

บทที่ 4

ผลกระทบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่มีต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เนื่องจากอุปกรณ์ที่ได้รับผลกระทบจากสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กนั้นอยู่ใกล้กับระบบสายส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ดังนั้นจึงได้ทำการสำรวจวัดค่าที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 เพื่อให้การศึกษาผลกระทบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่มีต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ผลชัดเจน แหล่งกำเนิดสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่จำลองขึ้นเพื่อทำการทดลองในห้องปฏิบัติการควรจะครอบคลุมได้ โดยการศึกษาได้แยกเป็น 2 ส่วน คือ ผลกระทบของสนามไฟฟ้า และผลกระทบของสนามแม่เหล็ก

4.1 ผลกระทบของสนามไฟฟ้า

วิธีการทดลองในส่วนนี้ได้ใช้สายส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดสนามไฟฟ้า โดยได้ทำการติดตั้งสายส่ง สายควบ 4 เส้น ที่ใช้ในการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าระบบ 500 kV ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.19 ซึ่งสามารถควบคุมขนาดแรงดันเพื่อสร้างสนามไฟฟ้าได้ ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ ในที่นี้ได้แก่ จอคอมพิวเตอร์ ไว้ได้ตรงกึ่งกลางสายส่ง เพิ่มแรงดันจนถึง 60 kV จากตารางที่ 3.3 สนามไฟฟ้าที่ค่าแรงดันระดับนี้มีค่าเกิน 8 kV/m ซึ่งมีค่าสูงกว่าสถานที่ส่วนใหญ่ที่ได้ไปทำการวัดสนามไฟฟ้า และจอคอมพิวเตอร์ยังปกติอยู่ คือ ไม่มีอะไรเกิดขึ้นกับจอคอมพิวเตอร์ทั้งสิ้น และจากการวัดซ้ำอีกครั้งหนึ่ง ได้ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่แรงดัน 60 kV เท่ากับ 8.524 kV/m จึงได้ทดลองกับจอคอมพิวเตอร์อีก 2 เครื่องพบว่าได้ผลเหมือนกับจอคอมพิวเตอร์เครื่องแรกจากการทดลองสามารถบอกได้ว่าสนามไฟฟ้าไม่เกิน 8 kV/m ไม่มีผลต่อจอคอมพิวเตอร์

4.2 ผลกระทบของสนามแม่เหล็ก

ผลกระทบของสนามแม่เหล็กในที่นี้จะทำการศึกษาวิจัยจากสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการ

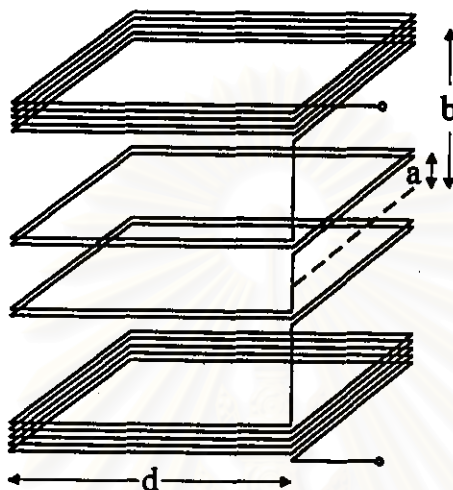
4.2.1 การสร้างสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ

การสร้างสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอสามารถทำได้หลายวิธี ในที่นี้จะใช้ขดลวด Helmholtz coil [18] เป็นตัวสร้าง

4.2.1.1 ขดลวด Helmholtz coil และการออกแบบสร้าง

ขดลวด Helmholtz coil เป็นขดลวดซึ่งสามารถสร้างสนามแม่เหล็กแบบสม่ำเสมอ ขดลวดนี้ประกอบด้วยขดลวดวงกลมเพียงไม่กัซด อย่างไรก็ตามสำหรับขดลวดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

ใหญ่กว่า 50 cm นิยมสร้างเป็นขดลวดสี่เหลี่ยมสอง สามหรือสี่ ... ขดก็ได้ ขึ้นอยู่กับว่าต้องการขนาด ปริมาตรของความสม่ำเสมอมากน้อยเพียงไร ถ้าต้องการขนาดปริมาตรของความสม่ำเสมอยิ่งใหญ่มากเท่าไรก็ต้องจะสร้างขดลวดที่มีขนาดใหญ่และมีจำนวนชั้นของขดลวดสี่เหลี่ยมมากขึ้น งานวิจัยนี้ใช้ระบบ 4 ขดลวด ซึ่งก็ครอบคลุมปริมาตรของความสม่ำเสมอที่เพียงพอต่อการทดลอง รูปที่ 4.1 แสดงขดลวด Helmholtz coil แบบมีขดลวดสี่เหลี่ยม 4 ขด



