

雙面影印

GEB958-TW

公告本

436586

A4
C4

申請日期	89.1.25
案號	89101141
類別	F16C 39/06

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明名稱	中文	控制型磁性軸承裝置
	英文	CONTROLLING TYPE MAGNETIC BEARING DEVICE
二、發明人	姓名	篠崎弘行
	國籍	日本國
	住、居所	日本國東京都大田區羽田旭町11番1號 荏原製作所股份有限公司內
三、申請人	姓名 (名稱)	荏原製作所股份有限公司
	國籍	日本國
	住、居所 (事務所)	日本國東京都大田區羽田旭町11番1號
	代表人姓名	前田滋

裝訂線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6
B6

本案已向：

日本 國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： 有 無主張優先權

1999年1月27日 特願平11-18720(主張優先權)

1999年5月25日 特願平11-144701(主張優先權)

有關微生物已寄存於： 寄存日期： 寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

[技術領域]

本發明係有關使用磁性軸承來作為旋轉體支持機構之裝置之磁性軸承控制裝置，尤有關適於減小、抑制相對於不平衡旋轉體之振盪運動之振盪振幅之控制型磁性軸承裝置。

[背景技術]

第1圖顯示具備反饋控制系統之習知一般控制型磁性軸承裝置之基本配置。茲為求易於瞭解，除去沿旋轉體1徑向支持之軸承裝置之一部份，就旋轉體1沿著正交旋轉體1之X-Y軸平面(橫剖面)之X軸方向之振盪振幅例加以說明。亦即，圖式者固然以旋轉體1之軸心為中心，橫軸為X軸，縱軸為Y軸，在旋轉體1兩側配置位移感測器2a、2b與電磁鐵3a、3b於X軸上，根據位移感測器2a、2b之感測信號控制供至電磁鐵3a、3b之電流。惟，亦於Y軸上在旋轉體1之位置兩側同樣配置電磁鐵及位移感測器，作同樣控制。

如第1圖所示，配置於X軸上在旋轉體1之位置兩側，用以檢測旋轉體1徑向位移之位移感測器2a、2b與感測放大器4連接，位移感測單元由此等位移感測器2a、2b及感測放大器4構成。感測放大器4之輸出信號係相當於沿旋轉體1之X軸向之位移之電信號(感測信號)。此感測信號輸入形成用來保持旋轉體1於所需上浮位置之補償信號之第一控制單元5。

第一控制單元5係根據感測信號演算第一控制信號作

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(2)

為控制電流將其輸出者。此控制信號(控制電流)以個別連接於各電磁鐵 3a、3b 之功率放大器 6a、6b 放大而分別供至各電磁鐵 3a、3b 之線圈。藉此，各磁鐵 3a、3b 以供至此各個線圈之電流產生電磁力，於電磁力下，旋轉體 1 為電磁鐵 3a、3b 磁性吸引。如此，響應旋轉體 1 沿 X 軸方向之位移，將控制電流供至於 X 軸上對向配置之一對電磁鐵 3a、3b，予以伺服控制，俾旋轉體 1 藉其吸引力保持上浮於中心位置或目標位置。

由於隨著磁性軸承之廣泛適用，有構造、大小等之限制，故面對下述問題。

例如，若以磁性軸承徑向支持大而無當之旋轉體並使其旋轉，即會有旋轉體偏心旋轉，造成所謂振盪的情形發生。於此情形下，若旋轉體之偏心量變大，旋轉體之振盪範圍即無法納入磁性軸承之觸地間隙內，結果，無法進行旋轉體之非接觸上浮支持，有裝置損傷之虞。

又，在旋轉體之上浮位置相對於電動機定子非位於該電動機定子之磁氣中心情形下，與電機之旋轉運動同步之外力作用在旋轉體上。例如在藉由送風機等之旋轉進行加工之機械情形下，因為隨著旋轉速度上昇，負荷增加，故有必要增大電動機輸出，與旋轉運動同步之外力會起極大作用。結果，旋轉體振盪極大，依其程度會造成觸地。

更且，在電動機產生與旋轉運動同步之徑向電磁力情形下，雖然處於旋轉體上浮位置，作為外力起作用之力量對旋轉體造成極大負擔。於此情形下，亦如同前述，旋轉

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(3)

體振盪極大，依其程度會造成觸地(Touch Down)。

一旦適用可對外力產生充份控制力之軸承，問題即均須解決。惟由於磁性軸承之剛性較滾動軸承、滑動軸承小，故以磁性軸承保持相等於滾動軸承、滑動軸承之剛性有困難。例如，於對向/平方厘米面之空間內，產生1特斯拉(Tesla)磁束密度情形之吸引力，根據馬光士威爾感應力方程式所示，約為40牛頓。於控制型磁性軸承情形下，由於磁束密度一般為0.5特斯拉程度，故僅獲得約10牛頓。

因此，最近藉由推斷與旋轉體旋轉運動同步之外力，加算平衡此外力之控制信號，將其輸入功率放大器，試作抑制旋轉體振盪之前饋控制。復咸知有藉由將已知外力與旋轉體之旋轉速度同步之正弦波、三角波信號相加，輸入功率放大器，控制振盪之開式平衡控制。於任何情形下，此種控制除需要第1圖所示之在旋轉體1兩側配置之位移感測器2a、2b發生之感測信號外，尚需要檢測此旋轉體，沿軸向位移之位移感測器發出之感測信號、與旋轉體1旋轉運動同步之脈波信號等。

[發明概要]

本發明係有鑑於上述情事而開發者，其目的在於提供一種控制型磁性軸承裝置，其構成係根據檢測旋轉體徑向位移之位移感測器發出之感測信號，產生控制信號，抑制旋轉體因與旋轉運動同步之外力而發生之振盪，俾可穩定支持旋轉體，使其上浮。

且與得自與既存電動機控制器之旋轉速度成比例之電

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(4)

壓信號供控制信號輸入功率放大器輸入前信號開關接通、斷開用，或供旋轉速度成分抽取濾波器動作用。

申請專利範圍第 1 項所載發明為一種控制型磁性軸承裝置，其係具備檢測旋轉體徑向位移之位移感測器；根據發自該位移感測器之感測信號演算第一控制信號而將其輸出之第一控制單元；根據該第一控制信號驅動電流之功率放大器；以及藉發自該功率放大器之信號產生磁力之電磁鐵者；特徵在於：具備第二控制單元，其與前述第一控制單元並列配置，導入前述感測信號，由該感測信號產生變化其相位之第二控制信號而將其輸出；以及信號合成器，其將輸出自前述第二控制單元之第二控制信號與輸出自前述第一控制單元之第一控制信號相加，產生控制信號，將其輸出至前述功率放大器。

較佳方式中，前述第二控制單元之相位變化量係根據磁性軸承之外力位移之傳輸特性而設定成適當值，俾抑制前述旋轉體之振盪。

藉此，旋轉體一發生振盪，位移感測器即出現對應此振盪之信號。因此，藉由對應此信號，根據磁性軸承之控制特性，相對於起振盪作用之外力，施加反方向控制力，可減小振盪。此控制力藉由根據磁性軸承之控制特性。對感測信號調整適當量之相位來施加。特別是，根據磁性軸承之外力/位移之傳輸特性，獲得適於抑制旋轉體振盪之相位變化量。亦即，參考相對於習知伺服控制配置中功率放大器之輸入信號之位移感測器之感測信號傳輸特性(放

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (5)

大、相位)資料，決定第二控制單元內相位調整器之設定值，將所得第二控制單元輸出信號與第一控制單元輸出信號相加，輸入功率放大單元，控制電磁鐵之電流，藉此可減小旋轉體之振盪。

申請專利範圍第 3 項所載發明之特徵在於，前述第二控制單元具有：自前述感測信號抽取旋轉頻率成分之濾波器，調整該濾波器之輸出信號之相位之相位調整器；含有比較該相位調整器之輸出信號與基準電位之比較器之信號形成器；以及調整該信號形成器之輸出信號之振幅之增益調整器。藉此，可分離發自位移感測器之感測信號中有關振幅之資訊，僅取出有關相位之資訊，變化所需相位量，給與任意增益量，藉此，可獲得適於抑制旋轉體振盪之電磁鐵之控制力。較佳方式中，使用給與與旋轉速度成比例之增益之旋轉速度比例增差調整器來作為前述增益調整器。

申請專利範圍第 5 項所載發明之特徵在於，前述第二控制單元具有：變頻濾波器；以及給與適於抑制旋轉體對應電動機旋轉速度之振盪之相位變化量之裝置。因此，藉由抽取變頻濾波器之對應於電動機旋轉速度之感測信號，給與相對於此取出之信號之適於抑制旋轉體振盪之相位變化量，可相對於任意旋轉速度，進行適當之相位量調整。因此，可在大的旋轉速度範圍內減小旋轉體之振盪。

較佳方式中，前述給與適於抑制旋轉體對應電動機旋轉速度之振盪之相位變化量之裝置計測前述磁性軸承之外

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(6)

力/位移傳輸特性資料，對應旋轉速度予以記憶之記憶體；以及自前述記憶體讀出調整相位之相位調整器。又，亦可使用前述磁性軸承之外力/位移傳輸特性近似演算電路來設定對應於前述電動機旋轉速度之相位變化量。

申請專利範圍第8項所載發明之特徵在於進一步具備：接通、斷開前述第二控制單元內信號流之信號開關；以及比較前述感測信號與基準信號，藉該比較結果接通、斷開前述信號開關之第三控制單元。

申請專利範圍第9項所載發明特徵在於進一步具備：第四控制單元，其含有接通、斷開前述第二控制單元內信號流之信號開關；比較實際旋轉速度與基準信號之比較器；以及產生接通、斷開前述信號開關之指令信號之信號產生器。

藉此，於旋轉體振盪大情形下，藉由使發自第二控制單元之信號成接通狀態，抑制旋轉體之振盪運動，於旋轉體振盪小情形下，只要產生一般發自第一控制單元之補償信號，即可充份保持旋轉體上浮。

較佳地，於前述第二控制單元之含有比較器之信號形成器後段具備第二旋轉頻率成分抽取器。藉此可自第二控制單元發出之輸出信號之方波除去其諧波成分，形成低次正弦波，可防止因諧波造成的雜音產生等障礙。

較佳方式中，具備：第五控制單元，比較前述第二控制單元內信號開關接通前之前述感測器輸出與該信號開關接通時之前述感測器輸出，將變更前述增益調整器之增益

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(7)

設定值之指令值輸出。藉此，可於發自第二控制單元之信號成接通狀態之際，將此增益調整器之增益設定為適當值，可給與適於振盪抑制之增益。

[圖式之簡單說明]

第 1 圖係顯示習知控制型磁性軸承裝置之基本配置之圖。

第 2 圖係顯示本發明實施形態之控制型磁性軸承裝置之基本配置之圖。

第 3 圖係顯示第 2 圖之控制系統範例之方塊圖。

第 4 圖係顯示第 2 圖中第二控制單元之配置之圖。

第 5 圖係顯示緩衝放大器、頻率成分抽取器、相位調整器之電路配置例之圖。

第 6 圖係顯示信號形成器、增益調整器之電路配置例及各部信號波形之圖。

第 7A、7B、7C、7D 圖係顯示信號形成器變形例之圖。

第 8 圖係顯示具備接通、斷開信號之信號開關之第二控制單元配置例之圖。

第 9 圖係顯示第三控制單元之電路配置例之圖。

第 10 圖係顯示藉第四控制單元接通、斷開信號之控制單元配置例之圖。

第 11A、11B、11C 圖係顯示於第二控制單元內具備第二頻率成分抽取器情形之配置例之圖。

第 12 圖係顯示具備調整增益之第五控制單元之控制型磁性軸承裝置配置例之圖。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · · · · · 訂 · · · · · 線

五、發明說明(8)

第 13 圖係顯示具備可對應大速度範圍之第六控制單元之控制型磁性軸承裝置配置例之圖。

第 14 圖係顯示第六控制單元內部配置例之圖。

第 15A、15B、15C 圖係顯示可對應大速度範圍之相位調整器配置例之圖。

第 16 圖係顯示為磁性軸承支持之晶圓脫水機之配置之圖。

第 17 圖係顯示徑向磁性軸承之伺服控制系統之力/位移傳輸特性例之圖表。

第 18 圖係顯示開式平衡控制等效試驗結果之圖表，第 18A 圖顯示位移感測輸出，第 18B 圖顯示控制輸出信號，並顯示控制斷開情形。

第 19 圖係顯示開式控制等效試驗結果之圖表，第 19A 圖顯示位移感測輸出，第 19B 圖顯示控制輸出信號，並顯示控制接通情形。

第 20 圖係顯示開式平衡控制對應試驗結果之圖表，第 20A 圖顯示位移感測輸出，第 20B 圖顯示控制輸出信號，並顯示控制斷開情形。

第 21 圖係顯示開式平衡控制等效試驗結果之圖表，第 21A 圖顯示位移感測輸出，第 21B 圖顯示控制輸出信號，並顯示控制接通情形。

第 22 圖係顯示本發明控制單元試驗結果之圖表，第 22A 圖顯示位移感測輸出，第 22B 圖顯示控制輸出信號，並顯示控制斷開情形。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(9)

第 23 圖係顯示本發明試驗結果之圖表，第 23A 圖顯示位移感測輸出，第 23B 圖顯示控制輸出信號，並顯示控制接通情形。

第 24A、24B 圖係顯示本發明試驗結果之圖表，其為顯示 X 軸及 Y 軸之控制接通時之位移感測輸出之圖表。

第 25A、25B 圖係顯示本發明試驗結果之圖表，其為顯示 X 軸及 Y 軸之控制斷開後控制接通時之位移感測輸出之圖表。

第 26 圖係顯示第 2 至 6 圖所示控制電路之增益及相位之頻率特性例之圖表。

第 27 圖係顯示本發明另一實施形態之第二控制單元配置例之圖。

第 28A、28B、28C 係顯示使用第 27 圖所示第二控制單元之晶圓脫水機之陡升/陡降及高速旋轉時旋轉體振盪特性之實驗數據之圖表。

第 29A、29B、29C 圖係顯示使用第 27 圖所示第二控制單元之晶圓脫水機之陡升/陡降及高速旋轉時旋轉體振盪特性之另一實驗數據之圖表。

[用以實施發明之最佳形態]

以下一面參照第 2 圖至第 29 圖就本發明實施形態加以說明。且，各圖中相同符號標示相同或相當部份。

第 2 圖係顯示本發明實施形態之控制型磁性軸承裝置基本配置之圖。且，如同前述第 1 圖所示習知例，為求易於瞭解，除去沿旋轉體 1 之徑向支持之軸承裝置之一部

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(10)

