱推定信号を積分信号のみに基づいて生成する場合には、その外乱推定信号と実際の外乱との間に位相差が生じ、外乱推定信号は実際の外乱に対して位相遅れを生じる。位相遅れを含む外乱推定信号に基づく駆動信号でアクチュエータ手段を駆動すれば、外乱に対する補償の効果は発揮されるものの、やはり位相遅れの影響がある。ここに改善の余地があり、本発明は、さらに進んで十分な補償を行うために次のような手段を追加している。

【0015】

すなわち、前記の外乱推定手段において、前記の偏差信号の積分信号と偏差信号の比例信号とを一定の比率で加算して外乱推定信号を生成する。積分信号を  $a$ 、比例信号を  $b$ 、ともにゼロでない係数を  $k_1$ 、 $k_2$  として、外乱推定信号  $dest$  を、 $[dest = k_1 \cdot a + k_2 \cdot b]$  と表すことができる。比例信号は積分信号に対して位相が  $90$  度進んだものとなっている（例えば図7参照）。したがって、積分信号と比例信号とを適切に合成することにより、上記の位相遅れを軽減させることができる。すなわち、実際の外乱に対してより近づけた状態の外乱推定信号を生成することができる。この位相遅れが抑制された外乱推定信号を補正手段において位置制御信号と合成し、得られた駆動信号でアクチュエータ手段を駆動することにより、アクチュエータ手段に作用する軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱に対する補償を充分良好に行うことができる。その結果、目標トラックに向かうフォローイング動作時にアクチュエータ手段に作用する外乱の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を安定に行うことができる。また、その副次的効果として、実質的に、トラック密度の向上を可能となし、大容量のディスク装置の実現化を促すことができる。

20

30

【0016】

以下、上記で説明した本発明をより具体的レベルで記述する。

【0017】

第1の解決手段として、本発明によるディスク装置は、次のような複数の構成要素を備えている。すなわち、

ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

40

前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備している。

【0018】

さらに、前記外乱推定手段は、

50

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号に第2の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを備えている。

【0019】

なお、この構成において、駆動手段における駆動信号としては、駆動手段に入力するものであってもよいし、あるいは、駆動手段から出力するものであってもよく、この点は以下でも同様である。

【0020】

この第1の解決手段による作用は次のとおりである。外乱推定手段は、アクチュエータ手段の駆動手段に与える駆動信号とアクチュエータ手段から検出した電圧信号とに基づいて、アクチュエータ手段にかかる外乱（軸受摩擦、電子回路基板と接続するFPCの弾性力、外部から加わる衝撃や振動に起因する慣性力など）の大きさを推定する。ここで、電圧推定信号と電圧信号の差分である偏差信号の積分信号のみに基づいて外乱推定信号を生成するのではなく、偏差信号の比例信号も利用して、積分信号と比例信号とを一定の比率で加算して外乱推定信号を生成する（ $dest = k_1 \cdot a + k_2 \cdot b$ ）。これにより、実際の外乱に対する外乱推定信号の位相遅れを軽減し、実際の外乱に対してより近づけた状態の外乱推定信号を生成することができる。この位相遅れの抑制された正確に推定した外乱推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消すように、その外乱推定信号を位置制御信号に合成して駆動信号を生成する。その駆動信号をもってヘッドのアクチュエータ手段を駆動することにより、アクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消し、外乱に対する補償を良好に行うことができるので、目標トラックに向かうフォロ잉動作時に外乱の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を安定に行うことができる。

【0021】

上記第1の解決手段をディスク装置の制御方法として記述すると、次のようになる。すなわち、

ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、

前記ヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段の駆動信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づいて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号に第2の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行う。

【0022】

このディスク装置の制御方法によれば、上記同様の作用を発揮する。

【0023】

第2の解決手段として、本発明によるディスク装置は、次のような複数の構成要素を備えている。すなわち、

ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

10

20

30

40

50

前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備している。

#### 【0024】

さらに、前記外乱推定手段は、

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、 10

前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断しフィルタ出力信号を生成するフィルタ手段と、

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記フィルタ出力信号に第2の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを備えている。

#### 【0025】

この第2の解決手段による作用は、基本的には上記第1の解決手段と同様である。そして外乱推定手段にフィルタ手段を付加したことにより、ノイズを低減することができる。フィルタ手段は、比例信号の高域周波数成分を遮断してフィルタ出力信号を生成する。一方、積分信号は、偏差信号を積分する過程で高域周波数成分が遮断される。これは、積分自体が一種の高域遮断フィルタであることによる。したがって、積分信号とフィルタ出力信号とを合成して得られる外乱推定信号は高域成分を除去されたノイズの少ない信号となる。また、位置決め制御系に外乱推定手段を適用したときの制御系全体の安定性を向上させることができる。 20

#### 【0026】

上記第2の解決手段をディスク装置の制御方法として記述すると、次のようになる。すなわち、

ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、 30

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、

前記ヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段の駆動信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づいて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断したフィルタ出力信号に第2の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行う。 40

#### 【0027】

このディスク装置の制御方法によれば、上記同様の作用を発揮する。

#### 【0028】

上記の第1または第2の解決手段において、次のように構成することは好ましいものである。すなわち、

前記外乱推定手段の構成につき、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、

前記駆動信号に第1の伝達関数からなる係数を乗算する第1の乗算手段と、

前記比較手段の出力に第2の伝達関数からなる係数を乗算する第2の乗算手段と、 50

前記比較手段の出力を積分する第１の積分手段と、

前記第１の乗算手段の出力から前記第２の乗算手段の出力と前記第１の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第２の積分手段とを具備した構成とする。

【００２９】

さらに、前記比較手段が前記第２の積分手段の出力と前記電圧信号とを比較し、その差分を前記第２の乗算手段と前記第１の積分手段へ出力するように構成されている。

【００３０】

この構成による作用は次のとおりである。駆動信号を入力する第１の乗算手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第２の積分手段の出力は、電圧検出手段の検出した電圧信号に対する電圧推定信号となる。第２の積分手段からの電圧推定信号と電圧信号との差分をとる比較手段が出力する偏差信号は、第１の積分手段と第２の乗算手段に与えられる。前記の第２の乗算手段の出力と前記の第１の積分手段の出力との加算値を前記の第１の乗算手段の出力から減算して第２の積分手段に与える。前記の偏差信号を積分した積分信号と前記の偏差信号に比例した比例信号とを一定の比率で加算して得られた信号は外乱推定信号となる。

【００３１】

以上の結果として、生成された外乱推定信号は、アクチュエータ手段が受ける外乱を正確に推定したものに相当している。そして、このように正確に割り出した外乱推定信号をもって外乱を打ち消すようフィードフォワード制御を行うので、フォローイング動作において外乱に対する補償を良好に行うことができ、フォローイング動作時に外乱の変動が大きくても、目標トラックに対するヘッドの位置決め制御を安定に行い、位置決め精度を向上させることができる。

【００３２】

第３の解決手段として、本発明によるディスク装置は、次のような複数の構成要素を備えている。すなわち、

ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、

前記位置制御信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備している。

【００３３】

さらに、前記外乱推定手段は、

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、

前記偏差信号を積分した積分信号に第１の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号に第２の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを備えている。

【００３４】

この第３の解決手段による作用は次のとおりである。外乱推定手段に入力する要素が、第１の解決手段では電圧信号と駆動信号であるのに対して、本解決手段では電圧信号と位置制御信号とを外乱推定手段に入力している。外乱推定手段は、位置制御手段からの位置制御信号とアクチュエータ手段から検出した電圧信号とに基づいて、アクチュエータ手段

が受ける外乱の大きさを正確に推定する。ここで、電圧推定信号と電圧信号の差分である偏差信号の積分信号のみに基づいて外乱推定信号を生成するのではなく、偏差信号の比例信号も利用して、積分信号と比例信号とを一定の比率で加算して外乱推定信号を生成する〔  $dest = k_1 \cdot a + k_2 \cdot b$  〕。これにより、実際の外乱に対する外乱推定信号の位相遅れを軽減し、実際の外乱に対してより近づけた状態の外乱推定信号を生成することができる。この位相遅れの抑制された正確に推定した外乱推定信号をもって外乱を打ち消すように、その外乱推定信号を位置制御手段が出力する位置制御信号に合成して駆動信号を生成する。その駆動信号をもってヘッドのアクチュエータ手段を駆動することにより外乱を打ち消し、外乱に対する補償を良好に行うことができるので、目標トラックに向かうフオーロイング動作時に外乱の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を安定に行うことができる。

10

#### 【0035】

上記第3の解決手段をディスク装置の制御方法として記述すると、次のようになる。すなわち、

ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、

前記位置制御信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とから前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

20

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号に第2の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行う。

#### 【0036】

このディスク装置の制御方法によれば、上記同様の作用を発揮する。

#### 【0037】

第4の解決手段として、発明によるディスク装置は、ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、

30

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成する位置検出手段と、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成する位置制御手段と、

前記位置制御信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

前記位置制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備している。

40

#### 【0038】

さらに、前記外乱推定手段は、

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、

前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断しフィルタ出力信号を生成するフィルタ手段と、

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記フィルタ出力信号に第2の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを備えている。

#### 【0039】

50

この第4の解決手段による作用は、基本的に上記第3の解決手段と同様である。そして外乱推定手段にフィルタ手段を付加したことにより、ノイズを低減することができる。フィルタ手段は、比例信号の高域周波数成分を遮断してフィルタ出力信号を生成する。一方、積分信号は、偏差信号を積分する過程で高域周波数成分が遮断される。これは、積分自体が一種の高域遮断フィルタであることによる。したがって、積分信号とフィルタ出力信号とを合成して得られる高域成分を除去されたノイズの少ない信号となる。また、位置決め制御系に外乱推定手段を適用したときの制御系全体の安定性を向上させることができる。

#### 【0040】

上記第4の解決手段をディスク装置の制御方法として記述すると、次のようになる。すなわち、 10

ディスクに予め記録されてヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した位置誤差信号を生成し、

前記位置誤差信号に対応した位置制御信号を生成し、

前記位置制御信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とから前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断したフィルタ出力信号に第2の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、 20

前記位置制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドの位置決めを行う。

#### 【0041】

このディスク装置の制御方法によれば、上記同様の作用を発揮する。

#### 【0042】

上記の第3または第4の解決手段において、次のように構成することは好ましいものである。すなわち、

前記外乱推定手段は、

前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、 30

前記位置制御信号に第1の伝達関数からなる係数を乗算する第1の乗算手段と、

前記比較手段の出力に第2の伝達関数からなる係数を乗算する第2の乗算手段と、

前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、

前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力と前記第1の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第2の積分手段と

を具備し、前記比較手段が前記第2の積分手段の出力と前記電圧信号とを比較し、その差分を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成している。ここでの特徴は、第1の乗算手段に入力するのが位置制御信号となっている点である。

#### 【0043】

この構成による作用は次のとおりである。位置制御信号を入力する第1の乗算手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第2の積分手段の出力は、電圧検出手段の検出した電圧信号に対する電圧推定信号となる。第2の積分手段からの電圧推定信号との差分をとる比較手段の出力する偏差信号は、第1の積分手段と第2の乗算手段に与えられる。前記の第2の乗算手段の出力と前記の第1の積分手段の出力との加算値を前記の第1の乗算手段の出力から減算して第2の積分手段に与える。前記の偏差信号を積分した積分信号と前記の偏差信号に比例した比例信号とを一定の比率で加算して得られた信号は外乱推定信号となる。 40

#### 【0044】

以上の結果として、生成された外乱推定信号は、アクチュエータ手段が受ける外乱を正確に推定したものに相当している。そして、このように正確に割り出した外乱推定信号を 50

もって外乱を打ち消すようフィードフォワード制御を行うので、フォローイング動作において外乱に対する補償を良好に行うことができ、フォローイング動作時に外乱の変動が大きくても、目標トラックに対するヘッドの位置決め制御を安定に行い、位置決め精度を向上させることができる。

【0045】

さらに、上記の解決手段で必要とした第1の積分手段と第2の乗算手段との加算を行う必要がなく、その加算のための手段を省略することが可能で、構成の簡素化をもたらすことができる。

【0046】

上記の各解決手段において、外乱推定信号を生成する演算式の第1の係数( $k_1$ )と第2の係数( $k_2$ )について、次のように設定することは好ましい。 10

【0047】

すなわち、前記第1の係数( $k_1$ )と前記第2の係数( $k_2$ )との比率( $=k_2/k_1$ )が略  $\omega^2 / (\omega^2 - d^2)$  (ただし、 $\omega$ は前記外乱推定手段の推定周波数、 $d$ は外乱周波数)となるように設定されていることである。

【0048】

これによれば、外乱に対する外乱推定信号の位相遅れを実質的にゼロにでき、外乱推定信号は外乱をきわめて正確に推定したものとなる。

【0049】

また、前記第1の係数を1に設定する場合には、乗算器や加算器を削減でき、構成の簡素化を実現する。 20

【0050】

上記において好ましい態様は、前記外乱推定手段の制御帯域が、前記位置制御手段の制御帯域よりも大きく設定されていることである。

【0051】

これによる作用は次のとおりである。位置決め制御系の制御帯域を広げることは比例のゲインを大きくすることであるが、ディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数やがもつ固有機械共振周波数によって上限が存在することになる。これに対して、外乱推定手段ではディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数の影響を受けない。したがって、外乱推定手段においては、その制御帯域(推定周波数)を位置決め制御系の制御帯域よりも高く設定することができる。その結果として、より高い制御帯域にわたって、ヘッドを目標トラックに対して正確に追従させることができる。 30

【0052】

ここまで説明してきた技術は、ディスクに対するヘッドのロード・アンロードの制御にも有利に展開することができる。以下、ロード・アンロードの制御の場合を説明する。

【0053】

本発明のディスク装置は、  
ディスクに対するヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段と、  
前記アクチュエータ手段の駆動手段と、  
前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、 40

前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

速度指令信号と前記電圧信号より速度制御信号を生成する速度制御手段と、

前記速度制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備している。

【0054】

さらに、前記外乱推定手段は、

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、



前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号に第2の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを備えている。

【0055】

電圧信号は位置の微分であって、速度情報を含んでいる。速度指令信号と電圧信号との差分で速度制御信号が作られる。また、ランプブロックなどのヘッド退避部材から受ける外乱を打ち消すために、その外乱の大きさを推定する。この外乱の大きさを推定に際して、2つの要素を用いる。1つは、アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出した電圧信号である。もう1つは、アクチュエータ手段の駆動手段における駆動信号である。ここで、駆動手段における駆動信号としては、駆動手段に入力するものであってもよいし、あるいは、駆動手段から出力するものであってもよい。また、駆動手段における駆動信号に代えて、その駆動信号を生成する基になる速度制御信号を用いてもよい。

10

【0056】

外乱の大きさを推定するための外乱推定手段を設ける。この外乱推定手段をもって、電圧検出手段が検出した電圧信号と駆動手段における駆動信号（速度制御信号の場合を含む）とを入力として、外乱推定信号を生成する。2つの要素に基づいて生成する外乱推定信号は、ヘッドに実際に加わる外乱の大きさを正確に推定したものとなる。

