

補助事業番号 2022M-235

補助事業名 2023年度 交流モータの速度脈動を利用した振動発電およびトルクリップル低減技術開発 補助事業

補助事業者名 茨城大学 工学部 電気電子システム工学科 加藤研究室 加藤雅之

1 研究の概要

埋込磁石型同期モータ(Interior Permanent Magnet Synchronous Motor : IPMSM)は高効率・高出力密度であることから産業機器に広く用いられている。しかし、IPMSMはその原理上トルク脈動を生じるため、振動・騒音を増加させ、制御時の応答性を低下させる。

そこで補助事業者らはトルク脈動により生じる速度脈動を、電磁式エネルギーハーベスタに作用する遠心力変動として利用することで、電力回収とトルク脈動の抑制を実現する。

2 研究の目的と背景

埋込磁石型同期モータ(Interior Permanent Magnet Synchronous Motor : IPMSM)は高効率・高出力密度であることから産業機器に広く用いられている。しかし、IPMSMはその原理上トルク脈動を生じる。

トルク脈動を抑制する手段として、モータ構造と制御の両面で研究例が盛んに報告されている。構造的なアプローチとして、回転子にスキューを施す方法や回転子内の永久磁石および鉄心形状を最適化する方法が報告されている。しかし、モータに組み込んだ後に変更が効かないことや設計限界があることが知られている。モータ制御的なアプローチとして、モータの機器定数から瞬時的なトルク脈動を推定・制御する方法が報告されている。制御限界があることが知られている。

3 研究内容

(1) 速度脈動により加振される電磁式エネルギーハーベスタの数値的検討

(<http://act.ees.ibaraki.ac.jp/research.html>)

まず、交流モータの回転子上に配した電磁式エネルギーハーベスタの数学モデルを導出した。次に、数学モデルを基に数値シミュレータ上でブロック線図モデルを作成し、数値計算によるハーベスタの発電効果およびトルクリップル抑制効果を検証した。その結果、ミリワットオーダーの平均発電量と10%程度のトルクリップル抑制効果が得られることが明らかになった(図1参照)。このときのハーベスタの振動振幅は1mmp-p以下であり、交流モータへの搭載が十分検討可能なサイズである。

発電原理の数値計算結果

※計算条件は割愛
(予稿集を参照のこと)

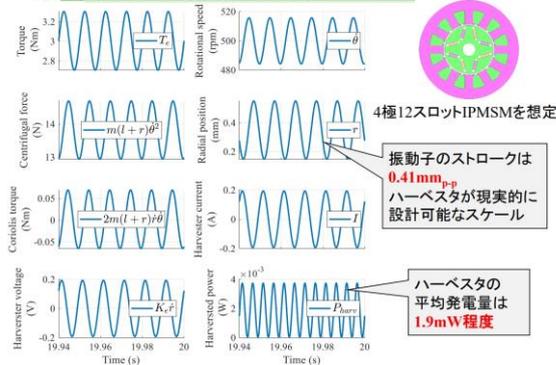


図1 エネルギーハーベスタの数値計算結果

(2)ソレノイドアクチュエータを用いたばね振り子型の簡易装置によるトルクリップル低減検証
(<http://act.ees.ibaraki.ac.jp/research.html>)

交流モータの回転子上にハーベスタを配置する場合、回転体上にあるコイルから電力を回収する必要があり、スリップリングなどの特殊な器具が必要となる。本事業実施期間内での円滑な実験検証のため、ばね振り子型の簡易試験装置を製作しトルクリップル抑制効果を実証した。ソレノイドアクチュエータが振り子内に取り付けられており、ばね振り子型の力学系を形成する(図2参照)。振り子の振動周期の2倍の周期でソレノイドアクチュエータに電流を印加し、プランジャを加振することによって振り子の振動(トルクリップルに相当する)がより高速に抑制されることを明らかにした(図3参照)。

