

超伝導体を用いた磁気軸受の振動制御

1. 研究背景

磁気軸受は非接触支持のため、磨耗抑制、省電力化などの利点が挙げられ応用されている。特に、超伝導磁気軸受は閉ループ制御なしで浮上が可能であり、フライホイール電力貯蔵に利用されている。しかし、閉ループ制御を行わない超伝導磁気軸受は危険速度で振れまわりを起す危険がある。本研究では、この振れまわりを抑制することを目的とした。

2. 実験理論

2.1 実験概要

超伝導体の上に永久磁石を浮上させた磁気浮上装置を用い、磁石の振れまわりを制御する実験を行う。実験装置の概観を図1に示す。超伝導体には高温で利用でき、ピン止め効果による強磁力を得ることができる第二種超伝導体⁽¹⁾を用いた。

2.2 抑制方法案

振れまわりは、直行座標に置き換えられることから、並進運動で抑制方法を考案した。図2左図のように、振れまわりが生じると軸変位に応じた復元力が生じる。このとき、図2右図のように超伝導体を駆動させ、復元力を制御することにより振れまわりを抑制する方法を提案する。

2.3 制御方法とシミュレーション

過渡特性を素早く減衰させるため、制御方法にはPD補償を用いた閉ループ制御を行い、PD値には最適レギュレータによって計算したフィードバックゲインを用いる。

モデルと制御方法をもとにシミュレーションを行い理論的な抑制の有効性を確かめた。その結果、共振をおこす危険速度は77[rad/s]であることが確認され、制御有無で比較すると図3に示すように、危険速度周辺を中心として制御による抑制の効果が確認された。

3. 実験

アームの強制変位として外乱を与える手法をとり、磁石回転半径の挙動を計測した。1[rad/s]から100[rad/s]の角速度を与えていった時、67[rad/s]で磁石が共振を示した。図3に理論結果と実測値の共振点比較を示す。この実測値の共振点での制御有無における2.5秒間の磁石回転半径の挙動を測定したグラフが図4である。図より、提案した抑制方法による制御が可能であることが確認できた。

4. まとめ

図4の結果より、提案した抑制方法による制御を行うことで振れまわりの抑制の効果が確認できた。しかし、シミュレーションと実験では危険速度の誤差がみられた。そのため、物理定数の見直しが必要である。また、振れまわりは磁石の回転によって発生するため、今回の実験手法であるアームの強制変位を与える方法では、実際の振れまわりとの差異が考えられる。今後、任意の回転速度で磁石を回転させかつ安定して振れまわりを発生させる機構の考案が重要な課題である。

文献

- (1) 御子柴宣夫, 鈴木克生, 超伝導物理入門(1995), pp. 135-139, 培風館

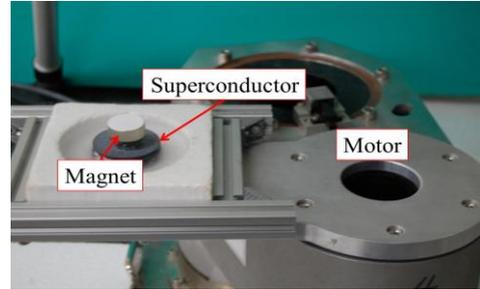


Fig. 1 Experimental device

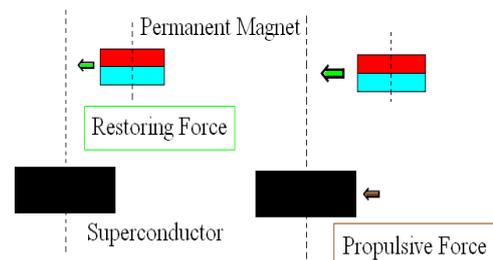


Fig. 2 Restraint method

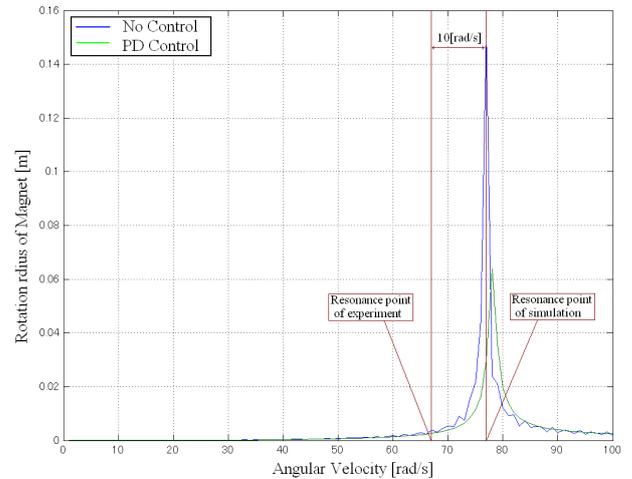


Fig. 3 Resonance curve

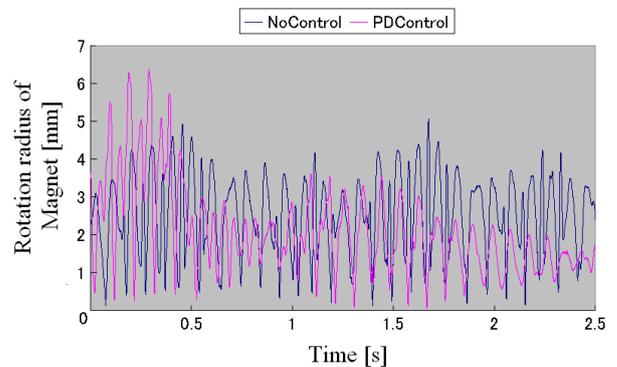


Fig. 4 Time response at $\omega = 67[\text{rad/s}]$