รูปที่ 4.1 Helmholtz coil ที่มีขดลวดสี่เหลี่ยม 4 ขด

โดยการกระจายสมการของเทเลอร์ (Taylor-series expansion) สำหรับความหนาแน่น ฟลักซ์แม่เหล็ก $B(x)$ สามารถที่จะหาค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบขดลวด Helmholtz coil ออกมาได้ เนื่องจากขดลวดที่ต้องการจะออกแบบให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนาแน่น ฟลักซ์แม่เหล็กกรอบ ๆ จุดกึ่งกลางของขดลวดจะมีค่าสมมาตรกัน ดังนั้นฟังก์ชันที่จึงไม่ต้องนำมาคิด ระบบขดลวดสี่เหลี่ยม 4 ขด จะสามารถกระจายสมการของเทเลอร์ได้ถึงฟังก์ชันที่ 6 และได้เป็นสมการ 4.1 ออกมา [18]

$$\left. \frac{d^2 B}{dx^2} \right|_{x=0} = \left. \frac{d^4 B}{dx^4} \right|_{x=0} = \left. \frac{d^6 B}{dx^6} \right|_{x=0} = 0 \quad (4.1)$$

จากสมการที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 สามารถแก้สมการโพลิโนเมียล ได้ดังนี้

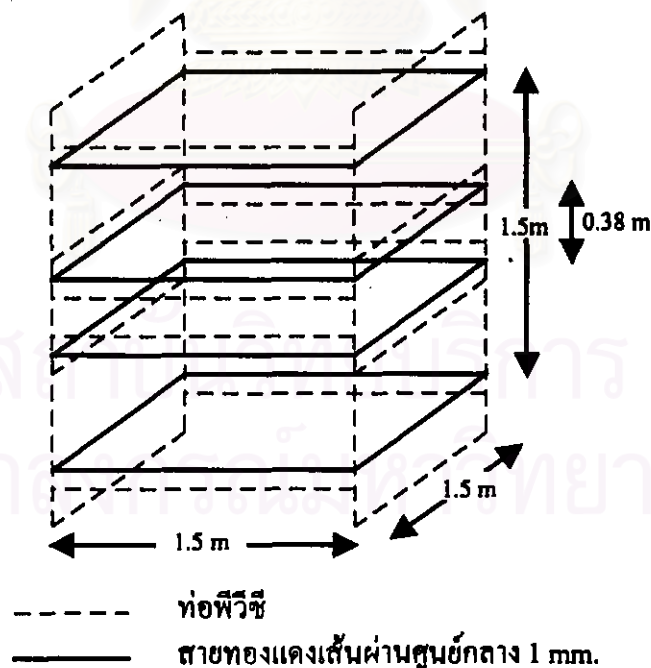
$$\frac{a}{d} = 0.128 \quad (4.2)$$

$$\frac{b}{d} = 0.505 \quad (4.3)$$

$$\frac{l}{l} = 0.424 \quad (4.4)$$

- โดยที่ a คือ ระยะห่างระหว่างระนาบตรงกลางของขดลวดกับขดลวดคู่ใน รูปที่ 4.1
 b คือ ระยะห่างระหว่างระนาบตรงกลางของขดลวดกับขดลวดคู่นอก รูปที่ 4.1
 d คือ ความกว้างของขดลวด
 I' และ N' คือ กระแสไฟฟ้า และจำนวนรอบของขดลวดคู่ใน
 I และ N คือ กระแสไฟฟ้า และจำนวนรอบของขดลวดคู่นอก

การออกแบบสร้างขดลวด Helmholtz coil ที่มี 4 ขดลวด ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดให้ d มีความยาวเท่ากับ 1.5 เมตร โดยใช้ขนาดของอุปกรณ์ทดสอบในที่นี่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวอ้างอิง และเป็นความกว้างของขดลวดที่ไม่เล็กเกินไป และมีปริมาตรความสม่ำเสมอของความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กเพียงพอที่จะทำการทดลองในงานวิจัยนี้ ดังนั้นจากสมการที่ 4.2 และ 4.3 ได้ a และ b เท่ากับ 0.19 และ 0.75 เมตร ตามลำดับ อัตราส่วนระหว่าง I' กับ I ดังแสดงในสมการที่ 4.4 สามารถเทียบเป็นอัตราส่วนของ N' กับ N เมื่อ N' และ N คือจำนวนรอบของขดลวดคู่ในและคู่นอกตามลำดับ และกำหนดให้เป็น 44 / 104 รอบ เพราะจำนวนรอบขดลวดขนาดนี้สามารถสร้างความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กได้สูงมากพอสมควร คือ 3 G โดยป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดเพียง 2 A เมื่อตัวแปรต่าง ๆ ของขดลวดสามารถหาออกมาได้แล้วก็สามารถสร้างขดลวด Helmholtz coil ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 โครงสร้างของ Helmholtz coil