份，就旋轉體 1 沿著正交旋轉體 1 之 X-Y 軸平面(橫剖面)之 X 軸方向之振盪幅度控制例加以說明。亦即，圖示者固然以旋轉體 1 之軸心為中心，橫軸為 X 軸，縱軸為 Y 軸，在旋轉體 1 兩側配置位移感測器 2a、2b 與電磁鐵 3a、3b 於 X 軸上，根據位移感測器 2a、2b 之感測信號控制供至電磁鐵 3a、3b 之電流，惟亦於 Y 軸上在旋轉體 1 之兩側位置同樣配置電磁鐵及位移感測器，作同樣控制。

如第 2 圖所示，配置於 X 軸上在旋轉體 1 兩側之位置，檢測旋轉體 1 徑向位移之位移感測器 2a、2b 與感測放大器 4 連接，以此等位移感測器 2a、2b 及感測放大器 4 構成位移感測單元。感測放大器 4 之輸出信號係相當於旋轉體 1 沿 X 軸方向位移之電信號(感測器信號)。此感測器信號輸入第一控制單元 5 以及與該第一控制單元 5 並列配置之第二控制單元 7。

第一控制單元 5 係根據感測器信號演算第一控制信號，以其作為控制電流輸出者，第二控制單元 7 係產生由感測器信號變化其相位之第二控制信號，以其作為控制電流輸出者。而且，此第一及第二控制信號(控制電流)以信號合成器 8 合成(加算)，此合成之控制信號以個別連接於各電磁鐵 3a、3b 之功率放大器 6a、6b 放大，分別供至各電磁鐵 3a、3b 之線圈。藉此，各電磁鐵 3a、3b 以供至方線圈之電流產生電磁力，藉此電磁力，旋轉體 1 為電磁性 3a、3b 磁性吸引。如此，僅根據位移感測器 2a、2b 檢測旋轉體 1 徑向位移之感測器信號輸出，供給控制電流至 X

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明(1)

軸上對向配置之一對電磁鐵 3a、3b，予以伺服控制，俾旋轉體 1 藉其吸引力保持上浮於中心位置或目標位置。

第 3 圖係以方塊圖顯示第 2 圖所示控制系統範例之感測放大器 4、第一控制單元 5、第二控制單元 7、功率放大單元 6a、6b、電磁鐵 3a、3b 及磁性軸承之圖。於此，磁性軸承由旋轉體之質量 M 及磁性軸承複合剛性 K_u ，在圖示函數 $(1/MS^2, K)$ 下，顯現其為最單純系統。且，於此函數中， S 表示拉普拉斯運算子(Laplace Operator)。

第 4 圖顯示第二控制單元 7 之配置例。第二控制單元 7 由緩衝放大器 7a、旋轉頻率成分抽取器 7b、相位(相移)調整器 7c、含比較器之信號形成器 7d 以及增益調整器 7e 構成。藉此，以本身為濾波器之旋轉頻率成分抽取器 7b 自以緩衝放大器 7a 放大之感測器信號抽取旋轉頻率成分，以相位調整器 7c 調整此抽取之信號之相位，此後，以比較器比較此相位調整器 7c 之輸出信號與基準電位，形成相對於 0V 沿正負方向振盪之信號，將以增益調整器 7e 調整振幅之信號輸出至信號分成器 8。

亦即，藉由使感測器信號通過旋轉頻率成分抽取器 7b，抽取對應於電動機旋轉速度之信號成分，更以相位調整器 7c 給與任意相位(相移)調整量，以含有比較器之信號形成器接收所獲得之信號，藉此，信號對應於電動機旋轉速度之頻率及相位資訊固然傳輸至下游。惟，振幅資訊部被遮斷。且由於須進行此信號處理，故使用含有比較器者來作為信號形成器 7d。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明 (12)

第 5 圖顯示第二控制單元 7 之緩衝放大器 7a、旋轉頻率成分抽取器 7b、相位調整器 7c 之具體電路配置例。如第 7 圖所示，此各個機器由於用演算放大器與 CR 元件簡單構成。亦即，緩衝放大器 7a 係使用演算放大器之放大器，旋轉頻率成分抽取器 7b 係組合演算放大器與 CR 元件之濾波器電路。相位調整器 7c 亦同樣為組合演算放大器與 CR 元件之電路，可藉由調整連接於觸地側之體積進行相位量調整。

此等電路抽取與來自位移感測器 2a、2b 之感測器信號同步之頻率成分之正弦波，藉由調整相位調整器 7c 之體積進行相位調整。亦即，藉由可變電阻之體積，可作 0 至 180[度]之相位調整。

第 6 圖顯示含有比較器之信號形成器 7d、增益調整器 7e 之電路配置例及各部之信號波形。

如第 6 圖所示，信號形成器 7d 為比較器 71a、71b 與進行信號反轉之演算放大器 72a、72b 組合之電路，其如後述，形成相對於 0V(接地電位)於+側及-側振盪之輸出信號。增益調整器 7e 係由演算放大器 72c 構成之放大器。

來自相位調整器 7c 之輸出係如 ① 所示之正弦波，其一分為二，一信號藉比較器 71a 與基準電位比較，輸出 ② 所示方波波形。另一信號輸入反相器 2a、比較器 71b，其波形如 ③ 所示，獲得與 ② 倒反之方波波形。更且，以反相器 72b 倒反此波形，藉此，其波形如 ④ 所示。並且，藉由以增益調整器 7e 之放大器調整振幅並將其合成，形成 ⑤ 所示

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (13)

以接地電位為中心上下振盪之方波。且，此增益調整器 7e 兼用第 1 圖所示習知控制裝置配置於驅動電磁鐵之電力放大電路內者。

如由上述第二控制單元 7 之電路構成例所明示，自第二控制單元 7 僅取出有關感測器信號頻率及相位之資訊，輸出其相位經過調整者，以信號合成器 8 與第一控制單元 5 之信號相加。因此，有關感測器信號振幅之資訊不會傳輸至下游側。

於此，第二控制單元 7 之旋轉頻率成分抽取器 7b 亦可例如為第 5 圖所示類比電路構成之帶通濾波器，復可為市售功能模組之電壓調諧型帶通濾波器。此電壓調諧型帶通濾波器係可將通過頻率調整為對應於來自外部之電壓信號 0 至 10(V) 之中心頻率者，相當於例如 NF 電路設計公司之型錄之 NO. D98X-D16-23A2 所載 VT-2BPA 型式、第帖爾公司之資料表單 NO.85/9/5K/13.2 所載 FLJ-VB 型式等。

第 7 圖係顯示信號形成器 7d 變形例之圖。相對於第 6 圖所示信號形成器 7d 使用數個比較器及演算放大器，此例可配置二個演算放大器，亦即使用演算放大器之比較器 77，以及同樣使用演算放大器之反相放大器(反相器)78，具有同等功能之電路。

於此，比較器 77 使用如第 7B 或 7C 圖所示具有輸入、輸出特性之非線性元件。藉由使用具有此種輸入特性之比較器 77，可如第 7D 圖所示，以極簡單配置，形成相對於正弦波輸入信號①以 D 伏特為中心於正負側振盪之方波信

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (14)

號⑤。並且，如同第 6 圖所示電路，可為僅有感測信號之頻率成分及相位成分傳輸至下游側，振幅成分不會傳輸至下游側之配置。

第 8 圖所示係於第二控制單元 7 之增益調整器 7e 後段設有信號開關 7f，進一步具備第三控制單元 9，比較感測器信號與基準信號，在感測器信號高於基準情形下，亦即在擺振大於預定值情形下，信號開關 7f 接通。

亦即，其係具備接通、斷開第二控制單元 7 內信號流之信號開關 7f，以及比較位移感測器 2a、2b 之感測信號與基準信號而接通、斷開信號開關 7f 之第三控制單元 9，僅在感測器信號高於預定基準值情形下，接通信號開關 7f，第二控制單元 7 之輸出信號與第一控制單元 5 之輸出信號相加者。

第 9 圖顯示第三控制單元 9 之配置例。第三控制單元 9 由比較器 73a、73b、反相放大器 74、反相器 75a、75b 及加算器 76 構成。

第 10 圖所示係具備第四控制單元 10，比較與發自電動機控制器之與旋轉速度成比例之電壓信號與基準信號，在電壓信號高於基準信號情形下，接通信號開關 7f 者。此第四控制單元 10 具備比較實際旋轉速度信號與基準信號之比較器 10a，以及產生對設於第二控制單元 7 內用以接通、斷開信號流之信號開關 7f 之通、斷指令信號之信號產生器 10b。

藉此，第 8 圖所示實施形態相對於以感測信號為基準

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (15)

進行第二控制單元 7 內信號開關 7f 之通斷者，於本例中，以發自電動機控制器之旋轉速度信號為基準，亦即，於電動機之旋轉速度大於預定值情形下，可進行第二控制單元 7 內信號開關 7f 之通斷。

第 11 圖顯示第二控制單元 7 之配置之變形例，第 11A 圖所示者於第二控制單元 7 內之增益調整器 7e 後段，具備具有與旋轉頻率成分抽取器 7b 相同功能，本身為濾波器之旋轉頻率成分抽取器 7b'。藉此，可由方波狀信號形成與旋轉頻率同步之低次正弦波信號。因此，固然相較於以波形信號為控制輸出，輸入功率放大器時，旋轉體振盪之抑制效果低一些，惟由於無謂波成分之電流流動，故不會激勵高次模式之振盪。

第 11B 圖係更換第 11A 圖中旋轉頻率成分抽取器 7b' 與增益調整器 7e 之位置者。同樣地，第 11C 圖係將第 8 圖所示接通、斷開信號流之信號開關 7f 設於第二控制單元 7 內者。更且，在具有不與旋轉速度同步之固有頻率之外力作用於旋轉體情形下，可以第二控制單元 7 內之旋轉頻率成份抽取器 7b、7b' 作為此固有頻率成分抽取器。

第 12 圖所示係具備第五控制單元 11，觀測感測信號，比較第二控制單元 7 之信號開關 7f 接通時與成斷開狀態時之感測信號之振幅，進行增益調整器 7e 之大小設定。亦即，第五控制單元 11 配置成，比較第二控制單元 7 之信號開關 7f 處於斷開狀態時之感測器輸出之振幅與信號開關 7f 接通時之感測器輸出之振幅，變更增益調整器 7e 之增

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (16)

益設定值。以此方式，固然電動機旋轉速度一達到預定值以上，信號開關 7f 即藉第三控制單元 9 成接通狀態，惟可設定適於增益調整器 7e 之增益。因此，可更有效抑制振盪。

第 13 圖所示係具備第六控制單元 12，將發自電動機控制器而與旋轉速度成比例之電壓信號及感測信號輸入此等第六控制單元 12，同時在就每一旋轉速度預先設定相位調整值方面，於相位調整器 7c 設定對應於電動機旋轉速度之相位調整量者。此時，使用可藉由變化電壓值來變化頻率之濾波器電路來作為旋轉頻率成分抽取器 7b。藉此可抽取對應於電動機旋轉速度之頻率成分。

第 14 圖所示係將計測、記憶位移感測器輸出信號相對於習知伺服控制配置之功率放大器輸入信號之傳輸特性 C 放大、相位資料之記憶體內裝於第六控制單元 12，自所記憶資料讀出對應於電動機旋轉速度之相位調整量，於相位調整器 7c 設定來作為相位調整量者。藉此可給與分別對應於旋轉速度之相位變化量，可對自低速至高速之全部領域進行振盪控制。

第 15 圖係顯示第六控制單元 12 變形例之圖式。相對於第 14 圖所示第六控制單元將磁性軸承之傳輸特性資料存儲於記憶體內，第 15 圖所示第六控制單元係以類比電路模擬磁性軸承之傳輸特性者。亦即，如第 15A 圖所示，分二段使用演算放大器及 CR 元件構成之初級濾波器電路，形成第 15B 圖之增益特性及第 15C 圖之相位特性。於此，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (17)

電容元件 c' 係用來降低廣大範圍的增益，穩定演算增幅器之動作者。又，此電路配置係一般用來作為普通 PID 控制之微分元件(相位超前電路)。此第 15B 及 15C 圖所示特性係模擬後述第 17 圖所示磁性軸承之傳輸特性者。例如可給與相對於 50Hz 約 90 至 100deg 程度之相位變化量，25 Hz 約 65deg 程度之相位變化量。並且，於此範圍內，如圖示，增益大致平直。

以下使用實地機器就上述各控制裝置動作結果加以說明。

第 16 圖顯示磁浮式脫水機之試製機，以其作為藉磁性軸承支持之電動機本體之構造例。以下所述檢驗實驗使用圖式中之徑向磁性軸承 32。此機械分別藉軸向磁性軸承 33 及徑向磁性軸承 32 軸向及徑向支持旋轉軸 15，以電動機 31 旋轉驅動。25 片 8 英吋晶圓裝載於位在下側之晶圓夾持具 35。晶圓 W 外周藉二根固定桿及一根可裝卸活動桿共計三根支桿支持。因此，其係晶圓位移所產生之不平衡量與支桿變形所產生之不平衡量起作用者。

第 17 圖顯示一徑向軸承之伺服控制系統特性(相對於功率輸入之位移感測器輸出響應)之實測例。其對應於對旋轉體起干擾作用之外力(R)與旋轉體和其對應之位移(S)此 R/S 。亦即，以位移感測器之感測信號(S)為分母，為了計測而與功率放大器輸入信號相加之信號(R)為分子，設頻率軸為橫軸，放大(增益)及相位(Phase)為縱軸。

若在增益特性上屬已知之位移感測器之靈敏度為常

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明 (18)

數： $K_s(V/m)$ ，功率放大器增益： $K_d(A/V)$ ，電磁鐵增益： $K_c(N/A)$ (參照第 3 圖)，即獲得磁性軸承剛性之頻率特性當量(惟，實際上，由於有各個頻率響應，故不嚴密)。

實際上，脫水機運轉之頻率範圍為 0 至 50Hz(0 至 3000min(分)⁻¹)，判定相位特性於 50Hz 為 108deg，於 25 Hz 為 65deg 程度之值。

