

公益財団法人 立松財団 御中

様式 2021A1,A2,B

2024年4月25日

所属：機械システム工学専攻

氏名：部矢 明

**2022年度助成****研究終了 報告書**

※ゴシック文字で記入下さい。

| 研究テーマ | ロケットエンジン用液体水素ターボポンプのための多自由度渦電流ダンパの開発 |
|--------------|---|
| 研究の結果 | <p>本研究では、ロケットエンジン用液体水素ターボポンプのための多自由度渦電流ダンパを提案した。有限要素法を用いた電磁界解析により、提案モデルおよび複数モデルとの制振性能の比較を行うとともに、使用環境温度・初期剛性・初速・可動子材料・可動子質量の減衰性能への影響を調査した。また、エアギャップ長の変化による性能変化、デュアルハルバツハ配列の採用による高減衰性能化検討を行った。研究成果を下記にまとめる。</p> <p>①径方向・軸方向の多自由度振動問題を有するロケット用液体水素ターボポンプのための多自由度渦電流ダンパの構造提案を行い、構造比較を行う中で以下の通り各振動方向に対する有効な減衰特性を明らかとした。</p> <p>(ア) 磁石面に対して渦電流ダンパの可動子が水平方向(スライド方向)に運動する場合:ヨークを用いる磁気回路を強化することによって減衰性能が向上する。</p> <p>(イ) 磁石面に対して渦電流ダンパの可動子が垂直方向(対面方向)に運動する場合:磁石から出て磁石に磁束が戻る短絡磁路を強化することで減衰性能が向上する。</p> <p>②温度ごとの検証と材料ごとの検証により、電気伝導率の増加によって表皮効果が強まって渦電流損の発生領域が導体の表面に集中することが確認された。また、アルミの電気伝導率の増加によって流れる渦電流量が増加したことによる復元力としての磁気剛性が顕著に強まることが確認された。なお、減衰波形における振動周波数の増加にみられるように、減衰増加よりも剛性増加が極低温環境で支配的であった。また、温度ごとの減衰性能比較において非線形性が強く見られた減衰曲線を過減衰と不足減衰の重畳形で表されるものとみなし、最小二乗法によるフィッティングを行うと正確にフィッティングが達成された。このことから、提案渦電流ダンパの非線形な減衰曲線は過渡部分と主成分とで複数の減衰曲線で表現できる可能性がある結論付けられた。</p> <p>③渦電流ダンパの可動子に付加する初期剛性検証では、付加する剛性が増加することで過渡段階における渦電流ダンパで生じる磁気剛性が増加し、磁気減衰が減少することが確認された。初期剛性が増加することで励振周波数が増加し、表皮効果が強まることで渦電流が流れにくくなるのがこの原因であると結論付けられた。</p> <p>④初速度による検証では、提案渦電流ダンパの構造では各初速度に対する減衰の応答曲線から初速度依存性を有さないことが確認された。</p> <p>⑤デュアルハルバツハ配列を用いて可動子付近に磁束の弱めあいと強めあいを交互に生じさせることでさらに減衰性能が向上させられるうえ、ヨークを用いないため減衰性能の高減衰力密度化の可能性が示された。</p> |
| 研究発表 (実績) | <p>【査読付学術雑誌】</p> <p>[1] Akira Heya and Tsuyoshi Inoue, Multiple-Degree-of-Freedom Damping Characteristics Evaluation of Dual Halbach Array Eddy Current Damper for Turbopump in Cryogenic Environment, International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics (to appear)</p> <p>[2] 梅川侑大, 部矢明, 井上剛志, ロケット用液体水素ターボポンプのための多自由度渦電流ダンパの基礎検討, 日本 AEM 学会誌, vol. 31, no. 2, pp. 285-290, 2023.06. (2023 年度日本 AEM 学会奨励賞 受賞)</p> <p>【査読付国際会議】</p> <p>[3] A. Heya and T. Inoue, "Multiple-degree-of-freedom Damping Characteristics Evaluation of Dual Halbach Array Eddy Current Damper for Turbopump in Cryogenic Environment", Proceedings of the 21st International Symposium on Electromagnetic Fields in Mechatronics, Electrical and Electronic Engineering, OA-53, 2 pages, Sept. 2023.</p> <p>[4] Y. Umekawa, A. Heya, and T. Inoue, "Dynamic Analysis of Eddy Current Damper for Multiple-Degree-of-Freedom Vibration", Proceedings of the 2023 IEEE International Magnetics Conference, FOA-14, 2023.</p> <p>他, 査読無国内学会発表 4 件</p> <p>【特許】回転機用ダンパおよびそれを備える回転機, 特願 2023-043537, 発明者: 部矢, 井上, 梅川 PCT 出願: PCT/JP2023/034122, 2023 年度 JST 外国出願支援制度採択 (PCT 出願)</p> |

提出期限：研究期間終了後、すみやかに助成金の「必要経費使途明細書」「領収書」と合わせて提出下さい。
年度をまたぐ場合は毎年3月末日までに、途中経過をご記入の上、報告願います。