4.2.1.2 การคำนวณสนามแม่เหล็กภายในขดลวด Helmholtz coil

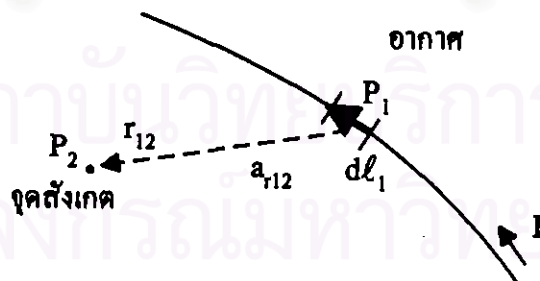
ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก H สามารถคำนวณได้โดยใช้กฎของ Biot-Savart เนื่องจากขดลวด Helmholtz coil มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส สมมติให้กระแสไฟฟ้า I ไหลในเส้นลวด ซึ่งแบ่งเป็นความยาวเวกเตอร์ดิฟเฟอเรนเชียล (differential vector length, $d\ell$) ดังแสดงในรูปที่ 4.3 กฎของ Biot-Savart อธิบายว่า ถ้าให้ P_1 เป็นตำแหน่งของส่วนประกอบย่อยดิฟเฟอเรนเชียล ที่ตำแหน่ง P_2 ใด ๆ ขนาดความเข้มสนามแม่เหล็ก ซึ่งสร้างโดยส่วนประกอบย่อยดิฟเฟอเรนเชียลนี้ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่ากระแสไฟฟ้า ความยาวดิฟเฟอเรนเชียล และค่าไซน์ของมุมระหว่างเส้นแนวของส่วนประกอบย่อยกับเส้นที่ลากจากส่วนประกอบย่อยไปยังตำแหน่ง P_2 อย่างไรก็ตามขนาดของความเข้มสนามแม่เหล็ก จะเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทางจากส่วนประกอบย่อยดิฟเฟอเรนเชียลถึงตำแหน่ง P_2 ยกกำลังสอง ทิศทางของความเข้มสนามแม่เหล็ก จะเป็นไปตาม กฎมือขวา

จากที่กล่าวมาข้างต้น โดยใช้กฎของ Biot-Savart สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ [19]

$$d\vec{H} = \frac{I d\vec{\ell} \times \vec{a}_r}{4\pi r^2} \quad (4.5)$$

โดยที่ $1/4\pi$ เป็นค่าคงตัวค่าหนึ่ง และ H สามารถคำนวณได้จากการอินทิเกรตสมการที่ 4.5 ดังนี้

$$\vec{H} = \int \frac{I d\vec{\ell} \times \vec{a}_r}{4\pi r^2} \quad (4.6)$$

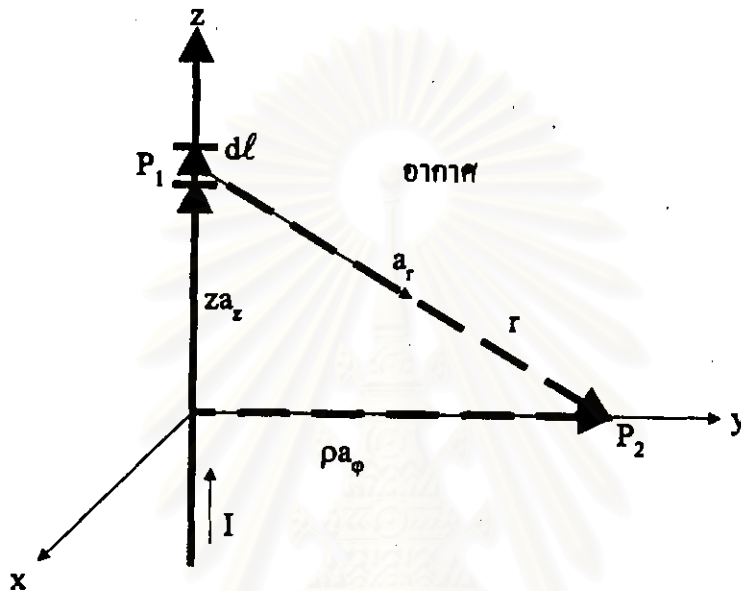


รูปที่ 4.3 ความเข้มสนามแม่เหล็กที่แพร่ออกมาจากเส้นลวดตัวนำ

จากรูปที่ 4.3 ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่ง P_2 สามารถหาได้จากสมการที่ 4.7 และ 4.8

$$d\vec{H}_2 = \frac{I d\vec{\ell}_1 \times \vec{a}_{r12}}{4\pi r_{12}^2} \quad (4.7)$$

$$\vec{H}_2 = \int \frac{I d\vec{\ell}_1 \times \vec{a}_{r12}}{4\pi r_{12}^2} \quad (4.8)$$



รูปที่ 4.4 สายตัวนำซึ่งมีความยาวเป็นอนันต์และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

ถ้าสายตัวนำมีความยาวเป็นอนันต์และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ดังแสดงในรูปที่ 4.4 เมื่อพิจารณาถึงความสมมาตรของสนามแม่เหล็ก ความเข้มสนามแม่เหล็กในทิศทางแกน Z และ มุม ϕ (มุมระหว่างเส้นตรงที่ทำมุมกับแกน Z) จะหักล้างกันหมด P_2 เป็นจุดพิจารณาบนระนาบ $Z = 0$ เมื่อพิจารณาสมการที่ 4.7 และรูปที่ 4.4 จะได้

$$d\vec{\ell} = dz\vec{a}_z$$

$$\vec{r}_{12} = \rho\vec{a}_\phi - z\vec{a}_z$$

$$\vec{a}_{r12} = \frac{\rho\vec{a}_\phi - z\vec{a}_z}{\sqrt{\rho^2 + z^2}}$$

ดังนั้นสมการที่ 4.7 และ 4.8 สามารถเขียนได้ใหม่เป็น

$$\begin{aligned}
 d\vec{H}_2 &= \frac{I dz \vec{a}_z \times (\rho \vec{a}_\phi - z \vec{a}_z)}{4\pi(\rho^2 + z^2)^{3/2}} \\
 \vec{H}_2 &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{I dz \vec{a}_z \times (\rho \vec{a}_\phi - z \vec{a}_z)}{4\pi(\rho^2 + z^2)^{3/2}} \\
 &= \frac{I}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\rho dz \vec{a}_\phi}{(\rho^2 + z^2)^{3/2}} \quad (4.9)
 \end{aligned}$$

