

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-106909
(P2008-106909A)

(43) 公開日 平成20年5月8日(2008.5.8)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
F16C	32/04	(2006.01)	F16C	32/04	A	3H130		
F04D	19/04	(2006.01)	F04D	19/04	A	3H131		
F04D	29/058	(2006.01)	F04D	19/04	H	3J102		
			F04D	29/058				

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2006-292646 (P2006-292646)
(22) 出願日 平成18年10月27日 (2006.10.27)

(71) 出願人 000001247
株式会社ジェイテクト
大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(74) 代理人 100084146
弁理士 山崎 宏
(74) 代理人 100081422
弁理士 田中 光雄
(72) 発明者 谷口 学
大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
株式会社ジェイテクト内
Fターム(参考) 3H130 AA12 AB27 AB28 AB60 AC02
BA13D BA77E BA87D BA98E DA02Z
DB10X DF01X
3H131 AA02 BA07 BA11 CA13

最終頁に続く

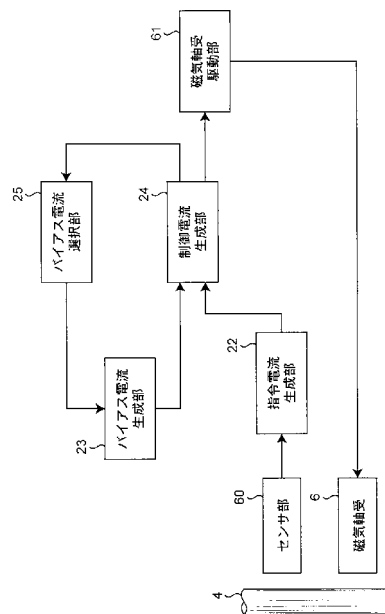
(54) 【発明の名称】 磁気軸受の制御装置およびターボ分子ポンプ

(57) 【要約】

【課題】 運転コストが小さくて、かつ、回転軸の振れが大きい状態であっても、磁気軸受に回転軸を安定に支持させることができる磁気軸受の制御装置を提供すること。

【解決手段】 バイアス電流生成部23が一定の第1バイアス電流を生成している第1状態の制御電流に基づいて、バイアス電流が第1バイアス電流と異なる一定の第2バイアス電流である第1状態の次の第2状態における上記第2バイアス電流を選択するバイアス電流選択部25を備える。バイアス電流選択部25は、第2バイアス電流を表す信号をバイアス電流生成部23に出力する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくとも第 1 バイアス電流および第 2 バイアス電流を生成するバイアス電流生成部と

、
上記第 1 バイアス電流または上記第 2 バイアス電流と、指令電流とに基づいて制御電流を生成する制御電流生成部と、

上記制御電流生成部からの上記制御電流と、所定の閾値との比較結果に基づいて、上記第 1 バイアス電流または上記第 2 バイアス電流を選択して、上記制御電流生成部に出力するバイアス電流選択部と

を備えることを特徴とする磁気軸受の制御装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の磁気軸受の制御装置において、

磁気軸受が支持する回転軸の位置を検出するセンサからの出力に基づいて、上記指令電流を生成して、上記制御電流生成部に出力する指令電流生成部を備え、

上記第 2 バイアス電流は、上記第 1 バイアス電流よりも大きく、

上記バイアス電流選択部は、上記制御電流の値が上記閾値より小さい値であるとき、上記第 1 バイアス電流を選択する一方、上記制御電流の値が上記閾値以上の値になったとき、上記第 2 バイアス電流を選択することを特徴とする磁気軸受の制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の磁気軸受の制御装置において、

20

磁気軸受が支持する回転軸の位置を検出するセンサからの出力に基づいて、上記指令電流を生成して、上記制御電流生成部に出力する指令電流生成部を備え、

上記第 2 バイアス電流は、上記第 1 バイアス電流よりも小さく、

上記バイアス電流選択部は、上記制御電流の値が所定時間の間持続して上記閾値を下まわらないとき、上記第 1 バイアス電流を選択する一方、上記制御電流の値が所定時間の間持続して上記閾値を下まわったとき、上記第 2 バイアス電流を選択することを特徴とする磁気軸受の制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の磁気軸受の制御装置において、

上記制御電流生成部は、磁気軸受が支持する回転軸の位置を検出するセンサからの出力に基づいて、上記制御電流を生成し、

30

上記第 2 バイアス電流は、上記第 1 バイアス電流よりも大きく、

上記バイアス電流選択部は、上記制御電流の値が上記閾値より小さい値であるとき、上記第 1 バイアス電流を選択する一方、上記制御電流の値が上記閾値以上の値になったとき、上記第 2 バイアス電流を選択することを特徴とする磁気軸受の制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の磁気軸受の制御装置において、

上記制御電流生成部は、磁気軸受が支持する回転軸の位置を検出するセンサからの出力に基づいて、上記制御電流を生成し、

上記第 2 バイアス電流は、上記第 1 バイアス電流よりも小さく、

40

上記バイアス電流選択部は、上記制御電流の値が所定時間の間持続して上記閾値を下まわらないとき、上記第 1 バイアス電流を選択する一方、上記制御電流の値が所定時間の間持続して上記閾値を下まわったとき、上記第 2 バイアス電流を選択することを特徴とする磁気軸受の制御装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 つに記載の磁気軸受の制御装置において、

上記バイアス電流選択部は、上記制御電流の大きさに対応するバイアス電流を予め規定しているバイアス電流テーブルに基づいて上記第 1 バイアス電流または上記第 2 バイアス電流を選択することを特徴とする磁気軸受の制御装置。

【請求項 7】

50

回転軸と、
 上記回転軸を駆動するモータと、
 上記回転軸を、ラジアル方向およびアキシャル方向のうちの少なくとも一方の方向に磁氣的に非接触に支持する磁気軸受と、
 上記磁気軸受を制御する磁気軸受の制御装置と
 を備え、
 上記磁気軸受の制御装置は、
 少なくとも第1バイアス電流および第2バイアス電流を生成するバイアス電流生成部と、
 上記第1バイアス電流または上記第2バイアス電流と、指令電流とに基づいて制御電流を生成する制御電流生成部と、
 上記制御電流生成部からの上記制御電流と、所定の閾値との比較結果に基づいて、上記第1バイアス電流または上記第2バイアス電流を選択して、上記制御電流生成部に出力するバイアス電流選択部と
 を有し、
 上記磁気軸受を、上記制御電流に基づいて制御することを特徴とするターボ分子ポンプ。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気軸受の制御装置に関し、特に、ターボ分子ポンプ、真空ポンプ、コンプレッサ、または、複数のターボ分子ポンプを有する半導体製造装置に使用されれば好適な磁気軸受の制御装置に関する。また、本発明は、ターボ分子ポンプに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、磁気軸受の制御装置としては、ターボ分子ポンプの回転軸を非接触に支持する磁気軸受を制御しているものがある。

