

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ด.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการทดลองตามแนวทางการศึกษาในบทที่ 3 แบ่งเป็นการออกแบบและสร้างชุดทดลองการหาค่าสนามแม่เหล็กซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

ชุดทดลองหาค่าสนามแม่เหล็ก ที่จะออกแบบและสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ ใช้ตัวขดลวดทองแดงเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1 มิลลิเมตร พันรอบแกนวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร จำนวน 200 รอบ คอยล์ขดลวดทองแดง เมื่อปล่อยกระแสผ่านเข้าไป จะทำให้ถูกเหนี่ยวนำเป็นสนามแม่เหล็ก ตามแนวตั้ง จึงได้สร้างคอยล์ขดลวดทองแดง เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.1 มิลลิเมตร พันรอบแกนพลาสติก จำนวน 3,000 รอบ เพื่อศึกษาค่าสนามแม่เหล็กจากออสซิลโลสโคป แล้วจึงวัดค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการเหนี่ยวนำจากขดลวด เพื่อนำมาคำนวณหาค่าสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่ง (x) ที่ต้องการต่อไป

อย่างไรก็ดีเนื่องจากค่าสนามแม่เหล็กที่ได้เป็นค่าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า จึงทำให้ค่าที่ได้จากการทดลองนำมาเปรียบเทียบกับค่าทฤษฎี เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. การคำนวณค่าทางทฤษฎี

ชุดทดลองสำหรับหาค่าสนามแม่เหล็กด้วยการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าในขดลวด ที่ออกแบบและสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ เป็นการวัดทางอ้อม โดยค่าสนามแม่เหล็ก(B) ของขดลวดทองแดงที่ดัดงอเกราะบค่าจะมีค่าเท่ากับ อัตราส่วนของระยะรัศมีของคอยล์ที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กยกกำลังสองต่อค่าความสูงจากตำแหน่งกึ่งกลางยกกำลังสองบวกค่ารัศมีของคอยล์ที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กดังนี้

1.1 หาค่าสนามแม่เหล็กได้จากสมการ

$$B = \frac{\mu_0 I a^2}{2(x^2 + a^2)^{3/2}} \quad (4-1)$$

โดยที่ x คือ ระยะความสูงจากแนวนามแม่เหล็ก

a คือ ระยะตามแนวรัศมีของคอยล์ที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก

ตารางที่ 4-1 แสดงค่าระยะความสูงจากแนวนามแม่เหล็ก (x) จะเห็นว่าเมื่อคอยล์วัดสนามแม่เหล็กอยู่ห่างจากแนวก้นสนามแม่เหล็ก ค่าสนามแม่เหล็กก็จะลดลงด้วย

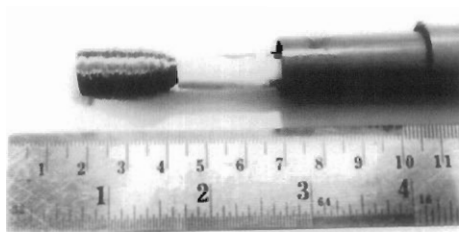
ตารางที่ 4-1 ระยะ a เมื่อแปรค่า x ตามความสูงจากการคำนวณทางทฤษฎี

x (cm)	a (cm)	B_z ในหน่วย (mT)	B_o (mT)	$\frac{x}{a}$	$\frac{B_o}{B_z}$
1	12.5	0.97	1	0.08	1.03
2	12.5	0.94	1	0.16	1.06
3	12.5	0.89	1	0.24	1.12
4	12.5	0.85	1	0.32	1.18
5	12.5	0.80	1	0.4	1.25
6	12.5	0.75	1	0.48	1.33
7	12.5	0.71	1	0.56	1.41
8	12.5	0.66	1	0.64	1.52

2. ลักษณะของชุดทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้น

จากการคำนวณค่าต่าง ๆ ตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้องพบว่าในการสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าสนามแม่เหล็กของการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก(field coil) แล้วสร้างคอยล์วัดสนามแม่เหล็ก(search coil) สำหรับรายละเอียดของชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยทั้ง 2 ชุด มีดังนี้