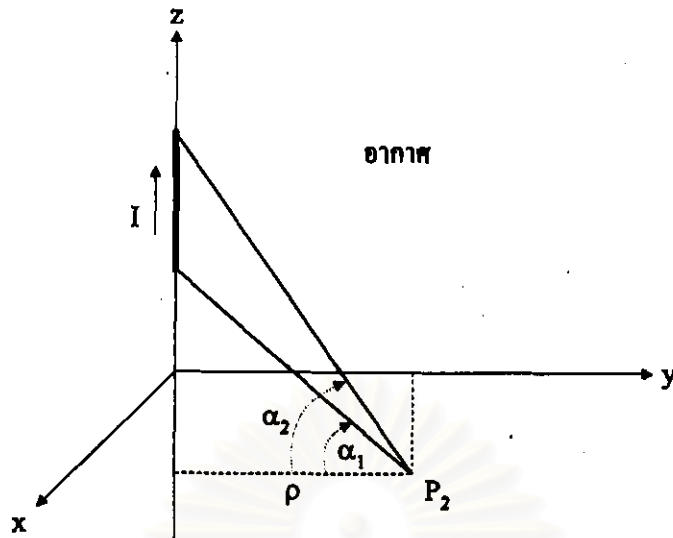
การอินทิเกรตจะกระทำบนแนวแกน Z และ a ก็ไม่ขึ้นอยู่กับ Z หรือ ϕ ดังนั้นจะได้ค่า H_2 ดังแสดงในสมการที่ 4.10

$$\begin{aligned}
 \vec{H}_2 &= \frac{I \rho \vec{a}_\phi}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dz}{(\rho^2 + z^2)^{3/2}} \\
 &= \frac{I \rho \vec{a}_\phi}{4\pi} \cdot \frac{z}{\rho^2 \sqrt{\rho^2 + z^2}} \Big|_{-\infty}^{\infty} \quad (4.10)
 \end{aligned}$$

สมการที่ 4.10 มีความหมายว่าขนาดความเข้มสนามแม่เหล็กไม่ได้เป็นฟังก์ชันของ ϕ หรือ z แต่จะแปรผกผันกับระยะห่าง ρ จากสายไฟฟ้า จะได้ความเข้มสนามแม่เหล็กรอบสายตัวนำที่มีความยาวเป็นอนันต์ ดังแสดงในสมการที่ 4.11

$$\vec{H}_2 = \frac{I}{4\pi\rho} \vec{a}_\phi \quad (4.11)$$

ในการคำนวณค่าความเข้มสนามแม่เหล็กซึ่งสร้างโดยขดลวด Helmholtz coil ขนาด 1.5×1.5 m. จะพิจารณาที่ละเส้นซึ่งทราบความยาวแน่นอนจะต้องทำการประยุกต์สมการ 4.10 ใหม่ คือ เทอม $\frac{z}{\sqrt{\rho^2 + z^2}}$ สามารถแทนได้ด้วย $\sin\alpha$ ดังรูปที่ 4.5 ดังนั้นสมการ 4.9 สามารถเขียนได้ใหม่ ดังสมการที่ 4.12



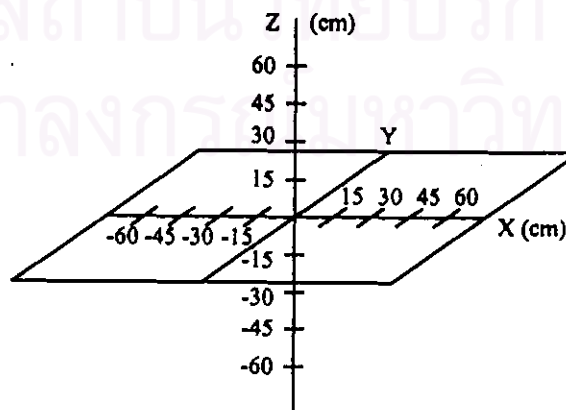
รูปที่ 4.5 สายตัวนำซึ่งมีความยาวแน่นอน

$$\vec{H}_2 = \frac{I}{4\pi\rho} (\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1)\vec{a}_\phi \quad (4.12)$$

จากรูปที่ 4.5 ถ้าปลายข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้างของสายตัวนำอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าจุด P_2 ค่า α_1 หรือทั้ง α_1 และ α_2 จะเป็นค่าลบ โดยใช้สมการที่ 4.12 จะสามารถคำนวณค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่ทุก ๆ จุดในขดลวด Helmholtz coil ได้

