บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้อธิบายการออกแบบและสร้าง Helmholtz coil เพื่อใช้สำหรับสอบเทียบเครื่องมือวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กในย่านต่ำกว่า 50 mT ณ ห้องปฏิบัติการแม่เหล็กไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ โดยได้เลือก Helmholtz coil ที่มีขดลวดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งมีความเข้มสนามแม่เหล็กมีความสม่ำเสมอมากกว่า Helmholtz coil ที่มีขดลวดวงกลม งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวคิดในการออกแบบด้วยวิธีกึ่งวิเคราะห์โดยพิจารณาว่าความเข้มสนามแม่เหล็กของ Helmholtz coil เกิดจากการรวมกันของความเข้มสนามแม่เหล็กที่สร้างจากขดลวดสี่เหลี่ยมจัตุรัสแต่ละคู่ ที่คำนวณจากกฎของ Biot-Savart ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ การออกแบบวิธีที่นำเสนอนี้ใช้ข้อมูลจำเพาะของลวดตัวนำในการคำนวณโดยตรงทำให้สามารถประมาณค่าความต้านทานของขดลวดอุณหภูมิขดลวดที่เพิ่มสูงขึ้น และค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของขดลวดได้ก่อนการสร้างต้นแบบ

Helmholtz coil ต้นแบบที่สร้างขึ้นพบว่ามีค่าคงที่ k_s เท่ากับ 3.005 mT/A และค่าความไม่แน่นอนในการวัดเท่ากับ ± 0.04 % ($k = 2$) และมีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของค่าคงที่เท่ากับ $-1.2\times10^{-5}\,^{\circ}C^{-1}$ ซึ่งพัฒนาขึ้นมาอย่างมากเมื่อเทียบกับ Helmholtz coil ตัวปัจจุบันที่มีค่าคงที่เท่ากับ 1.725 mT/A ± 0.08 %

Abstract

This research describes design and construction of a Helmholtz coil for calibration of magnetic flux density measuring instruments at Magnetic Laboratory, National Institute of Metrology, Thailand. Square configuration of Helmholtz coils having wider field uniformity than the common circular configuration was chosen. This research proposes a quasi-analytical design, which considered the magnetic field inside the square Helmholtz coil was assembled from the magnetic fields produced by every pair of square loops, which had been analytically derived from the Biot-Savart law. Simulation results calculated by the proposed method showed good agreements with the finite element modelling. Furthermore, the coil resistance, temperature rise and temperature coefficient were estimated because the quasi-analytical design used the specifications of conductor wires directly as the input parameters.

The designed prototype has the coil constant k_s of 3.005 mT/A with the measurement uncertainty of ± 0.04 % ($k = 2$), and the temperature coefficient of the coil constant of -1.2×10^{-5} °C^{-1}. This shows a significant improvement compared to the existing Helmholtz coil, having coil constant of 1.725 mT/A ± 0.08 %.