【0003】

従来の磁気軸受の制御装置は、回転軸の振れ（変位）の大きさに無関係に常時一定の値をとるバイアス電流に、回転軸の振れ（変位）の値の大きさに基づいて適切に変動させた指令電流を加えて制御電流を生成して、この制御電流に基づいて磁気軸受の制御を行っている。

【0004】

このような背景において、ターボ分子ポンプに設置されている磁気軸受の制御装置の運転コストを小さくすることが所望されている。また、回転軸の振れが大きい状態であっても、磁気軸受に回転軸を安定に支持させることができる磁気軸受の制御装置が所望されている。

【特許文献1】特開平11-22730号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

そこで、本発明の課題は、運転コストが小さくて、かつ、回転軸の振れが大きい状態であっても、磁気軸受に回転軸を安定に支持させることができる磁気軸受の制御装置を提供することにある。また、本発明の課題は、運転コストが小さくて、かつ、回転軸の振れが大きい状態であっても、磁気軸受に回転軸を安定に支持させることができるターボ分子ポンプを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するため、この発明の磁気軸受の制御装置は、
 少なくとも第1バイアス電流および第2バイアス電流を生成するバイアス電流生成部と

、
上記第1バイアス電流または上記第2バイアス電流と、指令電流とに基づいて制御電流を生成する制御電流生成部と、

上記制御電流生成部からの上記制御電流と、所定の閾値との比較結果に基づいて、上記第1バイアス電流または上記第2バイアス電流を選択して、上記制御電流生成部に出力するバイアス電流選択部と
を備えることを特徴としている。

【0007】

上記「上記制御電流生成部からの上記制御電流」という文言における「上記制御電流」には、磁気軸受の制御に用いる制御電流が含まれるのは勿論のこと、磁気軸受の制御に用いる制御電流に何らかの演算が施された制御電流の情報を含んだ値が含まれるものとする。このことから、例えば、上記「上記制御電流生成部からの上記制御電流」という文言における「上記制御電流」には、磁気軸受の制御に用いる制御電流を2倍した値等が含まれる。

10

【0008】

また、上記「上記制御電流生成部に出力する」という文言には、上記バイアス電流選択部からの信号を受けた上記バイアス電流生成部が、上記制御電流生成部に上記第1バイアス電流または上記第2バイアス電流を出力する場合と、

上記バイアス電流生成部からの信号と、上記制御電流生成部からの信号とを受けた上記バイアス電流選択部が、上記制御電流生成部に上記第1バイアス電流または上記第2バイアス電流を出力する場合
の両方が含まれるものとする。

20

【0009】

本発明によれば、バイアス電流選択部が、制御電流生成部からの制御電流と、所定の閾値との比較結果に基づいて、第1バイアス電流または第2バイアス電流を選択して、上記制御電流生成部に出力するから、バイアス電流を、適宜適切な値に切り換えることができる。すなわち、バイアス電流が、回転軸の振れ(変位)の大きさに無関係に常時一定の値に設定されることがなく、バイアス電流を、例えば、回転軸の振れが小さくて、回転軸が安定に回転している状態において、小さく設定することができるから、回転軸が安定に回転している状態において、消費電流を低減することができる。

30

【0010】

また、本発明によれば、例えば、回転軸の振れが大きい状態において、バイアス電流を大きく設定することができるから、回転軸の振れが大きい場合であっても、磁気軸受で回転軸を安定に支持することができる。

【0011】

また、一実施形態の磁気軸受の制御装置は、

磁気軸受が支持する回転軸の位置を検出するセンサからの出力に基づいて、上記指令電流を生成して、上記制御電流生成部に出力する指令電流生成部を備え、

上記第2バイアス電流は、上記第1バイアス電流よりも大きく、

上記バイアス電流選択部は、上記制御電流の値が上記閾値より小さい値であるとき、上記第1バイアス電流を選択する一方、上記制御電流の値が上記閾値以上の値になったとき、上記第2バイアス電流を選択する。

40

【0012】

この明細書では、回転軸の位置を検出するセンサを、回転軸の位置、回転軸の振れ、または、回転軸の変位等、回転軸の位置を特定できる物理量を検出するセンサとして定義する。

【0013】

上記実施形態によれば、上記バイアス電流選択部が、上記制御電流生成部からの制御電流と、上記閾値とを比較して、上記制御電流の値が上記閾値以上の値になったとき、第1バイアス電流よりも大きい第2バイアス電流を選択するから、回転軸の振れが大きい状態

50

において、バイアス電流を容易に大きく設定することができて、回転軸を安定に支持することができる。

【0014】

また、一実施形態の磁気軸受の制御装置は、

磁気軸受が支持する回転軸の位置を検出するセンサからの出力に基づいて、上記指令電流を生成して、上記制御電流生成部に出力する指令電流生成部を備え、

上記第2バイアス電流は、上記第1バイアス電流よりも小さく、

上記バイアス電流選択部は、上記制御電流の値が所定時間の間持続して上記閾値を下まわらないとき、上記第1バイアス電流を選択する一方、上記制御電流の値が所定時間の間持続して上記閾値を下まわったとき、上記第2バイアス電流を選択する。

10

【0015】

上記実施形態によれば、上記バイアス電流選択部が、制御電流生成部からの制御電流と、上記閾値とを比較して、上記制御電流の値が所定時間の間持続して上記閾値を下まわったとき、第1バイアス電流よりも小さい第2バイアス電流を選択するから、回転軸が安定に回転している状態において、バイアス電流を容易に小さく設定することができて、磁気軸受制御装置の運転コストを低減できる。

【0016】

また、一実施形態の磁気軸受の制御装置は、

上記制御電流生成部は、磁気軸受が支持する回転軸の位置を検出するセンサからの出力に基づいて、上記制御電流を生成し、

20

上記第2バイアス電流は、上記第1バイアス電流よりも大きく、

上記バイアス電流選択部は、上記制御電流の値が上記閾値より小さい値であるとき、上記第1バイアス電流を選択する一方、上記制御電流の値が上記閾値以上の値になったとき、上記第2バイアス電流を選択する。

【0017】

上記実施形態によれば、上記バイアス電流選択部が、上記制御電流生成部からの制御電流と、上記閾値とを比較して、上記制御電流の値が上記閾値以上の値になったとき、第1バイアス電流よりも大きい第2バイアス電流を選択するから、回転軸の振れが大きい状態において、バイアス電流を容易に大きく設定することができて、回転軸を安定に支持することができる。

30

【0018】

また、一実施形態の磁気軸受の制御装置は、

上記制御電流生成部は、磁気軸受が支持する回転軸の位置を検出するセンサからの出力に基づいて、上記制御電流を生成し、

上記第2バイアス電流は、上記第1バイアス電流よりも小さく、

上記バイアス電流選択部は、上記制御電流の値が所定時間の間持続して上記閾値を下まわらないとき、上記第1バイアス電流を選択する一方、上記制御電流の値が所定時間の間持続して上記閾値を下まわったとき、上記第2バイアス電流を選択する。