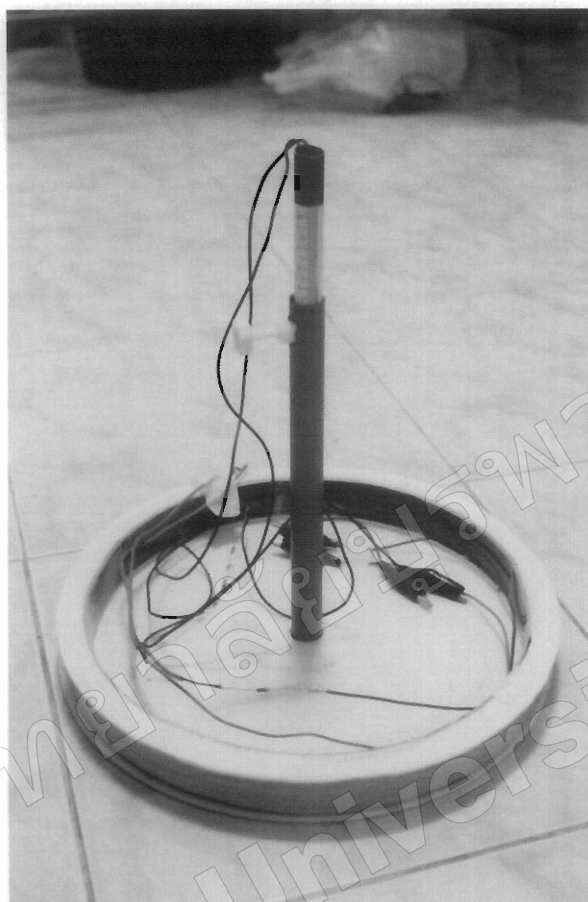
2.1 ชุดทดลองที่ 1 ชุดทดลองนี้สร้างการพันขดลวดทองแดงเกิดการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก(field coil) แล้วสร้างคอยล์วัดสนามแม่เหล็ก(search coil)ซึ่งมีรายละเอียดดังภาพที่ 4-1 , ภาพที่ 4-2 และภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-1 การสร้างคอยล์วัดสนามแม่เหล็ก (search coil)

