

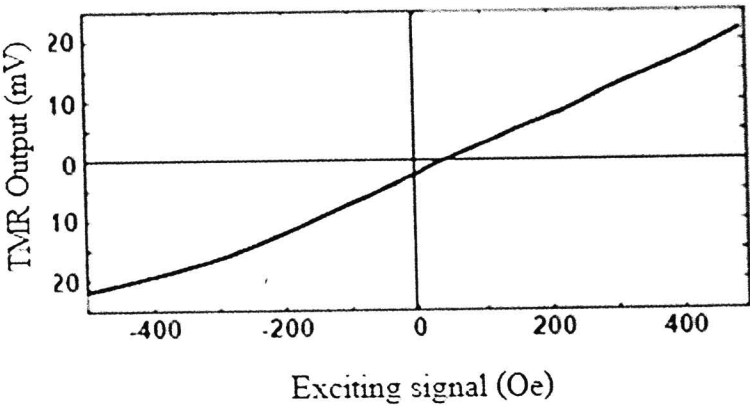
บทที่ 4 ผลการวิจัย

ผลการสร้างและวิเคราะห์ “การวิเคราะห์ผลกระทบของคลื่นสัญญาณอาร์เอฟไอดีกับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ด้วยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์” สามารถนำเสนอผลการสร้างและผลการวิเคราะห์ความสามารถในการทำงานของแบบจำลองอาร์เอฟไอดี ได้ดังนี้คือ

- 4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของหัวอ่าน
- 4.2 ผลคำนวณหากระแสที่จ่ายให้กับตัวอ่านข้อมูล(Reader)
- 4.3 ผลการจำลองระบบอาร์เอฟไอดี
- 4.4 ผลการจำลองป้องกันสนามแม่เหล็กของระบบอาร์เอฟไอดี
- 4.5 ผลการจำลองการแพร่กระจายสนามแม่เหล็กที่ตัวอ่านข้อมูลอาร์เอฟไอดี
- 4.6 ผลการวัดการแพร่กระจายสนามแม่เหล็กที่ตัวอ่านข้อมูลอาร์เอฟไอดี
- 4.7 ผลการวัดทิศทางการแพร่กระจายสนามแม่เหล็กที่ตัวอ่านข้อมูลอาร์เอฟไอดี
- 4.8 ผลการวัดปริมาณสนามแม่เหล็กที่ตัวอ่านข้อมูลอาร์เอฟไอดี

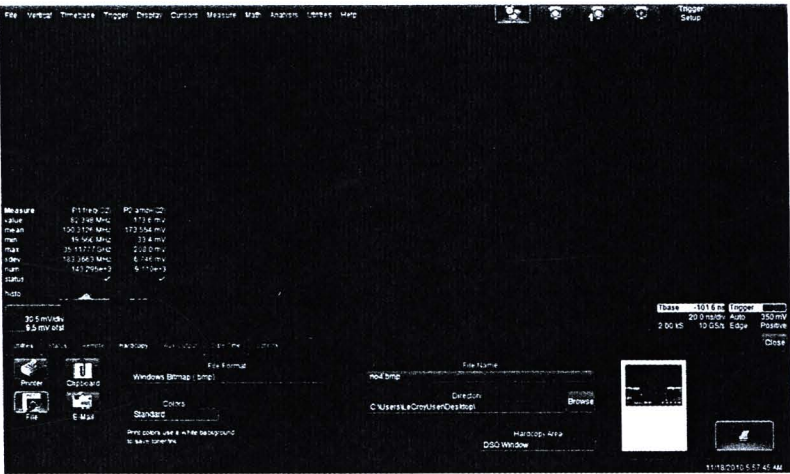
4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของหัวอ่าน

หัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ที่ได้นำมาทำการทดสอบนั้นจะเป็นชนิด TMR(Tunneling Magneto-resistive) โดยมีค่าความต้านทานของหัวอ่านเท่ากับ 373Ω ค่าอัตราความต้านทานสูงสุด(Maximum MR Ratio) เท่ากับ $85\%(\approx 317\Omega)$ ได้ทำการทดสอบโดยการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับขดลวดแฮล์มโฮล์ท และได้ทำการหาค่าความไวของสนามแม่เหล็กที่มีต่อหัวอ่านเท่ากับซึ่งได้คำนวณจากกราฟรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟคุณลักษณะของหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไครฟ์

