

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ロータを磁氣的に非接触支持する磁気軸受と、上記ロータを機械的に支持するタッチダウン軸受と、上記ロータを駆動するモータとを有するターボ分子ポンプ本体と、

上記タッチダウン軸受の作動を検出するタッチダウンセンサと、

上記ターボ分子ポンプの加速および減速を表す信号を出力すると共に、通常の停止時に、通常の減速特性パターンの信号を出力する回転数制御装置と、

上記タッチダウンセンサから上記タッチダウン軸受の作動を表す信号を受けて、上記回転数制御装置の上記通常の減速特性パターンの信号よりも速く減速させる緊急停止の減速特性パターンの信号を出力する停止信号発生回路と、

上記回転数制御装置と上記停止信号発生回路からの信号を受けるモータドライバー制御回路と、

上記モータドライバー制御回路からの信号を受けて上記モータを駆動するモータドライバーと

を備えることを特徴とするターボ分子ポンプ装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のターボ分子ポンプにおいて、

上記停止信号発生回路は、外部からの緊急停止信号を受ける入力端子を備え、上記停止信号発生回路は、上記入力端子よりまたは上記入力端子を経て外部からの緊急停止信号を受けると、上記緊急停止の減速特性パターンの信号を出力することを特徴とするターボ分子ポンプ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ターボ分子ポンプ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、ターボ分子ポンプ装置としては、特開平 09 - 068222 号公報（特許文献 1）に記載されているものがある。

【0003】

このターボ分子ポンプ装置は、ロータと、上記ロータを駆動するモータと、上記ロータを磁氣的に非接触支持する磁気軸受と、上記モータの回転速度を変速するインバータ制御回路と、上記磁気軸受の動作を制御する磁気軸受制御回路と、上記磁気軸受が上記ロータを支持できなくなったときに、上記ロータを機械的に支持するタッチダウン軸受と、発熱制動用回路とを備える。

【0004】

上記モータは、電源異常等により電源側からの電力の供給が停止されると、慣性力によりロータが回転を持続したままで、発電機として電圧を誘導するようになっている。また、上記インバータ制御回路および磁気軸受制御回路は、電源電圧が低下すると、電源に代わってモータから回生電力を供給されるようになっている。そして、上記モータから供給される回生電力がインバータ制御回路および磁気軸受制御回路を駆動できる間、この回生電力によってモータ制御および磁気浮上制御を行うようになっている。

【0005】

上記インバータ制御回路は、モータからの回生電力をモータと上記発熱制動用回路に分流するようになっている。そして、上記インバータ制御回路が、電力をモータに戻すことによって回生制動が行われ、インバータ制御回路が、回生電力を上記発熱制動用回路の抵抗に流すことによって発熱制動が行われるようになっている。

【0006】

上記ロータの回転数が下がり、発電機として作用しているモータからの電圧がインバータ制御回路および磁気軸受制御回路の駆動に必要な電圧よりも低下すると、インバータ制

10

20

30

40

50

御および磁気浮上制御が停止するようになっている。インバータ制御および磁気浮上制御が停止すると、上記モータが上記発熱制動用回路に直列接続され発熱制御が行なわれると共に、ロータは、タッチダウン軸受により支持され、この摩擦による制動も受ける。

【0007】

しかしながら、上記従来ターボ分子ポンプでは、インバータ制御および磁気浮上制御が停止して、タッチダウン軸受が作動したとき、モータは停止しているため、インバータ制御および磁気浮上制御が停止した後にロータ停止を短時間でなすことができず、タッチダウン軸受が作動している時間が長くなって、タッチダウン軸受が損傷を受けるおそれが高く、タッチダウン軸受の寿命が短くなるという問題がある。

【特許文献1】特開平09-068222号公報

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

そこで、本発明の課題は、タッチダウン軸受の作動時にロータ停止を短時間で確実に行ない、タッチダウン軸受が作動している時間を短くすることにより、タッチダウン軸受の寿命を長くできるターボ分子ポンプ装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するため、この発明のターボ分子ポンプ装置は、
 ロータを磁氣的に非接触支持する磁気軸受と、上記ロータを機械的に支持するタッチダウン軸受と、上記ロータを駆動するモータとを有するターボ分子ポンプ本体と、
 上記タッチダウン軸受の作動を検出するタッチダウンセンサと、
 上記ターボ分子ポンプの加速および減速を表す信号を出力すると共に、通常の停止時に、通常の減速特性パターンの信号を出力する回転数制御装置と、
 上記タッチダウンセンサから上記タッチダウン軸受の作動を表す信号を受けて、上記回転数制御装置の上記通常の減速特性パターンの信号よりも速く減速させる緊急停止の減速特性パターンの信号を出力する停止信号発生回路と、
 上記回転数制御装置と上記停止信号発生回路からの信号を受けるモータドライバ制御回路と、
 上記モータドライバ制御回路からの信号を受けて上記モータを駆動するモータドライバと
 を備えることを特徴としている。

