

Study of a Bulk Superconducting Synchronous Machine (バルク超電導同期機に関する研究)

学位名	博士(工学)
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2019
学位授与番号	12614博甲第550号
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001861/

〔課程博士〕 (博士論文審査及び最終試験の結果要旨)

学生氏名：シャーニカ, エラスムス(SHAANIKA, Erasmus)

博士論文題目：Study of a bulk superconducting synchronous machine
(バルク超電導同期機に関する研究)

博士論文審査：

超電導回転機では、同じ定格の従来の回転機に比べて高い出力密度が期待されるが、界磁極を構成する超電導材料の適切な選択と、界磁極を冷却保持する技術と電機子の構造が重要な要素となる。

本論文では、高温超電導材料の熔融凝固結晶の塊（バルク材）を界磁極に応用した同期機について研究を行っている。バルク材はその超電導状態において、着磁技術により、合金系永久磁石材に比較して 10 倍以上の磁束を捕捉することで磁石応用することが可能である。界磁極を運転温度に冷却保持するため、冷媒の自然循環により比較的高い熱輸送能力をもつ熱サイフォン方式を採用した。回転子の界磁冷却を模擬する実験を行い、気相冷媒の異なった充填量と熱負荷のもとで蒸発器、接続配管、冷凍機凝縮器の温度、熱損失の各測定と、熱サイフォンの定常動作における数値計算にもとづいて、断熱部を構成する多層断熱材からの実効輻射率と熱損失等について考察を加えた。この結果、界磁を安定的に冷却保持する定常状態で各部の温度分布と熱損失の定量的説明に成功し、冷却系の設計指針を明らかにした。次に界磁極へのバルク材の適合性と界磁磁束に応じた電機子構成を検証するために、同期機を試作整備し、バルク界磁磁束を変化させて低速度域における運転試験を行った。界磁の磁束安定性と電機子を構成する磁性材による損失等を明らかにして、バルク材を界磁とした同期機の電機子設計への指針を与えた。また、発電機として同期機を運転し、速度と負荷を変化させて界磁磁束の安定性と発電特性を明らかにした。本研究では、バルク材から構成した界磁極を最大 3 テスラの定常磁場で動作させ同期運転試験を行っている。界磁磁束は安定しており、長時間の連続運転においても顕著な変動は見られず、バルク材の界磁極への適合性を明確にした。さらに著者は冷却システムが停止した場合の界磁の自然昇温時の変化と界磁極の熱的耐性について検証を加えた。このようにバルク材を界磁とする超電導同期機の機器設計について、実験的研究から冷却系と電機子の設計に有用な指針を与えたのみならず、バルク材の強界磁としての低速高トルク同期機への適合性を実証したことは高く評価できる。これらの結果は、船舶海洋工学分野における推進動力用超電導同期機や極低温機械工学の発展にも大きく貢献する優れた研究といえる。以上の研究成果は、国内外の研究の水準に照らし、各研究分野における学術的意義、新規性、独創性及び応用的価値を有しており、博士の学位に値することを審査委員一同確認した。

最終試験の結果要旨：

最終試験は 2 月 10 日に行われた。審査委員一同出席の下、学生に対して、博士論文の内容について最終確認のための質疑応答を行い、その内容は十分であった。一方、専門知識については公開発表会当日および予備審査時での質疑応答から十分であると審査委員一同確認した。

学術論文は国際学会誌を含め 2 編が第一著者として公表済み (E. Shaanika, M. Miki, C. Bocquel, B. Felder, K. Tsuzuki, T. Ida, M. Izumi, S. Englebretson, R. Chin, J. Kolehmainen, M. Morita and H. Teshima, "Core Loss of a Bulk HTS Synchronous Machine at 2 and 3 T Rotor Magnetisation," IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 30, No. 1 5200106 2020 (pp6) 他 1 編) であることを確認した。2018 年に米国で開催された応用超電導国際会議など口頭選抜講演 3 件を含む 5 件を発表し、2017 年開催の国際会議 PASREG では Best Presentation Award を受賞、2019 年度日本科学協会笹川科学研究助成金に採択され、同年 9 月に学長賞を受賞していることを確認した。外国語の学力は十分であり、以上から当該専門分野に対し十分な研究能力を有すると評価した。合同セミナーについては、規定の学習時間および出席回数が満たされていることを確認した。大学院海洋科学技術研究科が指定した研究者倫理教育を修了していることを確認した。以上から、学生について博士論文審査、最終試験とも合格と判定した。