於此須注意的是相位特性，亦即旋轉動作頻率中的相位資訊。此相位資訊係設定於第二控制單元內相位調整器之調整量之原值。

且，相對於功率放大器之輸入電壓(V)之輸出電流(A)為非線型性，若輸入電壓變大，即會有放大與相位所示頻率響應顯著劣化的情形發生。亦即，旋轉體之振盪振幅變大時，有必要對第 17 圖所示相位特性上功率放大器之頻率響應劣化份加以修正。又，亦有必要對第二控制單元之輸出信號輸入於功率放大器，最後力量作用於旋轉體之前之頻率特性作相同的考慮。惟，較低頻率影響不大，亦可使用與先前相位特性值相當的值。根據實際結果，修正量即使是概略值，所得效果亦相同。

第 18 至 21 圖顯示習知開式平衡控制之對應試驗結果。此試驗目的在於檢驗相加控制信號與感測信號之相位差係相當於第 17 圖所示磁性軸承剛性之頻率特性對應資料之相位資料經推斷至原值而可獲得效果。控制信號係藉市售信號產生器來產生。

第 18 及 19 圖顯示在旋轉速度 3000min⁻¹(50 Hz)下，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

五、發明說明 (19)

於控制信號與感測信號之間給與第 17 圖所示相位資料經推斷之原值，亦即大約 $108(\text{deg})$ 相位差時之狀態。第 18 圖係控制斷開時之時間波形，第 19 圖係控制接通時之時間波形，第 18A 及 19A 圖顯示位移感測器輸出信號，第 18B 圖及 19B 圖顯示控制信號。由此可知，旋轉速度為 $3000\text{min}^{-1}(50\text{ Hz})$ 時，一在控制信號與感測信號之間給予大約 $108(\text{deg})$ 相位差，旋轉體之振盪即受到抑制。

且，固然未圖示，雖則看得出來該相位量上下變動些許，卻無法確認效果有多大變大。

第 20 圖及 21 圖顯示旋轉速度 $1500\text{ min}^{-1}(25\text{ Hz})$ 下，於控制信號與感測信號之間給予第 17 圖所示相位資料經推斷之原值，亦即大約 $64.8(\text{deg})$ 時之狀態。第 20 圖係控制斷開時之時間波形，第 21 圖係控制接通時之時間波形，第 20A 及 21A 圖顯示相位感測器輸出信號，第 20B 及 21B 圖顯示控制信號。由此可知，旋轉速度為 $1500\text{ min}^{-1}(25\text{ Hz})$ 時，一在控制信號與感測信號之間給與大約 $64.8(\text{deg})$ 相位差，旋轉體之振盪即受到控制。

且，固然未圖示，雖則看得出該相位量上下變動些許，卻無法確認效果有多大變化。

第 22 及 23 圖顯示接著使用第 2 圖至 6 圖所示控制型磁性軸承裝置驗證旋轉體振盪之抑制作用之結果。旋轉速度為 3000min^{-1} ，第 22 圖係控制斷開時之時間波形，第 23 圖係控制接通時之時間波形，分別地，第 22A 及 22A 圖顯示位移感測器輸出信號，第 22B 及 23B 圖顯示控制信號。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (20)

由此可知，獲得與前述第 18 及 19 圖所示相同之結果。第 26 圖顯示此實驗所用電路之輸入信號及輸出信號之傳輸特性。由此圖可知，相位調整量相對於 3000 min^{-1} (50 Hz) 約有 0 至 100 deg 之超前。

更且，第 24 及 25 圖顯示就不平衡重量增加時，習知伺服控制觸地情形之驗證結果。於此情形下，分別於正交旋轉軸之 X-Y 軸平面之 X 軸上及 Y 軸上，在二伺服控制系統中準備第二控制單元。旋轉速度為 3000 min^{-1} 。第 24 圖顯示控制接通狀態，第 25 圖係一面觸地一面旋轉狀態下本控制接通時之時間波形，於上段顯示 X 軸位移感測器輸出信號之時間波形，於下段顯示 Y 軸位移感測器輸出信號之時間波形。無論如何，均可確認抑制振盪之作用。比較此二例實驗所用相位量與第 17 圖之相位資料，即可知約增加 20%。更且，如第 12 圖所示，藉由調整第二控制單元內增益調整器之設定，可抑制振盪振幅。作用上限依功率放大器之基本性能及電磁鐵之磁路之磁氣飽和狀況而定。

第 27 至 29 圖係顯示即使在旋轉速度急速變動情形下，根據本發明電路配置，亦可在第 16 圖所示晶圓脫水機中，充份抑制旋轉體振盪之實驗資料。

第 27 圖顯示第二控制單元 17 之配置例。感測信號(輸入)以功率放大器 17a 放大，對應旋轉速度之信號藉旋轉速度同信號抽取器 17b 抽取例如使用 NF 電路設計公司製 VT-213PA 型式來作為此抽取器 17b。並且以相位調整器 17c 來給與相位調整量。藉由以比較器 17d 比較所得信號

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (21)

與基準信號，遮斷振幅資訊，僅對應於電動機旋轉速度之頻率及相位資訊傳輸至下游側。並且，以增益調整器 17e、17f 調整增益，與第一控制單元 5 之信號輸出相加，將控制電流供至電磁鐵。於此，增益調整器 17e 係與旋轉速度無關之增益調整器。又，增益調整器 17f 係給予與旋轉速度成比例之增益之旋轉速度比例增益調整器，其使用例如阿納勒華公司製 AD633 型式。

第 28 圖顯示旋轉速度自 0 至預定速度急遽上升，在 2400 min^{-1} 程度之高速(預定速度)下，進行一定時間之運轉，其次急遽減速、停止情形下，晶圓脫水機中旋轉體之振盪狀況。如第 28 圖所示，可知，藉由旋轉啟動後接通平衡控制，即使於急遽上升時期，旋轉體之振盪相對於 TD 觸地(Touch Down)位準亦有足夠餘裕，且可知，高速旋轉時一斷開平衡控制，旋轉體之振盪即如第 28A 及 28B 圖之位移感測器輸出所示增大到 TD(Touch Down)位準。更且，即使於急遽下降時，亦不會發生旋轉體的大振盪，使旋轉體之旋轉停止。

第 29 圖顯示與第 28 圖同樣急遽上升及下降時旋轉體之振盪情形。於此情形下，旋轉速度上升至 3000 min^{-1} 。於此情形亦可知，如同上述，旋轉體之振盪較諸 TD(Touch Down)位準有足夠餘裕，可充份抑制振盪。於此情形下，固然平衡控制一斷開，振盪即於急遽上升時增大至 TD(Touch Down)位準，惟藉由一開始接通平衡控制，即使於急遽上升時，亦可如位移感測器(No. 1)所示，振盪受到

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (22)

稍大程度的抑制。且，位移感測器(No. 1)係設在接近晶圓夾持具側之徑向磁性軸承之感測器，位移感測器(No. 2)係設在遠離晶圓夾持具側之徑向磁性軸承之感測器。

如以上所述，可知，藉由附加第二控制單元於個別需要之控制軸，可就 1)具有過大不平衡量之旋轉體之支持問題，2)因旋轉體上浮位置，與電動機旋轉運動同步之外力之支持問題，3)根據電動機原理，與旋轉速度同步之徑向外力之支持問題，改善磁性軸承之容許支持特性，可抑制旋轉體之振盪。

例如在電動機為二極之感應型電動機情形下，產生與旋轉速度同步之徑向外力。於此情形下，藉風扇、泵等之旋轉運動產生流體力之旋轉機械為了維持負荷變動體生之旋轉運動，增加輸入電動機之電力，從而產生過大的徑向力量。正因為以滾動軸承、滑動軸承支持的話，會使壽命降低，故旋轉體不能支持。惟，無法使用接觸式軸承的情形亦復不少，在適用磁性軸承於特殊環境用旋轉機械情形下，會面臨上述問題。更且，即使於藉由高速旋轉之乾晶圓等脫水機中，被乾燥物造成之不衡量之大小，相較於普通磁性軸承支持剛性，亦有過大之情形。

習知滾動軸承、滑動軸承之支持剛性固然很特別，惟供半導體裝置用，分批處理(25×n片)晶圓之脫水機依需要以採用磁性軸承較佳，惟同樣面臨前述問題。如此，在使用習知滾動軸承等方面擬使用可非接觸支持之磁性軸承情形下，由於全體空間、軸承空間、旋轉體構造已然確定，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (23)

故按需要組裝十分大的磁性軸承很困難，雖如此，根據本發明卻可解決相關問題，可提供一擴大磁性軸承受限性能之解決方案。

如以上說明，根據本發明，僅根據用於旋轉體上浮位置控制之位移感測信號，即可抑制以磁性軸承支持旋轉體時所生之過大不平衡量所致之振盪。

又，亦可適用於與旋轉速度同步之干擾以外。其作為針對於週期性干擾提高磁性軸承之剛性之措施，極具效果。

[產業上可利用性]

本發明係有關使用磁性軸承來作為旋轉體支持裝置之該磁性軸承控制裝置。因此，可用來作為使例如半導體裝置製造用磁浮式脫水機之旋轉軸以磁性上浮支持之磁性軸承控制裝置。

[元件符號之說明]

1	旋轉體	2a,2b	位移感測器
3a、3b	電磁鐵	4	感測放大器
5	第一控制單元	6a,6b	功率放大器
7	第二控制單元	7a,17a	功率放大器
7b,7b'	旋轉頻率成分抽取器	7c	相位調整器
7d	信號形成器	7e	增益調整器
7f	信號開關	8	信號合成器
9	第三控制單元	10	第四控制單元
10b	信號產生器	11	第五控制單元

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · · · · · 訂 · · · · · 線

五、發明說明(24)

12	第六控制單元	15	旋轉軸
17	第二控制單元	17b	旋轉速度同信號抽取器
17c	相位調整器	17d	比較器
17e,17f	增益調整器	31	電動機
32	徑向磁性軸承	33	軸向磁性軸承
35	晶圓夾持具		
71a,71b,73a,73b,10a,77	比較器		
74	反相放大器	75a,75b	反相器
76	加算器		

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

四、中文發明摘要(發明之名稱： 控制型磁性軸承裝置)

本發明提供一種根據位移感測器檢測旋轉體徑向位移而發出之感測器信號，產生控制信號，抑制旋轉體因與旋轉運動同步之外力而振盪，可支持旋轉體使其穩定上浮之控制型磁性軸承裝置；具備：檢測旋轉體徑向位移之位感測器；根據發自該位感測器之感測器信號演算第一控制信號而將其輸出之第一控制單元；與該第一控制單元並列配置，導入前述感測器信號，由該感測器信號產生變化其相位之第二控制信號並將其輸出之第二控制單元；將輸出自該第二控制單元之第二控制信號與輸出自前述第一控制單元之第一控制信號相加，產生控制信號而將其輸出至功率放大器之信號合成器；根據該控制信號驅動電流之功率放大器，以及藉發自該功率放大器之信號產生磁力之電磁鐵。

英文發明摘要(發明之名稱：)

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝
訂
線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

第 89101141 號專利申請案

申請專利範圍修正本

(89 年 11 月 22 日)

1. 一種控制型磁性軸承裝置，具備：檢測旋轉體徑向位移之位移感測器；根據發自該位移感測器之感測器信號演算第一控制信號之第一控制單元；根據該第一控制信號驅動電流之功率放大器，以及藉發自該功率放大器之信號產生磁力之電磁鐵，以徑向支持旋轉體者，

