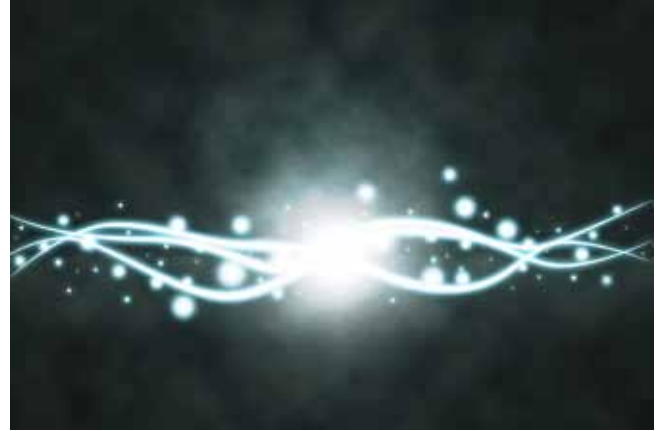


Helmholtz Coils

สำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก



● Introduction

สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Field) และความเป็นแม่เหล็ก (Magnetism) ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้น เช่น การตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (NDT: Non-destructive Test) ในโครงสร้างที่เป็นเหล็ก เช่น สะพาน ท่อส่งก๊าซ ด้วยวิธีสนามแม่เหล็กรั่วไหล (Magnetic Flux Leakage) [1] ระบบนำร่องของอากาศยานและเรือเดินสมุทรโดยใช้สนามแม่เหล็กโลก [2] การเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กในหม้อแปลงไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตและส่งจ่ายไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ และในรถยนต์ไฟฟ้าและลูกผสม (Hybrid Electric Vehicle) เครื่องช่วยฟังสำหรับคนพิการทางการได้ยิน การตรวจสอบภัยแผ่นดินไหวด้วยการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กในชั้นหิน [2] การวินิจฉัยโรคจากภาพที่ได้จากการเอ็กซเรย์ด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Resonance Imaging: MRI) และการรักษาโรคเกี่ยวกับระบบประสาท เช่น ไมเกรนและพาร์กินสัน โดยการกระตุ้นด้วยสนามแม่เหล็ก (Transcranial Magnetic Stimulation: TMS) [3] เป็นต้น

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้มาตรฐานการวัดทางด้านแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากการมีมาตรฐานดังกล่าวนั้น นอกจากจะส่งผลดีต่อการผลิตซึ่งทำให้ต้นทุนต่ำลงแล้ว การวัดที่มีมาตรฐานและถูกต้องแม่นยำนั้น ยังส่งผลต่อการพัฒนางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแม่เหล็กไฟฟ้าให้มีความถูกต้อง เชื่อถือได้อีกด้วย ยกตัวอย่างเครื่องมือสำหรับใช้วัดความเข้มของสนามแม่เหล็ก เช่น เกาส์มิเตอร์ (Gaussmeter) หรือเทสล่ามิเตอร์ (Teslameter) จะมีความจำเป็นอย่างยิ่งในปัจจุบัน เพื่อใช้สำหรับวัดและทดสอบสนามแม่เหล็กกระแสตรง (DC Magnetic Field) เช่น สนามแม่เหล็กตกค้างในอุตสาหกรรมเหล็ก สนามแม่เหล็กที่จ่ายให้วัสดุทางแม่เหล็กในชุดทดสอบคุณสมบัติทางแม่เหล็ก ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ ความเข้มสนามแม่เหล็กในเครื่อง MRI สำหรับเครื่องมือสนามแม่เหล็กกระแสสลับ (AC Magnetic Field) คาดว่า จะมีความจำเป็นในอนาคตสำหรับประเทศไทย ทั้งในด้านการแพทย์ เช่น ใช้วัดความเข้มสนามแม่เหล็กที่ผลิตจากเครื่อง TMS และในด้านสิ่งแวดล้อม เช่น สนามแม่เหล็กที่แผ่กระจายมาจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูง หรือรถไฟฟ้ามารวมถึงงานวิจัยทางการแพทย์ซึ่งใช้ในการตรวจสอบวัตถุระเบิด ซึ่งส่งผลทางด้านความมั่นคงของชาติอีกด้วย

บทความนี้จึงกล่าวถึงระบบสอบเทียบเครื่องมือวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก โดยใช้ Helmholtz Coils ที่เปิดให้บริการแก่ภาครัฐและเอกชนโดยห้องปฏิบัติการแม่เหล็กไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ นอกจากนี้บทความนี้ยังครอบคลุมถึงข้อควรคำนึงในการใช้ Helmholtz Coils ในการสอบเทียบ Gauss/Teslameter และแนวทางในการพิจารณาปรับปรุงระบบสอบเทียบดังกล่าวในอนาคต

