TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo University of Marine Science and Technology (東京海洋大学)

超電導回転機の熱サイフォン冷却システムに関する研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2019-06-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山口, 康太 メールアドレス: 所属:
URL	https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/1789

［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：山口　康太
博士論文題目：超電導回転機の熱サイフォン冷却システムに関する研究

博士論文審査：

超電導回転機は、強磁場の利用により推進動力モータなどの小型化を可能とする。その実現には超電導磁石を極低温域まで冷却保持する冷却システムが必要となる。冷却システムは、大別して低温にした冷媒ガスを回転子内に強制循環させる方式と冷媒の自然循環を用いた熱サイフォン方式に分けられるが、後者は循環装置が不要であり、伝熱において冷媒の相変化による比較的高い熱輸送能力の適用が注目される。熱サイフォン冷却システムの熱輸送は、凝縮器、冷媒移送菅、蒸発器の設計に依存し、超電導界磁を安定的に冷却する設計指針とパラメータを明らかにする必要がある。

本論文では、超電導回転機の熱サイフォン冷却システムを模擬する装置により、熱流束等を実験的に明らかにした。特に回転機が水平から傾斜する場合を想定し、凝縮器と蒸発器を接続する二重の冷媒移送管を考案して模擬装置に組み込み、傾斜時の熱輸送、凝縮器の伝熱面積を調べた。

模擬装置により、蒸発器内におけるネオン冷媒の沸騰形態を直接視認するとともに伝熱面積を算出した。伝熱面積と与えた熱負荷から熱流束を求め、ネオンの沸騰曲線を得た。これより、蒸発器の設計に要する伝熱面積及び気相ネオン投入量の算出を可能とした。冷却システム内における液化ネオン量は凝縮器の温度及び伝熱面積に依存するが、伝熱面積が同一の凝縮器の個数や凝縮器温度の変更によって生成される液化ネオン量と内圧の関係からシステム設計に必要な凝縮器温度及びネオン量を求めることが可能となった。電気推進船及び電気推進航空機では、傾斜環境下でも安定的な冷却が求められる。そこで模擬装置に 30°の傾斜を与えて実験を行い、冷媒移送管を二重管構造とすることで蒸発器の温度を一定に保持出来ることを示した。傾斜環境下中の熱輸送能力は二重管の内管径に依存しており、内管の断面積と熱輸送の関係を明らかにした。このように超電導回転機向け熱サイフォン冷却のシステム設計において、蒸発器の設計指標となる熱流束を求めることを可能とし、凝縮器温度と伝熱面積に対応したネオン投入量を算定可能とした。移送管を二重にすることで、30°の傾斜状態でも安定な冷却を可能とした。これらの結果は、今後の輸送機器向け超電導回転機における冷却システムの最適設計に資するものであり、船舶推進用の高温超電導モータの実用化や超電導を応用する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１２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の質疑応答時や予備審査時でのディスカッションを含め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 3 編が第一著者として公表済み(Kota Yamaguchi, Motohiro Miki, Kotohiro Yamagata, Tatsuya Ikeda, Hideyuki Kashima, Mitsuru Izumi, Youhei Murase, Etsuya Yanase, and Toshiyuki Yanamoto, “Study of HTS Machine System Cooling With a Closed-Loop Thermosyphon: Stability of Unsteady Heat Load and Transient Conduction”, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.26, No.3 5204405 2016 (pp6)他 2 編）であることを確認した。2018 年開催の国際会議（ICEC27-ICMC 2018）の他３件の海外発表があり外国語の学力については問題ない。また、本論文内容に関わる特許出願が２件があり、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。