20

30

【0010】

本発明によれば、上記タッチダウンセンサが上記タッチダウン軸受の作動を検出したとき、上記停止信号発生回路が、上記回転数制御装置の上記通常の減速特性パターンの信号よりも速く減速させる緊急停止の減速特性パターンの信号をモータドライバ制御回路に出力する。したがって、上記緊急停止の減速特性パターンの信号に基づいて上記モータを制御しロータの回転を停止させることができ、タッチダウン軸受の作動時にロータ停止を短時間で確実に行うことができ、上記タッチダウン軸受が作動した場合に通常の停止時よりも速く上記ロータを確実に停止させることができる。したがって、タッチダウン軸受が損傷するおそれが少なくなり、従来よりもタッチダウン軸受の寿命は格段に長くなる。

40

【0011】

また、一実施形態のターボ分子ポンプ装置は、上記停止信号発生回路が、外部からの緊急停止信号を受ける入力端子を備え、上記停止信号発生回路は、上記入力端子よりまたは上記入力端子を経て外部からの緊急停止信号を受けると、上記緊急停止の減速特性パターンの信号を出力する。

【0012】

上記実施形態によれば、緊急にターボ分子ポンプを停止させたい場合に、外部から緊急停止信号を入力することによって、従来装置に比し、短時間ですぐにターボ分子ポンプを停止できる。

50

【発明の効果】

【0013】

本発明のターボ分子ポンプ装置によれば、タッチダウン軸受が作動したとき、停止信号発生回路が、回転数制御装置よりも速く減速させる緊急停止の減速特性パターンの信号を、モータドライバ制御回路に出力するので、タッチダウン軸受が作動した場合にロータを短時間で確実に停止させることができる。したがって、上記タッチダウン軸受が損傷するおそれが小さくなり、従来よりもタッチダウン軸受の寿命は格段に長くなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、本発明を図示の形態により詳細に説明する。

10

【0015】

図1は、この発明の一実施形態のターボ分子ポンプ装置を模式的に示す図である。

【0016】

このターボ分子ポンプ装置は、ターボ分子ポンプ1と、タッチダウンセンサ2と、回転数制御装置としてのDSP（デジタル・シグナル・プロセッサ）制御装置3と、停止信号発生回路4と、モータドライバ制御回路5と、モータドライバ6と、回転数検出センサ7と、緊急停止信号が入力される緊急停止信号入力端子22とを備える。上記タッチダウンセンサ2の出力側とOR回路18の入力側、および、緊急停止信号入力端子22とOR回路18の入力側とは接続されており、OR回路18の出力側は、停止信号発生回路4の入力端子20と接続されている。上記停止信号発生回路4、モータドライバ制御回路5およびモータドライバ6は、インバータユニットを構成している。上記モータドライバ6は、インバータ本体としての役割を果たしている。

20

【0017】

尚、図1においては、タッチダウンセンサ2と、回転数検出センサ7は、ターボ分子ポンプ1から離れたところに図示されているが、実際には、タッチダウンセンサ2と、回転数検出センサ7は、ターボ分子ポンプ1に設置されているものとする。

【0018】

上記ターボ分子ポンプ1は、モータ11と、モータ11によって駆動されるロータ12と、ロータ12を径方向に非接触支持する上下二組の磁気軸受15,16と、ロータ12を機械的に支持するタッチダウン軸受17とを有する。

30

【0019】

上記磁気軸受15,16は、電源から電力を供給されることによって、ロータ12を径方向に所定の目標位置に磁氣的に非接触支持するようになっている。また、上記タッチダウン軸受17は、ロータ12が制御不能になった場合、磁気軸受15,16の負荷容量を超えた負荷が磁気軸受15,16にかかった場合、地震等によって外部から衝撃が加えられた場合、ターボ分子ポンプ1内へ空気が浸入した場合、または、ガスの排出流量が大きい場合等、磁気軸受15,16がロータ12を支持できなくなった場合に、ロータ12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17は、上記の場合に、磁気軸受15,16とロータ12との接触、および、ロータ12とターボ分子ポンプ1のハウジングとの接触を防止して、ターボ分子ポンプ1が損傷するのを防止するようになっている。

40

【0020】

上記タッチダウンセンサ2は、振動センサであり、タッチダウン軸受17が作動すると、タッチダウン軸受17の振動を検出することによって、タッチダウン軸受17の作動を検知して、信号を出力するようになっている。また、上記回転数センサ7は、ロータ12の回転数を検出することによって、モータ11の回転数を検出して、信号を出力するようになっている。