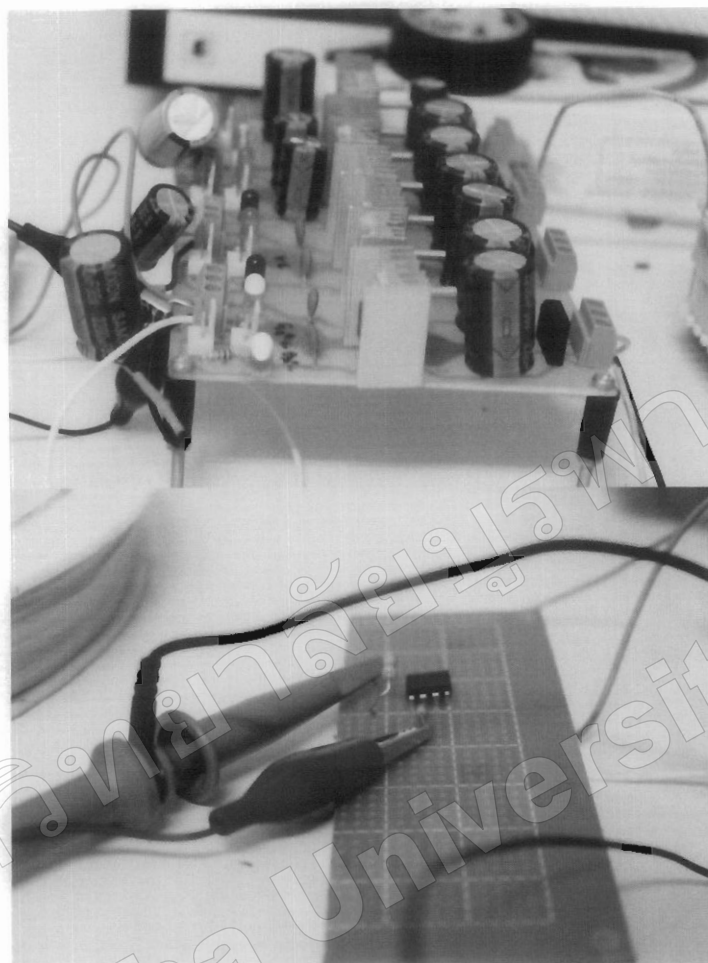


ภาพที่ 4-2 การประกอบคอยล์วัดสนามแม่เหล็ก (search coil)

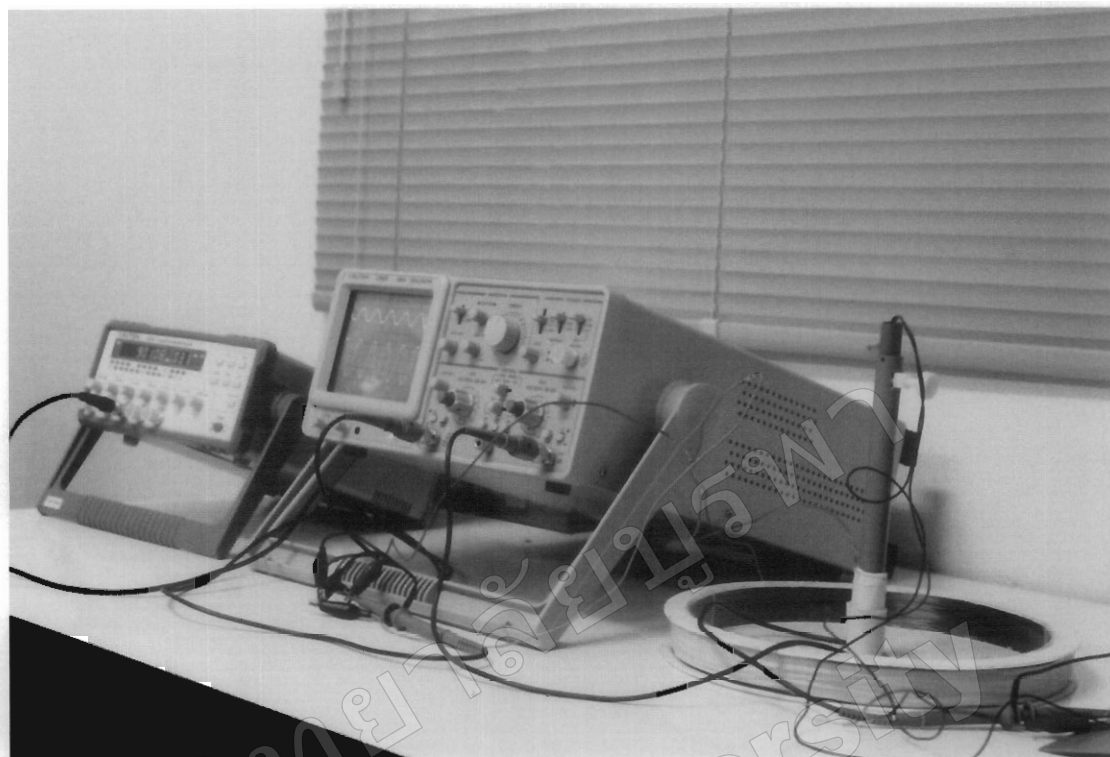


ภาพที่ 4-3 การประกอบคอยล์วัดสนามแม่เหล็ก(search coil)เข้ากับสนามแม่เหล็ก(field coil)

2.2 ชุดทดลองที่2 ชุดทดลองนี้ใช้เครื่องขยายสัญญาณ(amplifier) ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณสนามแม่เหล็กมีค่าน้อยๆ ทำให้วัดไม่ได้จึงจำเป็นต้องขยายสัญญาณเพื่อการทดลองที่ชัดเจนขึ้น