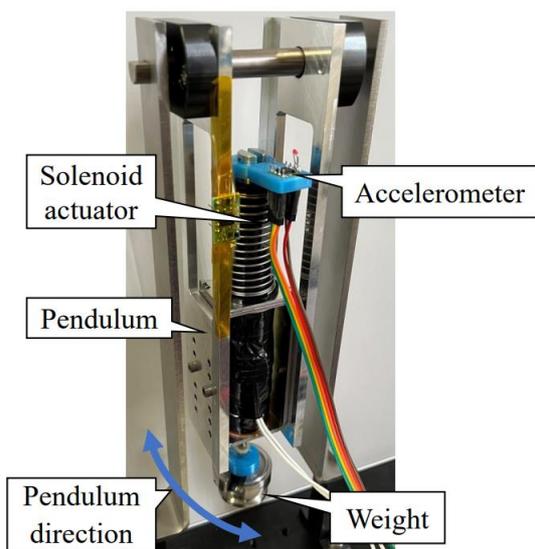


図2 簡易試験装置

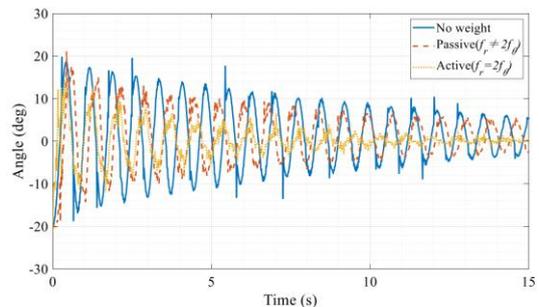


図3 実験結果

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

電気自動車やドローンを初め、近年の電動化の発展は著しい。これに伴って、モータが不可避に発生させる振動・騒音に対しても非常に高い関心が向けられている。本研究は振動問題の解決策の一つとして応用される可能性を秘めている。本事業の実機期間内では、試作機での原理検証レベルに留まったが、測定環境の改良やハーベスタの最適設計を行い、本技術の実現性を高めていく予定である。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

補助事業者はこれまで電磁アクチュエータ技術に従事してきた。電磁設計・機械設計・制御設計に関する過去の知見を、本研究のエネルギーハーベスタに対しても存分に活かして研究を遂行することができた。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

学術論文

[1] M. Kato, “Numerical Simulation on Electromagnetic Energy Harvester Oscillated by Speed Ripple of AC Motors”, *Energies*, MDPI, energies-2112845, 2023.01,

[2] 加藤雅之, “交流モータの速度脈動を加振源とする電磁式エネルギーハーベスタの基礎検討”, *日本AEM学会誌*, Vol. 31, No. 2, pp. -, 2023年6月出版予定

技術書コラム

[1] 長沼大樹(加藤研究室所属大学院生), “回転体上で運動する電磁振動アクチュエータを活用!トルクリップル抑制技術”, *次世代エースみーつけた!*, *トランジスタ技術 Jr.*, 2023年冬号, No. 52, 2023.01,

口頭発表

[1] 加藤雅之, “交流モータの速度脈動を加振源とする電磁式エネルギーハーベスタの基礎検討”, *第31回MAGDAコンファレンス in 鹿児島*, OS-9-3, pp. 538-543, 2022.11

[2] 長沼大樹, 加藤雅之, “半径方向に振動するソレノイドアクチュエータを用いた簡易試験装置によるトルク脈動低減技術の実験的検証”, *電気学会東京支部茨城支所研究発表会*, IBK-22-050, 2022.12

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

特になし。

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

特になし。

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 茨城大学工学部(イバラキダイガクコウガクブ)

住 所: 〒316-8511

茨城県日立市中成沢町4-12-1

担 当 者: 講師・加藤雅之(カトウマサユキ)

担 当 部 署: 電気電子システム工学科(デンキデンシシステムコウガクカ)

E - m a i l: masayuki.kato.actuator@vc.ibaraki.ac.jp

U R L: <http://act.ees.ibaraki.ac.jp/index.html>