【0019】

上記実施形態によれば、上記バイアス電流選択部が、制御電流生成部からの制御電流と、上記閾値とを比較して、上記制御電流の値が所定時間の間持続して上記閾値を下まわったとき、第1バイアス電流よりも小さい第2バイアス電流を選択するから、回転軸が安定に回転している状態において、バイアス電流を容易に小さく設定することができて、磁気軸受制御装置の運転コストを低減できる。

40

【0020】

また、一実施形態の磁気軸受の制御装置は、

上記バイアス電流選択部は、上記制御電流の大きさに対応するバイアス電流を予め規定しているバイアス電流テーブルに基づいて上記第1バイアス電流または上記第2バイアス電流を選択する。

【0021】

50

上記実施形態によれば、上記バイアス電流選択部が、上記制御電流の大きさに対応するバイアス電流を予め規定しているバイアス電流テーブルに基づいて上記バイアス電流を選択するから、磁気軸受の制御装置が設置される装置の仕様、すなわち、装置の大きさや装置の構成等によって、バイアス電流を容易に変更設定することができて、適切なバイアス電流を容易に生成することができる。

【0022】

また、本発明のターボ分子ポンプは、
回転軸と、

上記回転軸を駆動するモータと、

上記回転軸を、ラジアル方向およびアキシアル方向のうちの少なくとも一方の方向に磁
氣的に非接触に支持する磁気軸受と、

上記磁気軸受を制御する磁気軸受の制御装置と
を備え、

上記磁気軸受の制御装置は、

少なくとも第1バイアス電流および第2バイアス電流を生成するバイアス電流生成部
と、

上記第1バイアス電流または上記第2バイアス電流と、指令電流とに基づいて制御電
流を生成する制御電流生成部と、

上記制御電流生成部からの上記制御電流と、所定の閾値との比較結果に基づいて、上
記第1バイアス電流または上記第2バイアス電流を選択して、上記制御電流生成部に出力
するバイアス電流選択部と

を有し、

上記磁気軸受を、上記制御電流に基づいて制御することを特徴としている。

【0023】

ターボ分子ポンプは、運転中の殆どの時間において、回転軸が定格回転速度付近で回転
するようになっている。したがって、回転軸が、定格回転速度付近で回転しているときの
運転コストを低減することができれば、ターボ分子ポンプの運転コストを格段に低減する
ことができることになる。

【0024】

本発明によれば、磁気軸受の制御装置は、バイアス電流を、適宜変更させることができ
るから、回転軸が定格回転速度付近で回転していて回転軸が安定に回転している状態にお
いて、バイアス電流を小さく設定することができ、かつ、回転軸の振れが大きい状態にお
いて、バイアス電流を大きく設定することができる。したがって、ターボ分子ポンプの運
転コストを格段に低減できると共に、回転軸の振れが大きい場合において、回転軸を安定
に制御することができる。

【0025】

また、この発明に含まれる磁気軸受の制御装置と、この発明に含まれるターボ分子ポン
プとを、次のように表現することができる。

【0026】

すなわち、一実施形態の磁気軸受の制御装置は、

回転軸を非接触に支持する磁気軸受を、バイアス電流に指令電流を加えてなる制御電流
を用いて制御する磁気軸受の制御装置において、

複数の一定のバイアス電流を生成するバイアス電流生成部と、

上記バイアス電流生成部が一定の第1バイアス電流を生成している第1状態の上記制御
電流に基づいて、上記バイアス電流が上記第1バイアス電流と異なる一定の第2バイアス
電流である上記第1状態の次の第2状態における上記第2バイアス電流を選択し、上記第
2バイアス電流を表す信号を上記バイアス電流生成部に出力するバイアス電流選択部と
を備える。

【0027】

上記実施形態によれば、バイアス電流選択部によって、上記バイアス電流生成部が一定

10

20

30

40

50

の第1バイアス電流を生成している第1状態の制御電流に基づいて、上記バイアス電流が上記第1バイアス電流と異なる一定の第2バイアス電流である上記第1状態の次の第2状態における上記第2バイアス電流を選択することができ、バイアス電流を、適宜適切な値に切り換えることができる。すなわち、バイアス電流が、回転軸の振れ(変位)の大きさに無関係に常時一定の値に設定されることがなく、バイアス電流を、例えば、回転軸の振れが小さくて、回転軸が安定に回転している状態において、小さく設定することができるから、回転軸が安定に回転している状態において、消費電流を低減することができる。

【0028】

また、上記実施形態によれば、例えば、回転軸の振れが大きい状態において、バイアス電流を大きく設定することができるから、回転軸の振れが大きい場合であっても、磁気軸受で回転軸を安定に支持することができる。

10

【0029】

また、一実施形態の磁気軸受の制御装置は、

上記回転軸の位置を検出するセンサからの出力に基づいて、上記指令電流を生成する指令電流生成部と、

上記バイアス電流生成部からの出力および上記指令電流生成部からの出力に基づいて上記制御電流を生成する制御電流生成部とを備え、

上記バイアス電流選択部は、上記制御電流生成部から入力された上記第1状態の制御電流の値と、第1閾値とを比較して、上記第1状態の制御電流の値が上記第1閾値以上の値になったとき、上記第2バイアス電流として、上記第1状態の上記第1バイアス電流よりも一段階値が大きい一定のバイアス電流を選択する一方、上記制御電流生成部からの上記第1状態の制御電流の値と、上記第1閾値よりも低い第2閾値とを比較して、上記第1状態の制御電流の値が所定時間持続して上記第2閾値よりも小さい状態になったとき、上記第2バイアス電流として、上記第1状態の上記第1バイアス電流よりも一段階値が小さい一定のバイアス電流を選択する。

20

【0030】

上記実施形態によれば、上記バイアス電流選択部が、上記制御電流生成部から入力された上記第1状態の制御電流の値と、閾値とを比較することにより、第2状態の第2バイアス電流を選択するようになっているから、回転軸が安定に回転している状態において、バイアス電流を容易に小さく設定することができ、かつ、回転軸の振れが大きい状態において、バイアス電流を容易に大きく設定することができる。

30

【0031】

また、一実施形態の磁気軸受の制御装置は、

上記回転軸の位置を検出するセンサからの出力に基づいて、上記制御電流を生成する制御電流生成部を備え、

上記バイアス電流選択部は、上記制御電流生成部から入力された上記第1状態の制御電流の値と、第1閾値とを比較して、上記第1状態の制御電流の値が上記第1閾値以上の値になったとき、上記第2バイアス電流として、上記第1状態の上記第1バイアス電流よりも一段階値が大きい一定のバイアス電流を選択する一方、上記制御電流生成部からの上記第1状態の制御電流の値と、上記第1閾値よりも低い第2閾値とを比較して、上記第1状態の制御電流の値が所定時間持続して上記第2閾値よりも小さい状態になったとき、上記第2バイアス電流として、上記第1状態の第1バイアス電流よりも一段階値が小さい一定のバイアス電流を選択する。