【0057】

以上のようにして割り出した外乱推定信号を速度制御信号に合成して駆動信号を生成し、その駆動信号を用いてヘッドのアクチュエータ手段を駆動する。これにより、ヘッドに加わる外乱を良好に打ち消すので、ロード・アンロード時にヘッド退避部材上での外乱の変動が大きくても、速度制御を安定的に行うことができる。

20

【0058】

本発明は、上記だけにとどまらず、さらに進んで次の点にも配慮している。

【0059】

外乱推定手段は、入力されてくる電圧信号に相当する電圧推定信号を生成し、この電圧推定信号と入力の電圧信号とを比較し、その差分の偏差信号を生成する。さらに、この偏差信号を積分した積分信号と偏差信号に比例した比例信号を生成し、積分信号と比例信号との加算信号を前記電圧推定信号の生成のためにフィードバックし、偏差信号をゼロに近づける。

30

【0060】

ここで、基礎的な考え方として、補正手段に戻す外乱推定信号の生成について、前記の積分信号のみに基づいて外乱推定信号を生成するという考え方がある。外乱推定信号を積分信号のみに基づいて生成する場合にも、外乱推定信号と位置制御信号とを合成した駆動信号でアクチュエータ手段を駆動すれば、上述の作用を発揮させて、外乱に対する補償を行うことはできる。

【0061】

しかし、外乱推定信号を積分信号のみに基づいて生成する場合には、その外乱推定信号と実際の外乱との間に位相差が生じ、外乱推定信号は実際の外乱に対して位相遅れを生じる。位相遅れを含む外乱推定信号に基づく駆動信号でアクチュエータ手段を駆動すれば、外乱に対する補償の効果は発揮されるものの、やはり位相遅れの影響がある。ここに改善の余地があり、本発明は、さらに進んで十分な補償を行うために次のような手段を追加している。

40

【0062】

すなわち、前記の外乱推定手段において、前記の偏差信号の積分信号と偏差信号の比例信号とを一定の比率で加算して外乱推定信号を生成する。積分信号をa、比例信号をb、ともにゼロでない係数を $k_1$ 、 $k_2$ として、外乱推定信号  $dest$ を、 $[dest = k_1 \cdot a + k_2 \cdot b]$ と表すことができる。比例信号は積分信号に対して位相が90度進んだものとなっている。したがって、積分信号と比例信号とを適切に合成することにより、上記の位

50

相遅れを軽減させることができる。すなわち、実際の外乱に対してより近づけた状態の外乱推定信号を生成することができる。この位相遅れが抑制された外乱推定信号を補正手段において位置制御信号と合成し、得られた駆動信号でアクチュエータ手段を駆動することにより、アクチュエータ手段に作用する軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱に対する補償を充分良好に行うことができる。その結果、ロード・アンロード時にヘッド退避部材上での外乱の変動が大きくても、速度制御を安定的に行うことができる。すなわち、ヘッドロード・アンロード動作の信頼性を向上できる。なお、その副次的効果として、実質的に、トラック密度の向上を可能となし、大容量のディスク装置の実現化を促す。

【0063】

以下、上記で説明した本発明をより具体的レベルで記述する。

10

【0064】

第5の解決手段として、本発明によるディスク装置は、次のような複数の構成要素を備えている。すなわち、

ディスクに対するヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

速度指令信号と前記電圧信号より速度制御信号を生成する速度制御手段と、

20

前記速度制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備している。

【0065】

さらに、前記外乱推定手段は、

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号に第2の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段と

を備えている。

30

【0066】

なお、この構成において、駆動手段における駆動信号としては、駆動手段に入力するものであってもよいし、あるいは、駆動手段から出力するものであってもよく、この点は以下でも同様である。

【0067】

この第5の解決手段による作用は次のとおりである。外乱推定手段は、アクチュエータ手段の駆動手段に与える駆動信号とアクチュエータ手段から検出した電圧信号とに基づいて、アクチュエータ手段にかかる外乱（軸受摩擦、電子回路基板と接続するFPCの弾性力、外部から加わる衝撃や振動に起因する慣性力など）の大きさを推定する。ここで、電圧推定信号と電圧信号の差分である偏差信号の積分信号のみに基づいて外乱推定信号を生成するのではなく、偏差信号の比例信号も利用して、積分信号と比例信号とを一定の比率で加算して外乱推定信号を生成する（ $dest = k_1 \cdot a + k_2 \cdot b$ ）。これにより、実際の外乱に対してより近づけた状態の外乱推定信号を生成することができる。この位相遅れが抑制された外乱推定信号を補正手段において速度制御信号と合成し、得られた駆動信号でアクチュエータ手段を駆動することにより、アクチュエータ手段に作用する軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱に対する補償を充分良好に行うことができる。その結果、ロード・アンロード時にヘッド退避部材上での外乱の変動が大きくても、速度制御を安定的に行うことができる。すなわち、ヘッドロード・アンロード動作の信頼性を向上できる。なお、その副次的効果として、実質的に、トラック密度の向上を可能となし、大容量のディスク装置の実現化を促す。

40

50

## 【 0 0 6 8 】

上記第 5 の解決手段をディスク装置の制御方法として記述すると、次のようになる。すなわち、

速度指令に対応した速度制御信号を生成し、

ヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段の駆動信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づいて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号に第 1 の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号に第 2 の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記速度制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドのロード・アンロードを行う。

## 【 0 0 6 9 】

このディスク装置の制御方法によれば、上記同様の作用を発揮する。

## 【 0 0 7 0 】

第 6 の解決手段として、本発明によるディスク装置は、次のような複数の構成要素を備えている。すなわち、

ディスクに対するヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

速度指令信号と前記電圧信号より速度制御信号を生成する速度制御手段と、

前記速度制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備している。

## 【 0 0 7 1 】

さらに、前記外乱推定手段は、

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、

前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断しフィルタ出力信号を生成するフィルタ手段と、

前記偏差信号を積分した積分信号に第 1 の係数を乗算した信号と前記フィルタ出力信号に第 2 の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを備えている。

## 【 0 0 7 2 】

この第 6 の解決手段による作用は、基本的には上記第 5 の解決手段と同様である。そして外乱推定手段にフィルタ手段を付加したことにより、ノイズを低減することができる。フィルタ手段は、比例信号の高域周波数成分を遮断してフィルタ出力信号を生成する。一方、積分信号は、偏差信号を積分する過程で高域周波数成分が遮断される。これは、積分自体が一種の高域遮断フィルタであることによる。したがって、積分信号とフィルタ出力信号とを合成して得られる外乱推定信号は高域成分を除去されたノイズの少ない信号となる。また、速度制御系に外乱推定手段を適用したときの制御系全体の安定性を向上させることができる。

## 【 0 0 7 3 】

上記第 6 の解決手段をディスク装置の制御方法として記述すると、次のようになる。すなわち、

速度指令に対応した速度制御信号を生成し、

ヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段の駆動信号と前記アクチュエー

10

20

30

40

50

タ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づいて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断したフィルタ出力信号に第2の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記速度制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドのロード・アンロードを行う。

【0074】

10

このディスク装置の制御方法によれば、上記同様の作用を発揮する。

【0075】

上記の第5または第6の解決手段において、次のように構成することは好ましいものである。すなわち、

前記外乱推定手段の構成につき、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、

前記駆動信号に第1の伝達関数からなる係数を乗算する第1の乗算手段と、

前記比較手段の出力に第2の伝達関数からなる係数を乗算する第2の乗算手段と、

前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、

前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力と前記第1の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備した構成とする。 20

【0076】

さらに、前記比較手段が前記第2の積分手段の出力と前記電圧信号とを比較し、その差分を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されている。

【0077】

この構成による作用は次のとおりである。駆動信号を入力する第1の乗算手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第2の積分手段の出力は、電圧検出手段の検出した電圧信号に対する電圧推定信号となる。第2の積分手段からの電圧推定信号と電圧信号との差分をとる比較手段が出力する偏差信号は、第1の積分手段と第2の乗算手段に与えられる。前記の第2の乗算手段の出力と前記の第1の積分手段の出力との加算値を前記の第1の乗算手段の出力から減算して第2の積分手段に与える。前記の偏差信号を積分した積分信号と前記の偏差信号に比例した比例信号とを一定の比率で加算して得られた信号は外乱推定信号となる。 30

【0078】

以上の結果として、生成された外乱推定信号は、アクチュエータ手段が受ける外乱を正確に推定したものに相当している。そして、このように正確に割り出した外乱推定信号をもって外乱を打ち消すようフィードフォワード制御を行うので、ロード・アンロード動作においてヘッド退避部材上での摩擦などの外乱に対する補償を良好に行うことができ、ロード・アンロード動作時に外乱の変動が大きくても、速度制御を十分に安定的に行うことができる。すなわち、ヘッドのロード・アンロード動作の信頼性を向上させることができる。 40

【0079】

第7の解決手段として、本発明によるディスク装置は、次のような複数の構成要素を備えている。すなわち、

ディスクに対するヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動手段と、

前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、

速度制御信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信 50

号を生成する外乱推定手段と、

速度指令信号と前記電圧信号より前記速度制御信号を生成する速度制御手段と、  
前記速度制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段と  
を具備している。

【0080】

さらに、前記外乱推定手段は、  
当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する  
比較手段と、

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例し  
た比例信号に第2の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段  
と  
を備えている。

10

【0081】

この第7の解決手段は、外乱推定手段が上記の第6の解決手段でいう駆動手段における  
駆動信号に代えて速度制御手段からの速度制御信号を用いるようにしたものとなっている。  
作用は次のとおりである。外乱推定手段は、アクチュエータ手段を駆動するために速度  
制御手段から駆動手段に与える速度制御信号とアクチュエータ手段から検出した電圧信号  
とに基づいてヘッドに加わる外乱の大きさを正確に推定することができる。その推定にか  
かわる外乱が外乱推定信号である。ここで、特に、速度制御信号と電圧信号とからヘッド  
に加わる外乱の大きさを正確に推定できることが重要である。

20

【0082】

以上のようにして正確に割り出した外乱推定信号をもってヘッドに加わる外乱を打ち消  
すように、その外乱推定信号を速度制御信号に合成して駆動信号を生成し、その駆動信号  
を用いてヘッドのアクチュエータ手段を駆動すれば、ヘッドに加わる外乱を良好に打ち消  
すことができる。すなわち、アクチュエータ手段に作用する摩擦などの外力に対する補償  
を行うことができ、さらに、それに直接に関連付けた状態での速度制御であるので、ロー  
ド・アンロード時にランブブロックなどのヘッド退避部材上での外乱の変動が大きくても  
、速度制御を十分に安定的に行うことができる。すなわち、ヘッドロード・アンロード動  
作の信頼性を向上させることができる。

【0083】

上記第7の解決手段をディスク装置の制御方法として記述すると、次のようになる。す  
なわち、

30

速度指令に対応した速度制御信号を生成し、  
前記速度制御信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づ  
いて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、  
前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例し  
た比例信号に第2の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、  
前記速度制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、  
前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッ  
ドのロード・アンロードを行う。

40

【0084】

このディスク装置の制御方法によれば、上記同様の作用を発揮する。

【0085】

第8の解決手段として、本発明によるディスク装置は、次のような複数の構成要素を備  
えている。すなわち、

ディスクに対するヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段と、  
前記アクチュエータ手段の駆動手段と、  
前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧  
検出手段と、

50

速度制御信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を生成する外乱推定手段と、

速度指令信号と前記電圧信号より前記速度制御信号を生成する速度制御手段と、  
前記速度制御信号と前記外乱推定信号より前記駆動信号を合成する補正手段とを具備している。

【0086】

さらに、前記外乱推定手段は、

当該外乱推定手段で生成する電圧推定信号を前記電圧信号と比較し偏差信号を出力する比較手段と、

前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断しフィルタ出力信号を生成するフィルタ手段と、 10

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記フィルタ出力信号に第2の係数を乗算した信号とを加算し前記外乱推定信号を生成する加算手段とを備えている。

【0087】

この第8の解決手段による作用は、基本的には上記第7の解決手段と同様である。そして外乱推定手段にフィルタ手段を付加したことにより、ノイズを低減することができる。フィルタ手段は、比例信号の高域周波数成分を遮断してフィルタ出力信号を生成する。一方、積分信号は、偏差信号を積分する過程で高域周波数成分が遮断される。これは、積分自体が一種の高域遮断フィルタであることによる。したがって、積分信号とフィルタ出力信号とを合成して得られる外乱推定信号は高域成分を除去されたノイズの少ない信号となる。また、速度制御系に外乱推定手段を適用したときの制御系全体の安定性を向上させることができる。 20

【0088】

上記第8の解決手段をディスク装置の制御方法として記述すると、次のようになる。すなわち、

速度指令に対応した速度制御信号を生成し、

前記速度制御信号と前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧信号とに基づいて前記電圧信号の推定である電圧推定信号を生成し、

前記電圧推定信号と前記電圧信号とを比較してその差分の偏差信号を生成し、 30

前記偏差信号を積分した積分信号に第1の係数を乗算した信号と前記偏差信号に比例した比例信号の高域周波数成分を遮断したフィルタ出力信号に第2の係数を乗算した信号とを加算することにより外乱推定信号を生成し、

前記速度制御信号と前記外乱推定信号とを合成して前記駆動信号を生成し、

前記駆動信号により前記アクチュエータ手段を駆動して前記ディスクに対する前記ヘッドのロード・アンロードを行う。

【0089】

このディスク装置の制御方法によれば、上記同様の作用を発揮する。

【0090】

上記の第7または第8の解決手段において、次のように構成することは好ましいものである。すなわち、 40

前記外乱推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、

前記位置制御信号に第1の伝達関数からなる係数を乗算する第1の乗算手段と、

前記比較手段の出力に第2の伝達関数からなる係数を乗算する第2の乗算手段と、

前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、

前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力と前記第1の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備した構成とする。

【0091】

さらに、前記比較手段が前記第2の積分手段の出力と前記電圧信号とを比較し、その差 50

分を前記第 2 の乗算手段と前記第 1 の積分手段へ出力するように構成されている。

【0092】

この構成による作用は次のとおりである。駆動信号を入力する第 1 の乗算手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第 2 の積分手段の出力は、電圧検出手段の検出した電圧信号に対する電圧推定信号となる。第 2 の積分手段からの電圧推定信号と電圧信号との差分をとる比較手段が出力する偏差信号は、第 1 の積分手段と第 2 の乗算手段に与えられる。前記の第 2 の乗算手段の出力と前記の第 1 の積分手段の出力との加算値を前記の第 1 の乗算手段の出力から減算して第 2 の積分手段に与える。前記の偏差信号を積分した積分信号と前記の偏差信号に比例した比例信号とを一定の比率で加算して得られた信号は外乱推定信号となる。

10

【0093】

以上の結果として、生成された外乱推定信号は、アクチュエータ手段が受ける外乱を正確に推定したものに相当している。そして、このように正確に割り出した外乱推定信号をもって外乱を打ち消すようフィードフォワード制御を行うので、ロード・アンロード動作においてヘッド退避部材上での摩擦などの外乱に対する補償を良好に行うことができ、ロード・アンロード動作時に外乱の変動が大きくても、速度制御を十分に安定的に行うことができる。すなわち、ヘッドのロード・アンロード動作の信頼性を向上させることができる。