特徵在於該磁性軸承裝置具備：

第二控制單元，與前述第一控制單元並列配置，導入前述感測信號，且由該感測信號產生變化其相位之第二控制信號並將其輸出；以及

信號合成器，將輸出自前述第二控制單元之第二控制信號與輸出自前述第一控制單元之第一控制信號相加，產生控制信號，並將其輸出至前述功率放大器。

2. 如申請專利範圍第 1 項之控制型磁性軸承裝置，其中，前述第二控制單元之相位變化量係根據磁性軸承之外力/位移之傳輸特性設定成適當值，俾抑制前述旋轉體之振盪。

3. 如申請專利範圍第 1 項之控制型磁性軸承裝置，其中，前述第二控制單元具有：

濾波器，自前述感測器信號選出旋轉頻率成分；

相位調整器，調整該濾波器之輸出信號之相位；

信號形成器，含有比較該相位調整器之輸出信號與

基準電位之比較器；以及

增益調整器，調整該信號形成器之輸出信號之振幅。

4. 如申請專利範圍第3項之控制型磁性軸承裝置，其中，前述增益調整器係使用可供給與旋轉速度成比例之增益之旋轉速度比例增益調整器。

5. 如申請專利範圍第1項之控制型磁性軸承裝置，其中，前述第二控制單元具有：

變頻濾波器；以及

供給適當相位變化量，以抑制對應於電動機旋轉速度之旋轉體振盪之裝置。

6. 如申請專利範圍第5項之控制型磁性軸承裝置，其中，前述供給適當相位變化量，以抑制對應於電動機旋轉速度之旋轉體振盪之裝置具有：

記憶體，計測前述磁性軸承之外力/位移之傳輸特性資料，響應旋轉速度而將其記憶；以及

相位調整器，自前述記憶體讀出並調整相位。

7. 如申請專利範圍第5項之控制型磁性軸承裝置，其中，對應於前述電動機旋轉速度之相位變化量係使用令前述磁性軸承之外力/位移傳輸特性近似之演算電路來設定。

8. 如申請專利範圍第1至7項中任一項之控制型磁性軸承裝置，其中，進一步具備：

信號開關，用以接通/斷開前述第二控制單元內之

信號流；以及

第三控制單元，比較前述感測器信號與基準信號，藉由該比較結果，接通/斷開前述信號開關。

9. 如申請專利範圍第 1 至 7 項中任一項之控制型磁性軸承裝置，其中，進一步具備第四控制單元，其含有：

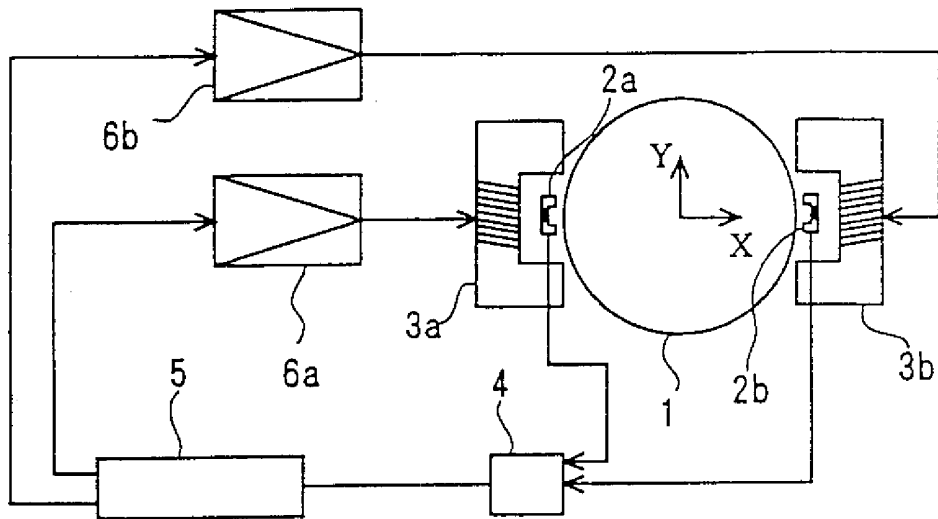
信號開關，用以接通/斷開前述第二控制單元內之信號流；

比較器，比較實際旋轉速度信號與基準信號；以及信號產生器，產生接通/斷開前述信號開關之指令信號。

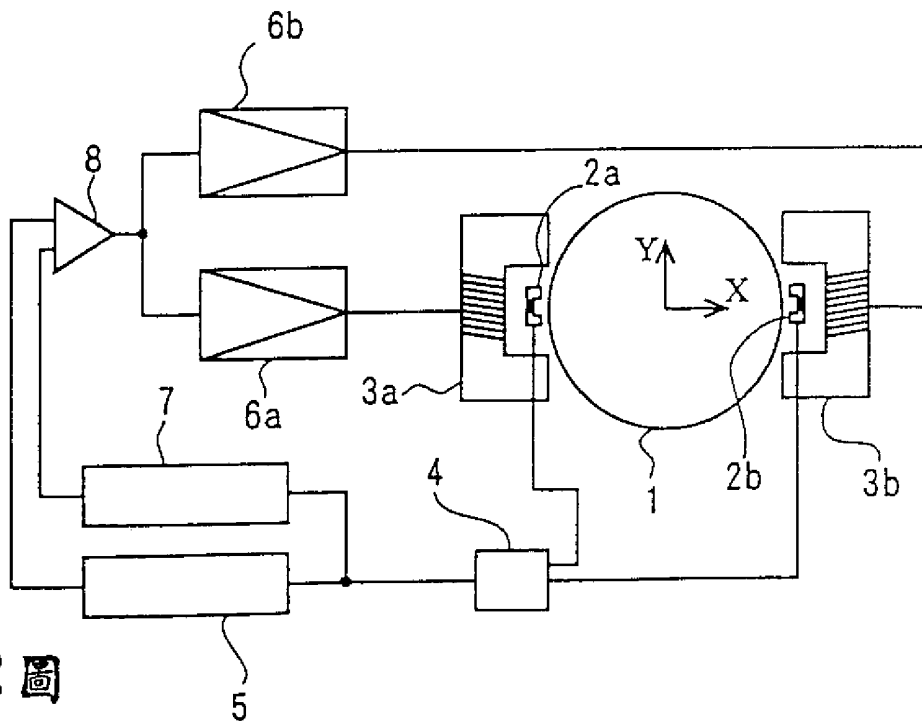
10. 如申請專利範圍第 1 至 7 項中任一項之控制型磁性軸承裝置，其中，於前述第二控制單元含有比較器之信號形成器後段具備第二旋轉頻率成分選取器。

11. 如申請專利範圍第 8 項之控制型磁性軸承裝置，其中，具備第五控制單元，用以比較前述第二控制單元內信號開關接通前之前述感測器輸出與該信號開關接通時之前述感測器輸出，以輸出指令值，俾改變前述增益調整器之增益設定值。

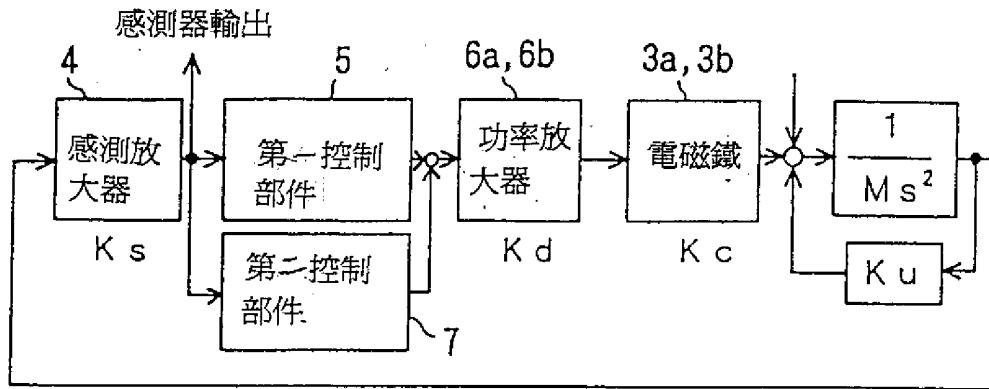
12. 如申請專利範圍第 9 項之控制型磁性軸承裝置，其中，具備第五控制單元，用以比較前述第二控制單元內信號開關接通前之前述感測器輸出與該信號開關接通時之前述感測器輸出，以輸出指令值，俾改變前述增益調整器之增益設定值。



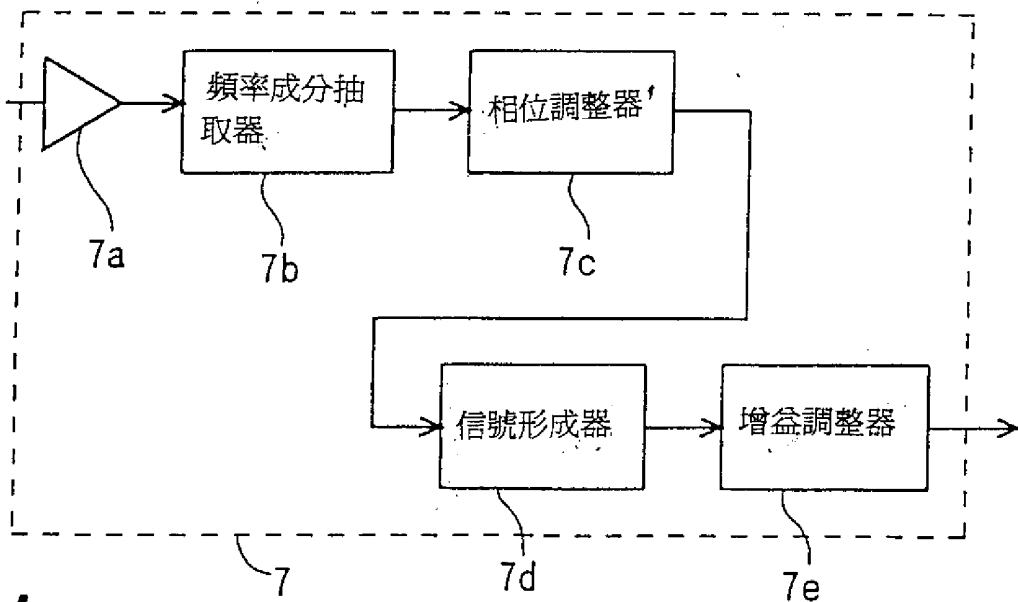
第1圖



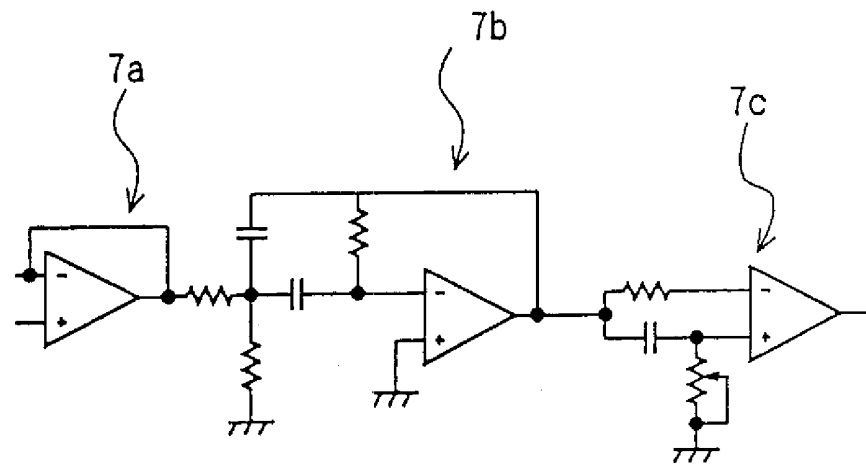
第2圖



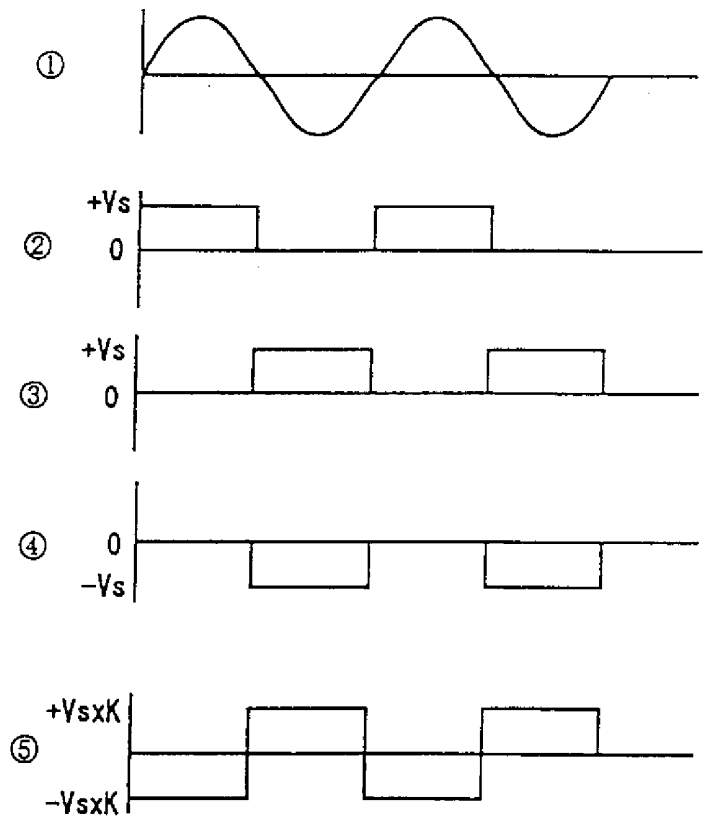
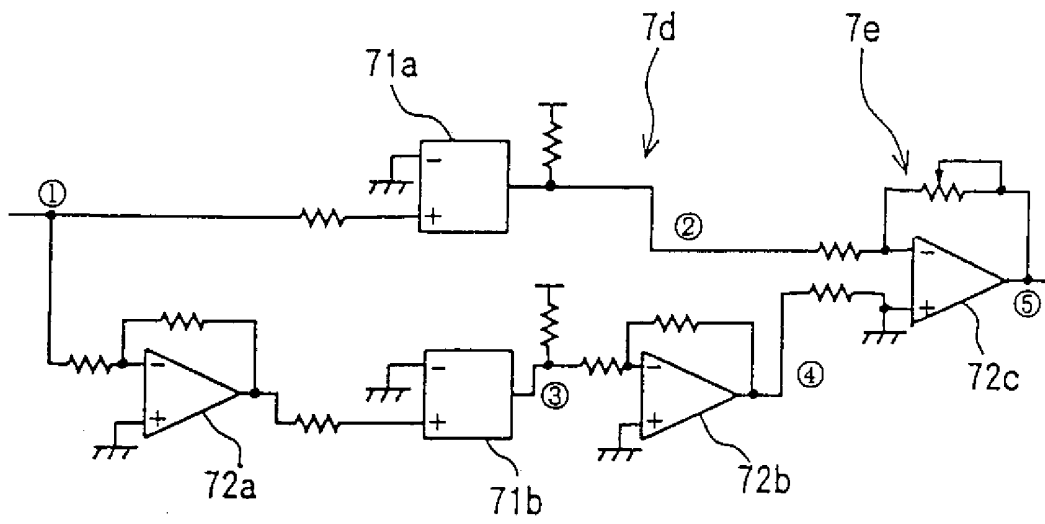
第 3 圖