40

【0032】

上記実施形態によれば、上記バイアス電流選択部が、上記制御電流生成部から入力された上記第1状態の制御電流の値と、閾値とを比較することにより、第2状態の第2バイアス電流を選択するようになっているから、回転軸が安定に回転している状態において、バイアス電流を容易に小さく設定することができ、かつ、回転軸の振れが大きい状態において、バイアス電流を容易に大きく設定することができる。

50

【0033】

また、一実施形態の磁気軸受の制御装置は、上記バイアス電流選択部が、上記制御電流の大きさに対応するバイアス電流を予め規定しているバイアス電流テーブルに基づいて上記バイアス電流を選択する。

【0034】

上記実施形態によれば、上記バイアス電流選択部が、上記制御電流の大きさに対応するバイアス電流を予め規定しているバイアス電流テーブルに基づいて上記バイアス電流を選択するから、磁気軸受の制御装置が設置される装置の仕様、すなわち、装置の大きさや装置の構成等によって、バイアス電流を容易に変更設定することができて、適切なバイアス電流を容易に生成することができる。

10

【0035】

また、一実施形態のターボ分子ポンプは、
回転軸と、
上記回転軸を駆動するモータと、
上記回転軸を、ラジアル方向およびアキシャル方向のうち少なくとも一方の方向に磁氣的に非接触に支持する磁気軸受と、
上記磁気軸受を、バイアス電流に指令電流を加えてなる制御電流を用いて制御する磁気軸受の制御装置と
を備え、

20

上記磁気軸受の制御装置は、
複数の一定のバイアス電流を生成するバイアス電流生成部と、
上記バイアス電流生成部が一定の第1バイアス電流を生成している第1状態の上記制御電流に基づいて、上記バイアス電流が上記第1バイアス電流と異なる一定の第2バイアス電流である上記第1状態の次の第2状態における上記第2バイアス電流を選択するバイアス電流選択部と
を有している。

【0036】

上記実施形態によれば、磁気軸受の制御装置は、バイアス電流を、適宜変更させることができるから、回転軸が定格回転速度付近で回転していて回転軸が安定に回転している状態において、バイアス電流を小さく設定することができ、かつ、回転軸の振れが大きい状態において、バイアス電流を大きく設定することができる。したがって、ターボ分子ポンプの運転コストを格段に低減できると共に、回転軸の振れが大きい場合において、回転軸を安定に制御することができる。

30

【発明の効果】

【0037】

本発明の磁気軸受の制御装置によれば、バイアス電流選択部によって、バイアス電流を、適宜適切な値に切り換えることができる。すなわち、バイアス電流が、回転軸の振れ(変位)の大きさに無関係に常時一定の値に設定されることがなく、バイアス電流を、例えば、回転軸の振れが小さくて、回転軸が安定に回転している状態において、小さく設定することができるから、回転軸が安定に回転している状態において、消費電流を低減することができる。また、例えば、回転軸の振れが大きい状態において、バイアス電流を大きく設定することができるから、回転軸の振れが大きい場合であっても、磁気軸受で回転軸を安定に支持することができる。

40

【0038】

また、本発明のターボ分子ポンプによれば、磁気軸受の制御装置が、バイアス電流を、適宜変更させることができるから、回転軸が安定に回転している状態において、バイアス電流を小さく設定することができ、かつ、回転軸の振れが大きい状態において、バイアス電流を大きく設定することができる。したがって、運転コストを低減できると共に、回転軸の振れが大きい場合において、磁気軸受で回転軸を安定に制御することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【0039】

以下、本発明を図示の形態により詳細に説明する。

【0040】

図1は、本発明の第1実施形態のターボ分子ポンプの模式構成図である。

【0041】

このターボ分子ポンプは、ターボ分子ポンプ本体1と、コントローラ2とを備える。

【0042】

上記ターボ分子ポンプ本体1は、回転軸4と、回転軸4を駆動するモータ13のステータ7と、回転軸4を磁氣的に非接触支持する磁気軸受6と、磁気軸受6が制御不能になったときに回転軸4を機械的に支持する転がり軸受であるタッチダウン軸受20と、回転軸4の回転速度を検出する回転速度センサ8と、回転軸4のラジアル位置およびアキシアル位置を検出する位置検出センサ5とを有する。上記回転軸4は、モータ13のロータとしての役割も兼用している。

10

【0043】

上記モータ13は、電源異常や停電等により電源側からの電力の供給が停止されて電源電圧が低下すると、発電機として電力を出力するようになっている。すなわち、電源側からモータ13に電力が供給されなくなっても、回転軸4は、慣性力でしばらくの間回転し続ける。モータ13は、この慣性力による回転軸4の回転を利用して、電力を供給するようになっている。

【0044】

上記位置検出センサ5、磁気軸受駆動回路10およびモータドライバ11は、電源電圧が低下すると、電源に代わって発電機としてのモータ13から回生電力を供給されるようになっている。そして、上記モータ13から供給される回生電力が磁気軸受6を駆動できる間、この回生電力によって磁気軸受6の磁気浮上制御を行うようになっている。

20

【0045】

上記位置検出センサ5は、図示は省略したが、アキシアル変位検出部とラジアル変位検出部とを有している。アキシアル変位検出部は、回転軸4のアキシアル方向の変位を検出する1つのアキシアル変位センサを備えている。また、ラジアル変位検出部は、回転軸4のラジアル方向の変位を検出するラジアル変位センサを、2つ備えている。

【0046】

上記磁気軸受6は、図示は省略したが、回転軸4を磁氣的に非接触支持する1つのアキシアル磁気軸受と、回転軸4を磁氣的に非接触支持する2つのラジアル磁気軸受とを有する。上記アキシアル磁気軸受は、回転軸4のアキシアル方向の両端面を、アキシアル方向の両側から挟むように配置された1対の電磁石(数は2個)を備えている。また、上記各ラジアル磁気軸受は、回転軸4をラジアル方向の両側から挟むように配置された互いに直交する2対の電磁石(各ラジアル磁気軸受において、電磁石の数は4個)を備えている。一方のラジアル磁気軸受は、他方のラジアル磁気軸受に対して回転軸4の軸方向に所定距離離間されて配置されている。