ภาพที่ 4-4 การสร้าง amplifier เพื่อขยายสัญญาณ



ภาพที่ 4-5 ต่อกอยล์วัดสนามแม่เหล็ก(search coil)กับสนามแม่เหล็ก(field coil) เข้ากับเครื่องมือวัดสัญญาณ ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ และออสซิลโลสโคป

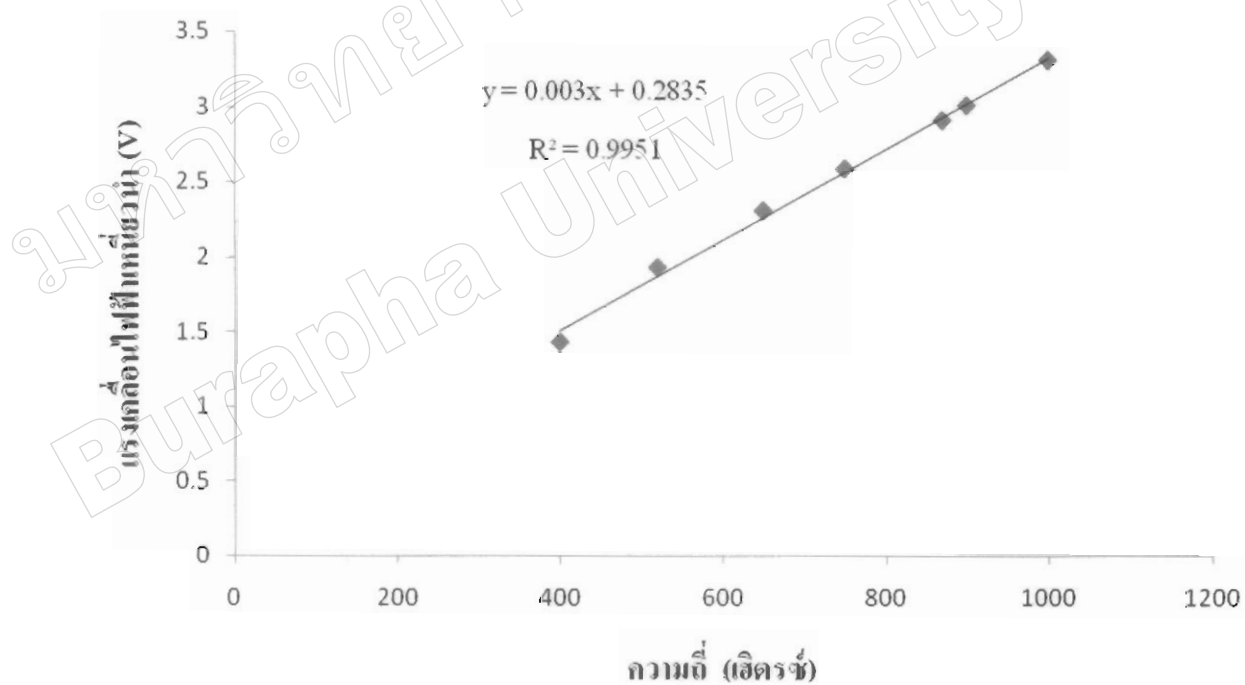
การทดสอบชุดทดลองเบื้องต้น

เมื่อประกอบชุดทดลองทั้งสองชุดตามที่ได้ออกแบบไว้แล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการทดสอบการทำงานของชุดทดลองที่สร้างขึ้น โดยการนำมาทดลองวัดค่าสนามแม่เหล็ก เพื่อทดสอบการทำงานของชุดทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้น ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

1. การทดลองหาค่าสนามแม่เหล็ก ในกรณีการเปลี่ยนแปลงความถี่ แล้วปรับระยะตำแหน่งตามระยะ x เซนติเมตรที่ระยะ 1 เซนติเมตร, 2 เซนติเมตร, 3 เซนติเมตร, 4 เซนติเมตร, 5 เซนติเมตร, 6 เซนติเมตร, 7 เซนติเมตร และ 8 เซนติเมตร