第 4 圖

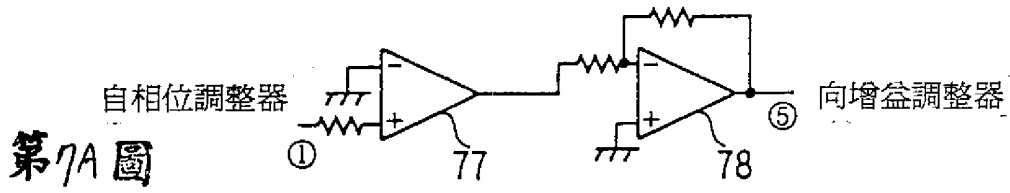


第 5 圖

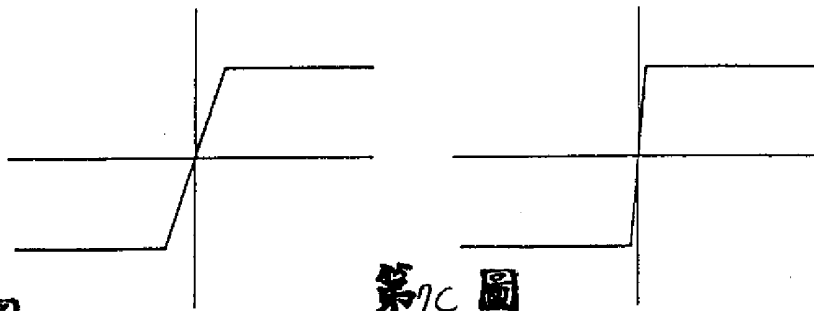


第 6 圖

信號形成器

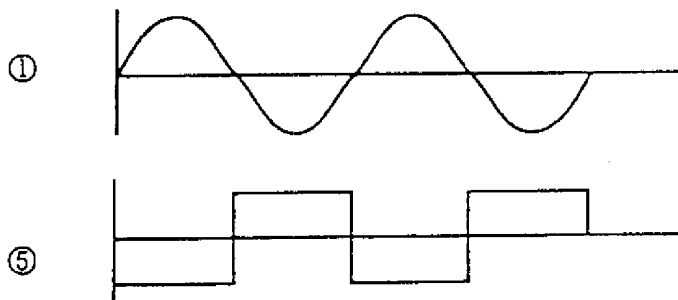


第7A圖

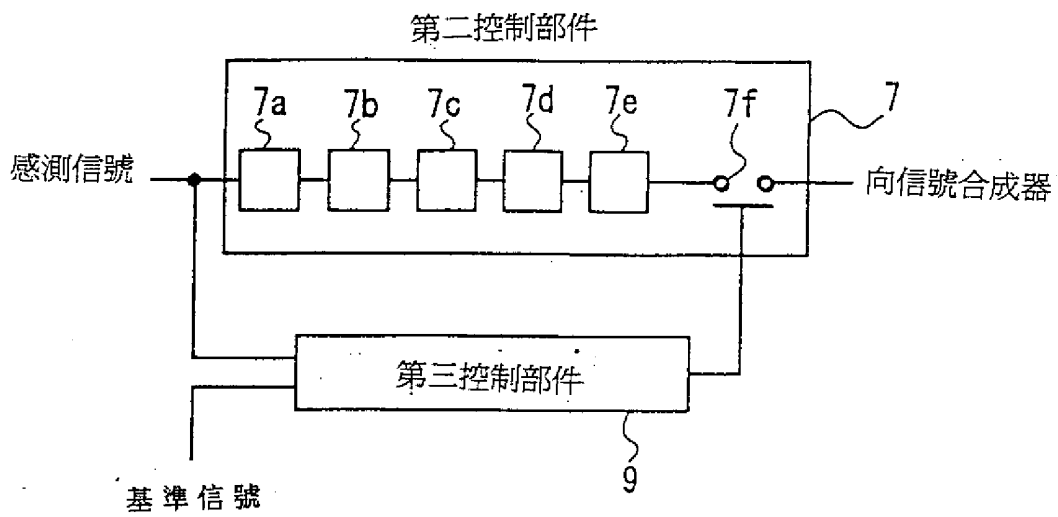


第7B圖

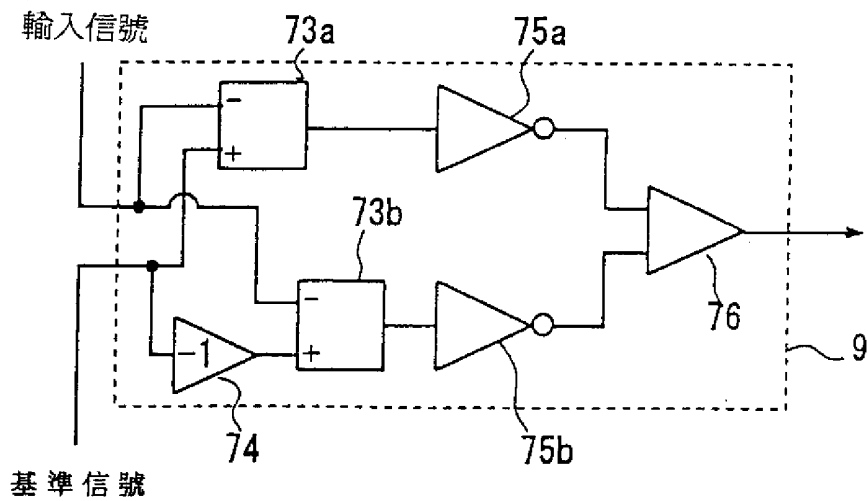
第7C圖



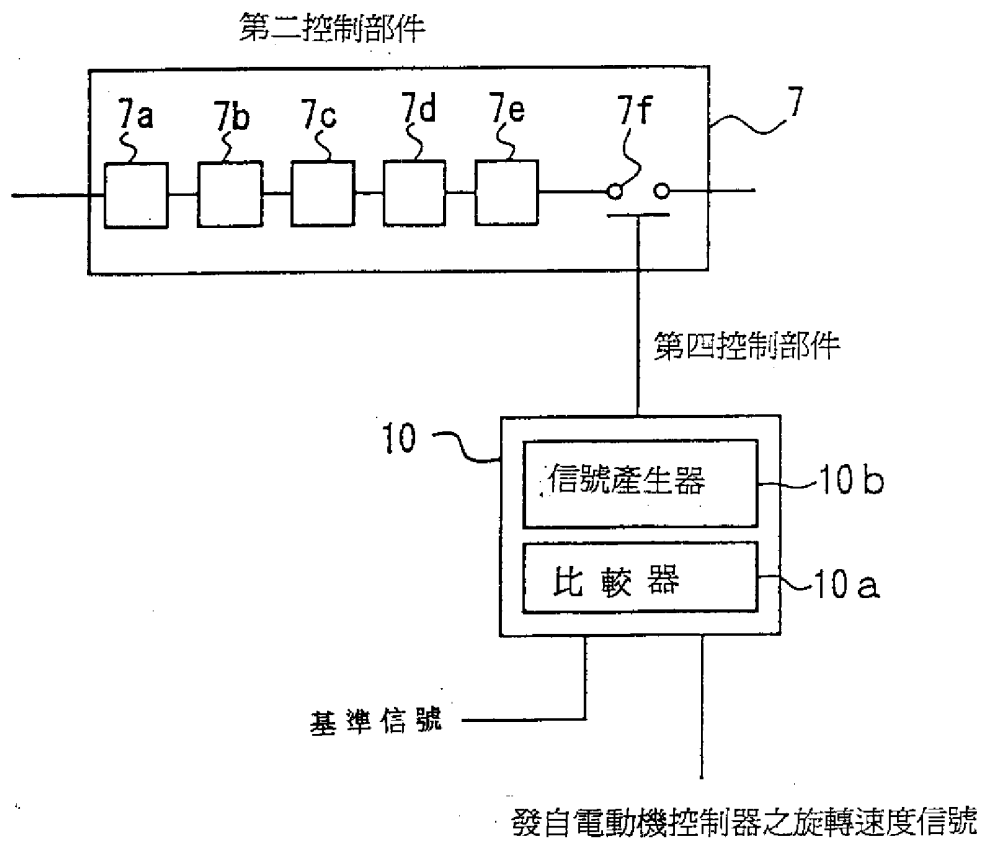
第7D圖



第 8 圖

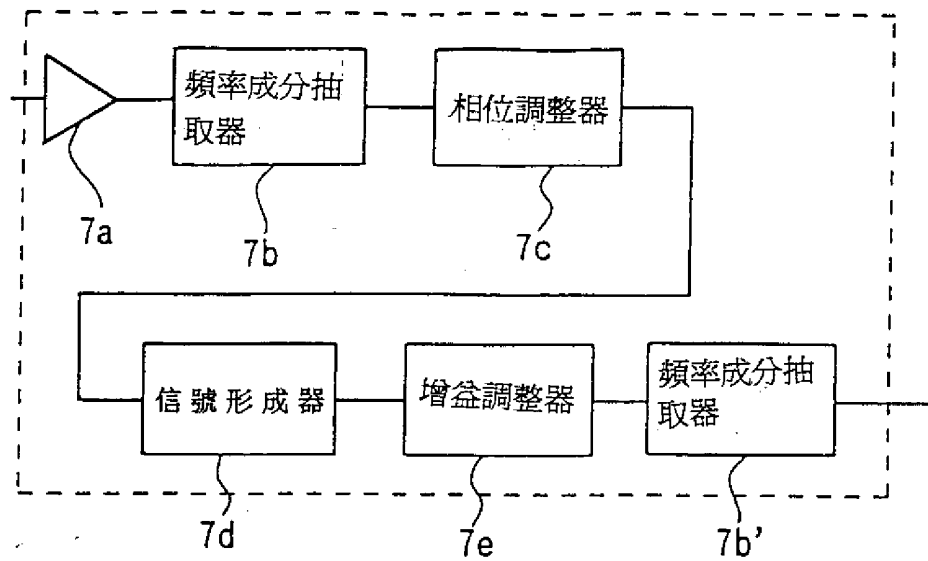


第 9 圖

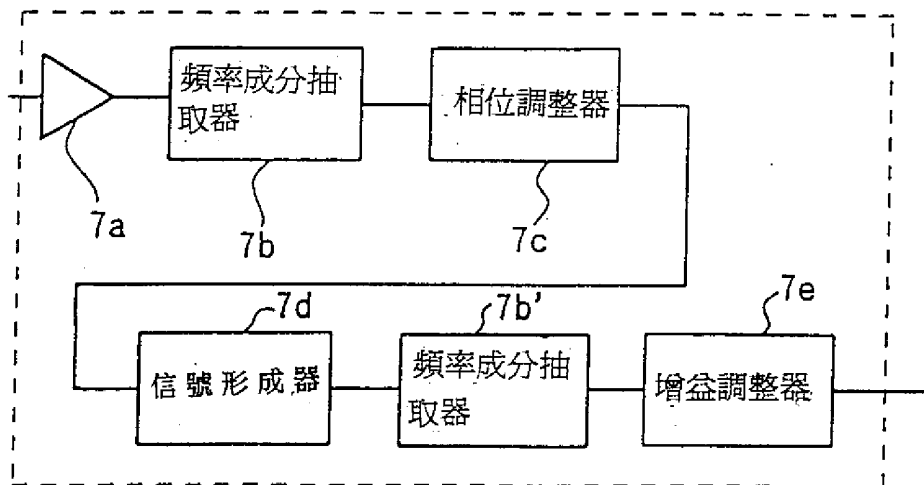


第10圖

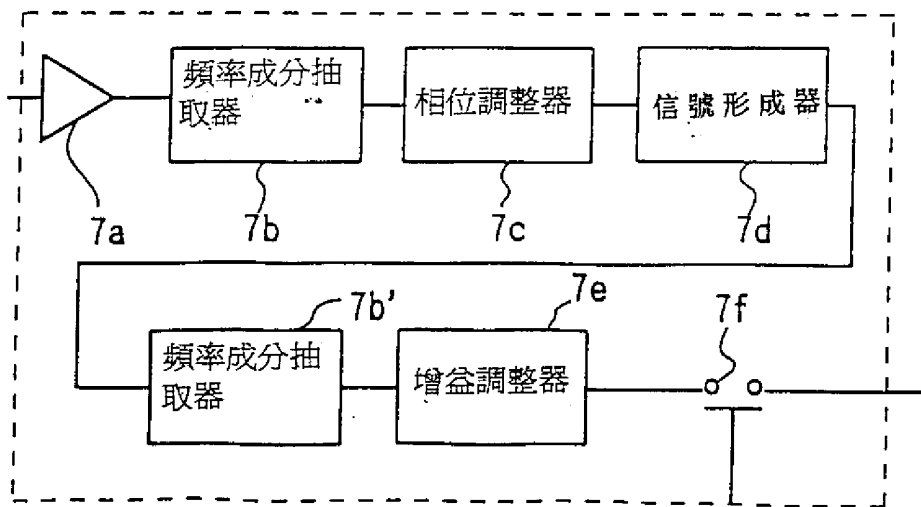