30

【0047】

上記回転速度センサ8は、回転軸4の回転速度を検出するためのものであり、例えば、回転軸4の1回転当たり一定数(例えば1つ)のパルス信号を出力するようになっている。

40

【0048】

電源異常時や停電時等に、ロータとしての役割を果たす回転軸4の回転速度が下がり、モータ13からの回生電力が磁気軸受6の駆動に必要な電力よりも低下すると、磁気軸受6の磁気浮上制御が停止するようになっている。上記磁気軸受6の磁気浮上制御が停止すると、タッチダウン軸受20が、磁気軸受6の代わりに回転軸4を機械的に支持するようになっている。上記タッチダウン軸受20は、磁気軸受6が制御不能になったときに、回転軸4を支持することによって、磁気軸受6と回転軸4との接触や、回転軸4とステータ7との接触等を防止している。

【0049】

50

上記コントローラ 2 は、変位演算回路 9 と、A / D 変換器 17 と、DSP 制御装置 14 と、停電検出回路 26 と、D / A 回路 18 と、磁気軸受駆動回路 10 と、モータドライバ 11 と、発熱制動用回路 27 とを備える。

【0050】

上記位置検出センサ 5、変位演算回路 9 および A / D 変換器 17 は、センサ部を構成し、D / A 変換器 18 および磁気軸受駆動回路 10 は、磁気軸受駆動部を構成し、センサ部、DSP 制御装置 14、磁気軸受駆動部は、本発明の第 1 実施形態の磁気軸受の制御装置を構成している。尚、上記 DSP 制御装置 14、A / D 変換器 17 および D / A 変換器 18 は、DSP ボード 12 を構成している。

【0051】

上記変位演算回路 9 は、上記アキシャル変位センサの出力に基づいて回転軸 4 のアキシャル方向の変位を演算するとともに、2 つのラジアル変位センサの出力に基づいて回転軸 4 のラジアル方向の変位を演算し、これらの変位演算値に対応する変位信号を A / D 変換器 17 を介して DSP 制御装置 14 に出力するようになっている。センサ部は、回転軸 4 のラジアル位置およびアキシャル位置を検出し、回転軸 4 の変位（振れ）を検出するようになっている。

【0052】

上記停電検出回路 26 は、図示しないモータ駆動用電源（磁気軸受制御用電源でも良い）からの電圧を常時検出し、電源電圧が低下していない場合に、停電が起こっていないことを示す停電無信号を、DSP 制御装置 14 に出力する一方、電源電圧が所定の電圧以下に低下した場合に、停電を表す停電信号を DSP 制御装置 14 に出力するようになっている。

【0053】

上記 DSP 制御装置 14 は、指令電流生成部 22 と、バイアス電流生成部 23 と、制御電流生成部 24 と、バイアス電流選択部 25 とを有する。上記指令電流生成部 22 は、変位演算回路 9 からの信号を A / D 変換器 17 を介して受けて、上記アキシャル軸受の各電磁石に流す制御電流の一部をなす指令電流を演算すると共に、上記 2 つのラジアル軸受の各電磁石に流す制御電流の一部をなす指令電流を演算するようになっている。上記バイアス電流生成部 23 は、複数の一定のバイアス電流を生成するようになっている。上記バイアス電流生成部 23 は、ターボ分子ポンプの始動時においては、上記複数の一定のバイアス電流のうちで予め定められている一つのバイアス電流を生成するようになっている。

【0054】

上記制御電流生成部 24 は、指令電流生成部 22 から入力される指令電流と、バイアス電流生成部 23 から入力されるバイアス電流とを足して制御電流を生成するようになっている。上記バイアス電流選択部 25 は、制御電流生成部 24 からの信号に基づいて、複数のバイアス電流のうちから一つのバイアス電流を選択し、その一つのバイアス電流を表す信号を、バイアス電流生成部 23 に出力するようになっている。

【0055】

上記 DSP 制御装置 14 は、制御電流生成部 24 が生成した制御電流を表す制御電流信号を、D / A 変換器 18 を介して磁気軸受駆動回路 10 に出力するようになっている。上記磁気軸受駆動回路 10 は、磁気軸受 6 の各電磁石に対応する複数の電力増幅器を備えており、D / A 変換器 18 から出力される制御電流信号に基づく制御電流を磁気軸受 6 の各電磁石に供給するようになっている。これにより、回転軸 4 が所定の目標位置に位置決めされるようになっている。

【0056】

また、上記 DSP 制御装置 14 は、回転速度演算部 30 を有している。回転速度演算部 30 は、回転速度センサ 8 のパルス信号から回転軸 4 の回転速度を演算し、これに基づいて、モータ 13 の回転速度を制御するための回転速度指令信号をモータドライバ 11 に出力するようになっている。上記モータドライバ 11 は、インバータ駆動式であり、回転速度演算部 30 からの回転速度指令信号に基づいて、モータ 13 の回転速度を制御するよう

10

20

30

40

50

になっている。これにより、定常運転状態において、回転軸 4 の回転速度が略一定に保たれるようになっている。

【0057】

上記発熱制動用回路 27 は、回転軸 4 がタッチダウン軸受 20 にタッチダウンすると、モータ 13 からの回生電力の全てを受けようになっている。詳細には、上記発熱制動用回路 27 は、回転軸 4 がタッチダウン軸受 20 にタッチダウンすると、モータ 13 からの回生電力を発熱制動用回路 27 の抵抗に流すことによって、発熱制動を行うようになっている。

【0058】

図 2 は、第 1 実施形態の磁気軸受の制御装置のバイアス電流選択部 25 におけるバイアス電流の選択方法を説明する図である。具体的には、図 2 は、制御電流生成部 24 からの制御電流信号 40 の一例のある時間帯の波形と、その時間帯の制御電流信号 40 に対応するバイアス電流信号 41 を示す図である。尚、図 2 において、 \square は、その点を含まないことを示し、 \square は、その点を含むことを示している。

10

【0059】

図 2 に示す例においては、回転軸 4 の回転中において（時間経過とともに）、制御電流信号 40 が変化している。

【0060】

詳しくは、図 2 において、時間 t_1 から t_2 まで（ t_1 を含む一方、 t_2 を含まない）の間において、制御電流信号 40 は、予め定められた第 1 閾値 A_1 (A)（図示しない）と、第 1 閾値 A_1 よりも大きく、かつ、予め定められた第 2 閾値 A_2 (A) との間に位置して、バイアス電流選択部 25 が、バイアス電流として、値が下から 2 番目の B_2 (A) であるレベル 2 のバイアス電流を選択し、バイアス電流選択部 25 からの信号を受けたバイアス電流生成部 23 が、レベル 2 のバイアス電流を生成する。

20

【0061】

次に、時間 t_2 において、制御電流信号 40 の値は、第 2 閾値 A_2 の値と同一になり、この時、バイアス電流選択部 25 が、バイアス電流を、値が下から 3 番目の B_3 (A) であるレベル 3 のバイアス電流値を選択し、レベル 3 のバイアス電流を生成することを示す信号を、バイアス電流生成部 23 に出力する。すると、バイアス電流生成部 23 が、レベル 3 のバイアス電流を生成する。