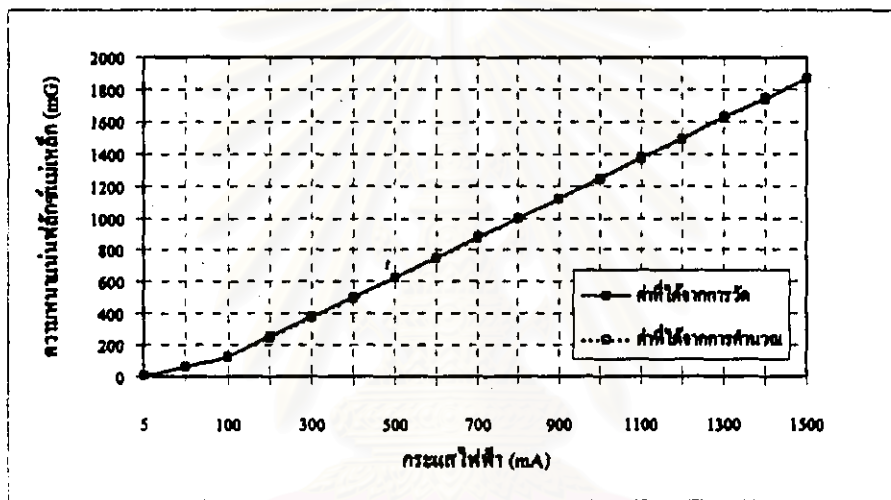
4.2.1.3 สนามแม่เหล็กซึ่งสร้างโดยขดลวด Helmholtz coil

หลังจากสร้างขดลวด Helmholtz coil เสร็จแล้ว จะต้องทำการพิสูจน์ว่าใช้งานได้หรือไม่ ดังนั้นการคำนวณโดยใช้กฎของ Biot-Savart ซึ่งได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่แล้ว จะนำมาเปรียบเทียบกับ การวัดโดยตรง รูปที่ 4.6 แสดงตำแหน่งที่ทำการวัดและคำนวณ

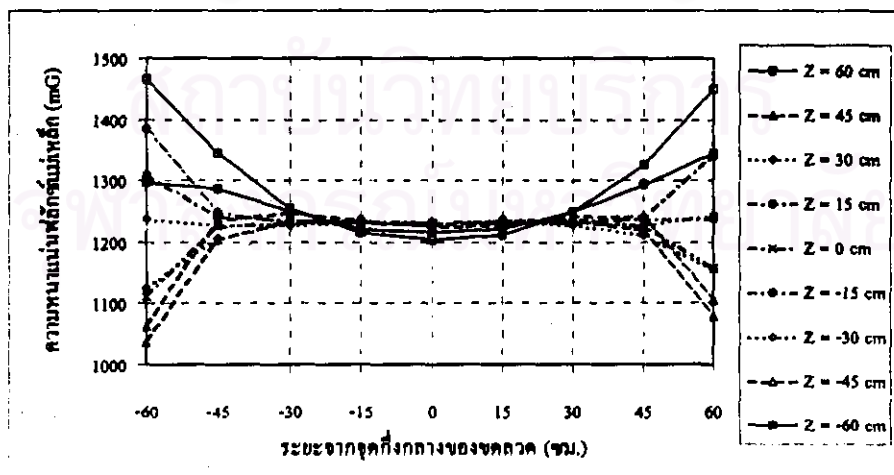


รูปที่ 4.6 ตำแหน่งที่ทำการวัดและคำนวณ

จากรูปที่ 4.6 ได้ทำการวัดและคำนวณที่ความสูงต่าง ๆ บนแกน Z โดยที่แต่ละความสูง Z จะวัดและคำนวณที่ทุก ๆ ระยะ 15 cm บนแกน X ซึ่งจะมีค่าเท่ากับทุกระยะ 15 cm บนแกน Y ในการวัดได้ใช้ Magnetic field meter EMDEX-II ซึ่งจะนำผลการวัดตามทิศทางของทั้ง 3 แกนมาเฉลี่ยเป็นค่า rms นั้นหมายถึงไม่ว่าจะตั้งมิเตอร์อย่างไรก็จะได้ผลการวัดออกมาเท่ากัน ในการวัดที่ทุกตำแหน่งจะวัดทั้งหมด 3 ครั้งและนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องที่สุด ได้ผลการวัดดังแสดงในรูปที่ 4.7 และ 4.8 โดยรูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดและการคำนวณค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก เมื่อกระแสในขดลวดเพิ่มขึ้นถึง 1.5 A รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ของความสม่ำเสมอของความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กที่สร้างโดยขดลวด Helmholtz coil ในปริมาตรขนาดใหญ่ตรงกลางขดลวด



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กกับกระแสไฟฟ้า
เปรียบเทียบกับผลของการคำนวณ



รูปที่ 4.8 ผลการวัดความสม่ำเสมอของความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กในขดลวด Helmholtz coil

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวด Helmholtz coil ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กที่จุดกึ่งกลางขดลวดจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่ากระแสไฟฟ้าในขดลวดที่เพิ่มขึ้น ส่วนในรูปที่ 4.8 แสดงให้ทราบว่าในปริมาตรทรงกลมรัศมี 30 ซม. รอบจุดกึ่งกลางขดลวด ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กจะมีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอ นั่นหมายความว่าอุปกรณ์ทดสอบที่ติดตั้งภายในปริมาตรนี้จะได้รับปริมาณความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กเท่ากันหมดทุกส่วน สำหรับที่ระยะห่างเกิน 30 ซม. จากจุดกึ่งกลางของขดลวด ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กไม่สามารถเสริมหรือหักล้างกันให้เกิดความสม่ำเสมอได้ ดังนั้นการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบจึงต้องติดตั้งเฉพาะในบริเวณรัศมี 30 ซม. รอบจุดกึ่งกลางขดลวดเท่านั้น