【0094】

さらに、上記の解決手段で必要とした第 1 の積分手段と第 2 の乗算手段との加算を行う必要がなく、その加算のための手段を省略することが可能で、構成の簡素化をもたらすことができる。

20

【0095】

上記の各解決手段において、外乱推定信号を生成する演算式の第 1 の係数 ( $k_1$ ) と第 2 の係数 ( $k_2$ ) について、次のように設定することは好ましい。

【0096】

すなわち、前記第 1 の係数 ( $k_1$ ) と前記第 2 の係数 ( $k_2$ ) との比率 ( $= k_2 / k_1$ ) が略  $\omega^2 / (\omega^2 - d^2)$  (ただし、 $\omega$  は前記外乱推定手段の推定周波数、 $d$  は外乱周波数) となるように設定されていることである。

【0097】

これによれば、外乱に対する外乱推定信号の位相遅れを実質的にゼロにでき、外乱推定信号は外乱をきわめて正確に推定したものとなる。

30

【0098】

また、前記第 1 の係数を 1 に設定する場合には、乗算器や加算器を削減でき、構成の簡素化を実現する。

【0099】

上記において好ましい態様は、前記外乱推定手段の制御帯域が、前記速度制御手段の制御帯域よりも大きく設定されていることである。

【0100】

これによる作用は次のとおりである。速度制御系の制御帯域を広げることは比例のゲインを大きくすることであるが、ディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数やがもつ固有機械共振周波数によって上限が存在することになる。これに対して、外乱推定手段ではディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数の影響を受けない。したがって、外乱推定手段においては、その制御帯域 (推定周波数) を速度制御系の制御帯域よりも高く設定することができる。その結果として、より高い制御帯域にわたって、ヘッドを目標トラックに対して正確に追従させることができる。

40

【0101】

以上のように本発明のディスク装置によれば、外乱推定手段により、ロード・アンロード動作時に、ヘッドがランブブロックなどのヘッド退避部材から受ける摩擦等による外乱を正確に検出することができるので、その外乱の変動が大きくても、速度制御を安定的に

50

行うことができる。すなわち、ヘッドロード・アンロード動作の信頼性を向上させることができる。

#### 【0102】

さらに、本発明のディスク装置によれば、ヘッドのロード・アンロードにおける速度制御だけでなく、目標トラックに対してヘッドを高速で移動させるシーク動作時の速度制御を、ディスクに記録されたサーボ信号をヘッドで再生することなく実現でき、ディスク装置のシーク速度を高めることも可能となっている。

#### 【0103】

特に、外乱推定手段が生成する外乱推定信号は、電圧推定信号と電圧信号との偏差信号の積分信号と偏差信号の比例信号とを一定の比率で加算したものであり ( $\text{dest} = k_1 \cdot g_2 \cdot \int s + k_2 \cdot g_1 \cdot$ )、実際の外乱に対してより近づけることができる。その結果、アクチュエータ手段に作用する軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱に対する補償を充分良好に行うことができ、ロード・アンロード時のみならず、目標トラックに向かうフォローイング動作時にも、アクチュエータ手段に作用する外乱の変動が大きくても、ロード・アンロード動作および目標トラックへのヘッドの位置決め制御を安定に行うことができる。したがって、アクチュエータ手段の小型軽量化によりアクチュエータ手段に作用する外乱が位置決め制御系に与える影響が大きくなっても、充分に高いヘッドの位置決め精度で対応することが可能で、トラック密度を高めて大容量のディスク装置を実現することができる。

#### 【0104】

なお、本発明は、磁気ディスク装置に適用する場合に最も有利に機能するが、必ずしも磁気ディスク装置のみに限定されるものではなく、光ディスク装置、光磁気ディスク装置など他の態様の情報記録装置に適用してもかまわない。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0105】

以下、本発明にかかわるディスク装置の具体的な実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、同様の機能を有するものには同一の符号を付けて説明する。

#### 【0106】

##### (実施の形態1)

図1は本発明の実施の形態1にかかわるディスク装置の構成を示すブロック図である。図1において、符号の1は磁気ディスク(以下、ディスクと略記する)で、スピンドルモータ(図示せず)により回転される。2はディスク1に対してデータを記録再生する磁気ヘッド(以下、ヘッドと略記する)、3はアームで、一端に搭載されたヘッド2を軸受4の周りに回動させることにより、ヘッド2をディスク1における目標トラックへ移動させる。5はアーム3の後端に設けられた駆動コイル、6は固定子(ヨーク)で、駆動コイル5に対向する面にはマグネット(永久磁石;図示せず)が配置されている。固定子6は空隙を介して対向する一対のヨークからなり、その空隙内でその少なくとも一方のヨーク側に前記マグネットが固着されている。固定子6に配置されたマグネットが発生する磁束と駆動コイル5に通電される電流が作る磁界との相互作用によりアーム3は回転力を受ける。アーム3、軸受4、駆動コイル5、固定子6によりアクチュエータ7を構成している。

#### 【0107】

10は駆動器、11は駆動器10に含まれる電圧検出器で、駆動コイル5の両端に発生する電圧を検出し、電圧信号Edを出力する。12は外乱推定器で、電圧検出器11の出力する電圧信号Edと駆動器10の入力である駆動信号uとからアーム3に作用する外乱(トルク) dを推定し、外乱推定信号 destを出力する。

#### 【0108】

ディスク1の各セクタには予めサーボ情報としてトラックの位置信号が記録されており、この位置信号はヘッド2により読み込まれる。位置検出器13は、ヘッド2により読み込まれた位置信号に基づいてヘッド2の現在位置を検出し、目標トラック位置rとの差を示す位置誤差信号eを生成する。位置制御器14は、位置検出器13で生成された位置誤

10

20

30

40

50



差信号  $e$  が入力されて、増幅および位相補償が行われ、位置制御信号  $c$  を生成する。15は補正器で、位置制御器14の位置制御信号  $c$  と外乱推定器12の外乱推定信号  $dest$  とが入力され、補正器15で補正演算を施して駆動信号  $u$  を生成し、その駆動信号  $u$  を駆動器10へ出力する。

【0109】

駆動器10は、入力された駆動信号  $u$  に応じて駆動コイル5に駆動電流  $I_a$  を通電し、アーム3を軸受4を中心に回転させる。これにより、アーム3の先端に取り付けられたヘッド2を回転移動させ、狭いトラックピッチで形成された目標トラックに対してヘッド2を高い精度で位置決めさせる。

【0110】

次に、本実施の形態のディスク装置の位置決め制御系の動作について図2を用いて説明する。図2は、本実施の形態のディスク装置における位置制御系の全体構成を示すブロック線図である。

【0111】

図中の一点鎖線で囲んだ部分30が外乱推定器12のブロックである。同じく一点鎖線で囲んだ部分47が補正器15のブロックであり、一点鎖線で囲んだ部分55が電圧検出器11のブロックである。なお、図2において、 $s$  はラプラス演算子を表すものである。また、図2において、セクタサーボのサンプリングによるホールド要素については、説明を簡単にするため、これを省略してある。

【0112】

図2において、ヘッド2の検出した現在トラック位置を  $x$  とすれば、目標トラック位置  $r$  に対する位置誤差信号  $e$  は、(数1)で表され、この位置誤差信号  $e$  は比較器20で得られる。

【0113】

【数1】

$$e = r - x$$

図2のブロック21で表される位置制御器14は、比較器20から出力される位置誤差信号  $e$  に伝達関数  $G_x(z)$  のデジタルフィルタ処理を施し、位置制御信号  $c$  を生成して、ブロック47で表される補正器15へ出力する。位置決め制御系は、通常のPID制御が施され、位置制御器14の伝達関数は、(数2)で表現できる。

【0114】

【数2】

$$G_x(z) = K_x \left\{ 1 + a_d(1 - z^{-1}) + a_i \frac{z^{-1}}{1 - z^{-1}} \right\}$$

ここで、 $z^{-1}$  は1サンプル遅延を示し、 $K_x$  は位置決め制御系の比例ゲインを示す。係数  $a_d$ 、 $a_i$  は周波数特性を表す定数を示し、係数  $a_d$  は微分係数、係数  $a_i$  は積分係数である。位置制御信号  $c$  は加算器46を経由して駆動信号  $u$  となる。駆動信号  $u$  は、ブロック22(伝達関数は  $g_m$ )の駆動器10において、電圧信号から  $g_m$  倍の電流信号に変換され、駆動電流  $I_a$  を出力する。ブロック23で表されるアクチュエータ7において、駆動コイル5に通電される駆動電流  $I_a$  は、それが作る磁界と前述した固定子6のマグネットの磁束との相互作用により伝達関数  $K_t$  で駆動トルクに変換される。ここで、伝達関数  $K_t$  はアクチュエータ7のトルク定数である。ブロック24の伝達関数  $(L_b / J \cdot s)$  は、アーム3に作用する駆動トルクからヘッド2の移動速度  $v$  への伝達特性を表わす。ここで、 $J$  はアーム3の慣性モーメントを示し、 $L_b$  はアーム3の軸受4からヘッド2までの距離を示している。ブロック25は積分器で、伝達関数は  $1/s$  で表され、ヘッド2の移動速度  $v$  が現在トラック位置  $x$  に変換される。

【0115】

10

20

30

40

50

アクチュエータ 7 において、ブロック 2 6 はアクチュエータ 7 が回転することにより駆動コイル 5 の両端に発生する誘起電圧  $E_a$  を出力し、ブロック 2 7 は駆動コイル 5 に駆動電流  $I_a$  が通電されることにより発生する電圧降下分  $(R_a + L_a \cdot s) \cdot I_a$  を出力し、加算器 2 8 でそれぞれを加算することによりアクチュエータ 7 の端子電圧  $V_a$  として出力する。すなわち、

【 0 1 1 6 】

【 数 3 】

$$V_a = E_a + (R_a + L_a \cdot s) \cdot I_a$$

の関係がある。ここで、 $R_a$  は、駆動コイル 5 のコイル抵抗、 $L_a$  は駆動コイル 5 のインダクタンスを示す。 10

【 0 1 1 7 】

アクチュエータ 7 の軸受摩擦やアクチュエータ 7 と電子回路基板とを接続する F P C の弾性力やディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ 7 が受ける慣性力などのアーム 3 に作用する外乱  $d$  は、比較器 2 9 でブロック 2 4 の前段に入力される形に表現できる。

【 0 1 1 8 】

図 2 の一点鎖線で囲んだ部分の 5 5 は、電圧検出器 1 1 のブロックを示すもので、このブロック 5 5 は、アクチュエータ 7 に含まれるブロック 2 7 の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック 3 9 と、減算器 3 6 を含んでいる。ブロック 3 9 は、駆動コイル 5 に駆動電流  $I_a$  が通電されることにより発生する電圧降下分  $(R_{an} + L_{an} \cdot s) \cdot I_a$  を出力し、減算器 3 6 でアクチュエータ 7 の端子電圧  $V_a$  から減算することにより電圧信号  $E_d$  を出力する。 20

【 0 1 1 9 】

図 2 の一点鎖線で囲んだ部分の 3 0 は、外乱推定器 1 2 のブロックを示すもので、このブロック 3 0 は、駆動器 1 0 であるブロック 2 2 の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック 3 2 と、アクチュエータ 7 であるブロック 2 3 の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック 3 3 と、ブロック 2 4 の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック 3 4 と、ブロック 2 6 の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック 3 5 を含んでいる。ブロック 3 2 とブロック 3 3 を合わせて第 1 の乗算器 4 1 を構成している。4 3 は第 1 の積分器、4 4 は第 2 の乗算器である。ブロック 3 4 とブロック 3 5 を合わせて第 2 の積分器 4 2 を構成している。ここで、ブロック 3 0 の各定数のサフィックス “ n ” は公称値を示し、“ est ” を付した変数は推定値を示す。 30

【 0 1 2 0 】

ブロック 2 2 に入力される駆動信号  $u$  は、外乱推定器 1 2 において第 1 の乗算器 4 1 を構成するブロック 3 2 にも入力され、ブロック 3 2 とブロック 3 3 とで  $(g_{mn} \cdot K_{tn})$  倍することによりアーム 3 に作用する駆動トルク と同一の駆動トルク推定信号  $est$  が得られる。

【 0 1 2 1 】

図 2 において、ブロック 3 4 からは速度推定信号  $v_{est}$  が出力される。ブロック 3 5 で、速度推定信号  $v_{est}$  を  $K_v n$  倍することにより得られた誘起電圧推定信号  $E_{aest}$  は、比較器 3 7 に入力され、実際に検出された電圧信号  $E_d$  と比較され、その結果の偏差信号  $(= E_{aest} - E_d)$  が第 1 の積分器 4 3 と第 2 の乗算器 4 4 とに入力される。第 1 の積分器 4 3 は、偏差信号 を積分し  $g_2$  倍して積分信号  $a$  を出力する。第 2 の乗算器 4 4 は、偏差信号 を  $g_1$  倍した比例信号  $b$  を出力する。積分信号  $a$  は乗算器 6 1 に入力され、 $k_1$  倍されて加算器 6 3 に入力される。同様に、比例信号  $b$  は乗算器 6 2 に入力され、 $k_2$  倍されて加算器 6 3 に入力される。加算器 6 3 は、外乱についての外乱推定信号  $d_{est}$  を出力する。すなわち、 40

【 0 1 2 2 】

【数 4】

$$\tau_{dest} = k_1 \cdot a + k_2 \cdot b$$

の関係がある。積分信号  $a$  が偏差信号 を積分 ( $1/s$  倍) したものであるのに対して、比例信号  $b$  は偏差信号 を実数倍したものであるので、積分信号  $a$  は比例信号  $b$  に対して  $90^\circ$  の位相遅れをもっている。

【0123】

積分信号  $a$  と比例信号  $b$  は、加算器 38 に入力される。加算器 38 の出力は減算器 31 に入力され、ブロック 33 の出力する駆動トルク推定信号  $est$  から加算器 38 の出力 ( $a + b$ ) を減算した結果 をブロック 34 に出力する。

10

【0124】

なお、第 2 の乗算器 44 の係数  $g_1$  と第 1 の積分器 43 の係数  $g_2$  は、外乱推定器 12 の動作を安定化するための定数であり、その詳細については後述する。

【0125】

図 2 において、60 は高域遮断フィルタであり、ブロック 30 の外乱推定器 12 から出力される外乱推定信号  $dest$  に伝達関数  $F(s)$  のフィルタ処理を施し、外乱推定信号  $dest$  に含まれる高域成分を除去する。高域遮断フィルタ 60 を通過した信号は、ブロック 47 へ出力される。高域遮断フィルタ 60 は、外乱推定信号  $dest$  に含まれる高域成分を除去することによりノイズの少ない信号を得ることができるだけでなく、位置決め制御系に外乱推定器を適用したときの制御系全体の安定性を向上させる効果もある。

20

【0126】

図 2 において、一点鎖線で囲んで示した 47 は、補正器 15 のブロックである。この補正器 15 に含まれるブロック 45 は、外乱推定信号  $dest$  を  $1/(g_{mn} \cdot K_{tn})$  倍することにより、アーム 3 に外乱推定信号  $dest$  に相当する大きさの駆動力を発生させるのに必要な駆動器 10 への補正信号 を生成する。補正信号 は加算器 46 において位置制御信号  $c$  に加算される。