30

【0062】

このように、バイアス電流選択部 25 は、制御電流生成部 24 からの制御電流と、所定の閾値との比較結果に基づいて、第 1 バイアス電流としてのレベル 2 のバイアス電流または第 2 バイアス電流としてのレベル 3 のバイアス電流を選択するようになっている。また、レベル 3 のバイアス電流は、レベル 2 のバイアス電流よりも大きく、バイアス電流選択部 25 は、制御電流の値が所定の閾値より小さい値であるとき、レベル 2 のバイアス電流を選択する一方、制御電流の値が所定の閾値以上の値になったとき、レベル 3 のバイアス電流を選択するようになっている。

【0063】

時間 t_2 から t_3 まで（ t_2 を含む一方、 t_3 を含まない）の間において、制御電流信号 40 は、予め定められた第 2 閾値 A_2 と、第 2 閾値 A_2 よりも大きく、かつ、第 3 閾値 A_3 (A) との間に位置して、バイアス電流選択部 25 が、バイアス電流として、レベル 3 のバイアス電流値を選択し、バイアス電流生成部 23 が、レベル 3 のバイアス電流を生成する。

40

【0064】

次に、時間 t_3 において、制御電流信号 40 の値は、第 3 閾値 A_3 (A) の値と同一になり、この時、バイアス電流選択部 25 が、バイアス電流を、値が下から 4 番目の B_4 (A) であるレベル 4 のバイアス電流値を選択し、レベル 4 のバイアス電流を生成することを示す信号を、バイアス電流生成部 23 に出力する。すると、バイアス電流生成部 23 が、レベル 4 のバイアス電流を生成する。

50

【 0 0 6 5 】

図 2 に示す時間が t_3 以上の領域において、制御電流信号 40 は、第 3 閾値 A_3 と、第 3 閾値 A_3 よりも値が大きくて、かつ、予め定められた最大の閾値である第 4 閾値 A_4 (図示せず) との間に位置していて、バイアス電流選択部 25 が、バイアス電流として、レベル 4 のバイアス電流値を選択し、バイアス電流生成部 23 が、レベル 4 のバイアス電流を生成するようになっている。

【 0 0 6 6 】

第 1 実施形態の磁気軸受の制御装置では、バイアス電流選択部 25 は、制御電流信号 (この場合、制御電流信号は、制御電流そのものになっている) の大きさに対応するバイアス電流を予め規定している次のバイアス電流テーブルに基づいてバイアス電流を選択するようになっている。

10

【 0 0 6 7 】

すなわち、第 1 実施形態でバイアス電流選択部 25 が使用しているバイアス電流テーブルでは、制御電流 (制御電流信号) が第 1 閾値よりも小さいときが、レベル 1 のバイアス電流 (最小のバイアス電流) に対応し、制御電流が第 1 閾値以上第 2 閾値未満のときが、レベル 2 のバイアス電流に対応し、制御電流が第 2 閾値以上第 3 閾値未満のときが、レベル 3 のバイアス電流に対応し、制御電流が第 3 閾値以上第 4 閾値未満のときが、レベル 4 のバイアス電流に対応し、制御電流が第 4 閾値以上のときが、レベル 5 のバイアス電流 (最大のバイアス電流) に対応する。

【 0 0 6 8 】

図 2 の例では、制御電流 (制御電流信号) が、時間と共に、増大する例を示したが、制御電流が、時間と共に、減少することがあるのは、言うまでもない。この場合は、閾値を所定時間 (例えば、10 秒) の間、継続的に下回ったときに、バイアス電流のレベルを一つ下げようにする。

20

【 0 0 6 9 】

別の言葉でいうと、バイアス電流選択部 25 は、制御電流生成部 24 からの制御電流の値が所定時間の間持続して所定の閾値を下まわらないとき、その所定の閾値よりも大きくて、かつ、上記所定の閾値にもっとも近いバイアス電流 (第 1 バイアス電流に相当) を選択する一方、制御電流の値が所定時間の間持続して上記所定の閾値を下まわったとき、上記所定の閾値よりも小さくて、かつ、上記所定の閾値にもっとも近いバイアス電流 (第 2

30

【 0 0 7 0 】

すなわち、第 1 実施形態では、バイアス電流があるレベルのバイアス電流であるカレント (current : 現在の、今の) 状態を第 1 状態とするとき、バイアス電流が異なるレベルの値である、第 1 状態の次の第 2 状態のバイアス電流を選択する方法として、制御電流の値が、カレント状態の制御電流の値よりも大きくて、かつ、そのカレント状態の制御電流の値に最も近い閾値と同一になった瞬間に、バイアス電流の値を、第 1 状態のバイアス電流の値よりも 1 段階大きいバイアス電流に設定する一方、制御電流の値が、カレント状態の制御電流の値よりも小さくて、かつ、そのカレント状態の制御電流の値に最も近い閾値を、所定時間 (例えば、10 秒) の間、継続的に下回ったときに、バイアス電流の値を、第 1 状態のバイアス電流の値よりも 1 段階小さいバイアス電流に設定するようになっている。

40

【 0 0 7 1 】

図 3 は、第 1 実施形態の磁気軸受の制御装置において、制御電流が、一定の振幅かつ同一周期である場合に、制御電流と、バイアス電流値との関係を示す図である。

【 0 0 7 2 】

図 3 に示す例では、制御電流 (制御電流信号) 50 は、レベル 1 のバイアス電流が選択され、制御電流 51 および 52 は、レベル 2 のバイアス電流が選択され、制御電流 53 は、レベル 3 のバイアス電流が選択され、制御電流 54 は、レベル 4 のバイアス電流が選択されている。

50

【 0 0 7 3 】

図 4 は、回転軸 4 の振れと、バイアス電流との関係の一例を示す図である。詳しくは、回転軸 4 の軸方向の断面（x 軸と y 軸とからなる 2 次元平面）における回転軸 4 の中心軸の位置と、バイアス電流値との関係を示す図である。尚、図 4 において、原点 P₀ は、振れがゼロの点を示している。また、図 4 において、バイアス電流の大きさの尺度としては、原点からの距離が、バイアス電流の大きさに対応している。回転軸 4 の振れが大きくなると、制御電流大きさが大きくなり、それに伴って、バイアス電流の大きさが大きくなる。