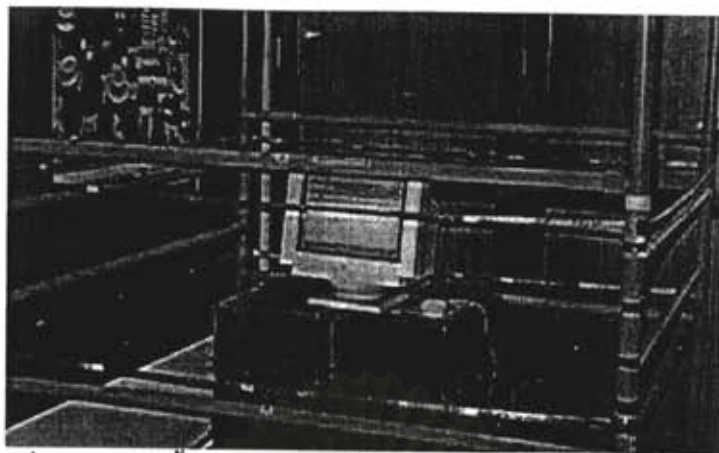
4.2.2 วิธีการทดลอง

การศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่มีต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ได้ใช้จอกคอมพิวเตอร์และเครื่องวัดอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆเป็นอุปกรณ์ทดสอบ โดยวางอุปกรณ์ทดสอบไว้ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของขดลวด Helmholtz coil ซึ่งตรงตำแหน่งกึ่งกลางนี้ อุปกรณ์ทดสอบจะได้รับปริมาณสนามแม่เหล็กเท่ากันหมดทุกส่วน เพราะเป็นตำแหน่งที่มีความสม่ำเสมอของสนามแม่เหล็ก เมื่อทำการจ่ายกระแสเข้าขดลวด จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นภายในขดลวด จะเห็นว่าที่ควมหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กค่าหนึ่งเริ่มสังเกตเห็นผลกระทบของสนามแม่เหล็กบนอุปกรณ์ทดสอบ โดยการทดลองจะทำการเพิ่มค่ากระแสที่ป้อนเข้าขดลวด Helmholtz coil แล้วบันทึกค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กที่เริ่มทำให้ตัวเลขและตัวอักษรบนหน้าจอกคอมพิวเตอร์เริ่มสั่น หรือทำให้ตัวเลขบนเครื่องวัดอิเล็กทรอนิกส์เริ่มไม่คงที่ ค่าดังกล่าวนี้คือค่าวิกฤติของสนามแม่เหล็กที่เริ่มมีผลกระทบต่ออุปกรณ์ทดสอบ แต่เนื่องจากสายตาของคนแต่ละคนมองเห็นตำแหน่งที่ตัวเลขและตัวอักษรบนอุปกรณ์ทดสอบเริ่มสั่นไม่เหมือนกัน ดังนั้นจะใช้วิธีให้คนดูที่อุปกรณ์ทดสอบทีละคน จำนวน 20 คน เพื่อบันทึกผลเป็นสถิติ

4.2.3 ผลการทดลอง

4.2.3.1 จอกคอมพิวเตอร์

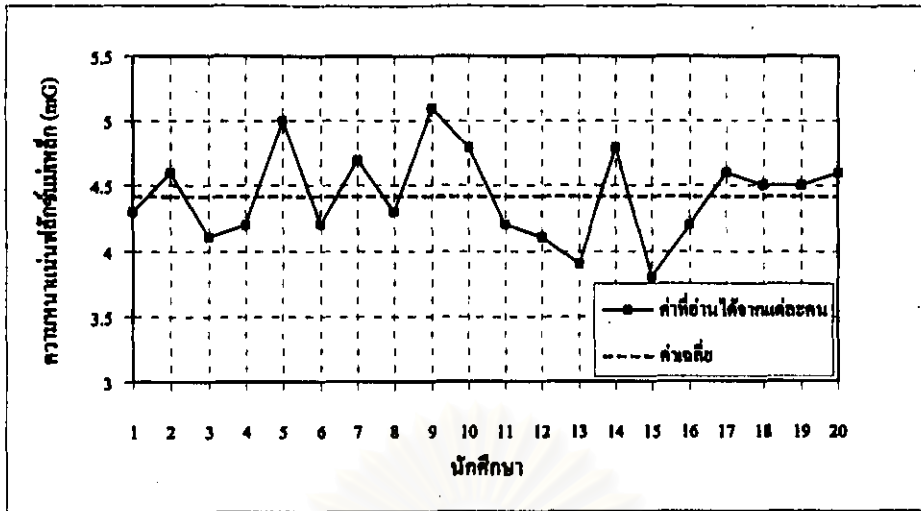
จากการทดลองกับจอกคอมพิวเตอร์ 9 เครื่อง โดยป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวด Helmholtz coil แล้วบันทึกค่าวิกฤติของสนามแม่เหล็กที่เริ่มมีผลกระทบต่อจอกคอมพิวเตอร์ จากการสังเกตของนักศึกษา 20 คน โดยทำการติดตั้งจอกคอมพิวเตอร์ทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4.9 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1 และได้ยกตัวอย่างผลการทดลองกับจอกคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง ไว้ในรูปที่ 4.10 และ 4.11