ตารางที่ 4-2 ค่าสนามแม่เหล็กที่ความถี่ต่าง ๆ กัน

ความถี่ (เฮิรตซ์)	$\varepsilon_x (V)$
400	1.42
520	1.92
650	2.30
750	2.58
870	2.90
900	3.00
1,000	3.30



ภาพที่ 4-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กกับความถี่

ภาพที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่าความถี่ที่ใช้ในการเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ความถี่เพิ่มขึ้นค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำก็เพิ่มขึ้นเช่นกันมีความสัมพันธ์กันแบบเชิงตามสมการ

$$\varepsilon_v = 0.003x + 0.2835 \quad (4-1)$$

และมีค่า $R^2 = 0.9951$ ซึ่งใกล้เคียงกับ 1 มาก

2. การทดลองหาค่าสนามแม่เหล็กตามทฤษฎีเทียบการทดลอง

จากตารางที่ 4-5 การทดลองการวัดหาค่าสนามแม่เหล็กโดยวิธีของขด

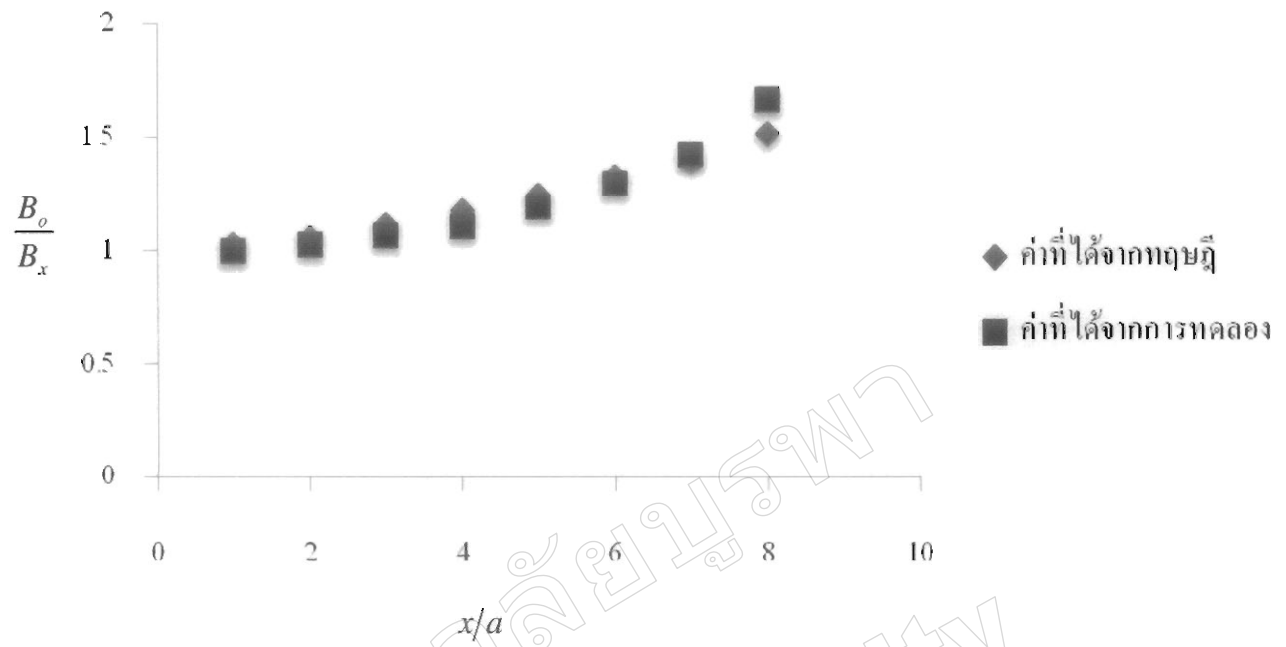
ลวดทองแดงที่นำมาสร้างสนามแม่เหล็ก 12.5 เซนติเมตร ในตำแหน่งต่างในแนวตำแหน่ง x ดังนี้ นำมาเปรียบเทียบกับระยะ 1 เซนติเมตร, 2 เซนติเมตร, 3 เซนติเมตร, 4 เซนติเมตร, 5 เซนติเมตร, 6 เซนติเมตร, 7 เซนติเมตร และ 8 เซนติเมตร แล้วนำค่าสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งตรงกลาง (B_o) เทียบกับค่าสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งตามแนวแกน x (B_v)