第IIA圖

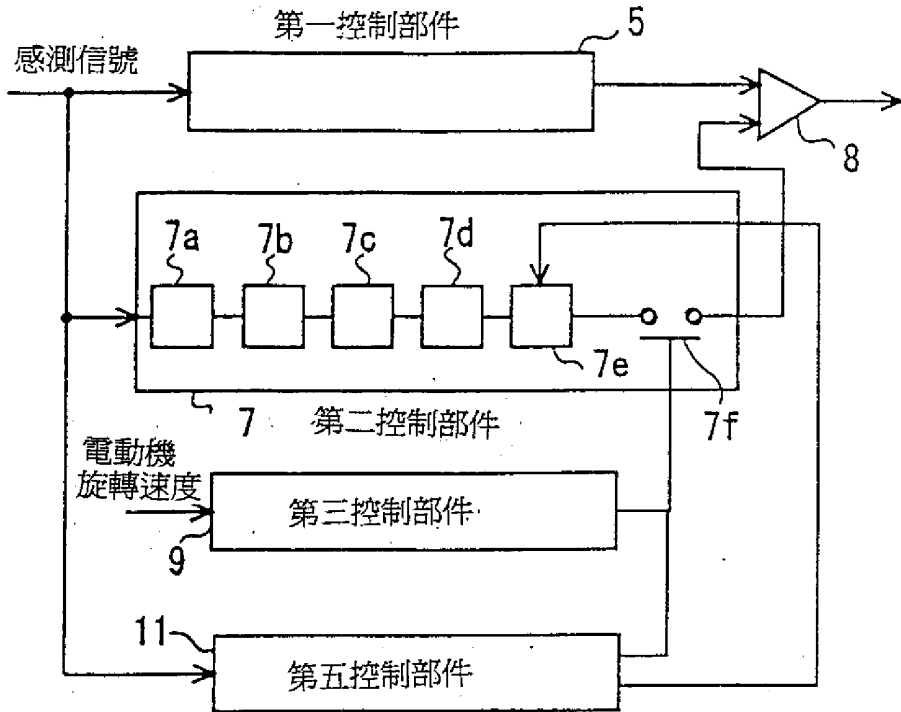


第IIB圖

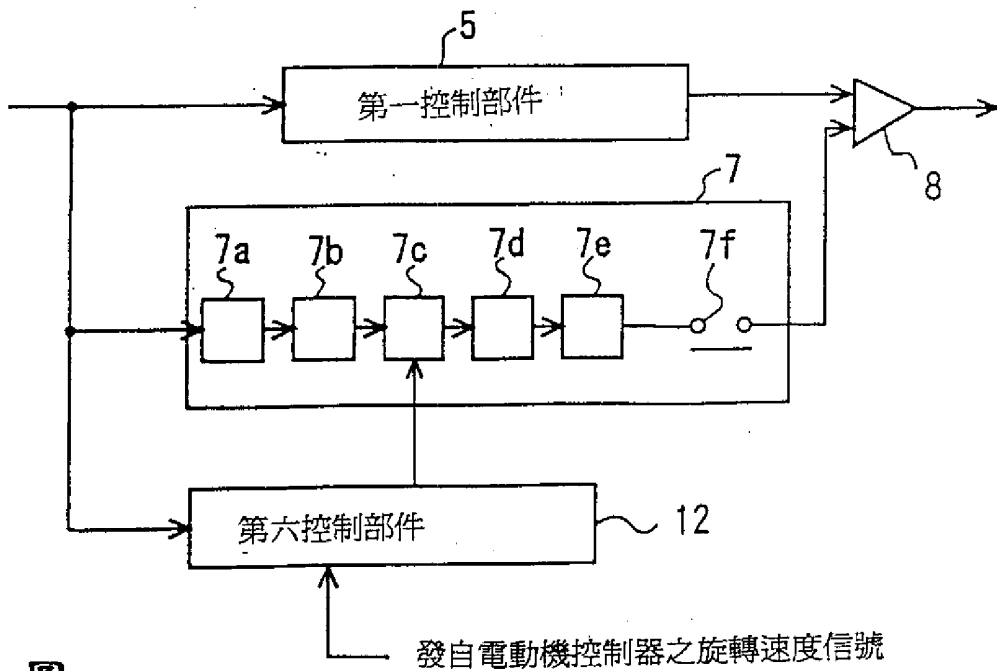


第IIC圖

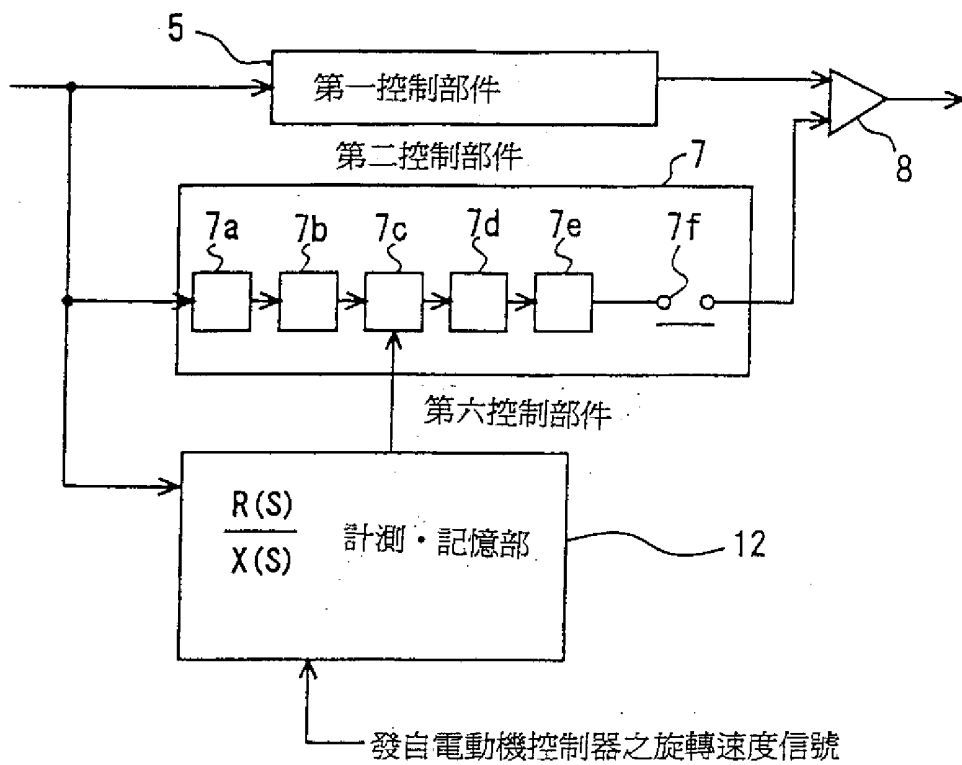




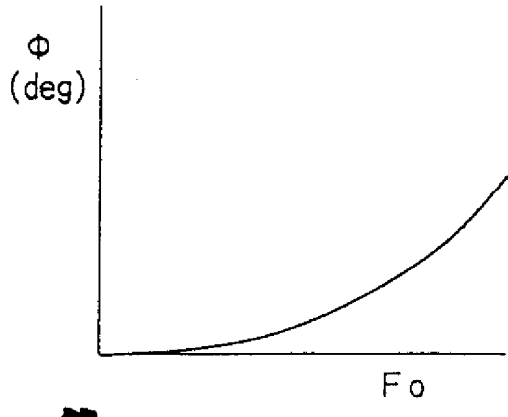
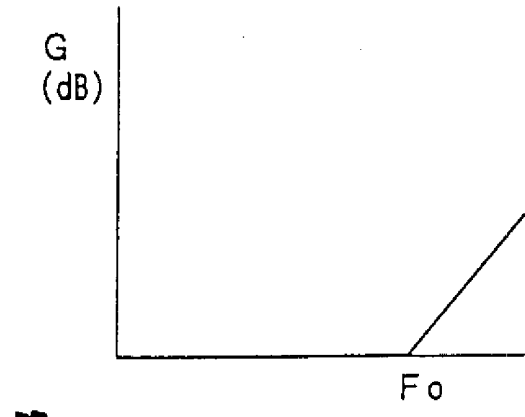
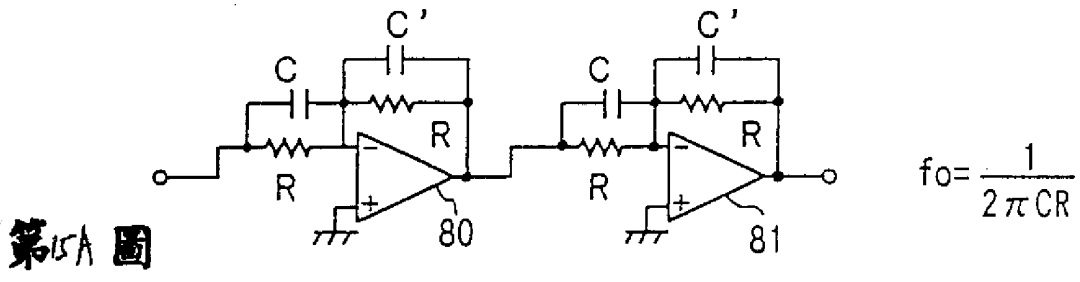
第12圖

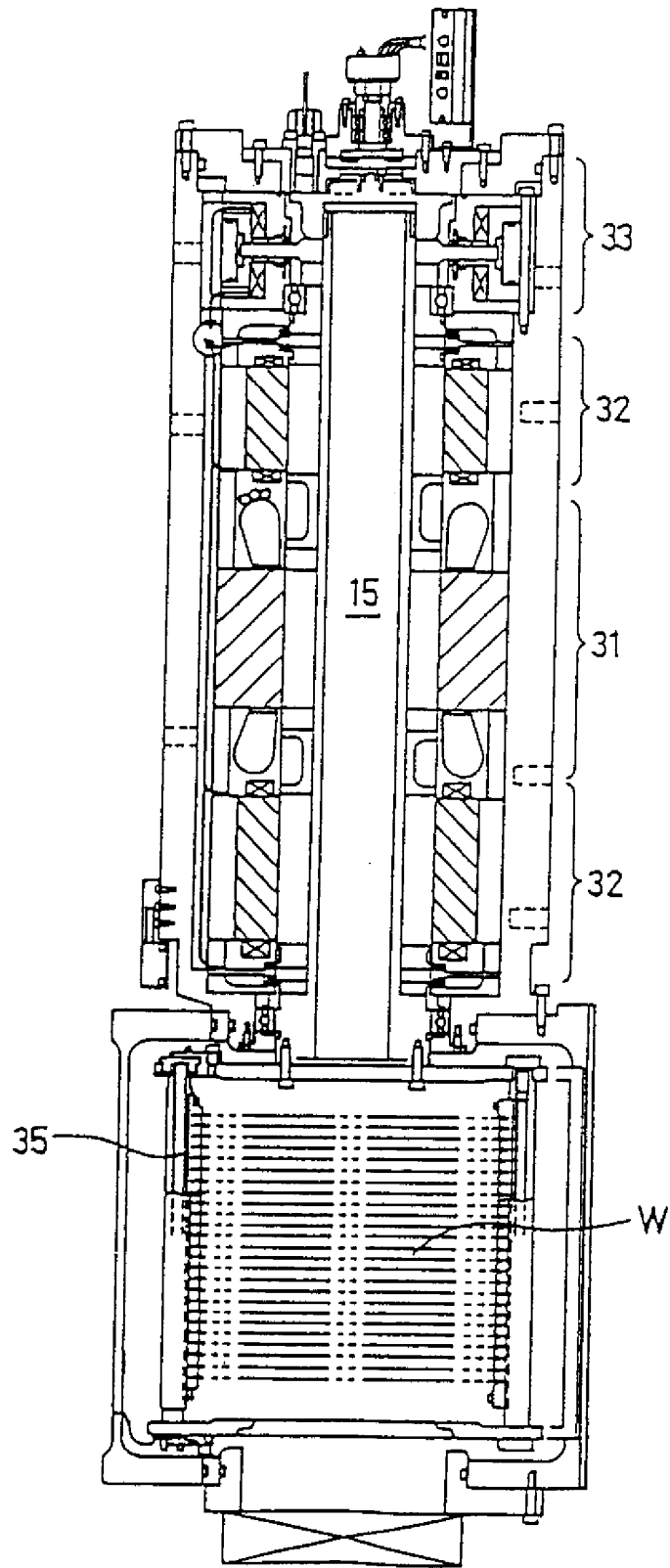


第13圖

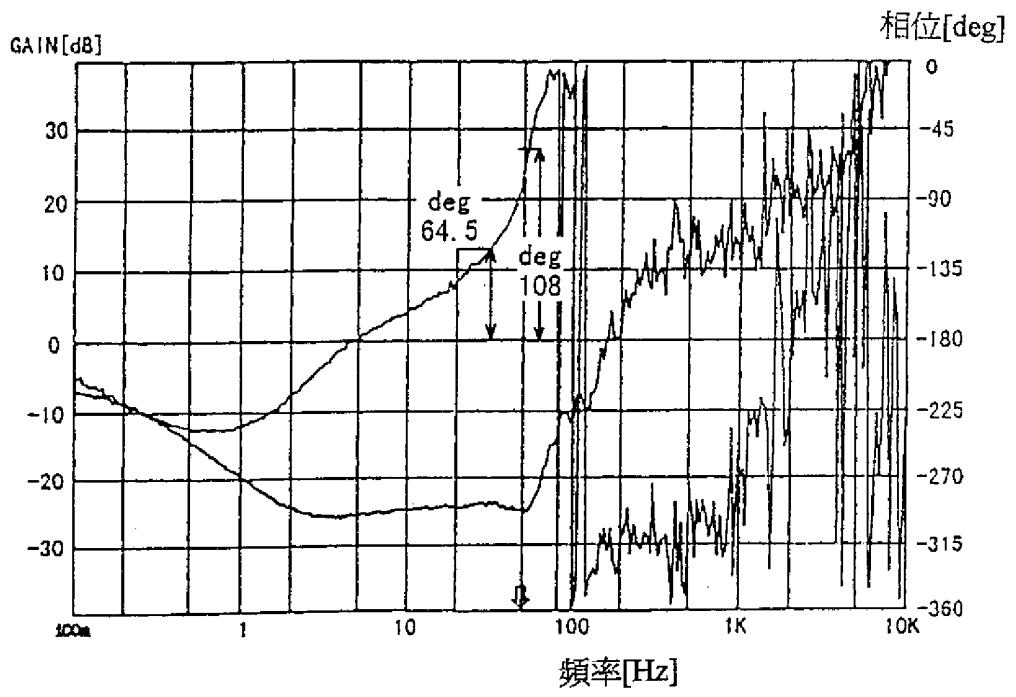


第14圖

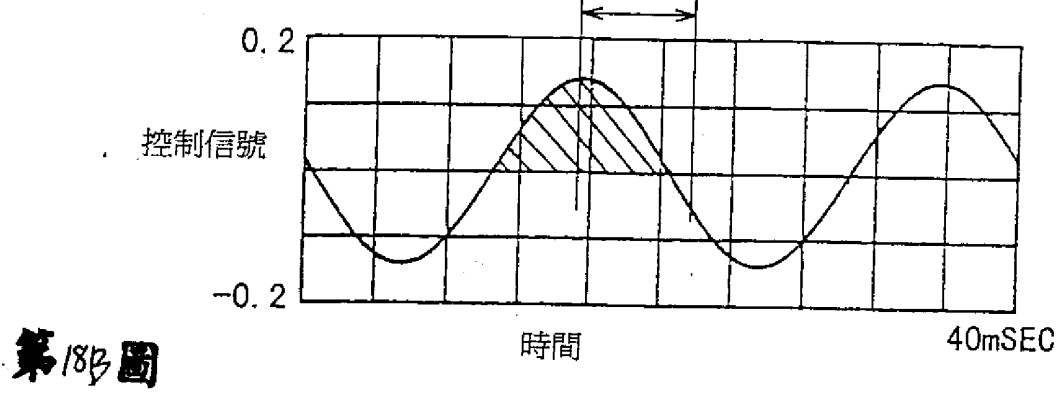
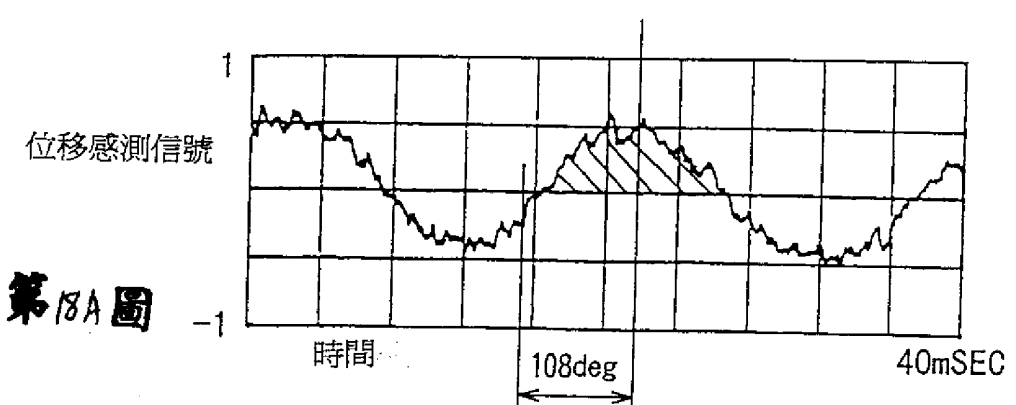