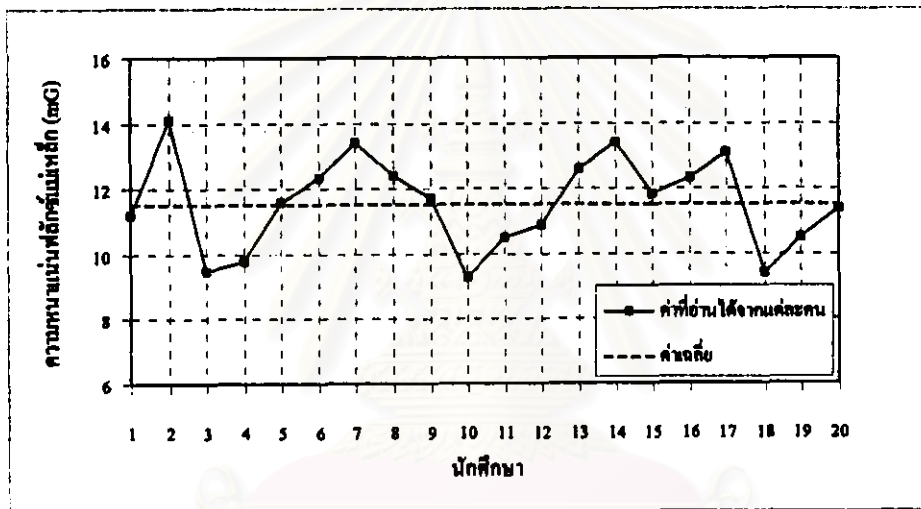
รูปที่ 4.9 การติดตั้งจอกอมฟิวเตอร์ทดสอบในขดลวด Helmholtz coil

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่มีต่อจอกอมฟิวเตอร์

ชนิด	ค่าสนามแม่เหล็กวิกฤติของจอกอมฟิวเตอร์แต่ละเครื่อง (mG)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4.4	12.2	4.2	8.4	4.3	4.6	9.2	10.6	11.2
2	4.6	6.5	4.3	8.8	4.6	4.2	9.8	9.4	14.1
3	4.8	8	4.6	7.5	4.1	4.3	10.6	12.5	9.5
4	4.4	6.4	4.4	12.4	4.2	4	12.6	11.3	9.8
5	4.2	6	4.8	8.4	5	3.8	9.6	9.5	11.6
6	3.4	10.2	3.9	10.6	4.2	5.1	10.3	10.4	12.3
7	5.9	5.5	4.3	13.8	4.7	4.8	14.3	13.2	13.4
8	6.8	6.9	4.6	18.2	4.3	4.6	12.5	12.5	12.4
9	6.1	11.1	4.2	9.6	5.1	4.9	9.3	11.1	11.7
10	5.9	8.7	4.8	10.3	4.8	4.6	10.3	9.8	9.3
11	6.6	6.9	4.7	10.6	4.2	4.1	10.7	11.2	10.5
12	4.9	7.3	4.5	11.2	4.1	5.2	11.6	13.6	10.9
13	4.1	8.8	4.1	8.4	3.9	4.7	9.9	11.4	12.6
14	5.9	8.7	4.3	9.3	4.8	4.8	11.6	10.9	13.4
15	6.5	9.6	4.4	10.1	3.8	4.3	13.6	11.4	11.8
16	6.6	7.2	4.4	12.2	4.2	4.5	12.8	12.6	12.3
17	4.9	8.3	4.6	9.7	4.6	4.4	14.3	11.3	13.1
18	5.3	6.7	4.5	11.5	4.5	4.5	9.7	9.6	9.4
19	5.4	7.5	4.8	8.5	4.5	4.8	10.4	10.3	10.5
20	4.7	9.1	5	9.6	4.6	4.6	11.3	11.2	11.4
ค่าเฉลี่ย	5.27	8.08	4.47	10.46	4.43	4.54	11.22	11.19	11.56