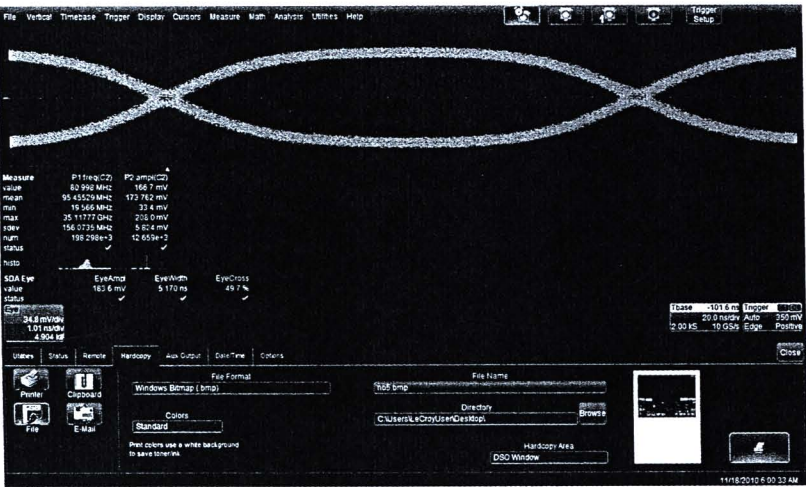
ผลที่ได้จากการปรับความเร็วรอบของสปินที่จำนวน 5400 rpm ซึ่งแรงดันที่หัวอ่านฮาร์ดดิสก์ได้รฟ์มีค่า 17.355 mV_{p-p}



รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาต์พุตที่ได้หัวอ่านที่ได้จากการปรับความเร็วของสปิน5400rpm

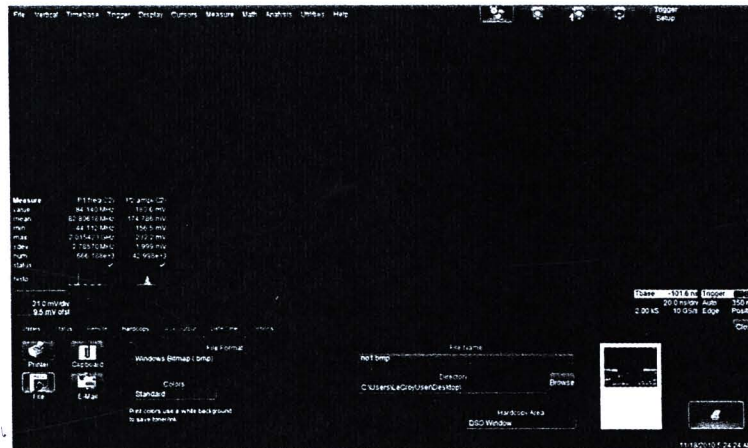
เป็นการนำรูปสัญญาณที่ได้จากการปรับความเร็วรอบสปินมาพล็อตซ้ำๆ กัน โดยการพล็อตที่รูปคลื่นเดียว

มีค่า Time base 2kS Eye, Amplitude 18.36mV, Eye width 5.17nS, Eye cross 49.7%



รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาต์พุตที่เป็นแบบ Eye Pattern ที่ 5400rpm

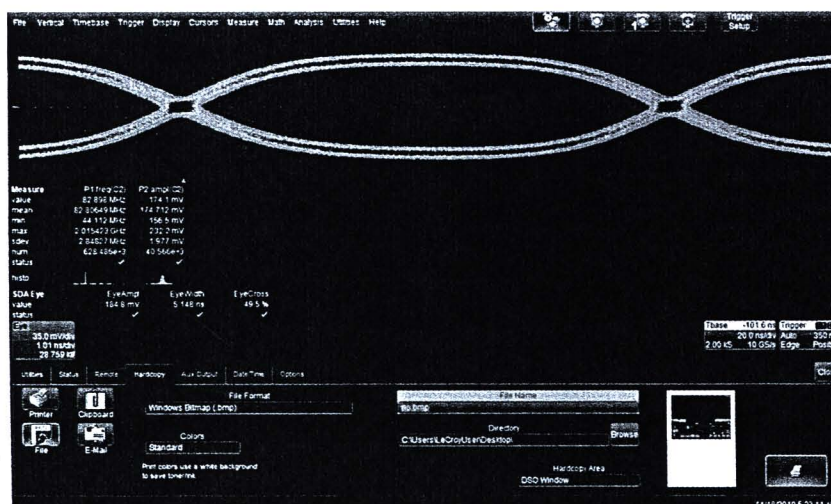
ผลที่ได้จากการปรับความเร็วรอบของสปินที่จำนวน 5430 rpm ซึ่งแรงดันที่หัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีค่า $17.478 \text{ mV}_{\text{p-p}}$



รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาต์พุตที่ได้หัวอ่านที่ได้จากการปรับความเร็วของสปิน 5430rpm

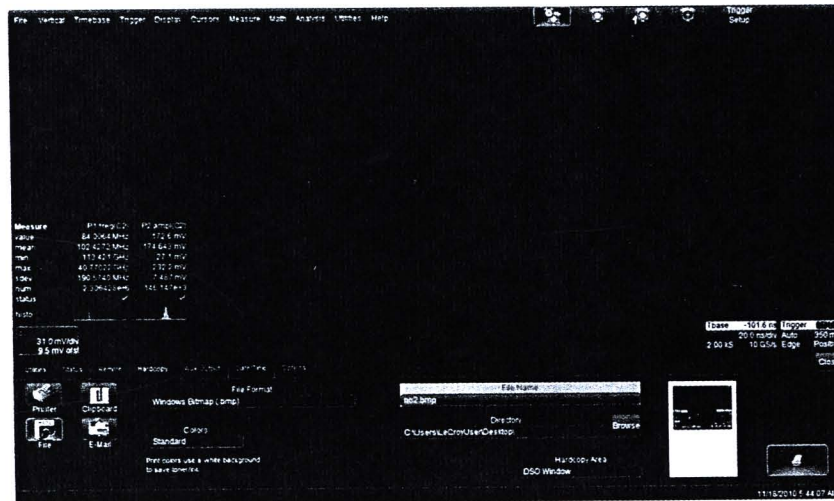
เป็นการนำรูปสัญญาณที่ได้จากการปรับความเร็วรอบสปินมาพล็อตซ้ำๆ กัน โดยการพล็อตที่รูปคลื่นเดียว

มีค่า Time base 2kS Eye, Amplitude 18.478mV, Eye width 5.14nS, Eye cross 49.5%



รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาต์พุตที่เป็นแบบ Eye Pattern ที่ 5430rpm

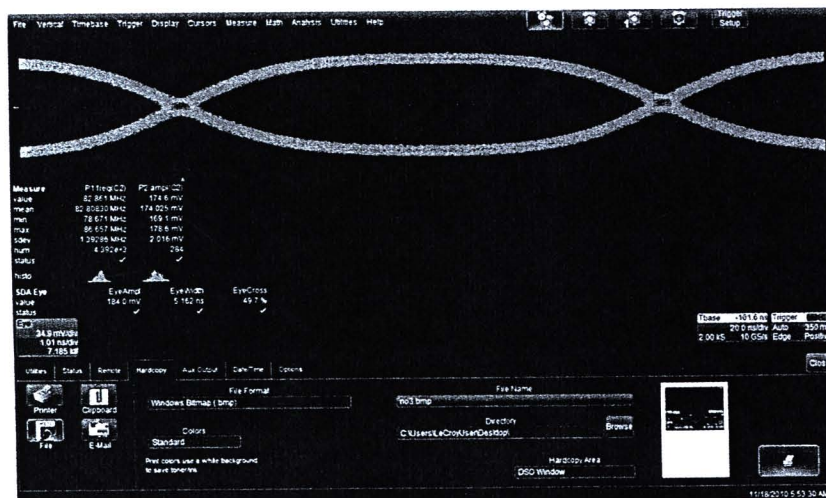
ผลที่ได้จากการปรับความเร็วรอบของสปินที่จำนวน 5370 rpm ซึ่งแรงดันที่หัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีค่า 17.464 mV_{p-p}



รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาต์พุตที่ได้หัวอ่านที่ได้จากการปรับความเร็วของสปิน 5370rpm

เป็นการนำรูปสัญญาณที่ได้จากการปรับความเร็วรอบสปินมาพล็อตซ้ำๆ กัน โดยการพล็อตที่รูปคลื่นเดียว

มีค่า Time base 2kS Eye, Amplitude 18.4mV, Eye width 5.162nS, Eye cross 49.7%



รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาต์พุตที่เป็นแบบ Eye Pattern ที่ 5370rpm

จากการทดสอบหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไครฟ์โดยใช้เครื่อง Quasi Tester ซึ่งเราจะนำตัว HSA ที่ประกอบไปด้วยหัวอ่านจำนวน 4 ตัว นำไปทดสอบแล้วเครื่อง Quasi Tester ก็จะส่งข้อมูลสำคัญที่จะต้องนำไปประมวลผลผ่านคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลดังรูปที่ 4.8 ข้อมูลที่สำคัญที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ค่าความต้านทานของหัวอ่าน(MR Resistance) แรงดันที่อ่านได้จากหัวอ่าน(Read AMP) ความสมมาตรของรูปสัญญาณระหว่างซีกบวกกับซีกลบ

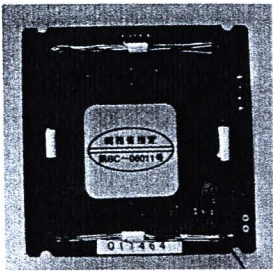
"SRB-4_0A28440", S/N: MV0100, 11/25/2009, 11:32:40, TESTER=QT1801				
HEAD CONDITION	, 000080,	000080,	000080,	000080
WRITE AMP	, 112,	111,	109,	110
MR RESISTANCE [ohm]	, 67.36,	60.77,	56.10,	58.85
READ AMP [mV] (peak)	, 493,	614,	547,	469
ASYMMETRY (%)	, -3.5,	17.8,	7.4,	0.8
POLARITY	, 100,	100,	100,	100
READ_VBIAS	, 0.096,	0.098,	0.098,	0.096
READ INST AMP (%)	, 14,	6,	12,	9
READ INST ASM (%)	, 19,	14,	22,	25
WRITE INST AMP (%)	, ,	, ,	, ,	, ,
WRITE INST ASM (%)	, 0,	0,	0,	0
READ INST AMP STD	, 20.2,	14.0,	16.9,	15.0
READ INST ASM STD	, 5.36,	4.66,	6.21,	7.44
WRITE INST AMP STD	, ,	, ,	, ,	, ,
WRITE INST ASM STD	, 0.00,	0.00,	0.00,	0.00
TNT BIAS (19)	, 0,	0,	0,	0
TNT BIAS (21)	, 0,	0,	0,	0
TNT BIAS (23)	, 0,	0,	0,	0
TNT BIAS (25)	, 0,	0,	0,	0
TNT BIAS (27)	, 0,	0,	0,	0
RAMP BIAS (19)	, 541,	678,	627,	534
RAMP BIAS (21)	, 594,	723,	664,	565
RAMP BIAS (23)	, 637,	772,	696,	615
RAMP BIAS (25)	, 675,	810,	729,	661
RAMP BIAS (27)	, 718,	845,	768,	704
ASYM BIAS (19)	, -1.8,	19.5,	8.0,	4.9
ASYM BIAS (21)	, -3.1,	21.1,	6.1,	3.9
ASYM BIAS (23)	, -5.2,	22.7,	6.8,	4.2
ASYM BIAS (25)	, -5.4,	21.5,	10.0,	7.9
ASYM BIAS (27)	, -2.9,	24.4,	8.8,	6.6
V BIAS [V]	, 0.097			
VCM RESISTANCE [ohm]	, 6.4			
TRIAL_ID	, 0000			
PROGRAM	, 03030073			
TEAMID	, 00, LINE=18			
ERROR_ID1	, 10000000			
ERROR_ID2	, 0400			
END_TIME	, 11/25/2009, 11:32:54			
PARTSTATUS	, T			
PROCESS_ID	, 1800, 1850			
HEADCOUNT	, TOP=2, BOT=2			
HSA_PN_SELECTOR	, 01			
SOURCE_1	, HSA=SPT, HGU=FUJII, HGD=FUJII, SLT=*SSSSSS, SLB=*SSSSSS, AEM=TI			
SOURCE_3	, HPU=NA, HPD=NA			
, SPU=9999999, SPD=9999999, SCU=SS, SCD=SS				