【0127】

次に、ブロック 30 の外乱推定器 12 の動作について図 3 を参照して詳細に説明する。図 3 (a) は、図 2 のブロック 30 を書き直したブロック線図で、駆動信号  $u$  の入力から外乱推定信号  $dest$  の出力までの伝達を示す。

30

【0128】

ここで、図 2 の乗算器 61 と乗算器 62 の係数  $k_1$  ,  $k_2$  をそれぞれ、

【0129】

【数 5】

$$k_1 = 1, \quad k_2 = 0$$

に設定したときについて説明する。

【0130】

図 3 (b) は、図 3 (a) のブロック線図において、電圧信号  $E_d$  の入力位置 (比較器 37) を等価的に変換移動することにより、図 3 (a) のブロック線図を変形したブロック線図である。ここで、説明を簡単にするため、図 2 のブロック 22 の  $g_m$  とブロック 32 の  $g_{mn}$  の値とが等しく、

40

【0131】

【数 6】

$$g_m = g_{mn}$$

と仮定し、駆動電流  $I_a (= g_m \cdot u)$  と推定電流  $I_{aest} (= g_{mn} \cdot u)$  とが等しいものとした。

50

【 0 1 3 2 】

電圧信号  $E_d$  は、大きさを  $(J_n \cdot s) / (L_{bn} \cdot K_{vn})$  倍すれば、図 3 ( a ) の比較器 3 7 の入力位置を図 3 ( b ) に示す減算器 4 8 の入力位置に等価的に移動することができる。

【 0 1 3 3 】

図 3 ( b ) の減算器 4 8 に着目すると、減算器 4 8 の出力である  $\delta$  は ( 数 7 ) のように表される。

【 0 1 3 4 】

【 数 7 】

$$\delta = K_{tn} \cdot I_a - \frac{J_n \cdot s}{L_{bn} \cdot K_{vn}} E_d$$

10

ここで、理想的な条件として、

【 0 1 3 5 】

【 数 8 】

$$R_a = R_{an}$$

が成立するものとし、また、駆動コイル 5 のインダクタンス  $L_{an}$  は、抵抗  $R_{an}$  に比べて小さいため、図 2 の位置決め制御系のブロック線図において、電圧検出器 1 1 に含まれるブロック 3 9 で、駆動電流  $I_a$  が駆動コイル 5 に流れることにより発生する電圧降下分のうち、コイル抵抗  $R_{an}$  の電圧降下分だけを考慮し、インダクタンス  $L_{an}$  の電圧降下分を無視することにする。すなわち、

20

【 0 1 3 6 】

【 数 9 】

$$L_a = L_{an} = 0$$

と仮定すれば、減算器 3 6 に着目し、( 数 3 ) を代入すれば電圧信号  $E_d$  は、( 数 1 0 ) のように表される。

30

【 0 1 3 7 】

【 数 1 0 】

$$\begin{aligned} E_d &= V_a - (R_{an} + L_{an} \cdot s) \cdot I_a \\ &= E_a + (R_a + L_a \cdot s) \cdot I_a - (R_{an} + L_{an} \cdot s) \cdot I_a \\ &= E_a \end{aligned}$$

40

次に、図 2 の減算器 2 9、ブロック 2 4、2 6 に着目すると、( 数 1 1 ) の関係がある。

【 0 1 3 8 】

【 数 1 1 】

$$E_a = \frac{L_b \cdot K_v}{J \cdot s} (K_t \cdot I_a - \tau_d)$$

ここで、理想的な条件として、

【 0 1 3 9 】

50

【数 1 2】

$$K_t = K_{tn}$$

【0 1 4 0】

【数 1 3】

$$\frac{L_b \cdot K_v}{J} = \frac{L_{bn} \cdot K_{vn}}{J_n}$$

と仮定し、(数 1 0)、(数 6)を(数 7)に代入すると、(数 7)は、(数 1 4)のよ 10  
うに変形される。

【0 1 4 1】

【数 1 4】

$$\delta = \tau d$$

すなわち、減算器 4 8 の出力である は、アーム 3 に加わる外乱 d に等しい。

【0 1 4 2】

20

したがって、図 3 (b) のブロック線図より、アーム 3 に加わる外乱 d から外乱推定  
信号 dest までの伝達関数を求めると、(数 1 5) に示すようになる。

【0 1 4 3】

【数 1 5】

$$\tau_{dest} = \frac{\frac{L_{bn}}{J_n} \cdot K_{vn} \cdot g_2}{s^2 + \frac{L_{bn}}{J_n} \cdot K_{vn} \cdot g_1 \cdot s + \frac{L_{bn}}{J_n} \cdot K_{vn} \cdot g_2} \cdot \tau_d$$

30

(数 1 5) から、外乱推定器 1 2 は、図 2 の一点鎖線で囲んだブロック 3 0 内のループ  
によって、駆動信号 u と電圧信号 E d とから実際の外乱 d を 2 次遅れ系で推定できること  
が分かる。

【0 1 4 4】

ここで、2 次遅れ系の自然角周波数(推定角周波数)を  $\omega_o$ 、ダンピングファクタを  $\zeta_o$   
とすれば、外乱推定器 1 2 の動作を安定化する定数  $g_1$  および  $g_2$  はそれぞれ下記の(数 1  
6) および(数 1 7) で表される。

【0 1 4 5】

【数 1 6】

$$g_1 = 2\zeta_o \cdot \omega_o \cdot \frac{J_n}{L_{bn} \cdot K_{vn}}$$

40

【0 1 4 6】

【数 1 7】

$$g_2 = \omega_o^2 \cdot \frac{J_n}{L_{bn} \cdot K_{vn}}$$

ここで、推定角周波数  $\omega_o$  を位置制御帯域  $f_c$  より十分高く設定し、ダンピングファクタ 50

oを0.7～1に選べば、外乱推定器12により軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱dを正確に推定することができる。

【0147】

(数15)を(数16)、(数17)を用いて変形すると、

【0148】

【数18】

$$\tau_{dest} = \frac{\omega_o^2}{s^2 + 2\xi_o \cdot \omega_o \cdot s + \omega_o^2} \cdot \tau_d$$

10

となる。すなわち、図3(a)の外乱推定器12のブロック線図は、図3(c)のブロック52に示すように簡略化することができる。

【0149】

次に、ブロック47で示す補正器15の動作について、図4を参照して詳細に説明する。

【0150】

図2の一点鎖線で囲んだ部分の47は、補正器15のブロックを示す。ブロック45は、外乱推定信号destを1/(gmn・Ktn)倍した補正信号を加算器46へ出力する。すなわち、外乱推定信号destを1/(gmn・Ktn)倍することにより、アクチュエータ7に外乱推定信号destに相当する大きさの駆動力を発生させるに必要な補正信号を加算器46へ出力させる。さらに補正信号は、ブロック22とブロック23とによりgmn・Ktn倍されることから、大きさを合わせるために前もって、外乱推定信号destを1/(gmn・Ktn)倍している。

20

【0151】

以上をまとめると、アクチュエータ7の軸受摩擦やアクチュエータ7と電子回路基板とを接続するFPCの弾性力やディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ7が受ける慣性力などによる外乱dを打ち消すように、外乱推定信号destをアクチュエータ7に作用させるように構成されているといえることができる。

【0152】

30

図4(a)は、図2のブロック線図において、補正器15の動作に関連する加算器46から比較器29、ブロック24までの部分を抜き出したブロック線図である。図4(b)は、比較器29に加わる外乱dとブロック52に加わる外乱dとを、1つのdにまとめたブロック線図である。なお、図2のブロック線図と同一の機能を有するものについては同一の符号を付して重複した説明は省略する。

【0153】

図4(a)のブロック線図において、ブロック52は図3(c)のブロック52に相当し、(数15)で表わされる伝達関数を有する。

【0154】

したがって、図4(b)よりアーム3に外部から加わる外乱dは、(数19)の伝達関数で表されるフィルタを通してヘッド位置制御系に加わるものと考えられることができる。

40

【0155】

【数 19】

$$G_d(s) = 1 - \frac{\omega_o^2}{s^2 + 2\xi_o \cdot \omega_o \cdot s + \omega_o^2}$$

$$= \frac{s^2 + 2\xi_o \cdot \omega_o \cdot s}{s^2 + 2\xi_o \cdot \omega_o \cdot s + \omega_o^2}$$

図5は、(数19)で表される伝達関数  $G_d(s)$  の周波数特性を折れ線近似で示したものである。図5に示す伝達関数  $G_d(s)$  の周波数特性から角周波数  $\omega_o$  より低い角周波数では、ゲインは0dB以下であり、角周波数の下降に伴って、-20dB/dec(ディケード)の減衰比で減衰している。decは10倍を意味する。すなわち、伝達関数  $G_d(s)$  は、図5より、角周波数  $\omega_o$  より低い周波数を抑制することができる低域遮断フィルタ特性を有している。

10

【0156】

すなわち、本実施の形態のディスク装置は、アーム3に軸受摩擦や弾性力や慣性力などによる外乱  $d$  が作用しても、この外乱  $d$  を外乱推定器12により推定し、外乱推定信号  $dest$  でもって外部から加わった外乱  $d$  を打ち消すように制御する。したがって、外部から加わった外乱  $d$  が、あたかも(数19)および図5の遮断周波数特性を有するフィ

20

【0157】

したがって、本実施の形態のディスク装置では角周波数  $\omega_o$  以下の周波数においては、1次の低域遮断特性でアクチュエータ7が受ける外乱を抑制することができる。ここで外乱は、アクチュエータ7の軸受摩擦や、アクチュエータ7と電子回路基板とを接続するFPCの弾性力や、ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動に起因してアクチュエータ7が受ける慣性力などである。

【0158】

すなわち、本実施の形態のディスク装置は、外部からアクチュエータ7に外乱  $d$  が作用しても、この外乱  $d$  を外乱推定器12により推定し、外乱  $d$  を打ち消すように制御するので、あたかもディスク装置に機械的な防振機構を施したような効果がある。

30

【0159】

図6は、本実施の形態のディスク装置の外乱推定器12の外乱抑制効果について、図2の乗算器61と乗算器62の係数  $k_1$ 、 $k_2$  をそれぞれ、 $k_1 = 1$ 、 $k_2 = 0$  に設定したときの動作について、さらに詳しく説明するための時間応答波形図である。

【0160】

図6(a)は、ディスク装置に外部から正弦波状の回転振動が加わったときに、アクチュエータ7が受ける慣性力の外乱  $d$  の波形71(破線参照)と、外乱推定器12が出力する外乱推定信号  $dest$  の波形72(実線参照)を示す。

【0161】

ここで、(数16)および(数17)の制御パラメータ  $g_1$ 、 $g_2$  を決定する推定周波数  $f_o$  ( $\omega_o = 2\pi f_o$ ) とダンピングファクタ  $\xi_o$  の値をそれぞれ、1kHzおよび1に設定し、位置制御系の制御帯域を800Hzに設定し、外乱は周波数100Hzの振幅一定の正弦波としてシミュレーションを行った。

40

【0162】

外乱推定器12は、駆動器10に対する入力である駆動信号  $u$  と電圧検出器11が出力する電圧信号  $E_d$  からアクチュエータ7に作用する外乱  $d$  を推定し、わずかの時間遅れは存在するが、実際の外乱  $d$  とほぼ相似の外乱推定信号  $dest$  を出力する。

【0163】

図6(b)は、外乱推定器12の出力する外乱推定信号  $dest$  を補正器15に入力して

50

外乱の変動を打ち消すように外乱推定信号  $dest$  をアクチュエータ 7 に作用させた場合の位置誤差信号  $e$  の波形 7 4 (実線参照) と、外乱推定器 1 2 を適用しない場合の位置誤差信号  $e$  の波形 7 3 (破線参照) のシミュレーション結果を示す。外部から正弦波状の回転振動がディスク装置に加わっても、外乱推定器 1 2 を適用することにより、波形 7 4 のように位置誤差信号  $e$  は大きく変動せず、外乱推定器 1 2 を適用しない場合の波形 7 3 と比較して約 1 / 3 倍に外乱抑制効果が改善されている。

【0164】

以上の基礎的技術内容については、実は本出願人は既に特許出願の提案を行っている (特開 2002-42434 号公報参照)。以上で本題に入る前の準備の説明を終える。次に、本題の説明に入る。

10

【0165】

図 7 は、本実施の形態のディスク装置の外乱推定器 1 2 の動作をさらに詳細に説明するために示すベクトル図である。外乱推定信号  $dest$  が (数 4) の関係式より求められることを考慮して、実際の外乱  $d$  と積分信号  $a$ 、比例信号  $b$  および外乱推定信号  $dest$  の位相関係を示す。

【0166】

上記の基礎的技術内容では、図 2 の乗算器 6 1 と乗算器 6 2 の係数  $k_1$ 、 $k_2$  をそれぞれ、 $k_1 = 1$ 、 $k_2 = 0$  に設定した。その場合に、外乱推定信号  $dest$  は、(数 4) より、

【0167】

【数 20】

20

$$\tau_{dest} = a$$

となり、積分信号  $a$  が外乱推定信号  $dest$  に等しくなる。

【0168】

また、 $k_1 = 1$ 、 $k_2 = 0$  に設定した場合には、(数 15) から、外乱推定器 1 2 は、実際の外乱  $d$  を 2 次遅れ系で推定するので、外乱推定信号  $dest$  の位相は、実際の外乱  $d$  の位相より だけ位相が遅れている。積分信号  $a$  は、偏差信号 を積分して得られた信号で、比例信号  $b$  は、偏差信号 に比例した信号である。したがって、比例信号  $b$  は積分信号  $a$  に比べて位相が 90 度進んでいる。積分信号  $a$  は、実際の外乱  $d$  に比べて位相が 30 だけ遅れているので、比例信号  $b$  が積分信号  $a$  より位相が 90 度進んでいることを利用し、(数 4) より係数  $k_1$ 、 $k_2$  を適当に設定することにより、外乱推定信号  $dest$  を実際の外乱  $d$  に近づけるのである (図 7 参照)。この考え方が本発明の骨子である。

【0169】

図 8 は、本実施の形態のディスク装置の外乱推定器 1 2 の外乱抑制効果について、図 2 の乗算器 6 1 と乗算器 6 2 の係数  $k_1$ 、 $k_2$  をそれぞれ、 $k_1 = 1$ 、 $k_2 = 0.7$  (一例) に設定したときの時間応答波形図である。

【0170】

図 8 (a) は、図 6 (a) の場合と同様、ディスク装置に外部から正弦波状の回転振動が加わったときに、アクチュエータ 7 が受ける慣性力の外乱  $d$  の波形 7 1 (破線参照) と、外乱推定器 1 2 が出力する外乱推定信号  $dest$  の波形 7 5 (実線参照) を示す。

40

【0171】

外乱推定信号  $dest$  の波形 7 5 は、積分信号  $a$  を  $k_1$  倍した信号に、位相が 90 度進んだ比例信号  $b$  を  $k_2$  倍した信号を加算して生成しているので、実際の外乱  $d$  の波形 7 1 に対する位相遅れは、 $k_2 = 0$  に設定した図 6 (a) の波形 7 2 に比べて少なくなっている。