【 0 0 7 4 】

図 4 において、振れが、レベル 1 のバイアス電流のサークル（レベル 1 の円は含まない）におさまっているときには、レベル 1 のバイアス電流が選択され、振れが、レベル 1 のバイアス電流のサークル（レベル 1 の円を含む）を最初に超えた地点からレベル 2 のバイアス電流のサークル（レベル 2 の円は含まない）におさまっているときには、レベル 2 のバイアス電流が選択されるようになっている。振れが、レベル 2 のバイアス電流のサークル（レベル 2 の円を含む）を最初に超えた地点からレベル 3 のバイアス電流のサークル（レベル 3 の円は含まない）におさまっているときには、レベル 3 のバイアス電流が選択されるようになっている。振れが、レベル 3 のバイアス電流のサークル（レベル 3 の円を含む）を最初に超えた地点からレベル 4 のバイアス電流のサークル（レベル 4 の円は含まない）におさまっているときには、レベル 4 のバイアス電流が選択されるようになっている。振れが、レベル 4 のバイアス電流のサークル（レベル 4 の円を含む）を最初に超えた地点からレベル 5 のバイアス電流が選択されるようになっている。

【 0 0 7 5 】

図 5 は、第 1 実施形態の磁気軸受の制御装置の制御系の一部を示すブロック図である。

【 0 0 7 6 】

図 5 において、指令電流生成部 2 2 は、センサ部 6 0 からの信号を受けて指令電流を生成するようになっている。また、制御電流生成部 2 4 は、指令電流生成部 2 2 からの指令電流と、バイアス電流生成部からのバイアス電流を重ね合わせて（足して）、制御電流を生成するようになっている。バイアス電流選択部 2 5 は、制御電流生成部 2 4 から入力された制御電流値と、閾値とを比較して、選択すべきバイアス電流を選択し、選択したバイアス電流を示す信号を、バイアス電流生成部 2 3 に出力するようになっている。このように、制御電流によって、バイアス電流が選択され、その選択されたバイアス電流に基づいて、制御電流が生成されるようになっている。磁気軸受駆動部 6 1 は、制御電流生成部 2 4 からの信号を受けて、磁気軸受 6 に制御信号を出力するようになっている。

【 0 0 7 7 】

一般的に、ターボ分子ポンプは、運転中の殆どの時間において、回転軸が定格回転速度付近で回転するようになっている。したがって、回転軸が、定格回転速度付近で回転しているときの運転コストを低減することができれば、ターボ分子ポンプの運転コストを格段に低減することができることになる。

【 0 0 7 8 】

上記第 1 実施形態のターボ分子ポンプによれば、磁気軸受の制御装置が、バイアス電流を、適宜変更させることができるから、回転軸 4 が定格回転速度付近で回転していて回転軸 4 が安定に回転している状態において、バイアス電流を小さく設定することができ、かつ、回転軸 4 の振れ回りが大きい状態において、バイアス電流を大きく設定することができる。したがって、ターボ分子ポンプの運転コストを格段に低減できると共に、回転軸 4 の振れが大きい場合において、回転軸 4 を安定的に制御することができる。

【 0 0 7 9 】

また、上記第 1 実施形態の磁気軸受の制御装置によれば、バイアス電流選択部 2 5 によって、バイアス電流生成部 2 3 が一定の第 1 バイアス電流を生成している第 1 状態の制御電流に基づいて、バイアス電流が上記第 1 バイアス電流と異なる一定の第 2 バイアス電流である上記第 1 状態の次の第 2 状態における上記第 2 バイアス電流を選択することができ

て、バイアス電流が、回転軸 4 の振れ（変位）の大きさに無関係に常時一定の値に設定されずに、バイアス電流を、適宜適切な値に切り換えることができる。したがって、例えば、回転軸 4 の振れ回りが小さくて、回転軸 4 が安定に回転している状態において、バイアス電流を小さく設定することができるから、回転軸 4 が安定に回転している状態において、消費電流を低減することができる。また、回転軸 4 の振れ回りが大きい状態において、バイアス電流を大きく設定することができるから、回転軸 4 の振れ回りが大きい場合であっても、磁気軸受 6 で回転軸 4 を安定に支持することができる。

【0080】

また、上記第 1 実施形態の磁気軸受の制御装置によれば、バイアス電流選択部 25 が、制御電流生成部 24 からの信号と、閾値とを比較することにより、上記第 2 状態の上記第 2 バイアス電流を選択するようになっていて、回転軸 4 が安定に回転している状態において、バイアス電流を容易に小さく設定することができ、かつ、回転軸 4 の振れ回りが大きい状態において、バイアス電流を容易に大きく設定することができる。

10

【0081】

また、上記第 1 実施形態の磁気軸受の制御装置によれば、バイアス電流選択部 25 が、制御電流の大きさに対応するバイアス電流を予め規定しているバイアス電流テーブルに基づいてバイアス電流を選択するから、磁気軸受の制御装置が設置される装置の仕様、すなわち、装置の大きさや装置の構成等によって、バイアス電流を容易に変更設定することができて、適切なバイアス電流を容易に生成することができる。

【0082】

尚、上記第 1 実施形態のターボ分子ポンプでは、回転軸 4 が、モータ 13 のロータとしての役割を兼ねていた。しかしながら、この発明では、回転軸 4 が、モータのロータの役割を担っていなくても良く、例えば、リング状のロータを、回転軸に固定する形式であっても良い。

20

【0083】

図 6 は、本発明の第 2 実施形態の磁気軸受の制御装置の制御系の一部を示すブロック図であり、第 2 実施形態の磁気軸受の制御装置における図 5 に対応する図である。

【0084】

第 2 実施形態の磁気軸受の制御装置は、指令電流制御部が、存在せず、センサ部 121 が、信号を制御電流生成部 124 に出力し、制御電流生成部 124 は、センサ部 121 からの信号に基づいて、制御信号を生成するようになっている。バイアス電流選択部 125 は、制御電流生成部 124 から入力された制御電流と、閾値とを比較して、選択すべきバイアス電流を設定し、選択したバイアス電流を示す信号を、バイアス電流生成部 123 に出力するようになっている。このように、制御電流によって、制御電流のうちの一定電流成分であるバイアス電流が選択されるようになっている。磁気軸受駆動部 127 は、制御電流生成部 124 からの信号を受けて、磁気軸受 106 に制御信号を出力するようになっている。

30

【0085】

第 2 実施形態の磁気軸受の制御装置によれば、第 1 実施形態と同様に、運転コストを低減できると共に、回転軸 104 の振れが大きい場合であっても、磁気軸受 106 によって、回転軸 104 を安定に制御することができる。

40

【0086】

尚、図 5 および図 6 に制御系の一部のブロック図が示されている上記第 1 実施形態および第 2 実施形態では、バイアス電流生成部 23, 123 が、バイアス電流選択部 25, 125 からの信号を受けて、バイアス電流選択部 25, 125 が選択したバイアス電流を表す信号を、制御電流生成部 24, 124 に出力するようになっていたが、この発明では、バイアス電流選択部が、バイアス電流生成部からの信号と、制御電流生成部からの信号とを受けて、選択したバイアス電流を表す信号を制御電流生成部に出力するようになっていて