รูปที่ 4.8 ข้อมูลการทดสอบที่ได้จากเครื่อง Quasi Tester

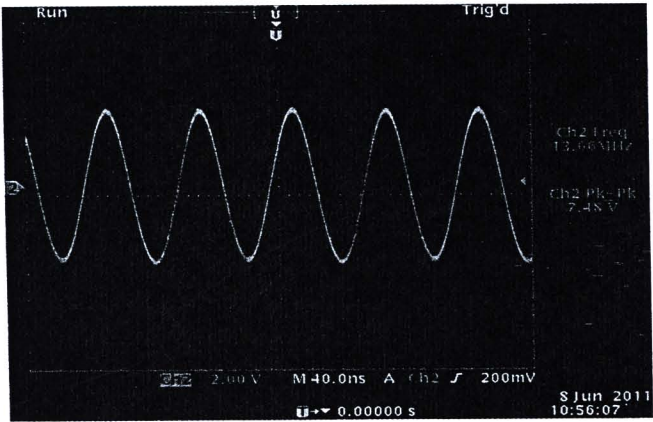
4.2 ผลคำนวณหากระแสที่จ่ายให้กับตัวอ่านข้อมูล (Reader)

เมื่อทำการนำขดลวดทดสอบไปวางบนขดลวดสายอากาศตัวอ่านข้อมูลดังรูปที่ 4.9 ที่ได้ต่อสัญญาณข้อมูลจากตัวโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้ว เราก็จะสามารถวัดสัญญาณที่ออกมาจากตัวอ่านข้อมูลอาร์

เอฟไอดีได้ดังรูปที่ 4.10 แล้วนำสัญญาณที่ได้ไปคำนวณกลับเพื่อหากระแสที่ง่ายให้กับตัวอ่านข้อมูลอาร์เอฟไอดี



รูปที่ 4.9 ลักษณะการวางขดลวดเพื่อวัดสัญญาณ



รูปที่ 4.10 สัญญาณที่ได้ออกมาจากตัวอ่านข้อมูลอาร์เอฟไอดี

ขั้นตอนการคำนวณมีดังนี้

$$B = \mu \frac{IN}{4\pi\rho} (\sin \alpha_2 - \alpha_1) \hat{a}_\phi \cdot \frac{1}{4}$$

$$I = \frac{8\pi\rho B}{\mu_0 N (\sin \alpha_2 - \alpha_1) \hat{a}_\phi}$$

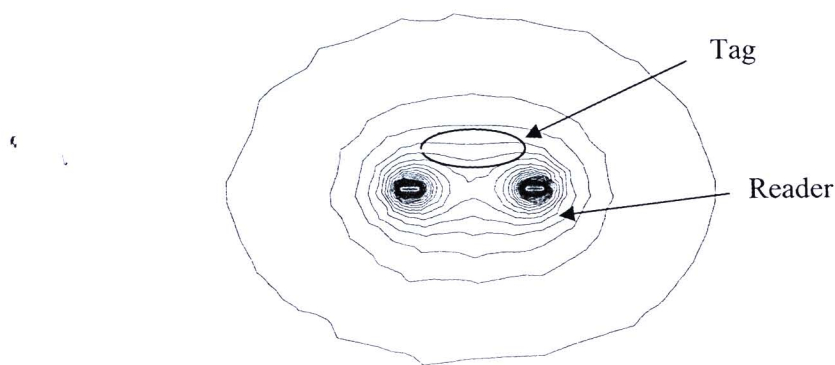
$$I = \frac{8\pi(3.5828e^{-6})(0.255e^{-3})}{4\pi \times 10^{-7} (7)(\sin 45^\circ - \sin(-90^\circ))}$$

$I = 3 \text{ mA}$

4.3 ผลการจำลองระบบอาร์เอฟไอดี

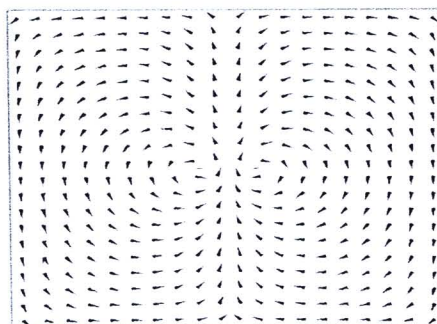
4.3.1 กรณีจำลองตัวอ่านข้อมูล และตัวส่งข้อมูลอาร์เอฟไอดี

ผลที่ได้จากการจำลองการแพร่กระจายสนามแม่เหล็กของระบบอาร์เอฟไอดี โดยพล็อตแบบ Streamline ในระนาบ yz ทำให้เห็นว่าบริเวณขดลวดสายอากาศตัวอ่านข้อมูล (Reader) มีความเข้มข้นสนามแม่เหล็กมากที่สุดเกิดได้จากความเข้มของสีแดงที่อยู่ล้อมรอบขดลวดและจะลดลงตามระยะแนวแกน z ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การแพร่กระจายสนามแม่เหล็กของตัวรับ-ส่งสัญญาณอาร์เอฟไอดี