ตารางที่ 4-3 ค่าสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งตรงกลาง (B_o) เทียบกับค่าสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งตามแนวแกน x (B_v)

x (cm)	a (cm)	B_v ในหน่วย (mT)	B_o (mT)	$\frac{x}{a}$	$\frac{B_o}{B_v}$
1	12.5	3	3	0.08	1.00
2	12.5	2.9	3	0.16	1.03
3	12.5	2.8	3	0.24	1.07
4	12.5	2.7	3	0.32	1.11
5	12.5	2.5	3	0.4	1.2
6	12.5	2.3	3	0.48	1.30
7	12.5	2.1	3	0.56	1.43
8	12.5	1.8	3	0.64	1.67

ตารางที่ 4-4 ค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากทฤษฎี เทียบกับค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากการทดลอง

x (cm)	a (cm)	ค่าสนามแม่เหล็กทฤษฎี $\left(\frac{B_o}{B_{\perp}} \right)$	ค่าสนามแม่เหล็กจากการ ทดลอง $\left(\frac{B_o}{B_{\perp}} \right)$	%error
1	12.5	1.03	1.00	2.91
2	12.5	1.06	1.03	2.83
3	12.5	1.12	1.07	4.46
4	12.5	1.18	1.11	5.93
5	12.5	1.25	1.20	4.00
6	12.5	1.33	1.30	2.26
7	12.5	1.41	1.43	1.42
8	12.5	1.52	1.67	9.87



ภาพที่ 4-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กที่ได้จากทฤษฎีและค่าที่ได้จากการทดลอง

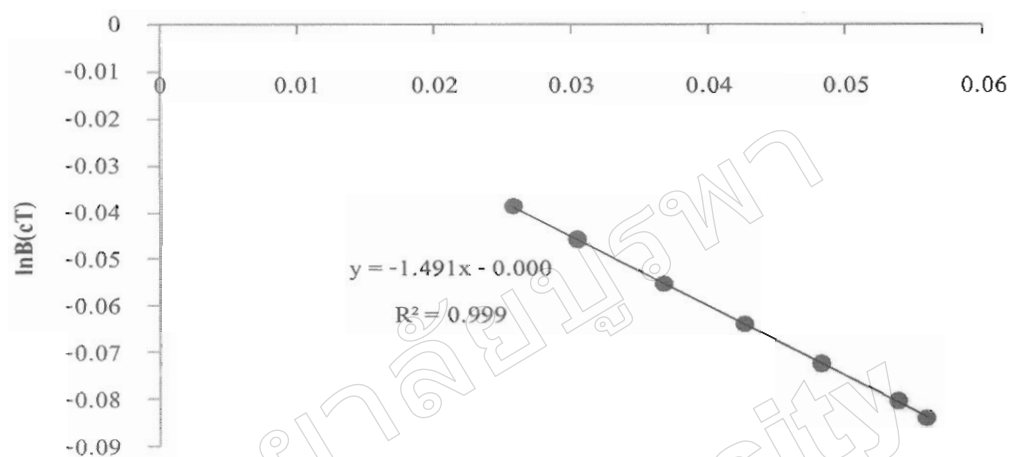
3. การหาค่าสนามแม่เหล็ก โดยใช้สมการ $\ln B = C - \frac{3}{2} \ln(a^2 + x^2)$