【0172】

図 8 (b) は、このようにして得られた外乱推定器 1 2 の出力する外乱推定信号  $dest$  を補正器 1 5 に入力して外乱の変動を打ち消すように外乱推定信号  $dest$  をアクチュエータ 7 に作用させた場合の位置誤差信号  $e$  の波形 7 6 のシミュレーション結果を示す。図 6

50



の場合と比べて、外乱  $d$  をより正確に推定することができるので、図 8 (b) の波形 76 は、図 6 (b) の波形 74 と比較してさらに約 1 / 2 倍に外乱抑制効果が改善されている。

#### 【0173】

その結果、本実施の形態のディスク装置は、外乱推定器 12 により、外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ 7 が受ける慣性力などによる外乱を正確に検出することができ、外乱によるトラックずれを抑制することができ、ヘッド 2 は目標トラックに高精度に位置決め制御される。したがって、本実施の形態のディスク装置は、衝撃や振動に対して安定なトラッキング制御が可能で、ディスク装置の信頼性を向上させることができる。

#### 【0174】

なお、上述した本実施の形態では、外乱推定器 12 に対する一方の入力信号としてブロック 47 から出力される駆動信号  $u$  を入力するように構成したが、駆動信号  $u$  の代わりにブロック 22 から出力される駆動器の出力する駆動電流  $I_a$  を用いても同様の効果を得ることができることは言うまでもない。

#### 【0175】

(実施の形態 2)

図 9 は本発明の実施の形態 2 にかかわるディスク装置を構成する外乱推定器 12 の具体的構成を示すブロック線図である。なお、実施の形態 1 の場合の図 2 に示したブロック 30 と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。

#### 【0176】

図 2 のブロック 30 では、比例信号  $b$  は、乗算器 62 で  $k_2$  倍されて加算器 63 に入力されていたが、図 9 では、比例信号  $b$  は、伝達関数が  $F_b(s)$  である高域遮断フィルタ 64 を介して乗算器 62 へ入力されている。

#### 【0177】

図 10 は、本実施の形態の外乱推定器 12 の外乱抑制効果について、図 9 の乗算器 61 と乗算器 62 の係数  $k_1$ 、 $k_2$  をそれぞれ、 $k_1 = 1$ 、 $k_2 = 1$  に設定し (一例)、高域遮断フィルタ 64 の遮断周波数  $f_b$  を、 $f_b = 500 \text{ Hz}$  に設定したときの時間応答波形図である。

#### 【0178】

図 10 (a) は、ディスク装置に外部から正弦波状の回転振動が加わったときに、アクチュエータ 7 が受ける慣性力の外乱  $d$  の波形 71 (破線参照) と、外乱推定器 12 が出力する外乱推定信号  $\text{dest}$  の波形 77 (実線参照) を示す。

#### 【0179】

ここで、推定周波数  $f_o$  ( $o = 2 \dots f_o$ ) とダンピングファクタ  $\sigma$  の値を図 8 の場合と同様、それぞれ  $1 \text{ kHz}$  および 1 に設定し、位置制御系の制御帯域を  $800 \text{ Hz}$  に設定し、外乱は周波数  $100 \text{ Hz}$  の振幅一定の正弦波としてシミュレーションを行った。

#### 【0180】

外乱推定器 12 は、駆動器 10 に対する入力である駆動信号  $u$  と電圧検出器 11 が出力する電圧信号  $E_d$  からアクチュエータ 7 に作用する外乱  $d$  を推定し、大きさはわずかに大きい、時間遅れはほとんど存在しない、実際の外乱  $d$  とほぼ相似の外乱推定信号  $\text{dest}$  を出力する。

#### 【0181】

図 10 (b) は、外乱推定器 12 の出力する外乱推定信号  $\text{dest}$  を補正器 15 に入力して外乱の変動を打ち消すように外乱推定信号  $\text{dest}$  をアクチュエータ 7 に作用させた場合の位置誤差信号  $e$  の波形 78 のシミュレーション結果を示す。外部から正弦波状の回転振動がディスク装置に加わっても、外乱推定器 12 を適用することにより、図 10 (b) の波形 78 のように位置誤差信号  $e$  は殆ど変動しない。また、図 8 の場合と比べても外乱  $d$  を位相遅れなく、より正確に推定することができるので、図 10 (b) の波形 78 は、図 8 (b) の波形 76 と比較して、外乱抑制効果をさらに約 1 / 3 に改善している。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 8 2 】

また、図 9 に示す外乱推定器 1 2 を使用する場合には、図 2 に示すような高域遮断フィルタ 6 0 は特に必要ではない。その理由は、図 9 において、加算器 6 3 に加えられる信号のうち、積分信号 a は偏差信号 が第 1 の積分器 4 3 で積分された信号であり、積分器自体が一種の高域遮断フィルタであるため、加算器 6 3 に入力される信号は高域成分を除去されたノイズの少ない信号となる。一方、同じく加算器 6 3 に入力される比例信号 b は、図 9 の高域遮断フィルタ 6 4 を介して入力されているので、加算器 6 3 で合成された外乱推定信号 dest も高域成分を除去されたノイズの少ない信号となる。したがって、図 9 に示す外乱推定器 1 2 を使用する場合には、図 2 の位置制御系において、高域遮断フィルタ 6 0 は特に必要ではない。

10

## 【 0 1 8 3 】

その結果、本実施の形態のディスク装置は、外乱推定器 1 2 によりアクチュエータ 7 が受ける外乱を正確に検出し、外乱によるトラックずれを抑制できるので、ヘッド 2 は狭いトラックピッチで形成された目標トラックに高精度に位置決め制御される。したがって、衝撃や振動に対して安定なトラッキング制御が可能で、ディスク装置の信頼性を向上させることができる。

## 【 0 1 8 4 】

なお、上記では、外乱推定器 1 2 に対する一方の入力信号としてブロック 4 7 から出力される駆動信号 u を入力するように構成したが、駆動信号 u の代わりにブロック 2 2 から出力される駆動器 1 0 の出力する駆動電流 I a を用いても同様の効果を得ることができる

20

## 【 0 1 8 5 】

( 実施の形態 3 )

図 1 1 は本発明の実施の形態 3 にかかわるディスク装置の構成を示すブロック図である。図 1 2 は、本実施の形態におけるヘッド位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図である。なお、実施の形態 1 と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。

## 【 0 1 8 6 】

本実施の形態において、図 1 の実施の形態 1 と異なるところは、外乱推定器 1 6 に入力される信号である。すなわち、実施の形態 1 では、電圧検出器 1 1 の生成する電圧信号 E d と駆動信号 u とが外乱推定器 1 2 へ入力される構成であったが、本実施の形態では、電圧検出器 1 1 の生成する電圧信号 E d と位置制御器 1 4 の生成する位置制御信号 c とが外乱推定器 1 6 に入力されるように構成されている。すなわち、駆動信号 u に代えて位置制御信号 c が用いられている。

30

## 【 0 1 8 7 】

図 1 1 の外乱推定器 1 6 で生成された外乱推定信号 dest は、補正器 1 5 に入力される。補正器 1 5 は、位置制御器 1 4 の出力する位置制御信号 c と外乱推定器 1 6 の外乱推定信号 dest とを入力し、補正演算を施した後、駆動信号 u を駆動器 1 0 へ出力する。

## 【 0 1 8 8 】

図 1 2 の一点鎖線で囲んだ部分の 8 0 が外乱推定器 1 6 のブロックである。外乱推定器 1 6 には、減算器 3 6 の出力である電圧検出器 1 1 の生成する電圧信号 E d とブロック 2 1 で表される位置制御器 1 4 の生成する位置制御信号 c とが入力される。

40

## 【 0 1 8 9 】

なお、図 1 2 において、ブロック 3 2 とブロック 3 3 を合わせて第 1 の乗算器 4 1 を構成している。4 3 は第 1 の積分器、4 4 は第 2 の乗算器である。ブロック 3 4 とブロック 3 5 を合わせて第 2 の積分器 4 2 を構成している。

## 【 0 1 9 0 】

このように構成された本実施の形態における外乱推定器 1 6 の動作について、実施の形態 1 の外乱推定器 1 2 の動作と比較して図 2 および図 1 2 を参照しつつ説明する。

## 【 0 1 9 1 】

50

まず、図 2 において、実施の形態 1 の外乱推定器 1 2 を構成する第 2 の積分器 4 2 の入力を とすれば、信号 は、加算器 3 8 および減算器 3 1 に着目して、

【 0 1 9 2 】

【 数 2 1 】

$$\begin{aligned} r &= \tau_{\text{est}} - (a + b) \\ &= g_{mn} \cdot K_{tn} \cdot u - (a + b) \end{aligned}$$

10

と表現できる。ここで、簡単のために高域遮断フィルタ 6 0 は接続せず、( 数 6 ) と ( 数 1 2 ) が成立するものとする。

【 0 1 9 3 】

ところで、駆動信号  $u$  は、図 2 の加算器 4 6 に着目して ( 数 2 2 ) で表わされる。

【 0 1 9 4 】

【 数 2 2 】

$$\begin{aligned} u &= c + \beta \\ &= c + \frac{1}{g_{mn} \cdot K_{tn}} \cdot \tau_{\text{dest}} \\ &= c + \frac{1}{g_{mn} \cdot K_{tn}} \cdot (k_1 \cdot a + k_2 \cdot b) \end{aligned}$$

20

したがって、( 数 2 1 ) および ( 数 2 2 ) より、信号 は、( 数 2 3 ) で表わすことができる。

【 0 1 9 5 】

【 数 2 3 】

30

$$\begin{aligned} r &= g_{mn} \cdot K_{tn} \cdot c + k_1 \cdot a + k_2 \cdot b - (a + b) \\ &= g_{mn} \cdot K_{tn} \cdot c - (1 - k_1) \cdot a - (1 - k_2) \cdot b \end{aligned}$$

( 数 2 3 ) をもとにして、図 2 に示す実施の形態 1 の外乱推定器 1 2 のブロック 3 0 を書き換えると、図 1 2 に示す外乱推定器 1 6 のブロック 8 0 ようになる。図 1 2 に示すように、位置制御器 1 4 ( ブロック 2 1 ) の生成する位置制御信号  $c$  が乗算器 3 2 に入力され、乗算器 3 2 の出力は乗算器 3 3 に入力されている。このため、位置制御信号  $c$  に係数 (  $g_{mn} \cdot K_{tn}$  ) を乗算することにより駆動トルク推定信号  $\tau_{\text{est}}$  を求めることができる

40

【 0 1 9 6 】

一方、外乱推定信号  $\tau_{\text{dest}}$  は、ブロック 4 7 で表される補正器 1 5 に入力される。したがって、実施の形態 1 と同様に、外乱推定器 1 6 の働きにより、電圧検出器 1 1 の生成する電圧信号  $E_d$  と位置制御器 1 4 の生成する位置制御信号  $c$  とからアーム 3 に作用する外乱  $d$  を推定し、外乱推定信号  $\tau_{\text{dest}}$  を出力する。外乱推定信号  $\tau_{\text{dest}}$  はアーム 3 に作用する外乱  $d$  を打ち消すように補正器 1 5 に入力される。

【 0 1 9 7 】

その結果、外乱推定器 1 6 によりアクチュエータ 7 が受ける外乱  $d$  を正確に検出し、外乱推定信号  $\tau_{\text{dest}}$  をもって外乱  $d$  を打ち消すように制御する。実施の形態 1 と同様、

50

外乱  $d$ が、あたかも（数 19）および図 5 の遮断周波数特性を有するフィルタを通して位置決め制御系に加わったように作用する。角周波数  $\omega$ 以下の周波数においては、1 次の低域遮断特性で外乱を抑制でき、外乱によるトラックずれを抑制できるので、ヘッド 2 は狭いトラックピッチで形成された目標トラックに高精度に位置決め制御される。したがって、衝撃や振動に対して安定なトラッキング制御が可能で、ディスク装置の信頼性を向上させることができる。

#### 【0198】

さらに、本実施の形態においては、係数  $k_1$  を  $k_1 = 1$  に設定した場合には、図 12 において、ブロック 61 の係数は 1 となり、結果的にブロック 61 は不要となる。さらに、ブロック 81 の係数は 0 となり、減算器 31 には乗算器 82 を介しての比例信号  $b$  だけが入力されることになり、ブロック 81 および加算器 83 は省略できる。ブロックを省略した形態を図 13 に示す。

10

#### 【0199】

このように乗算器の数および加算器の数を削減することにより、位置制御系をアナログ回路などのハードウェアで実現する場合には、回路の調整を簡単化できる。また、位置制御系をソフトウェアで実現する場合には、演算処理による演算時間遅れを短縮することが可能となる。

#### 【0200】

（実施の形態 4）

図 14 は本発明の実施の形態 4 にかかわるディスク装置を構成する外乱推定器 16 の他の構成例を示すブロック線図である。なお、前述の図 11 に示したブロック 80 と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。

20

#### 【0201】

前述の図 12 に示したブロック 80 と異なるのは次の点である。図 12 では、第 2 の乗算器 44 で偏差信号  $e$  を  $g_1$  倍して比例信号  $b$  を生成し、さらに乗算器 62 で  $k_2$  倍して加算器 63 に入力していた。これに対して、図 14 では、第 2 の乗算器 44 で偏差信号  $e$  を  $g_1$  倍して生成した比例信号  $b$  を、伝達関数が  $F_b(s)$  の高域遮断フィルタ 84 を介して乗算器 62 へ入力する。また、図 12 では、乗算器 82 で比例信号  $b$  を  $(1 - k_2)$  倍して加算器 83 に入力していた。これに対して、図 14 では、乗算器 85 で比例信号  $b$  を  $(1 - k_2 \cdot F_b(s))$  倍して加算器 83 へ入力する。

30

#### 【0202】

また、図 14 に示す外乱推定器 16 を使用する場合には、図 12 に示すような高域遮断フィルタ 60 は特に必要ではない。その理由は、図 14 において、加算器 63 に加えられる信号のうち、積分信号  $a$  は偏差信号  $e$  を第 1 の積分器 43 で積分された信号であり、積分器自体が一種の高域遮断フィルタであるため加算器 63 に入力される信号は高域成分を除去されたノイズの少ない信号となる。一方、同じく加算器 63 に入力される比例信号  $b$  は、図 14 の高域遮断フィルタ 84 を介して入力されているので、加算器 63 で合成された外乱推定信号  $\hat{d}_{est}$  も高域成分を除去されたノイズの少ない信号となる。したがって、図 14 に示す外乱推定器 16 を使用する場合には、図 12 の位置制御系において、高域遮断フィルタ 60 は特に必要ではない。

40

#### 【0203】

その結果、本実施の形態のディスク装置は、外乱推定器 16 によりアクチュエータ 7 が受ける外乱を正確に検出し、外乱によるトラックずれを抑制することができるので、ヘッド 2 は目標トラックに高精度に位置決め制御される。したがって、衝撃や振動に対して安定なトラッキング制御が可能で、ディスク装置の信頼性を向上させることができる。