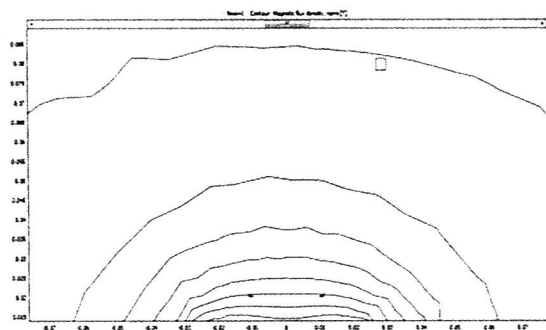
ผลที่ได้จากการทดลองในรูปที่ 4.12 ลักษณะทิศทางของสนามแม่เหล็กของตัวอ่านข้อมูล (Reader) อาร์เอฟไอดีโดยอาศัยทฤษฎีกฎมือขวาของแมกซ์เวลล์ ซึ่งทางขวามือของรูปภาพจะเป็นลักษณะของกระแสไหลเข้าหาจุด สนามแม่เหล็กจะหมุนจากซ้ายไปขวา ส่วนซ้ายมือของรูปภาพจะเป็นลักษณะของกระแสออกจากจุด สนามแม่เหล็กจะหมุนจากขวาไปซ้าย



รูปที่ 4.12 ทิศทางสนามแม่เหล็กของตัวอ่านข้อมูลอาร์เอฟไอดี

4.3.2 กรณีจำลองตัวอ่านข้อมูล และตัวส่งข้อมูลอาร์เอฟไอดี กับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไครฟ์

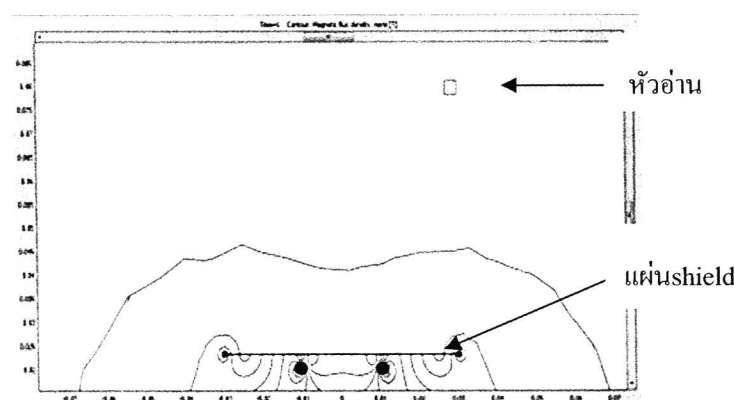
ผลที่ได้จากการจำลองการแพร่กระจายสนามแม่เหล็กของระบบอาร์เอฟไอดีและหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ จะเห็นได้ว่าสนามแม่เหล็กที่ออกมาจากระบบอาร์เอฟไอดีมีการกระจายส่งผลต่อหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ซึ่งอาจทำให้อุปกรณ์ที่ไวต่อสนามแม่เหล็ก หรือหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไครฟ์เกิดความเสียหายขึ้นได้



รูปที่ 4.13 บริเวณการกระจายสนามแม่เหล็กของอาร์เอฟไอดีกับหัวอ่าน

4.4 ผลการจำลองป้องกันสนามแม่เหล็กของระบบอาร์เอฟไอดี

ผลที่ได้จากการจำลองการแพร่กระจายสนามแม่เหล็กของระบบอาร์เอฟไอดีและแผ่นป้องกันสนามแม่เหล็ก โดยพล็อตแบบ Streamline ในระนาบ yz ทำให้เห็นว่าแผ่นป้องกันสนามแม่เหล็กจะทำการดูดคลื่นสนามแม่เหล็กที่ออกมาจากระบบอาร์เอฟไอดี ทำให้ปริมาณความเข้มของสนามแม่เหล็กลดน้อยลงที่จะไปส่งผลกระทบต่อหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไครฟ์