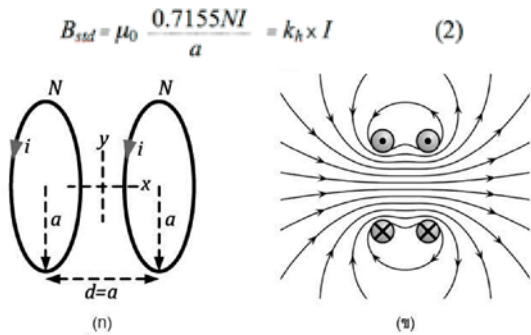
● Magnetic Field Measuring Device Calibration System using Standard Helmholtz Coils

การสอบเทียบเกาส์/เทสล่ามิเตอร์ในย่านการวัด 0.1mT-30mT จะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Standard Helmholtz Coils ข้อดีของเครื่องมือชนิดนี้จะสามารถรองรับทั้งหัววัดแบบ Axial probe และหัววัดแบบ Transverse Probe ในขณะที่ขดลวดแบบ Solenoid สามารถรองรับได้แค่หัววัดแบบ Axial probe เท่านั้น จากแผนภาพแสดงโครงสร้างของ Helmholtz Coils ในรูปที่ 1 (ก) ประกอบด้วยขดลวดวงกลมที่มีจำนวนรอบ N และรัศมี a โดยที่ระยะระหว่างขดลวดทั้งสองวางห่างกันเท่ากับรัศมี (d=a) ป้อนกระแส I ให้กับขดลวดทั้งสองแล้ว เส้นแรงแม่เหล็กของ Helmholtz Coils สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 (ข) ความเข้มสนามแม่เหล็กในแนวแกน x คำนวณได้จาก

$$B_x(x,0) = 4\mu_0 N I a^2 \left[\frac{1}{(4a^2 + (2x+a)^2)^{3/2}} + \frac{1}{(4a^2 + (2x-a)^2)^{3/2}} \right] \quad (1)$$

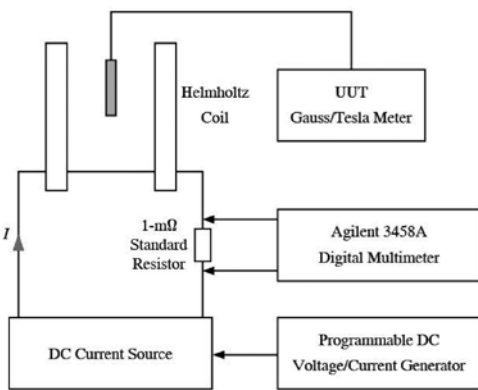
โดยที่ μ_0 คือค่า Permeability of free space ซึ่งมีค่าเท่ากับ $4\pi \times 10^{-7}$ H/m [4]

จากสมการที่ 1 ความเข้มของสนามแม่เหล็กค่ามาตรฐาน (B_{std}) ณ จุดศูนย์กลางของ Helmholtz Coils แปรผันตามค่าคงที่ของ Helmholtz Coils (K_h) และกระแส I ดังสมการต่อไปนี้



รูปที่ 1 (n) Helmholtz Coils, (ข) เส้นแรงแม่เหล็กใน Helmholtz Coils

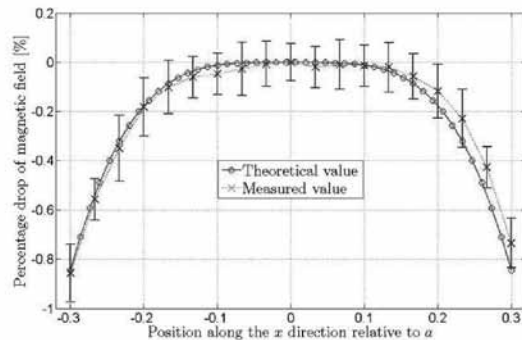
ระบบสอบเทียบเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กโดยใช้ Helmholtz Coils สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 ซึ่งรัศมีโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 เมตร โดยจะประกอบด้วยแหล่งจ่ายกระแสต่ออยู่กับ Helmholtz Coils เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กค่ามาตรฐาน B_{std} มีค่าคงที่ k_h มีค่าเท่ากับ $0.00172 \text{ T/A} \pm 4.08 \times 10^{-4}$ โดยกระแสสูงสุดที่ Helmholtz Coils รองรับได้ประมาณ 17.5 A ดังนั้นสนามแม่เหล็กมาตรฐาน B_{std} จึงมีค่าประมาณ 30 mT หัววัดของเครื่องมือที่ต้องการสอบเทียบ (Unit under test: UTT) ถูกวางไว้ ณ จุดศูนย์กลางของ Helmholtz Coils โดยที่สนามแม่เหล็กค่ามาตรฐานนี้สามารถคำนวณมาจากค่าคงที่ของ k_h และกระแส I โดยใช้ Digital multimeter (DMM) วัดแรงดันตกคร่อมที่ตัวต้านทานมาตรฐานเพื่อคำนวณหากระแสที่ไหลใน Helmholtz Coils และขนาดของสนามแม่เหล็กสามารถปรับค่าได้แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (Programmable DC Voltage/Current Generator)