#### 【0204】

さらに、本実施の形態においては、係数  $k_1$  を  $k_1 = 1$  に設定した場合には、図 14 において、ブロック 61 の係数は 1 となり、結果的にブロック 61 は不要となる。さらに、ブロック 81 の係数は 0 となり、減算器 31 には乗算器 85 を介して比例信号  $b$  だけとなり、ブロック 81 および加算器 83 は省略できる。ブロックを省略した形態を図 15 に示す

50

。

## 【0205】

このように乗算器の数および加算器の数を削減したことにより、位置制御系をアナログ回路などのハードウェアで実現する場合には、回路の調整を簡単化できる。また、位置制御系をソフトウェアで実現する場合には、演算処理による演算時間遅れを短縮することが可能である。

## 【0206】

以上で4つの実施の形態について説明した。次に、乗算器61の係数 $k_1$ と乗算器62の係数 $k_2$ との関係を考察する。外乱 $d$ や外乱推定信号 $dest$ は、ベクトルであり、複素数としても表現することができる。

10

## 【0207】

複素数とその偏角(argument)の関係を図16で説明する。複素数 $z = x + jy$  ( $j$ は虚数単位)の偏角は、

## 【0208】

## 【数24】

$$\theta = \angle(x + j \cdot y) = \tan^{-1} \frac{y}{x}$$

次に、図17に基づいて外乱 $d$ に対する外乱推定信号 $dest$ の位相ずれの関係を説明する。

20

## 【0209】

$k_1 = 1$ 、 $k_2 = 0$ に設定したときの外乱推定信号 $dest$ を表す(数18)について、外乱 $d$ のある一定の角周波数 $\omega_d (= 2 \cdot \pi \cdot f_d)$ に対する位相遅れ $\theta_1$ を求めると、

## 【0210】

## 【数25】

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \angle \left[ \frac{\omega_o^2}{s^2 + 2\xi_o \cdot \omega_o \cdot s + \omega_o^2} \right]_{s=j\omega_d} \\ &= \angle \left[ \frac{\omega_o^2}{\omega_o^2 - \omega_d^2 + j \cdot 2\xi_o \cdot \omega_o \cdot \omega_d} \right] \\ &= \angle \left[ \frac{\omega_o^2}{\omega_o^2 - \omega_d^2 + (2\xi_o \cdot \omega_o \cdot \omega_d)^2} \cdot \right. \\ &\quad \left. \{ (\omega_o^2 - \omega_d^2) - j \cdot 2\xi_o \cdot \omega_o \cdot \omega_d \} \right] \\ &= \tan^{-1} \left[ - \frac{2\xi_o \cdot \omega_o \cdot \omega_d}{\omega_o^2 - \omega_d^2} \right] \end{aligned}$$

30

40

となる。これは、基礎的技術の外乱推定器の場合の位相遅れ(符号はマイナス)を示すもので、

50

【 0 2 1 1 】

【 数 2 6 】

$$\begin{aligned}\tau_{\text{dest}} &= a \\ &= \frac{g_2}{s} \cdot \alpha\end{aligned}$$

とした場合である。

【 0 2 1 2 】

10

次に、係数  $k_1$  ,  $k_2$  のいずれもゼロでない本発明においては、( 数 4 ) と図 2 または図 1 2 より、

【 0 2 1 3 】

【 数 2 7 】

$$\tau_{\text{dest}} = \left( k_1 \cdot \frac{g_2}{s} + k_2 \cdot g_1 \right) \cdot \alpha$$

となる。ところで、一般に、

20

【 0 2 1 4 】

【 数 2 8 】

$$z_1 = x_1 + j \cdot y_1 = r_1 (\cos \phi_1 + j \cdot \sin \phi_1)$$

【 0 2 1 5 】

【 数 2 9 】

$$z_2 = x_2 + j \cdot y_2 = r_2 (\cos \phi_2 + j \cdot \sin \phi_2)$$

30

【 0 2 1 6 】

【 数 3 0 】

$$\frac{z_2}{z_1} = \frac{r_2}{r_1} \left\{ \cos (\phi_2 - \phi_1) + j \cdot \sin (\phi_2 - \phi_1) \right\}$$

である。したがって、複素数  $z_1$  から複素数  $z_2$  までの改善角  $\theta$  は、複素数  $(z_2 / z_1)$  の偏角に相当する。( 数 1 6 )、( 数 1 7 ) の関係を利用して、改善角  $\theta$  を求めると

【 0 2 1 7 】

40

【数 3 1】

$$\begin{aligned}
 \theta 2 &= \angle \left[ \frac{k_1 \cdot \frac{g 2}{s} + k_2 \cdot g 1}{\frac{g 2}{s}} \right]_{s=j \omega d} \\
 &= \angle \left[ k_1 + k_2 \cdot \frac{g 1}{g 2} \cdot s \right]_{s=j \omega d} \quad 10 \\
 &= \angle \left[ k_1 + k_2 \cdot \frac{2 \xi o}{\omega o} \cdot s \right]_{s=j \omega d} \\
 &= \angle \left[ k_1 + j \cdot \frac{k_2 \cdot 2 \xi o \cdot \omega d}{\omega o} \right] \quad 20 \\
 &= \tan^{-1} \left[ \frac{k_2 \cdot 2 \xi o \cdot \omega d}{k_1 \cdot \omega o} \right]
 \end{aligned}$$

外乱  $d$  に対する外乱推定信号  $\hat{d}_{est}$  の位相遅れをゼロにするには、(数 2 5)、(数 3 1) の比較により、係数  $k_1$ 、 $k_2$  の比を、

【0 2 1 8】

【数 3 2】

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{\omega o^2}{\omega o^2 - \omega d^2}$$

とすればよい。このとき、外乱推定信号  $\hat{d}_{est}$  の位相は外乱  $d$  の位相と一致する。すなわち、外乱推定信号  $\hat{d}_{est}$  は、外乱  $d$  をきわめて正確に推定したものとなる。

【0 2 1 9】

制御系の制御帯域が例えば 8 0 0 H z のときに、2 次遅れ系の推定周波数  $f_o$  ( $\omega = 2 \pi f_o$ ) を 8 0 0 H z よりも大きい例えば 1 k H z に設定し、外乱  $d$  の周波数  $f_d$  ( $\omega = 2 \pi f_d$ ) を 1 0 0 H z とした場合は、係数  $k_1$ 、 $k_2$  の比は、

【0 2 2 0】

【数 3 3】

$$\frac{k_2}{k_1} \div 1.01$$

となる(一例)。このとき、外乱推定信号  $\hat{d}_{est}$  の位相は外乱  $d$  の位相と一致する。

【0 2 2 1】

なお、図2のブロック30および図12のブロック80のように構成された外乱推定器12および外乱推定器16においては、ディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数の影響を受けない。したがって、外乱推定器の制御帯域は、位置決め制御系の制御帯域よりも高く設定することができる。

#### 【0222】

以上で4つの実施の形態を説明した。これで明かなように、本発明の特徴は、積分信号aを $k_1$ 倍した信号に、位相が90度進んだ比例信号bを $k_2$ 倍した信号を加算して外乱推定信号destを生成することにより、実際の外乱dに対する外乱推定信号destの位相遅れをゼロに近づけることにある。これにより、アクチュエータに加わる軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱に対する補償を充分良好に行うことができ、その結果として、目標トラックに向かうフォローイング動作時にアクチュエータに作用する外乱の変動が大きくても、それを充分効果的に打ち消し、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を安定に行うことができる。

#### 【0223】

ここまで説明してきた技術は、ディスクに対するヘッドのロード・アンロードの制御にも有利に展開することができる。以下、ロード・アンロードの制御の場合の実施の形態について説明する。

#### 【0224】

(実施の形態5)

本発明の実施の形態5は、ヘッドのロード・アンロードの制御に、実施の形態1の外乱推定器の技術を適用したものに相当する。

#### 【0225】

図18は本発明の実施の形態5にかかわるディスク装置の構成を示すブロック図である。なお、実施の形態1と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。

#### 【0226】

本実施の形態において、実施の形態1と異なるところは、以下の点である。図1の場合の位置検出器13および位置制御器14がなく、それらに代えて、速度制御器17を備えている。9はディスク1の占有領域の外側に配置されたヘッド退避部材としてのランプブロック、3aはアーム3の先端部に設けられたサスペンションタブである。サスペンションタブ3aは、アーム3の回転に伴ってランプブロック9上のタブ保持面と摺動する。

#### 【0227】

速度制御器17は、速度指令信号vrと電圧検出器11からの電圧信号Edより速度制御信号sを生成する。すなわち、速度誤差信号eを速度指令信号と電圧信号Edから、

$$e = v_r - E_d$$

とし、増幅および位相補償を行った後、速度制御信号sを出力する。電圧信号Edは速度の情報を含んでいる。補正器15aは、速度制御器17の速度制御信号sと外乱推定器12の外乱推定信号destとが入力され、補正演算を施した後、駆動信号uを駆動器10へ入力する。駆動器10は、入力された駆動信号uに応じて駆動コイル5に駆動電流Iaを通電し、アーム3を軸受4を中心に回転させ、アーム3の先端に取り付けられたヘッド2を回転移動させる。アーム3をディスク1の外周側に回転させたときに、アーム3のサスペンションタブ3aをランプブロック9のタブ保持面に載せることにより、ヘッドスライダをアンロードさせるように構成している。

#### 【0228】

次に、本実施の形態の速度制御系の動作について図19を用いて説明する。図19は本実施の形態における速度制御系の全体構成を示すブロック線図である。実施の形態1の場合の図2と比べると、積分器のブロック25がなく、比較器20に代えて位置検出器13に相当する比較器があり、ブロック36の出力である速度情報を含む電圧信号Edを比較器13にフィードバックしている。比較器13において、速度指令信号vrと電圧信号Edとの差分をとって速度誤差信号eとしている。

10

20

30

40

50



## 【0229】

ブロック21aで表わされる速度制御器17は、速度誤差信号 $e$ に伝達関数 $G_v(s)$ のフィルタ処理を施し、速度制御信号 $s$ を生成して加算器46へ入力する。速度制御信号 $s$ は加算器46を経由して駆動信号 $u$ となる。ランプブロック9上のタブ保持面とサスペンションタブ3aとの摺動摩擦などのアーム3に作用する外乱 $d$ は、比較器29でブロック24の前段に入力される形に表現できる。その他は実施の形態1の場合と同様である。要部である外乱推定器12のブロック30の構成は、実施の形態1の場合と同様である。

## 【0230】

ここでも、実施の形態1の場合と同様に、第1の積分器43による積分信号 $a$ を乗算器61で $k_1$ 倍するとともに、第2の乗算器44による比例信号 $b$ を乗算器62で $k_2$ 倍し、それらの結果を加算器63で加算して外乱推定信号 $dest$ を生成するようにしている。この加算により、外乱推定信号 $dest$ の位相を外乱 $d$ に近づけている。

10

## 【0231】

本実施の形態のディスク装置は、外乱推定器により摩擦等による外乱の大きさを正確に検出することができ、ランプブロック上の外乱の変動が大きくても、安定な速度制御が可能で、ヘッドロード・アンロード動作の信頼性を向上させることができる。

## 【0232】

なお、上述した本実施の形態では、外乱推定器12に対する一方の入力信号としてブロック47から出力される駆動信号 $u$ を入力するように構成したが、駆動信号 $u$ の代わりにブロック22から出力されるところの駆動器の出力する駆動電流 $I_a$ を用いても同様の効果を得ることができることはいうまでもない。

20

## 【0233】

また、外乱推定器12のブロック30を、実施の形態2の図9に示すように、高域遮断フィルタ64を有するものに構成してもよい。

## 【0234】

(実施の形態6)

本発明の実施の形態6は、ヘッドのロード・アンロードの制御に、実施の形態3の外乱推定器の技術を適用したものに相当する。

## 【0235】

図20は本発明の実施の形態6にかかわるディスク装置の構成を示すブロック図である。図21は本実施の形態における制御系の全体構成を示すブロック線図である。なお、実施の形態5と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。

30

## 【0236】

本実施の形態において、実施の形態5と異なるところは、外乱推定器に入力される信号である。すなわち、実施の形態5では、電圧検出器11の生成する電圧信号 $E_d$ と駆動信号 $u$ とが外乱推定器12へ入力される構成であったが、本実施の形態では、電圧検出器11の生成する電圧信号 $E_d$ と速度制御器17の生成する速度制御信号 $s$ とが外乱推定器19に入力されるように構成されている。

## 【0237】

図20の外乱推定器19で生成された外乱推定信号 $dest$ は、補正器15aに入力されている。補正器15aは、速度制御器17の出力する速度制御信号 $s$ と外乱推定器19の外乱推定信号 $dest$ とが入力され、補正演算を施した後、駆動信号 $u$ を駆動器10へ出力する。

40

## 【0238】

図21の一点鎖線で囲んだ部分のブロック80が外乱推定器19のブロック線図である。外乱推定器19には、減算器36の出力である電圧検出器11の生成する電圧信号 $E_d$ とブロック21で表される速度制御器17の生成する速度制御信号 $s$ とが入力される。

## 【0239】

実施の形態5の外乱推定器12では、次のようにしていた。第1の積分器のブロック4

50

3の係数( $g_2/s$ )を乗算して得られた信号と第2の乗算器のブロック44の係数( $g_1$ )を乗算して得られた信号とを加算器38で加算する。その加算結果で得られた信号と、第1の乗算器のブロック41の係数( $g_{mn} \cdot K_{tn}$ )を乗算して得られた駆動トルク推定信号  $est$ とが減算器31に入力される。減算器31で減算して得られた信号を第2の積分器のブロック42に入力していた。すなわち、補正信号が加算された駆動信号  $u$ を外乱推定器12に入力しているために、図19の加算器38を必要としていた。

【0240】

しかし、本実施の形態の外乱推定器19では、補正信号が加算される前の速度制御信号  $s$ を入力する構成であるため、図19に示すような加算器38は不要である。要部である外乱推定器19のブロック80の構成は、図12に示す実施の形態3の場合と同様である。ブロック81, 82の乗算器、加算器83を用いるのも実施の形態3と同様である。

10

【0241】

このように構成された本実施の形態における外乱推定器19の動作について、実施の形態5の外乱推定器12の動作と比較して図19および図21を参照しつつ説明する。

【0242】

外乱推定器19の動作は、実施の形態3の場合と同様である。ここでも、第1の積分器43による積分信号  $a$ を乗算器61で $k_1$ 倍するとともに、第2の乗算器44による比例信号  $b$ を乗算器62で $k_2$ 倍し、それらの結果を加算器63で加算して外乱推定信号  $dest$ を生成するようにしている。この加算により、外乱推定信号  $dest$ の位相を外乱  $d$ に近づけている。

20

【0243】

外乱推定信号  $dest$ は、ランプブロック9上のタブ保持面とサスペンションタブ3aとの摺動摩擦などのアーム3に作用する外乱  $d$ を打ち消すように補正器15aに入力される。その結果、本実施の形態のディスク装置は、摩擦等による外乱  $d$ を正確に検出することができ、ランプブロック上の外乱の変動が大きくても、安定な速度制御を実現することができる。