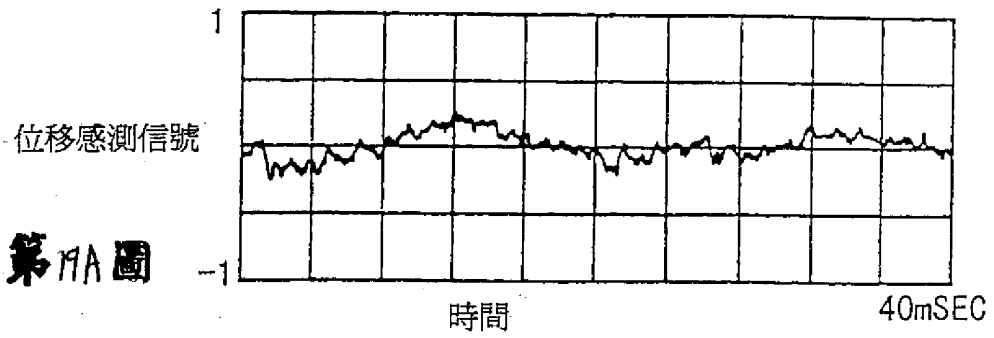


第16圖

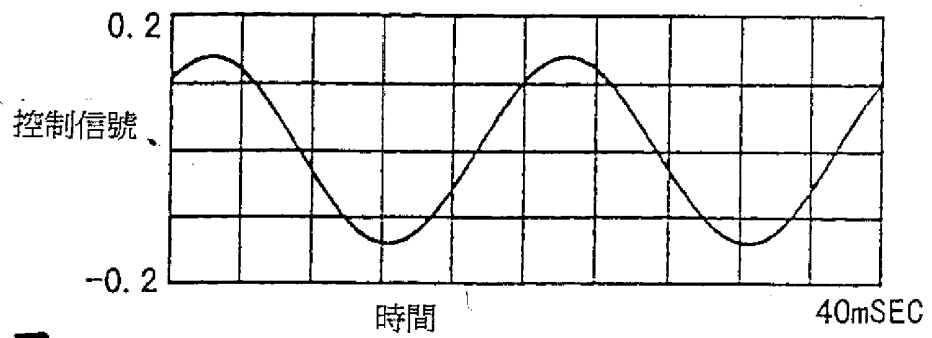


第17圖



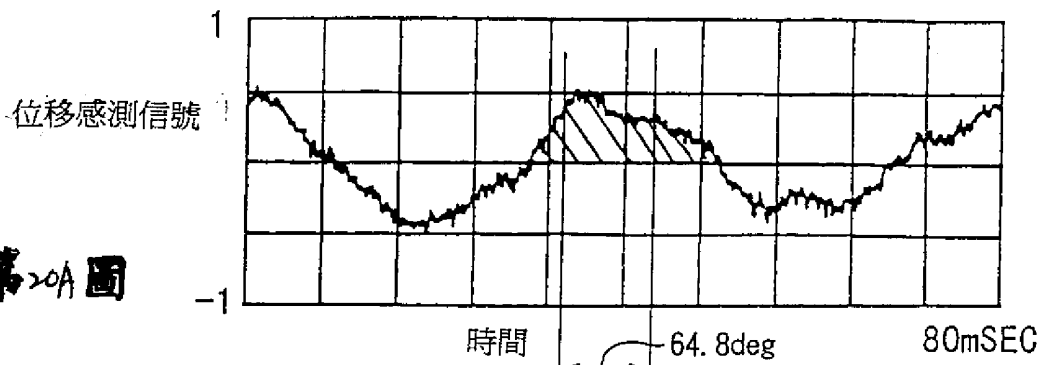


第1A圖

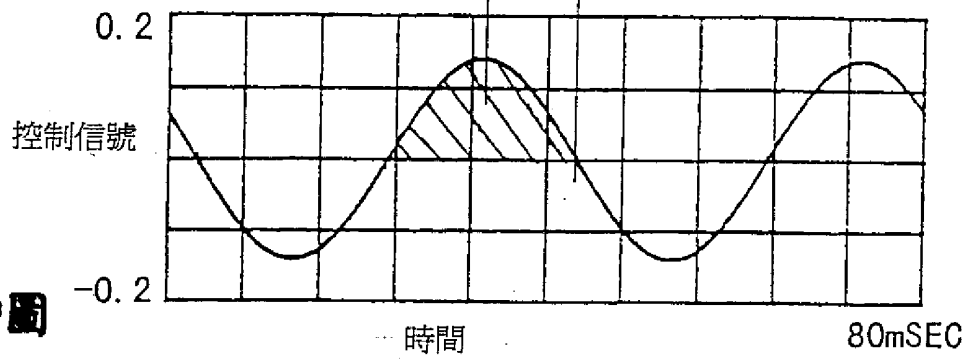


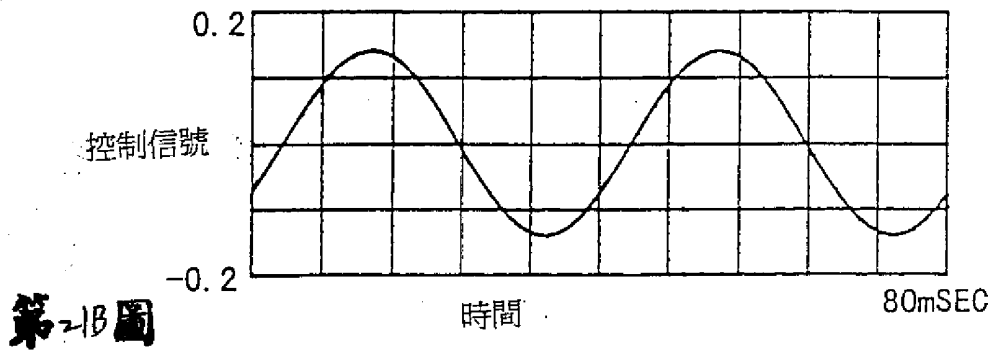
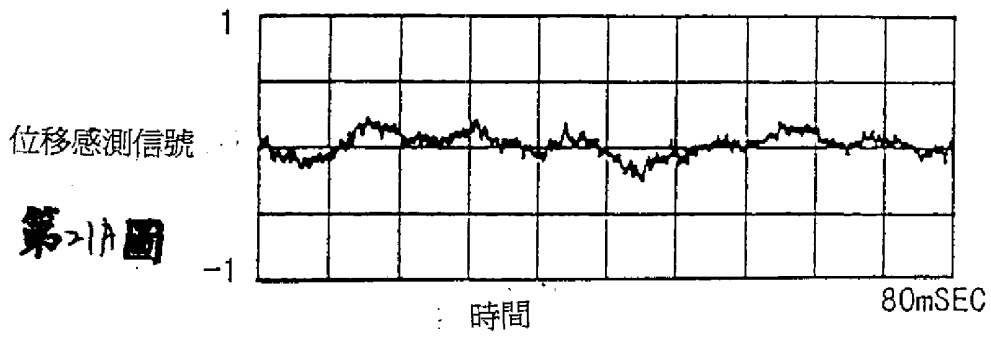
第1B圖

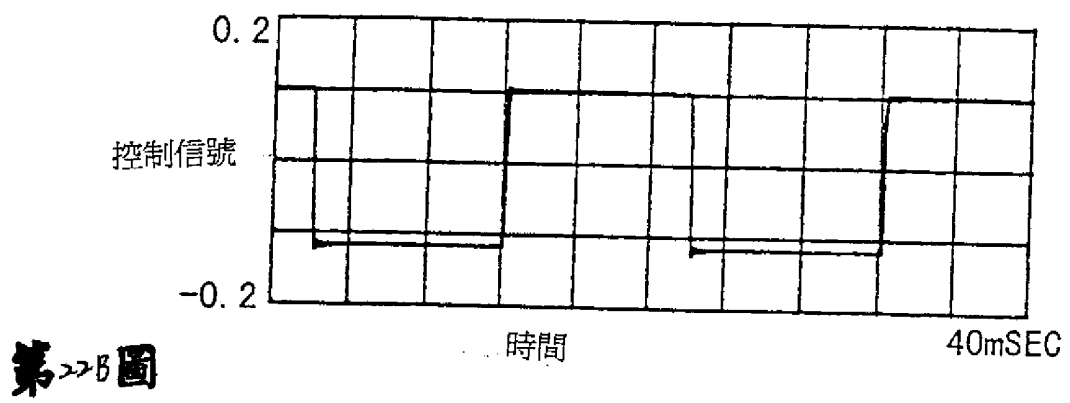
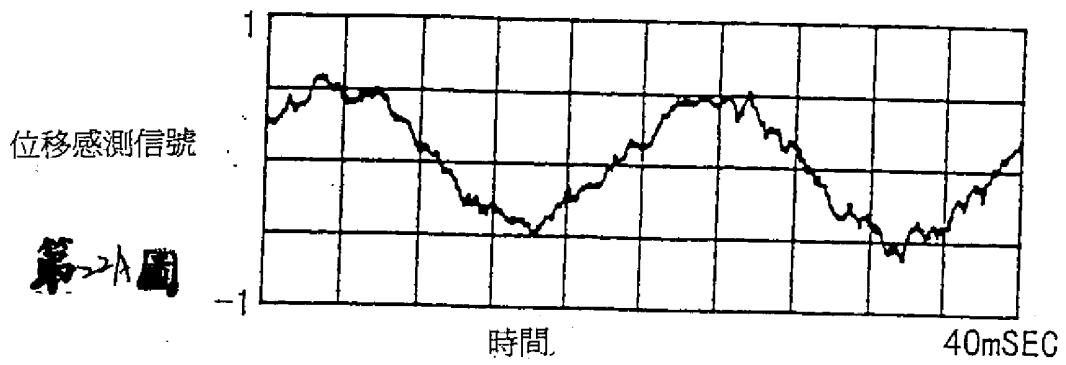
第20A圖

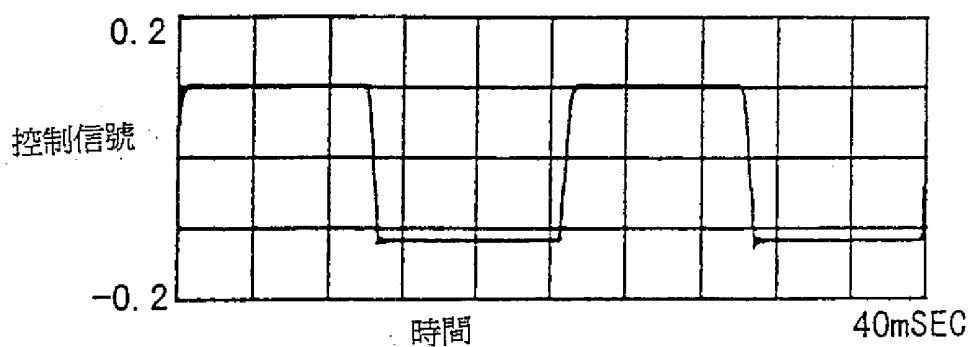
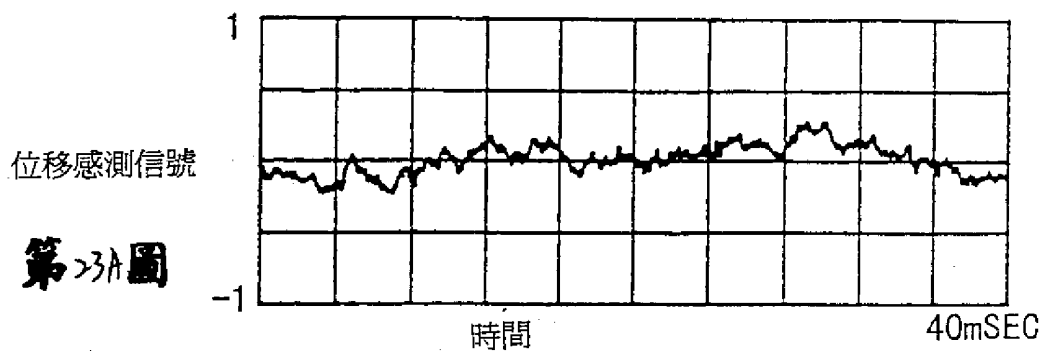


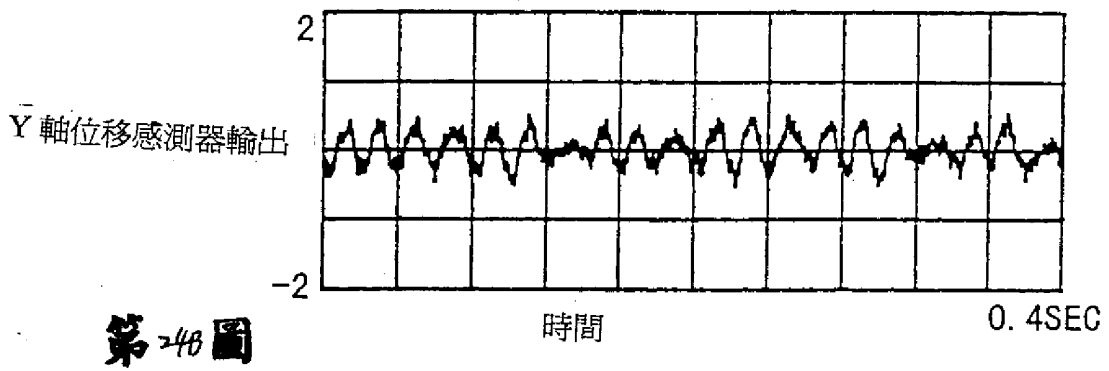
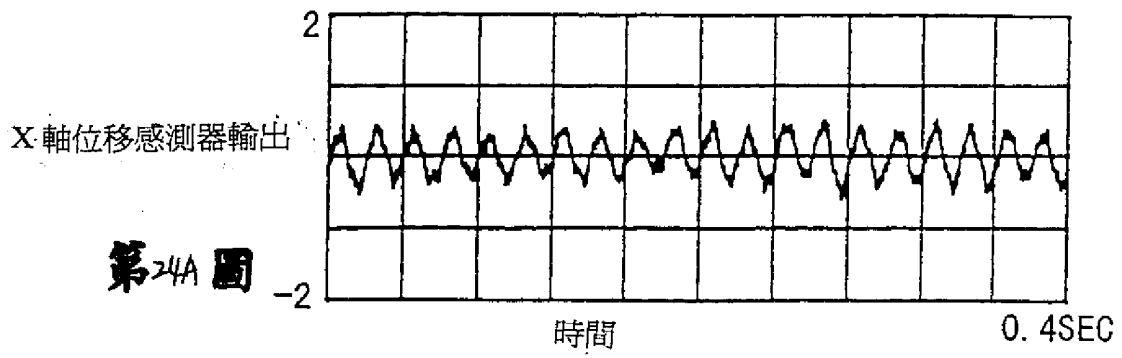
第20B圖