เป็นสมการเส้นตรง

ตารางที่ 4-5 ค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากการทดลอง

ระยะห่างจากจุดกึ่งกลาง (x) (เซนติเมตร)	แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (โวลต์)	ค่า $\ln(a^2 + x^2)$ (โวลต์)	ค่า $\ln B$ (มิลลิเทสลา)
1	3.00	0.06	-0.08
2	3.00	0.06	-0.08
3	2.93	0.05	-0.08
4	2.78	0.05	-0.07
5	2.61	0.04	-0.06
6	2.42	0.04	-0.06
7	2.20	0.03	-0.05
8	2.02	0.03	-0.04

$$\ln(x^2 + a^2) (cm)$$



ภาพที่ 4-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กที่ได้จากการทดลอง

ภาพที่ 4-8 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็ก ($\ln B$) กับระยะห่าง $\ln(x^2 + a^2)$ และรัศมีมีความสัมพันธ์กันแบบเชิงสมการ

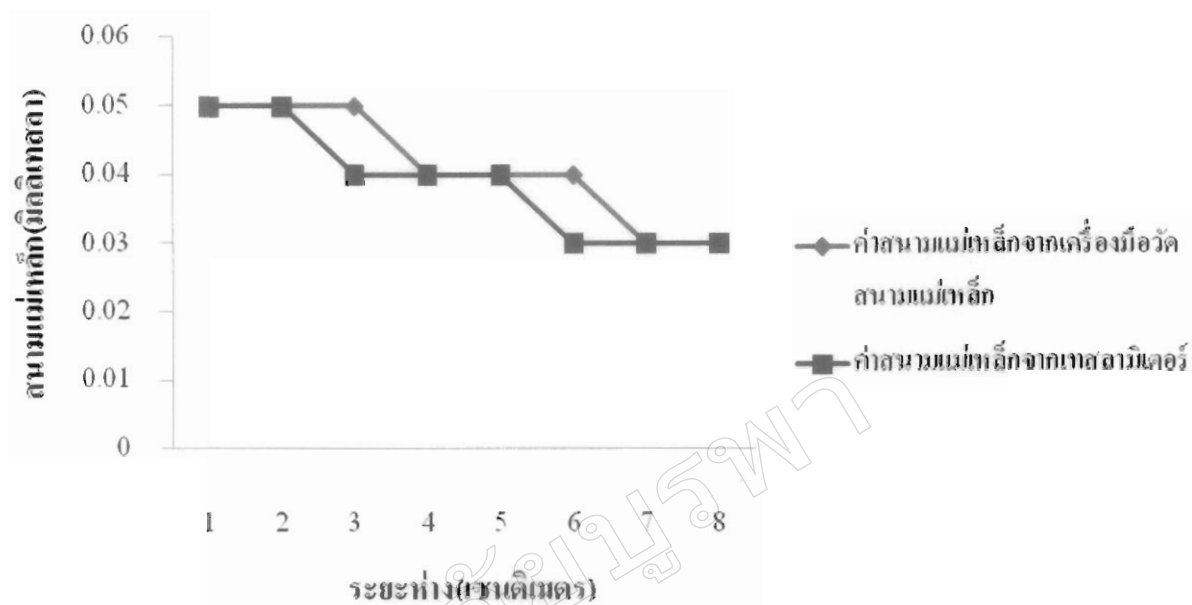
$$\ln B = -1.4919x - 0.0002 \quad (4-1)$$

มีค่า $R^2 = 0.9999$ ซึ่งใกล้เคียงกับ 1 มาก และเทียบความชันจากกราฟจะได้ -1.4919 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากทฤษฎี มีค่าเท่ากับ -1.5 โดยมีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.54%

4. ค่าสนามแม่เหล็กกับตำแหน่งใด ๆ

ตารางที่ 4-6 ค่าสนามแม่เหล็กที่ได้จากเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กและจากการวัดเทสลามิเตอร์

ตำแหน่ง (เซนติเมตร)	สนามแม่เหล็กจากเครื่องมือ วัดสนามแม่เหล็ก (มิลลิเทสลา)	สนามแม่เหล็กจากเทสลามิเตอร์ (มิลลิเทสลา)	% ความ ผิดพลาด
1	0.05	0.05	0
2	0.05	0.05	0
3	0.05	0.04	25
4	0.04	0.04	0
5	0.04	0.04	0
6	0.04	0.03	33
7	0.03	0.03	0
8	0.03	0.03	0



ภาพที่ 4-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กและตำแหน่งใดๆ