【0244】

本実施の形態によれば、外乱推定器19と補正器15aの構成に必要な加算器の数を実施の形態5のディスク装置に比べて削減することができる。したがって、本実施の形態のディスク装置は、実施の形態5と比べて、より簡単な構成でヘッドの移動速度  $v$ と速度制御系に外乱として作用する摩擦等による外乱  $d$ とを推定することが可能となり、ヘッドのロード・アンロード速度制御を安定に行うことができる。

30

【0245】

さらに、本実施の形態においては、加算器の数を削減したことにより、速度制御系をアナログ回路などのハードウェアで実現する場合には、回路の調整を簡単化できる。また、速度制御系をソフトウェアで実現する場合には、演算処理による演算時間遅れを短縮することが可能である。

【0246】

なお、外乱推定器19のブロック80を、実施の形態4の図14に示すように、高域遮断フィルタ84を有するものに構成してもよい。また、図13や図15に示すように、 $k_1 = 1$ としてもよい。

40

【0247】

なお、上記の実施の形態5と実施の形態6において、係数 $k_1, k_2$ の比を、(数32)の $k_2/k_1 = \omega^2 / (\omega^2 - d^2)$ を満たすように構成して、外乱  $d$ をきわめて正確に推定した外乱推定信号  $dest$ を生成することが好ましい。

【0248】

(実施の形態7)

本発明の実施の形態7は、ヘッドのロード・アンロード時にヘッドの移動速度を安定に制御する動作と、ヘッドを狭いトラックピッチで形成された目標トラックに高い精度で位置決めする動作とを切り替えるものである。

50

## 【0249】

図22、図23は本実施の形態にかかわるディスク装置の構成を示すブロック図である。なお、実施の形態5、6と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。

## 【0250】

図22に示すディスク装置は、実施の形態1と実施の形態5を合成し、両実施の形態の機能を切り替えるように構成したものである。

## 【0251】

また、図23に示すディスク装置は、実施の形態3と実施の形態6を合成し、両実施の形態の機能を切り替えるように構成したものである。

10

## 【0252】

これらのディスク装置は、ヘッド2の位置を検出する位置検出器13、位置制御信号cを生成する位置制御器14および切換器65を有している。ヘッド2は、ディスク1にサーボ情報として予め記録されている位置信号を読み込む。位置検出器13は、ヘッド2により読み込まれた位置信号によりヘッド2の現在位置を検出し、目標トラックの目標位置との差を示す位置誤差信号eを生成する。位置制御器14は、位置検出器13で生成された位置誤差信号eが入力されて、増幅および位相補償が行われ、位置制御信号cを生成し、切換器65に出力する。速度制御器17は、速度指令信号vrと電圧検出器11からの電圧信号Edとより速度制御信号sを生成し、切換器65へ出力する。

## 【0253】

20

切換器65は、制御端子67に入力されるロード・アンロード指令とフォローイング指令との切換指令に応じて速度制御器17の生成する速度制御信号sと位置制御器14の生成する位置制御信号cのうちどちらかを選択して補正器15aへ制御信号cを出力する。

## 【0254】

図22の場合、外乱推定器12には、電圧検出器11の生成する電圧信号Edと駆動信号uとが入力されている。図23の場合、外乱推定器12には、電圧検出器11の生成する電圧信号Edと制御信号cとが入力されている。外乱推定器12で生成された外乱推定信号destは、補正器15aへ入力されている。

## 【0255】

30

補正器15aには、切換器65の出力する制御信号cと外乱推定器12の外乱推定信号destとが入力され、補正器15aで補正演算を施した後、駆動信号uを駆動器10へ出力する。駆動器10は、入力された駆動信号uに応じて駆動コイル5に駆動電流Iaを通電し、アーム3を軸受4の周りに回動させる。この結果、切換器65の制御端子67に切換指令としてロード・アンロード指令が入力されると、切換器65のスイッチ66は端子a側に接続され、実施の形態5、6と同様にヘッド2をディスク1上の目標トラックまで滑らかな速度で移動させる。また、ヘッド2をディスク1からランブブロック9へ滑らかに退避させることができる。また、切換器65の制御端子67に切換指令としてフォローイング指令が入力されると、切換器65のスイッチ66は端子b側に接続され、ヘッド2は目標トラックに位置決め制御される。

40

## 【0256】

本実施の形態によれば、ヘッドのロード・アンロード時にランブブロック上の外乱の変動が大きくても、これらの外乱の影響を外乱推定器12と補正器15aにより打ち消すことができるので、安定な速度制御が可能で、ヘッドのロード・アンロード動作の信頼性を向上させることができる。また、ヘッドのフォローイング動作では、アクチュエータ7に軸受4の軸受摩擦とフレキシブルプリント基板などの弾性力が作用しても、これら外乱の影響を外乱推定器12と補正器15aにより打ち消すことができるので、ヘッドの位置決め精度を向上させることができる。

## 【0257】

なお、上述してきた各実施の形態では、乗算器や積分器はアナログ・フィルタで構成す

50

るもので説明したが、デジタル・フィルタで構成することも可能である。さらに、各実施の形態の位置制御系を構成する各部についてはマイクロコンピュータによるソフトウェアにより実現するようにしてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0258】

本発明のディスク装置、ディスク装置の制御方法は、磁気ディスク装置のほか、光ディスク装置、光磁気ディスク装置などの情報記録装置として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0259】

【図1】本発明の実施の形態1にかかわるディスク装置の構成を示すブロック図

10

【図2】本発明の実施の形態1の位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図

【図3】(a)は本発明の実施の形態1の外乱推定器の外乱推定動作を説明するためのブロック線図、(b)は(a)のブロック線図を等価変換したブロック線図、(c)は(a)のブロック線図をまとめて表現したブロック線図

【図4】(a)は本発明の実施の形態1のディスク装置に加わる外乱を抑制する動作を説明するためのブロック線図、(b)は(a)のブロック線図を等価変換したブロック線図

【図5】本発明の実施の形態1のディスク装置に加わる外乱に対する遮断周波数特性図

【図6】(a)は本発明の実施の形態1のディスク装置に加わる外乱の変動と係数 $k_1$ 、 $k_2$ をそれぞれ1、0に設定したときの外乱推定器が出力する外乱推定信号の時間波形図、(b)は外乱推定器の出力する外乱推定信号を補正器に入力する場合と補正器に入力しない場合のトラック誤差の時間波形図

20

【図7】本発明の実施の形態1の外乱推定器の動作を説明するための各信号波形の位相関係を示すベクトル図

【図8】(a)は本発明の実施の形態1のディスク装置に加わる外乱の変動と係数 $k_1$ 、 $k_2$ をそれぞれ1、0.7に設定したときの外乱推定器が出力する外乱推定信号の時間波形図、(b)は外乱推定器の出力する外乱推定信号を補正器に入力して外乱の変動を打ち消した場合のトラック誤差の時間波形図

【図9】本発明の実施の形態2にかかわるディスク装置を構成する外乱推定器の構成を示すブロック線図

【図10】(a)は本発明の実施の形態2のディスク装置に加わる外乱の変動と係数 $k_1$ 、 $k_2$ をそれぞれ1、1に設定し、かつ高域遮断周波数 $f_b$ を500Hzに設定したときの外乱推定器が出力する外乱推定信号の時間波形図、(b)は外乱推定器の出力する外乱推定信号を補正器に入力して外乱の変動を打ち消した場合のトラック誤差の時間波形図

30

【図11】本発明の実施の形態3にかかわるディスク装置の構成を示すブロック図

【図12】本発明の実施の形態3の位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図

【図13】図12から不要なブロックを省略した形態を示すブロック線図

【図14】本発明の実施の形態4にかかわるディスク装置を構成する外乱推定器の構成を示すブロック線図

【図15】図12から不要なブロックを省略した形態を示すブロック線図

【図16】複素数とその偏角の関係を示す図

40

【図17】外乱 $d$ に対する外乱推定信号 $dest$ の位相ずれの関係を説明する図

【図18】本発明の実施の形態5にかかわるディスク装置の構成を示すブロック図

【図19】本発明の実施の形態5の速度制御系の全体構成を示すブロック線図

【図20】本発明の実施の形態6にかかわるディスク装置の構成を示すブロック図

【図21】本発明の実施の形態6の速度制御系の全体構成を示すブロック線図

【図22】本発明の実施の形態7のディスク装置の構成を示すブロック図

【図23】本発明の実施の形態7のディスク装置の別の構成を示すブロック図

【符号の説明】

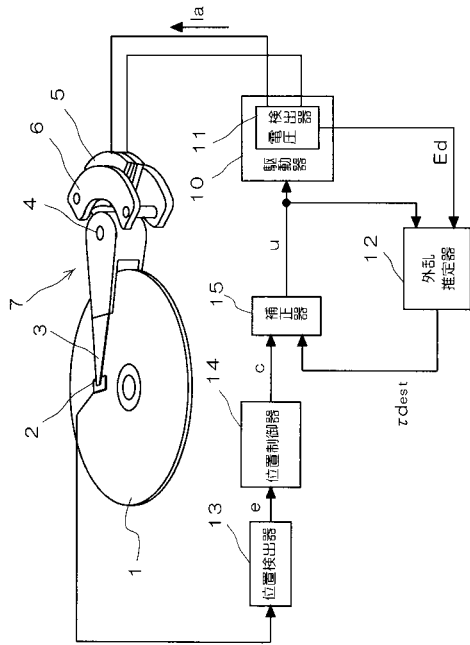
【0260】

1 磁気ディスク

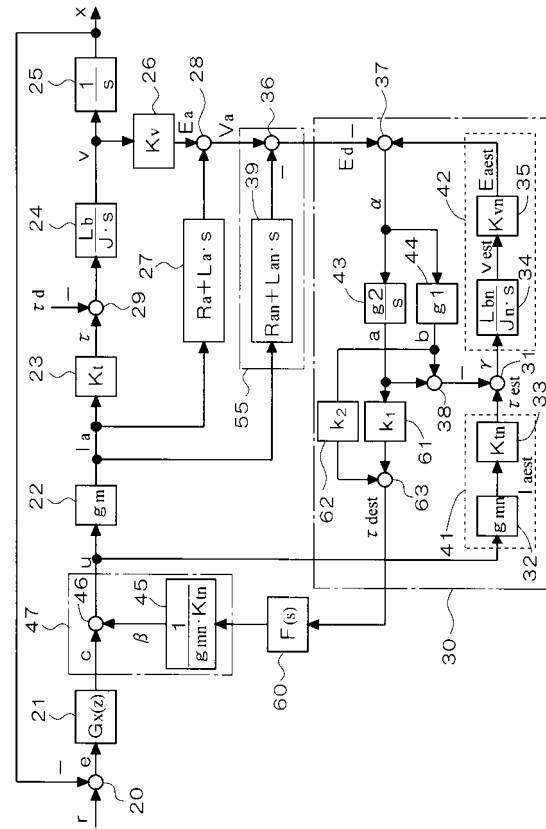
50

2	磁気ヘッド	
3	アーム	
3 a	サスペンションタブ	
4	軸受	
5	駆動コイル	
6	固定子	
7	アクチュエータ（アクチュエータ手段）	
9	ランプブロック（ヘッド退避部材）	
1 0	駆動器（駆動手段）	
1 1	電圧検出器（電圧検出手段）	10
1 2 , 1 6	外乱推定器（外乱推定手段）	
1 3	位置検出器（位置検出手段）	
1 4	位置制御器（位置制御手段）	
1 5 , 1 5 a	補正器（補正手段）	
1 7	速度制御器（速度制御手段）	
3 2 , 3 3	第 1 の乗算器（第 1 の乗算手段）	
4 3	第 1 の積分器（第 1 の積分手段）	
4 4	第 2 の乗算器（第 2 の乗算手段）	
3 4 , 3 5	第 2 の積分器（第 2 の積分手段）	
3 7	比較器（比較手段）	20
u	駆動信号	
c	位置制御信号	
v	ヘッド移動速度	
e	位置誤差信号	
s	速度制御信号	
v r	速度指令信号	
V a	電圧信号	
v	ヘッド移動速度	
v est	速度推定信号	
	駆動トルク	30
d	外乱	
dest	外乱推定信号	
I a	駆動電流	
I aest	推定電流	
E a	誘起電圧	
E aest	誘起電圧推定信号	
V aest	電圧推定信号	
	補正信号	
c	制御信号	
E d	電圧信号	40
E dest	電圧推定信号	
a	積分信号	
b	補正信号	

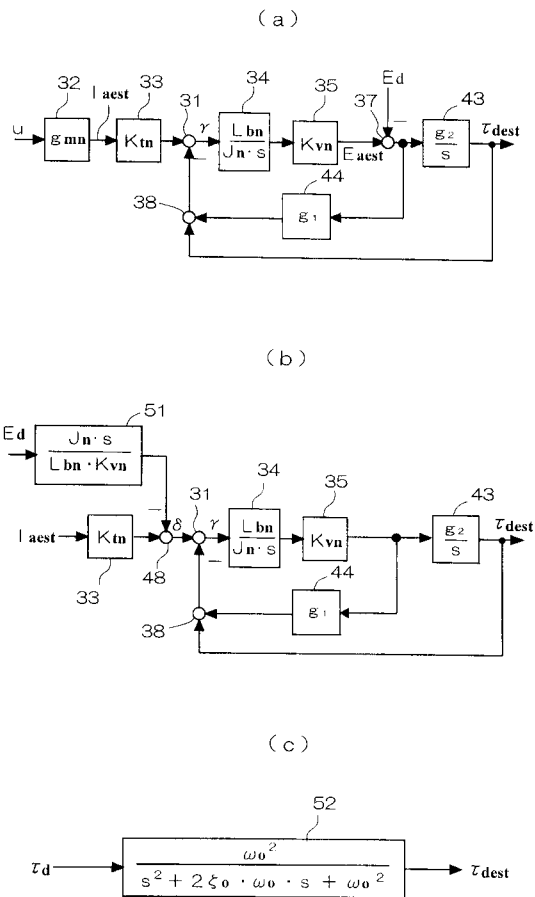
【図 1】



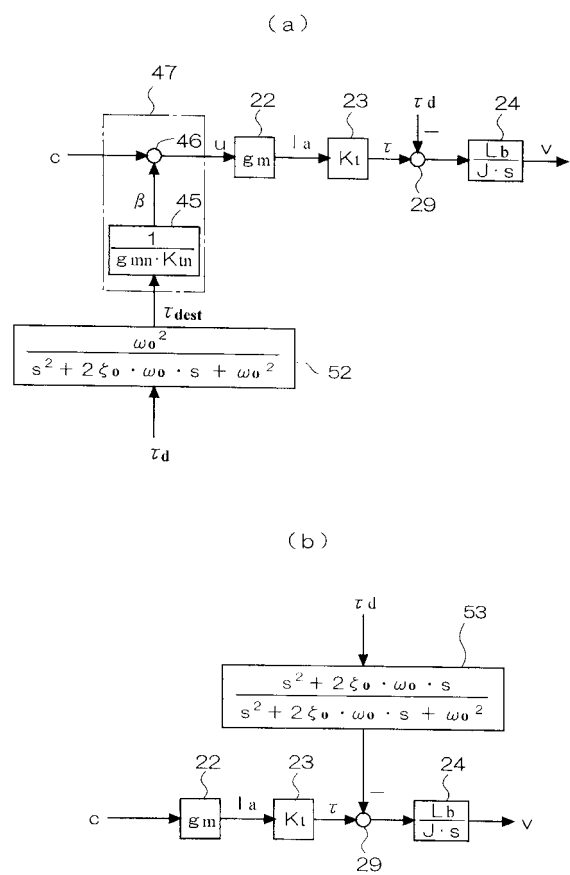
【図 2】



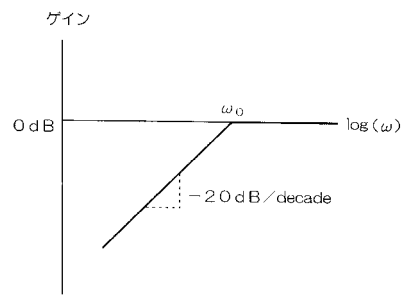
【図 3】



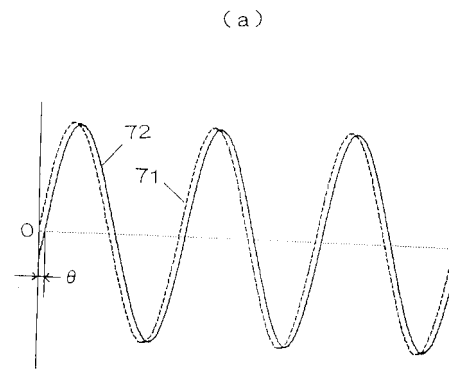
【図 4】



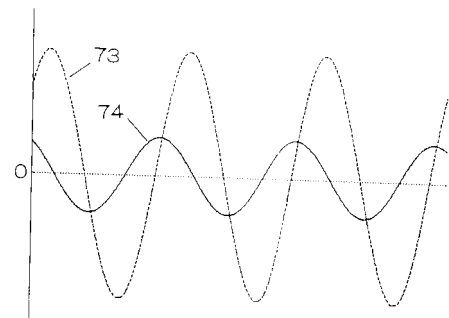
【図 5】



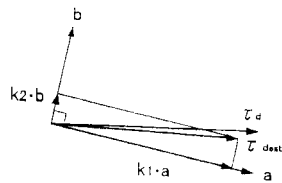
【図 6】



(b)