รูปที่ 2 ระบบสอบเทียบเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กโดยใช้ Helmholtz Coils

● Field Uniformity in Standard Helmholtz Coils

นอกจากความเข้มของสนามแม่เหล็ก จุดศูนย์กลางของ Standard Helmholtz Coils แล้วความสม่ำเสมอของสนามแม่เหล็ก (Field Homogeneity) รอบๆ จุดศูนย์กลางก็มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนกว่ากัน เพื่อให้สามารถรองรับ Gauss/Tesla meter ที่ใช้หลักการของ Flux gate magnetometer ซึ่งมีหัววัดขนาดค่อนข้างใหญ่ จากผลการวัดของสนามแม่เหล็กในแนวแกน x ของ Helmholtz Coils เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากสมการที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3 จะเห็นได้สนามแม่เหล็กในช่วง ± 0.1 เมตร จากจุดศูนย์กลางมีค่าใกล้เคียงสนามแม่เหล็ก ณ ศูนย์กลาง ดังนั้นรูปที่ 3 จึงยืนยันได้ว่า Standard Helmholtz Coils สามารถสอบเทียบหัววัดที่มีความยาวได้ถึง 3 เซนติเมตร



รูปที่ 3 ผลการวัดสนามแม่เหล็กของ Helmholtz Coils ของห้องปฏิบัติการแม่เหล็กไฟฟ้าเปรียบเทียบกับค่าจากการคำนวณ (a=0.15m)

● Determination of Coil Constant

สิ่งที่ต้องคำนึงสูงสุดในระบบสอบเทียบ คือ ค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Uncertainty) สำหรับระบบสอบเทียบเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กนี้ค่าความไม่แน่นอนในการวัดส่วนใหญ่แล้วมาจากค่าคงที่ของตัว Helmholtz Coils เพื่อให้ได้ความไม่แน่นอนในการวัดที่มีค่าต่ำ เราจึงใช้ NMR Magnetometer ที่ถือว่าเป็น Primary Standard ดังรูปที่ 4 โดยหลักการทำงาน NMR Magnetometer จะบ่อนสัญญาณความถี่คลื่นวิทยุเพื่อให้โปรตอนในสารตัวอย่างที่บรรจุในหัววัดเกิดเรโซแนนซ์ ความถี่เรโซแนนซ์ที่เกิดขึ้นจะถูกวัดโดย Universal Counter เทียบกับความถี่มาตรฐาน $10\text{MHz} \pm 2 \times 10^{-13}$ จาก Atomic Cesium clock สนามแม่เหล็กใน Helmholtz Coils สามารถคำนวณได้จากความถี่เรโซแนนซ์ (ω) และค่า Gyromagnetic ratio ของโปรตอน γ_p เท่ากับ 2.675222099×10^8 ซึ่งเป็นค่ากลางที่แนะนำโดย Committee on Data for Science and Technology (CODATA) [5] ดังนี้

$$B_{std} = \frac{\omega}{\gamma_p} \quad (3)$$

อ่านต่อฉบับหน้า

ที่มา: จากวารสาร Metrology info Vol.13, No. 64 สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

เกาะ รอยญี่ปุ่นฉบับนี้ ขอค้นด้วยเรื่องราว เนื้อหา ที่กำลังเป็นประเด็นร้อน ๆ ของบริษัทยักษ์ใหญ่ผู้นำทางด้านเทคโนโลยี และนวัตกรรมจากญี่ปุ่น ภายใต้แบรนด์โซนี่ ซึ่งปัจจุบันถูกท้าทายขีดความสามารถทางการแข่งขันจากผู้ผลิตรายใหม่ ทำให้ผลประกอบการของโซนี่ขาดทุนมาอย่างต่อเนื่อง ล่าสุดโซนี่ประกาศเปลี่ยนแปลงปฏิรูปตนเองเพื่อความอยู่รอด ไปติดตามกันว่าโซนี่จะสามารถคว้าโอกาสครั้งนี้ได้หรือไม่ ...