【0021】

上記DSP制御装置3は、回転数センサ7からの信号を受けると、DSP制御回路3のメモリに予め入力されている運転テーブルの信号に従って、加速または減速信号を表す信

50

号としての電圧信号をモータドライバ制御回路5に出力するようになっている。詳細には、上記DSP制御装置3は、上記運転テーブルの信号に従って、加速信号を出力するときには、基準電圧の一例としての2.5Vより大きい電圧信号（電圧が大きければ大きい程、加速の割合が大きい指令となる）をモータドライバ制御回路5に出力し、また、上記運転テーブルの信号に従って、減速信号を出力するときには、2.5Vより小さい電圧信号（電圧が小さければ小さい程、減速の割合が大きい指令となる）をモータドライバ制御回路5に出力するようになっている。

【0022】

上記停止信号発生回路4は、タッチダウンセンサ2から出力されたタッチダウン信号と、緊急停止信号入力端子22からの緊急停止信号のうち少なくとも一方が、OR18回路に入力して、OR回路18から入力端子20を介して信号を受けると、2.5Vよりも大きい均一な電圧をモータドライバ制御回路5に出力するようになっている。そして、DSP制御装置3によってロータ12が停止させられるまでの時間よりも短い時間で確実にロータ12を停止させるようになっている。上記入力端子20は、外部からの（ユーザによる手入力の）緊急停止信号を受ける端子になっている。

10

【0023】

上記モータドライバ制御回路5は、DSP制御装置3からの信号と停止信号発生回路4からの信号を受けて（DSP制御装置3と停止信号発生回路4から同時に信号を受けることはない）、モータドライバ6を制御する信号を生成して、この信号をモータドライバ6に出力するようになっている。また、上記モータドライバ6は、モータ11の入出力端子U、VおよびWに信号を出力することによって、モータ11の回転数を制御するようになっている。

20

【0024】

上記構成において、ターボ分子ポンプ1の運転時には、DSP制御回路3が、回転数センサ7からの信号と、DSP制御回路3のメモリ内に予め入力されている加速/減速テーブルに基づく信号に従って、加速および減速信号（加速および減速信号を同時に出力することはない）をモータドライバ制御回路5に出力するようになっている。詳しくは、DSP制御回路3は、回転数センサ7からの信号に基づいてモータ11の実回転数を算出して、モータ11のすべり制御、すなわち、単位時間あたりの回転数のすべり（出力すべき回転数とロータの実回転数との差）を調整することによって、上記加速/減速テーブルに基づく信号を出力するようになっている（例えば、10秒で20Hz加速/減速させる場合は、すべりは2Hz/1秒となる）。そして、上記モータドライバ制御回路5が、上記加速および減速信号に基づいてモータドライバ6を駆動制御することによって、ロータ12の回転数を上記加速/減速テーブルに従う回転数に制御するようになっている。

30

【0025】

また、ターボ分子ポンプ1の通常の停止時には、DSP制御回路3が、回転数センサ7からの信号と、DSP制御回路3のメモリに予め入力されている通常停止時の減速特性パターン（テーブル）の信号に従って、加速または減速信号をモータドライバ制御回路5に出力するようになっている。そして、上記モータドライバ制御回路5が、上記減速特性パターンに従う減速信号に基づいてモータドライバ6を制御することによってロータ12の回転数を0まで減少させるようになっている。

40

【0026】

一方、上記緊急停止信号入力端子22から緊急停止信号が入力されるか、または、タッチダウン軸受17が作動してタッチダウンセンサ2から信号が出力されると、緊急停止信号またはタッチダウンセンサ2からの信号が、DSP制御装置3に出力されると共に、OR回路18を介して停止信号発生回路4に出力される。すると、DSP制御装置3による制御が停止すると共に、停止信号発生回路4が、均一で大きな電圧をモータドライバ制御回路5に出力するようになっている。そして、停止信号発生回路4が、DSP制御装置3によってロータ12が停止させられるまでの時間よりも短い時間で、ロータ12を停止させるようになっている。

50

【0027】

図2は、通常の停止時に上記DSP制御装置3が出力する通常の減速特性パターンの信号31の一例と、緊急の停止時に上記停止信号発生回路4が出力する緊急停止の減速特性のパターンの信号32を示す図である。

【0028】

尚、図2において、時間軸は、通常の減速特性パターンの信号31においては、回転数がR3になった時を基準(0秒とする)とし、緊急停止の減速特性のパターンの信号32においては、タッチダウン軸受が作動した時(このときの回転数がR3であったとする)を基準(0秒とする)としている。

【0029】

図2に示すように、通常の減速特性パターンの信号31においては、単位時間あたりのすべりが時間の経過と共に大きくなるように変動している。

【0030】

詳細には、時間T1までの単位時間あたりのすべりが、 $(R3 - R2) / T1$ に設定され、時間T1からT3までの単位時間あたりのすべりが、 $(R3 - R2) / T1$ より大きい $(R2 - R1) / (T3 - T1)$ に設定され、時間T3からモータが停止する時間T4までの単位時間あたりのすべりが、 $(R2 - R1) / (T3 - T1)$ より大きい $R1 / (T4 - T3)$ に設定されている。