รูปที่ 4.10 ค่าสนามแม่เหล็กวิกฤติของจอกอมพิวเตอร์เครื่องที่ 5

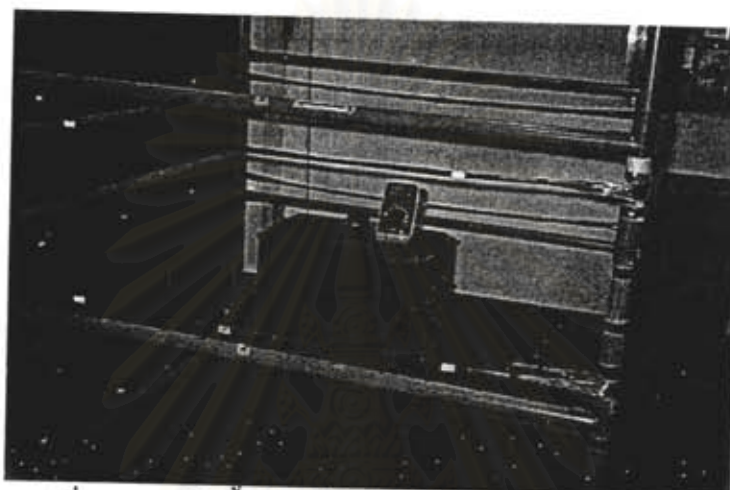


รูปที่ 4.11 ค่าสนามแม่เหล็กวิกฤติของจอกอมพิวเตอร์เครื่องที่ 9

จากจอกอมพิวเตอร์ทั้งหมด 9 เครื่องที่ใช้ในการทดลองนี้ จอกอมพิวเตอร์เครื่องที่ 5 จะเป็นเครื่องที่ทนต่อการรบกวนของสนามแม่เหล็กได้ต่ำที่สุด นั่นคือ 4.43 mG (รูปที่ 4.10) และจอกอมพิวเตอร์เครื่องที่ 9 จะเป็นเครื่องที่ทนต่อการรบกวนของสนามแม่เหล็กได้สูงที่สุด คือ 11.56 mG (รูปที่ 4.11) การใช้จอกอมพิวเตอร์สำหรับการศึกษาในเรื่องนี้ก็เนื่องจากจอกอมพิวเตอร์จะเป็นส่วนที่มีความไวต่อสนามแม่เหล็กมากที่สุด นั่นคือ ก่อนที่สนามแม่เหล็กจะรบกวนส่วนอื่น ๆ ก็ จะรบกวนส่วนจอกอมพิวเตอร์ก่อน จากการทดลองจะเห็นว่าจอกอมพิวเตอร์คนละรุ่นคนละยี่ห้อ จะทนต่อสนามแม่เหล็กได้ไม่เท่ากัน นั่นหมายความว่าจอกอมพิวเตอร์แต่ละยี่ห้อจะมีการออกแบบเพื่อป้องกันสนามแม่เหล็กได้ไม่เหมือนกัน

4.2.3.2 เครื่องวัดอิเล็กทรอนิกส์

จากปัญหาที่เกิดขึ้นกับจอกอมพิวเตอร์ ทำให้เกิดความคิดว่าเครื่องวัดอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ออสซิลโลสโคป มิเตอร์วัดค่าต่างๆ ฯลฯ ก็น่าจะถูกรบกวนได้โดยสนามแม่เหล็กเช่นกัน จึงได้ลองนำมิเตอร์วัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าทั่วไปมาทดลองดู โดยได้ติดตั้งมิเตอร์ทดสอบ และ EMDEX-II ไว้ที่กึ่งกลางขดลวด Helmholtz coil ดังรูปที่ 4.12 และได้ทำการป้อนค่าแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าให้กับมิเตอร์ทดสอบโดยใช้ Multiproduct Calibrator ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.12 การติดตั้งมิเตอร์ทดสอบในขดลวด Helmholtz coil



รูปที่ 4.13 Multiproduct Calibrator (ซ้าย) และ Variac (ขวา)

จากการทดสอบกับมิเตอร์ทั้งหมด 7 เครื่อง โดยเปลี่ยนโหมดการวัด ทั้งแรงดัน AC, DC กระแสไฟฟ้า AC, DC ความต้านทาน ฯลฯ พบว่า มิเตอร์ 3 เครื่องไม่ได้รับผลกระทบจากสนามแม่เหล็ก ทั้งๆที่ป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวด Helmholtz coil เต็มที่ และสร้างสนามแม่เหล็กได้ 3500 mG ซึ่งในทางปฏิบัติจากที่เคยทำการสำรวจในหลายบริเวณ ไม่มีที่ใดที่มีค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่

เหล็กสูงเกิน 3500 mG ยกเว้นที่เดียว คือที่สถานีไฟฟ้าแรงสูงท่าตะโก จ.นครสวรรค์ มีความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงถึง 14 G ส่วนมิเตอร์อีก 4 เครื่อง เครื่องที่ทนสนามแม่เหล็กได้น้อยที่สุดทนได้ 316.8 mG ส่วนเครื่องที่ทนได้มากที่สุดทนได้ 2092 mG ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับมิเตอร์ทดสอบเกิดขึ้นเฉพาะในโหมดการวัดกระแสไฟฟ้า AC เท่านั้น โดยค่าที่อ่านได้จากหน้าปัดของมิเตอร์ทดสอบ จะมีลักษณะกว้างเพิ่มพุดๆ ไม่ทราบว่าคุณค่าไหนคือค่าที่ถูกต้อง เมื่อทำการหาข้อมูลของมิเตอร์ทั้ง 7 เครื่อง พบว่ามีเตอร์ 3 เครื่องที่ไม่ได้รับผลกระทบจากสนามแม่เหล็กได้รับมาตรฐาน IEC 1010 [20] ส่วนอีก 4 เครื่องที่มีปัญหาไม่ได้รับมาตรฐานดังกล่าว

นอกจากนี้ยังได้ทดสอบกับออสซิลโลสโคปจำนวน 3 เครื่อง โดยติดตั้งและป้อนค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า เช่นเดียวกับกรณีของการทดสอบมิเตอร์ จากการทดสอบพบว่า ออสซิลโลสโคปทั้ง 3 เครื่อง ไม่ได้รับผลกระทบใดๆจากสนามแม่เหล็กความหนาแน่น 3500 mG เนื่องจากได้รับมาตรฐาน IEC 1010 เช่นกัน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย