

テストベンチを用いた直流超伝導ケーブルシステム向けペルチェ電流リードの性能評価と過電流試験

Performance Evaluation and Overcurrent Tests of Peltier Current Leads for dc Transmission Superconducting Cable Systems with a Custom-Designed Test-Bench

中部大学 ○宮田成紀, 吉原幸夫, 渡邊裕文, 山内健吾, 牧野圭志, 山口作太郎

Chubu Univ. ○Seiki Miyata, Yukio Yoshiwara, Hirofumi Watanabe, Kengo Yamauchi,

Keiji Makino, and Satarou Yamaguchi

E-mail: smiyata@isc.chubu.ac.jp

持続可能なエネルギー社会の実現に向けて、我々のグループでは超伝導技術を利用した直流送電システムの開発に取り組んでおり、現在、最新のシステムを北海道石狩市に建設中である [1]。

超伝導ケーブルを用いて直流送電を行う場合、交流送電システムに見られるようなエネルギー損失もなく、超伝導本来の特性が発揮された理想的な送電が可能となる。したがって、実用システムを設計する上で導体そのものに課題が見つかる機会は少なく、開発項目としては電流の導入部にあたる末端部分や低温に保持するための冷却および断熱技術の開発が重要となってくる。とくに冷凍機における冷却効率は通常 10% 以下と低いことから、いかにして低温部への熱侵入を抑制し、冷却システムへの負荷を低減するかということが、超伝導を利用した実用システムの開発には不可欠な研究要素となる。現在、我々のグループが保有する 200 m のケーブルシステムにおける熱侵入量は、ケーブル全長に亘る断熱配管を通したものが 300 W から 400 W [2]、電流を導入する末端部からのものは 1 kA 通電時で 500 W から 600 W となっている [3]。この末端からの熱侵入量を低減するため、これまでペルチェ効果を用いて能動的に熱エネルギーの汲み出しを行う PCL の開発を行ってきた [4]。PCL を動作させた場合の熱フローの制御特性は、ペルチェ素子の熱電的物性値だけでなく、PCL の構造、とくにペルチェ素子の形状因子に大きく依存するため、それぞれのシステムについて、とくに定格電流に対応した構造の最適化が必要となる。この目的のため、液体窒素の蒸発量から熱侵入量の評価を行う専用のテストベンチを新たに作製し、PCL の性能評価と最適パラメータの抽出を行った。Fig. 1 は、今回試験を行った PCL の通電時における低温部への熱侵入量を通電電流値に対してプロットしたものである。図を見ると、電流とともに熱侵入量はいったんやや減少するが、その後増大していく様子がわかる。常伝導体である電流リード部におけるジュール

発熱は電流値の 2 乗で増大していくが、汲み出しの効果は 1 乗で向上していくためクロスオーバーが存在し、結果的に侵入熱量に極小が現れる。図には通電電流値で規格化した値も併せて示してあるが、これは PCL 単体ではなくシステムとしての性能（熱侵入量）を評価していることになる。グラフを見るとシステムとしては 140 A 付近に最適値があり、PCL 単体としては侵入熱量の少ない低電流領域で使うことが、システムとして必ずしも最適条件でないことがわかる。またこれらの最適値がペルチェ素子の形状因子に依存してシフトすることを実験的に確認し、システム設計時における指針を得ることができた。

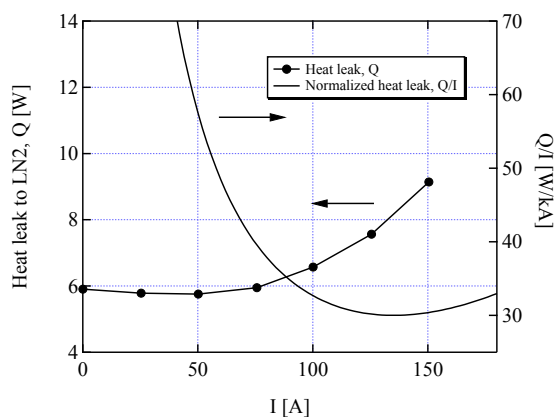


Figure 1: Results of heat leak evaluation experiments of Peltier current leads using custom-designed test-bench.

本研究の一部は経済産業省委託事業「高温超伝導直流送電システムの実証研究」として、また文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業として実施されたものである。

[1] N. Chikumoto *et al.*, 超伝導 Web21, 2014 年 6 月号, http://www.istec.or.jp/web21/pdf/14_06/all.pdf.

[2] H. Watanabe *et al.*, Phys. Proc. **36**, 1366 (2012).

[3] T. Kawahara *et al.*, J. Phys. Conf. Ser. **400**, 052009 (2012).

[4] S. Yamaguchi *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **75**, 207 (2004).