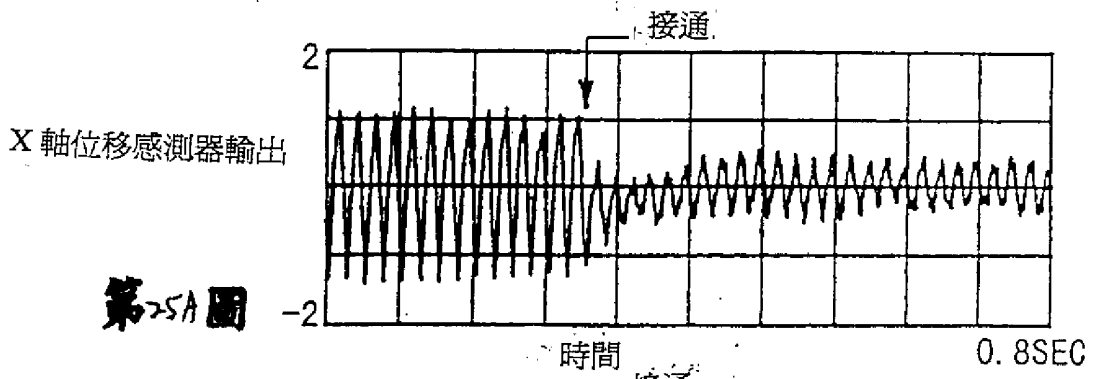




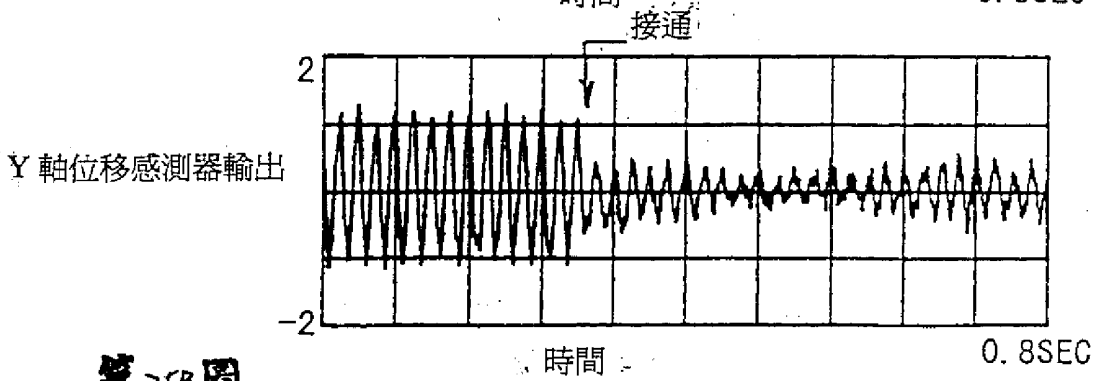




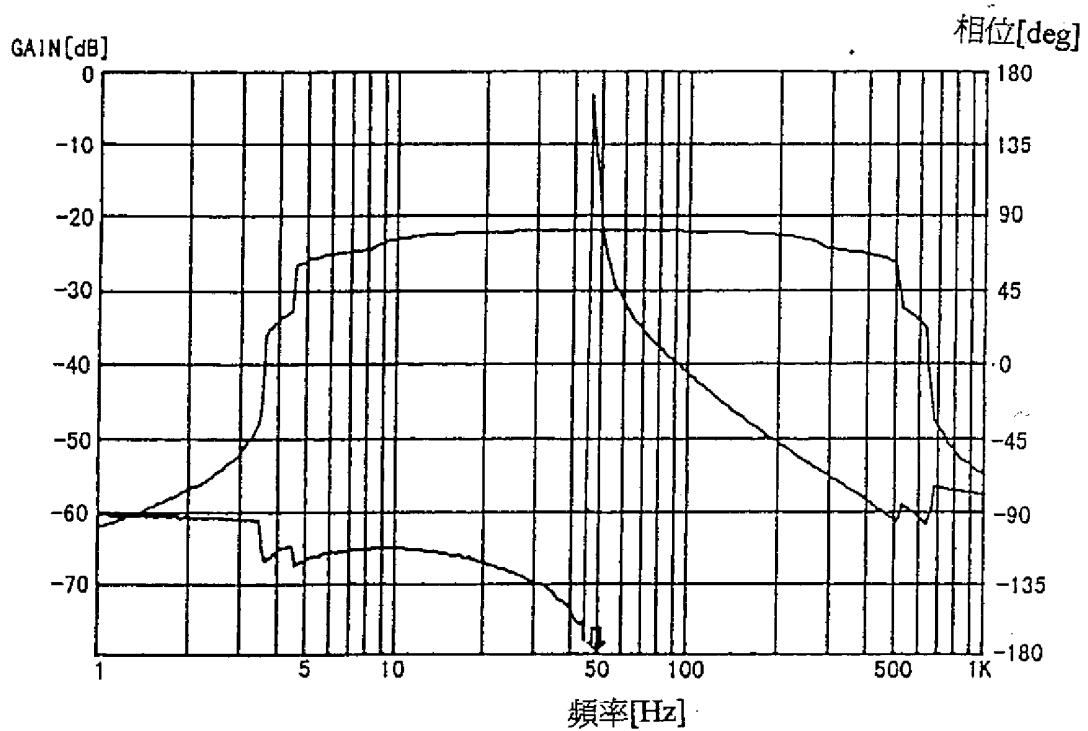




第25A圖

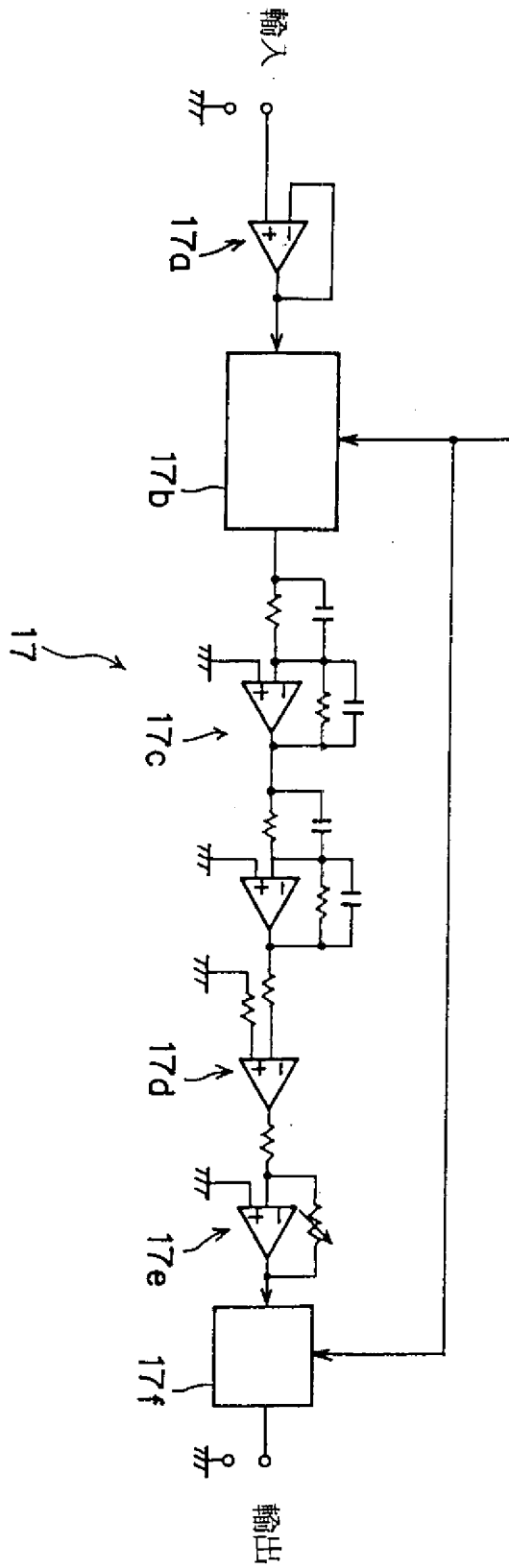


第25B圖



第26圖

旋轉速度比例信號

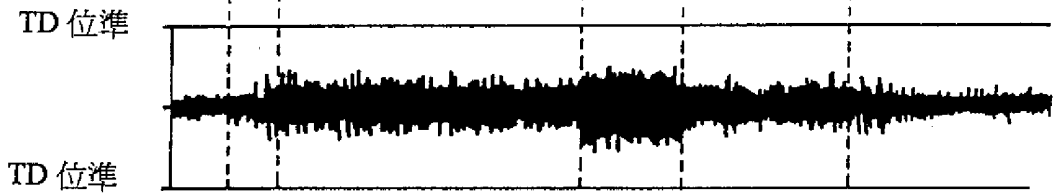


第27圖

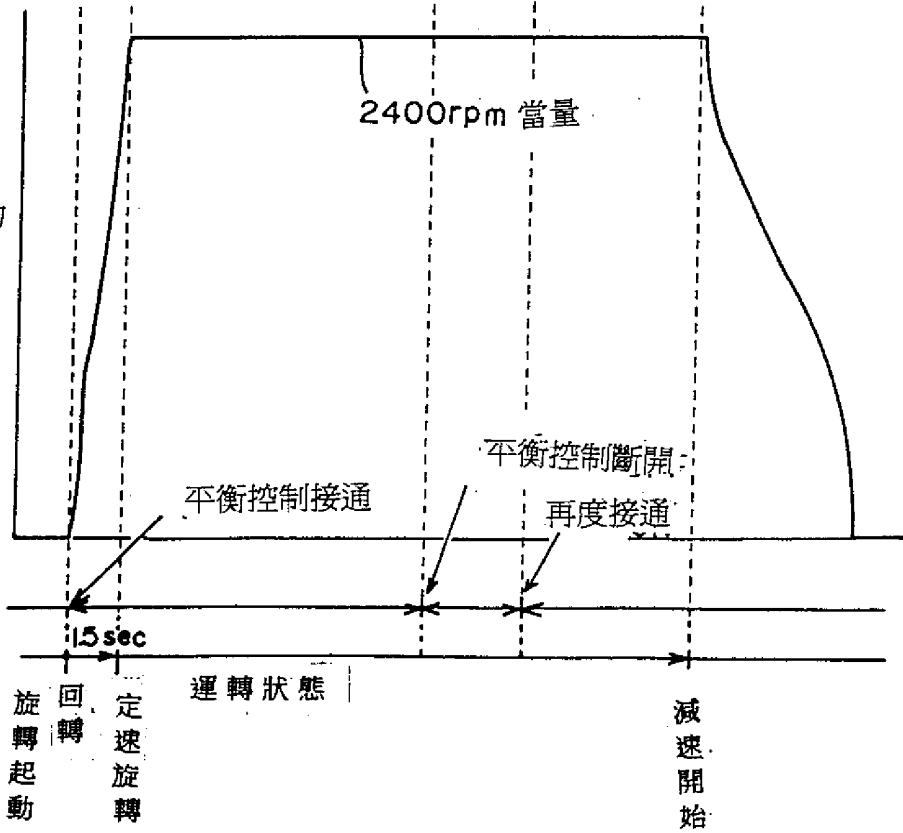
第>8A圖



第>8B圖



旋轉速度信號出力

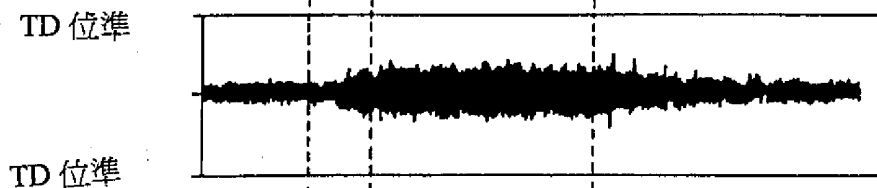


第>8C圖

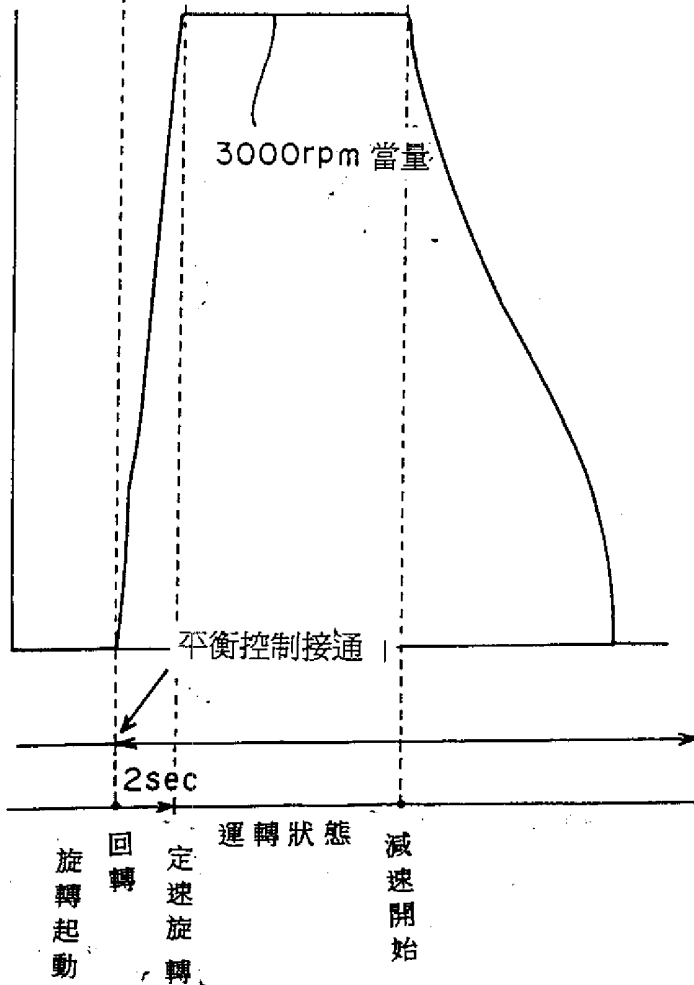
第29A圖



第29B圖



旋轉速度信號出力



第29C圖

第 89101141 號專利申請案

申請專利範圍修正本

(89 年 11 月 22 日)

1. 一種控制型磁性軸承裝置，具備：檢測旋轉體徑向位移之位移感測器；根據發自該位移感測器之感測器信號演算第一控制信號之第一控制單元；根據該第一控制信號驅動電流之功率放大器，以及藉發自該功率放大器之信號產生磁力之電磁鐵，以徑向支持旋轉體者，

特徵在於該磁性軸承裝置具備：

第二控制單元，與前述第一控制單元並列配置，導入前述感測信號，且由該感測信號產生變化其相位之第二控制信號並將其輸出；以及

信號合成器，將輸出自前述第二控制單元之第二控制信號與輸出自前述第一控制單元之第一控制信號相加，產生控制信號，並將其輸出至前述功率放大器。

2. 如申請專利範圍第 1 項之控制型磁性軸承裝置，其中，前述第二控制單元之相位變化量係根據磁性軸承之外力/位移之傳輸特性設定成適當值，俾抑制前述旋轉體之振盪。

3. 如申請專利範圍第 1 項之控制型磁性軸承裝置，其中，前述第二控制單元具有：

濾波器，自前述感測器信號選出旋轉頻率成分；

相位調整器，調整該濾波器之輸出信號之相位；

信號形成器，含有比較該相位調整器之輸出信號與