สำหรับท่านที่ติดตามเรื่องราวการสรุปประเด็นสำคัญจากหนังสือ “พนักงานที่แกร่งสุด” ตามวิถีโตโยต้า ได้รับการพัฒนามาเช่นนี้” ติดตามอ่านบทสรุปสุดท้าย ที่จะกล่าวถึงการทำงานโดยมุ่งสร้างความยอมรับและเข้าใจ แทนที่จะใช้อำนาจในการสั่งการได้ในฉบับต่อไป

โซนี่ ต้นแบบบริษัทนวัตกรรมของญี่ปุ่น

โซนี่ เป็นบริษัทญี่ปุ่นซึ่งมีลักษณะการทำธุรกิจที่มีความเป็นตัวของตัวเองและมีนวัตกรรมสูง บริษัทนี้ก่อตั้งโดย อะกิโอะ โมริตะและมาซารุ อิบุกะ บุคลิกของบริษัทที่เน้นความเป็นผู้นำทางเทคโนโลยีและการสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ บ่งบอกมาอย่างชัดเจนจากคำพูดของ อิบุกะ ซึ่งเป็นกำลังหลักในการพัฒนาเทคโนโลยีที่ว่า “ในตอนที่ยield rate (yield rate) ของทรานซิสเตอร์เป็น 5% กล่าวคือ ผลิตออกมาร้อยละ

ใช้ได้จริงเพียงห้าชิ้นนั้น ผมก็ตัดสินใจที่จะทำการผลิตทีวี (ทรานซิสเตอร์) ทันที หากเป็นนักธุรกิจธรรมดาทั่วไป คงไม่มีใครกล้าวางแผน ซึ่งดูบ้าบิ่นเช่นนี้ แต่เนื่องจากผมเห็นว่า มีหนทางปรับปรุงอัตราผลผลิตให้ได้ชิ้นแน่นอน จึงกล้าตัดสินใจอย่างเด็ดเดี่ยวเช่นนั้น... หากในตอนนั้นเราเอาแต่มองดูว่าสหรัฐฯ ทำสำเร็จหรือไม่ หรือเหลียวดูว่ายุโรปตัวเลขผลผลิตเป็นอย่างไร เราคงไม่มีทางได้เห็นภาพที่ญี่ปุ่นเติบโตมาเป็นเจ้าอาณาจักรวิทยุทรานซิสเตอร์ได้หรอก..”

นั่นคือจุดเริ่มต้นของโซนี่ บริษัทผู้บุกเบิกสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ในวงการผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ ผลงานสำคัญต่างๆ ที่ยังเป็นที่ยึดใจของผู้ใช้สินค้าแบรนด์นี้ มีตั้งแต่ วิทยุทรานซิสเตอร์ Walkman, Beta-max, playstation เป็นต้น

มาวันนี้ โซนี่จะแก่ชรา ร่วงโรยไปจากบริษัทเกิดใหม่ที่เคยกระฉับกระเฉงไปมาก ผลประกอบการกลุ่มบริษัทของโซนี่เริ่มประสบภาวะซบเซาและขีดความสามารถทางการแข่งขันเริ่มถูกท้าทาย ทางด้านโทรทัศน์ ซึ่งโซนี่เคยเป็นเจ้าของตลาดมานาน ก็ถูกท้าทายจากซัมซุงและผลิตภัณฑ์ราคาถูกจากจีน ทางด้านธุรกิจเกมส์ก็มีคู่แข่งใหม่ๆ เพิ่มขึ้น เช่น นินเทนโด เป็นต้น ธุรกิจที่ดูจะมียอดการสาหัสที่สุด คงเป็นกลุ่มโทรทัศน์ซึ่งมีผลประกอบการขาดทุนต่อเนื่องมาตั้งแต่ปีโซนี่พยายามทำการปฏิรูประบบบริหาร เพื่อที่จะสามารถหลุดพ้นจากวังวนที่ต่ำเตี้ยลง แต่ก็ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร จนวันนี้ ผู้บริหารสูงสุดคนใหม่

“โอกาสของการเปลี่ยนแปลง คือต้องลงมือเดี๋ยวนี้เท่านั้น” โซนี่จะสามารถปฏิรูปตนเองเพื่อความอยู่รอดสำเร็จหรือไม่?

พ.ศ. ประยูร เชี่ยววัฒนา

นายกสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

prayoon2554@gmail.com



สองผู้ก่อตั้งบริษัทโซนี่