【0031】

このように、通常の減速特性パターンの信号31においては、単位時間あたりのすべりを時間の経過と共に大きくなるように変動させて、ロータ12の慣性が大きいときにはすべりを小さくする一方、ロータ12の慣性が低下するにしたがってすべりを大きくすることにより、スムーズな停止動作を実現すると共に、ロータ12が急激な制動の影響により破損することを防止するようにしている。

【0032】

一方、緊急停止の減速特性のパターンの信号32においては、タッチダウン軸受が作動してからロータ12が停止するまで、単位時間あたりのすべりが一定の値 $R3 / T2$ に設定されている。緊急停止の減速特性のパターンの信号32においては、図2において、 $T2 < T4$ となっているように、ロータ12を通常よりも速く停止させて、特にターボ分子ポンプ装置においては潤滑剤がないドライな状態で使用するタッチダウン軸受の作動時間を短くして、タッチダウン軸受の寿命を長くするようにしている。

【0033】

上記実施形態のターボ分子ポンプ装置によれば、停止信号発生回路4が、タッチダウンセンサ2がタッチダウン軸受17の作動を検出したとき、DSP制御装置3よりも速く減速させる緊急停止の減速特性パターンの信号32を、モータドライバ制御回路5に出力する。したがって、緊急停止の減速特性パターンの信号32に基づいてロータ12を停止させることができ、タッチダウン軸受17の作動時にロータ停止を短時間で確実になすことができる。したがって、タッチダウン軸受17が損傷するおそれを少なくすることができる。従来よりもタッチダウン軸受の寿命を格段に長くすることができる。

【0034】

また、上記実施形態のターボ分子ポンプ装置によれば、緊急にターボ分子ポンプ1を停止させたい場合に、外部から緊急停止信号を入力することによって、従来装置に比し、短時間ですぐにターボ分子ポンプ1を停止できる。

【0035】

尚、上記実施形態のターボ分子ポンプ装置では、モータ11を加速するか減速するかの基準電圧が2.5Vであったが、モータ11を加速するか減速するかの基準電圧は、2.5V以外の電圧に設定されていても良い。

【0036】

また、上記実施形態のターボ分子ポンプ装置では、タッチダウンセンサ2が、振動センサであったが、この発明のターボ分子ポンプ装置では、タッチダウンセンサは、位置検出

10

20

30

40

50

センサや温度センサ等、振動センサ以外のセンサであっても良い。

【0037】

また、上記実施形態のターボ分子ポンプ装置では、通常の停止パターンの信号31が、回転数が低下するに従って単位時間あたりのすべりが大きくなる折れ線パターンの信号であったが、この発明では、通常の停止パターンの信号が、回転数が低下するに従って単位時間あたりのすべりが大きくなる曲線パターンの信号等、折れ線パターン以外のパターンの信号であっても良い。

【0038】

また、上記実施形態のターボ分子ポンプ装置では、緊急の停止パターンの信号32が、直線パターンの信号であったが、緊急の停止パターンの信号は、通常の停止パターンの信号よりもロータ12を速く停止させる信号であれば、例えば、折れ線パターンの信号や曲線パターンの信号等、如何なる形状のパターンの信号であっても良いことは勿論である。尚、緊急の停止パターンの信号を、通常の停止パターンの信号よりもロータを速く停止させるパターンの信号、かつ、ロータやタッチダウン軸受の損傷に配慮したよりきめ細かな停止パターンを実現する、すなわち、ロータ回転数が低下するに従って単位時間あたりのすべりが大きくなるパターンの信号にすると、ロータの緊急停止を通常停止の場合よりも短時間で確実になすことができると共に、ロータやタッチダウン軸受の損傷も防止できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0039】

20

【図1】この発明の一実施形態のターボ分子ポンプ装置を模式的に示す図である。

【図2】通常の停止時にDSP制御装置が出力する通常の減速特性パターンの信号の一例と、緊急の停止時に停止信号発生回路が出力する緊急停止の減速特性のパターンの信号を示す図である。

【符号の説明】

【0040】

- 1 ターボ分子ポンプ
- 2 タッチダウンセンサ
- 3 DSP制御装置
- 4 停止信号発生回路
- 5 モータドライバ制御回路
- 6 モータドライバ
- 7 回転数検出センサ
- 11 モータ
- 12 ロータ
- 15, 16 磁気軸受
- 17 タッチダウン軸受
- 20 入力端子
- 22 緊急停止信号入力端子
- 31 通常の減速特性パターンの信号
- 32 緊急停止の減速特性のパターンの信号

30

40