50

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 7 】

【 図 1 】 本 発 明 の 第 1 実 施 形 態 の ターボ分子ポンプの 模 式 構 成 図 である。

【 図 2 】 上 記 第 1 実 施 形 態 の 磁 気 軸 受 の 制 御 装 置 の バイアス電流の 選 択 方 法 を 説 明 する 図 である。

【 図 3 】 第 1 実 施 形 態 の 磁 気 軸 受 の 制 御 装 置 に お いて、 制 御 電 流 が、 一 定 の 振 幅 かつ 同 一 周 期 である 場 合 に、 制 御 電 流 と、 バイアス電流 値 と の 関 係 を 示 す 図 である。

【 図 4 】 回 転 軸 の 振 れ と、 バイアス電流 と の 関 係 を 示 す 図 である。 詳 しく は、 回 転 軸 の 軸 方 向 の 断 面 に お ける 回 転 軸 の 中 心 軸 の 位 置 と、 バイアス電流 値 と の 関 係 を 示 す 図 である。

【 図 5 】 第 1 実 施 形 態 の 磁 気 軸 受 の 制 御 装 置 の 制 御 系 の 一 部 を 示 す ブロック 図 である。

【 図 6 】 第 2 実 施 形 態 の 磁 気 軸 受 の 制 御 装 置 に お ける 図 5 に 対 応 する 図 である。

10

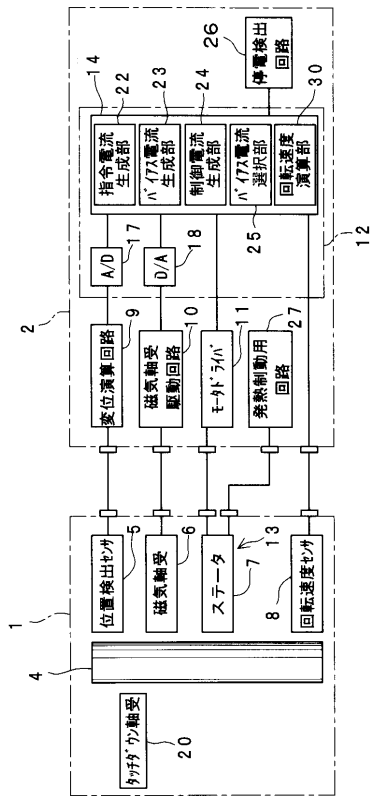
【 符 号 の 説 明 】

【 0 0 8 8 】

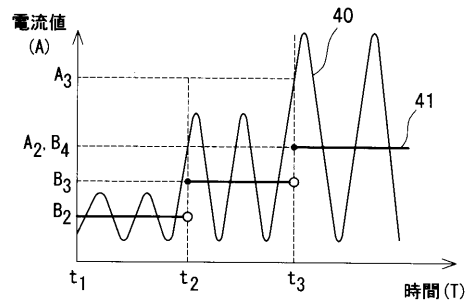
- 1 ターボ分子ポンプ本体
- 2 コントローラ
- 4, 104 回転軸
- 5 位置検出センサ
- 6, 106 磁気軸受
- 13 モータ
- 14 DSP制御装置
- 22 指令電流生成部
- 23, 123 バイアス電流生成部
- 24, 124 制御電流生成部
- 25, 125 バイアス電流選択部
- 60, 121 センサ部
- 61, 127 磁気軸受駆動部

20

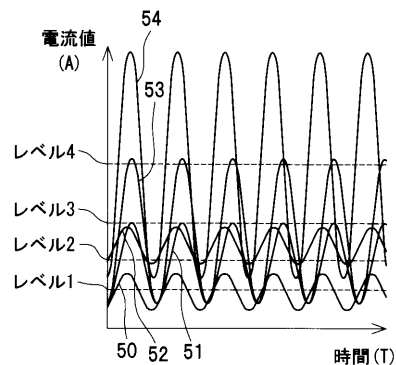
【 図 1 】



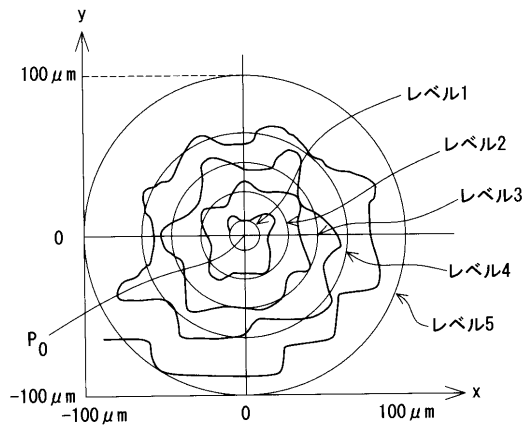
【 図 2 】



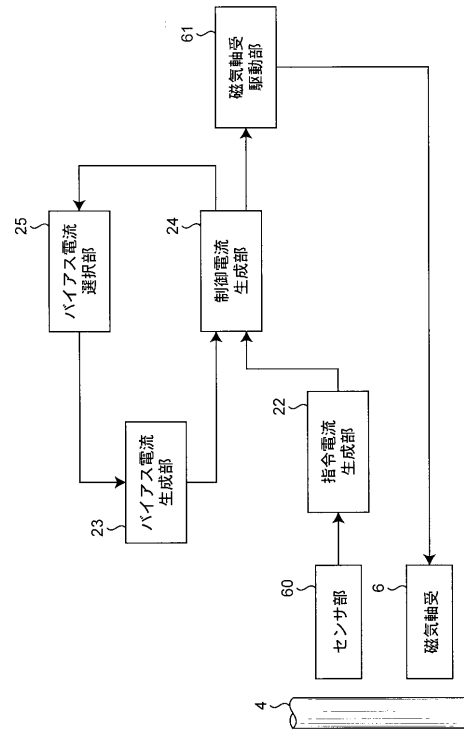
【 図 3 】



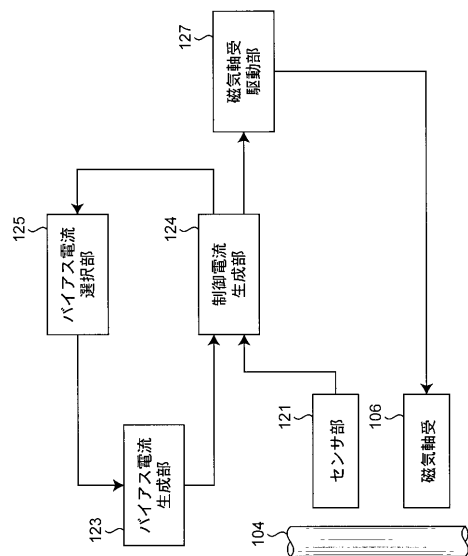
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3J102 AA01 BA03 BA17 BA18 CA10 CA27 DA02 DA03 DA09 DA12
DB05 DB10 DB11 DB18 DB20 DB22 DB24 DB32 DB37 GA06