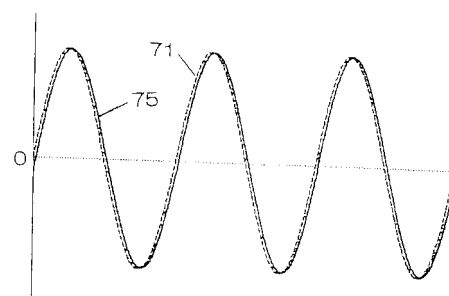


【図 7】

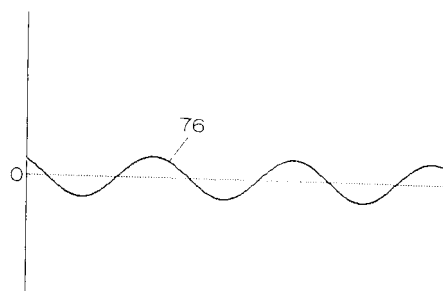


【図 8】

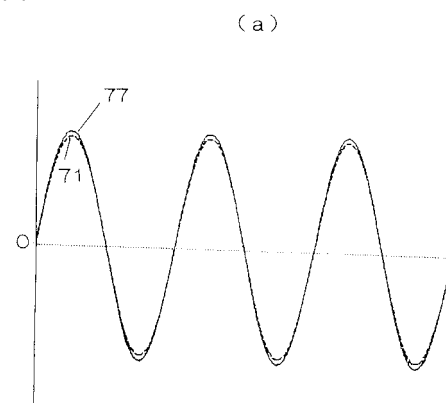
(a)



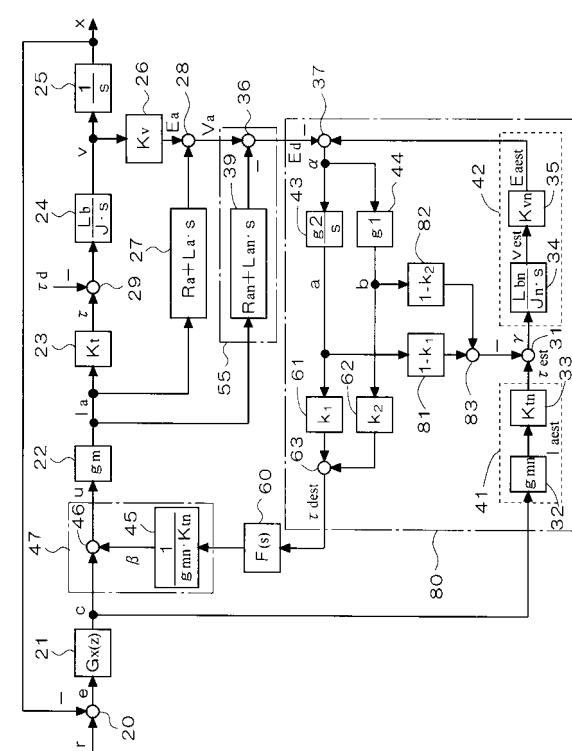
(b)



【 図 1 0 】

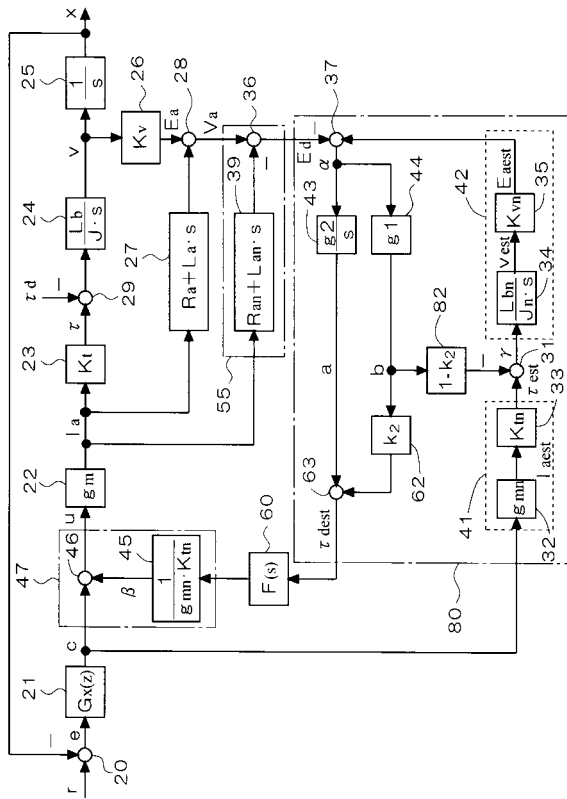


【 図 1 2 】

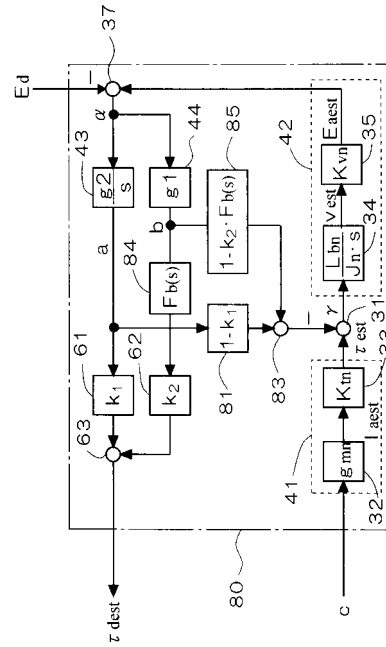




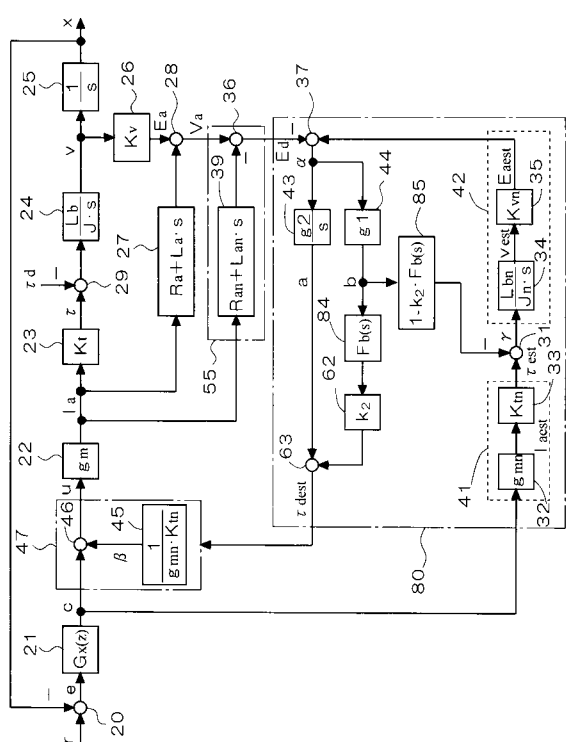
【図 13】



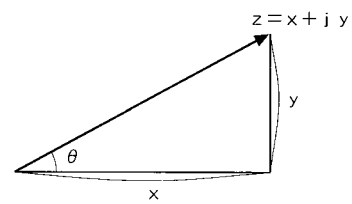
【図 14】



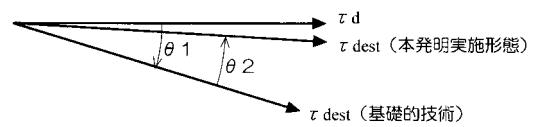
【図 15】



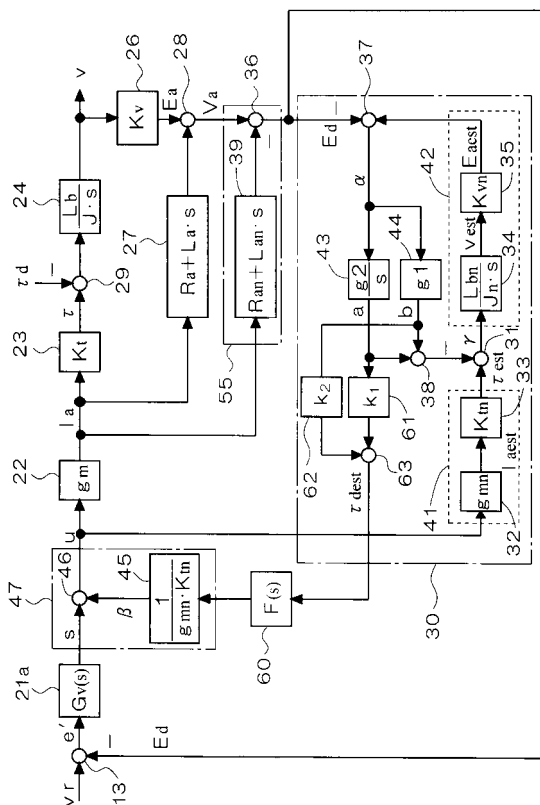
【図 16】



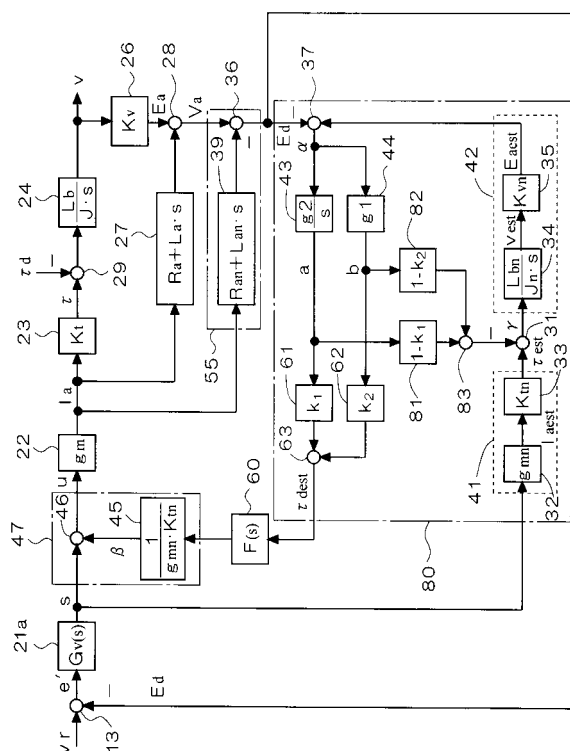
【図 17】



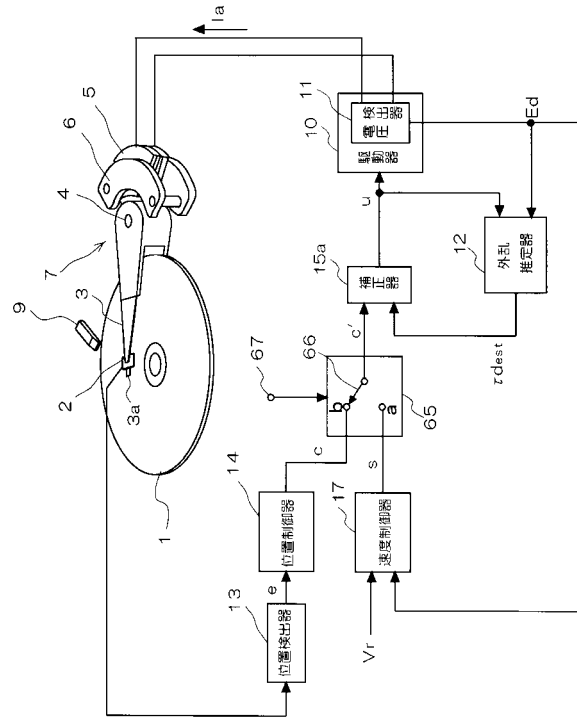
【 図 1 9 】



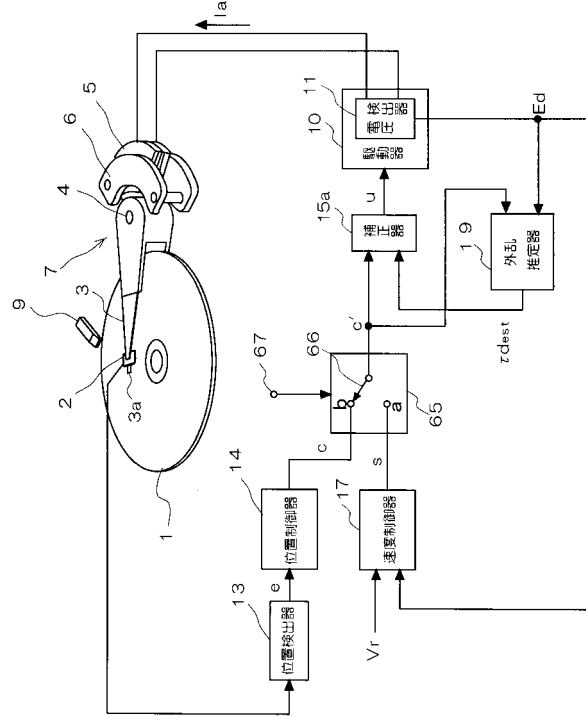
【 図 2 1 】



【図 2 2】



【図 2 3】



---

フロントページの続き

審査官 石丸 昌平

(56)参考文献 特開2002-251850(JP,A)  
特開2002-042434(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G11B 21/10  
G11B 21/08  
G11B 21/12