

補助事業番号 2024M-486
補助事業名 2024年度 2024年度 3本および6本の並列導体で構成されたコイルの均一電流を実現する転位方法の解明 補助事業
補助事業者名 都城工業高等専門学校 川崎剛輝

1 研究の概要

電動航空機用超伝導モータの実現に向けて、電機子コイルの大電流容量化が求められる。電機子コイルは超伝導線材を積層した並列導体によって作製される。しかし、このコイルは並列導体特有の偏流という課題がある。これまでに設計・開発されてきた超伝導回転機は、並列導体には均一な電流が流れる前提であり、その上で実現可能性が示されてきた。そこで本研究では、超伝導線材の積層順を入れ替える転位技術を用いて、並列導体で構成された電機子コイルへ均一電流を実現するという観点から、電動航空機用超伝導モータの実現可能性の向上を図る。

2 研究の目的と背景

航空機業界では航空機需要の高まりによってCO₂排出量は増加傾向にあるのに対して、2050年までにCO₂排出量を実質ゼロとする目標を掲げている。そこで、超伝導回転機を用いた電動航空機の開発が世界中で行われている。電動航空機用超伝導モータの電機子コイルには1,000A以上の電流通電が求められるが、その大きさは1枚の超伝導線材に流れる電流の限界以上であることから、電機子コイルの大電流容量化が求められる。そこで、複数の超伝導線材を積層した並列導体を用いて電機子コイルの大電流容量化を実現する。しかし、並列導体で構成されたコイルは鎖交磁束などの違いによって特定の超伝導線材に電流が集中する偏流が発生してしまう。そこで、今回の研究では超伝導電機子コイルへ適用する新たな転位方法を開発し、その巻線プロセスおよびその転位を用いた際の有効性を電流分布の測定によって評価することを目的としている。

3 研究内容

(1) 3本並列導体の転位構成に関する研究

①新たな転位導入方法の開発

これまでの電機子コイル用ダブルパンケーキコイルへの転位の適用方法は、比較的転位が適用しやすいコイル1ターン目、コイルとコイルの接続部の2通りの導入方法あった。しかし、これらの方法のみでは限られた並列導体数でしか均一電流が実現することができない。そこで、新たにコイルの巻線過程で転位を適用する方法を開発した。この転位方法を、3本並列導体を用いて転位の導入プロセス、巻線方法を確立した。

②3本並列導体を用いた巻線内転位の有効性検証

3本並列導体で構成された電機子コイルに対して、均一な電流分流を実現する転位構成を、

数値解析を用いて明らかにした。この転位構成は巻線内転位を適用することによって均一電流が実現している。この転位構成と①で開発した巻線内転位の有効性を実験的に検証するため、サンプルコイルを作製し、通電実験を実施した。その結果、3本並列導体に概ね均一な電流分布が実現したことから、転位の導入方法および転位構成の有効性が示された。

(2) 6本並列導体の転位構成に関する研究

(1)によって、3本並列導体の転位構成が明らかになった。しかし、本研究の最終的な目標は任意の並列導体数に対する均一な電流分布を実現する転位構成の開発、つまりは転位構成の一般化である。そこで、これまでに開発されてきた転位構成を組み合わせることによって新たな転位構成が開発されるかの検証を行った。今回は6本並列導体に着目する。6本並列導体を、2本並列導体を1つのブロックとみなしてそのブロックを3つ積層する、というように考えて、3つのブロックに対して3本並列導体の転位構成を適用した。この転位構成の際の電流分流率は数値解析を用いて求めた。その結果、転位を適用することで概ね均一な電流分布が実現したことが分かった。しかし、3本並列導体ほどの均一性は得られなかった。完全に対称性を持たせた転位構成とはなっていないことが要因と考えられる。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

並列導体で構成される電機子コイルに対して、均一な電流分布が実現されることによってシステムの安定性・安全性が向上することで、航空機用超伝導回転機の実現可能性も向上する。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

今回の補助事業は、研究職(教歴含む)に就いてから2年目に採択されたということで、研究としては始まったばかりであることから、本事業における研究活動や国際学会への発表、論文投稿といった一連の研究活動は、今後の研究生活を行う上で非常に重要な経験であった。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

G. Kawasaki et al., “Experimental Evaluation of Transposed Three-Parallel Conductors to Achieve Uniform Current in Armature Coils of Superconducting Motors” *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, 2025, vol. 35, no. 5, Aug., pp. 520105. doi: 10.1109/TASC.2024.3520549

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

超伝導線材を用いた超伝導電機子コイル

<https://sites.google.com/view/superconductor-labo-mnct/research?authuser=0>

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 都城工業高等専門学校

住 所： 〒885-8567

宮崎県都城市吉尾町473番地の1

担 当 者： 助教 川崎剛輝 (カワサキ ゴウキ)

担 当 部 署： 電気情報工学科 (デンキジョウホウコウガッカ)

E - m a i l : goki_kawasaki@cc.miyakonojo-nct.ac.jp

U R L :

<https://sites.google.com/view/superconductor-labo-mnct/%E3%83%9B%E3%83%BC%E3%83%A0?authuser=0>