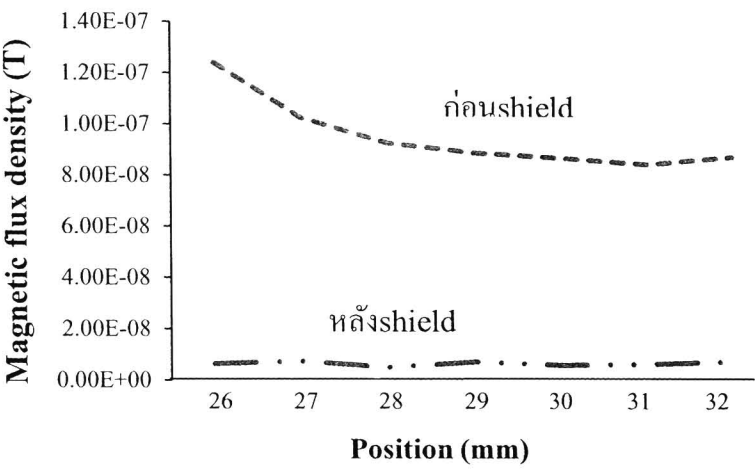


รูปที่ 4.14 การวางแผ่น Mu-metal ป้องกันสนามแม่เหล็ก

ผลจำลองในรูปที่ 4.15 จะแสดงปริมาณสนามแม่เหล็กก่อน Shield และหลัง Shield ที่ระยะ 26mm - 32mm จะเห็นได้ว่าหลังShield แล้วสนามแม่เหล็กมีค่าสนามแม่เหล็กลดลง ดังตารางที่ 4.1

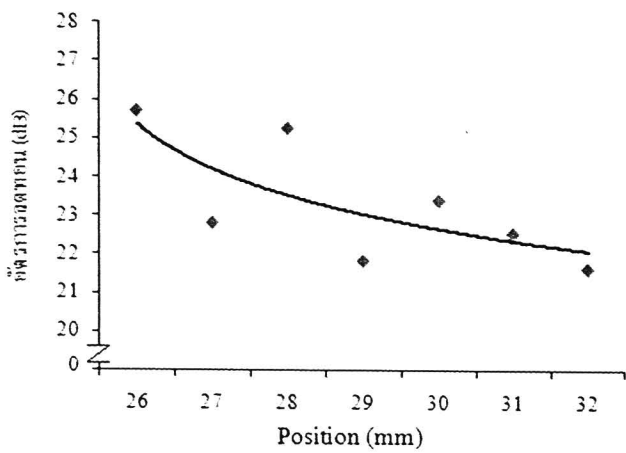
ตารางที่ 4.1 ปริมาณสนามแม่เหล็กก่อน Shield และหลัง Shield

ตำแหน่ง	ก่อนshield	หลังshield
26mm	124nT	6.427nT
27mm	102.36nT	7.4nT
28mm	92.5nT	5.052nT
29mm	88.6nT	7.162nT
30mm	86.6nT	5.854nT
31mm	84.057nT	6.266nT
32mm	82.914nT	7.19nT



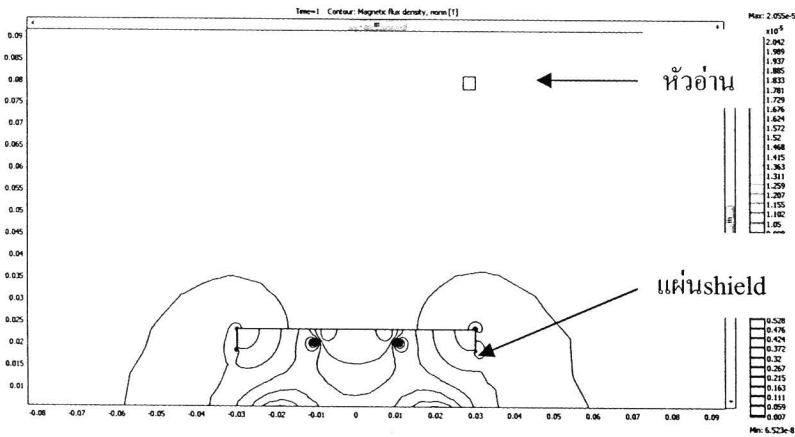
รูปที่ 4.15 การป้องกันสนามแม่เหล็กที่ระยะต่างๆ

ผลจำลองในรูปที่ 4.16 แสดงอัตราการลดทอนสัญญาณที่ได้ทำการ Shield สนามแม่เหล็ก จะเห็นว่า อัตราการลดทอนของสนามแม่เหล็กจะมีค่าลดลงตามระยะทาง



รูปที่ 4.16 อัตราการลดทอนของสนามแม่เหล็ก

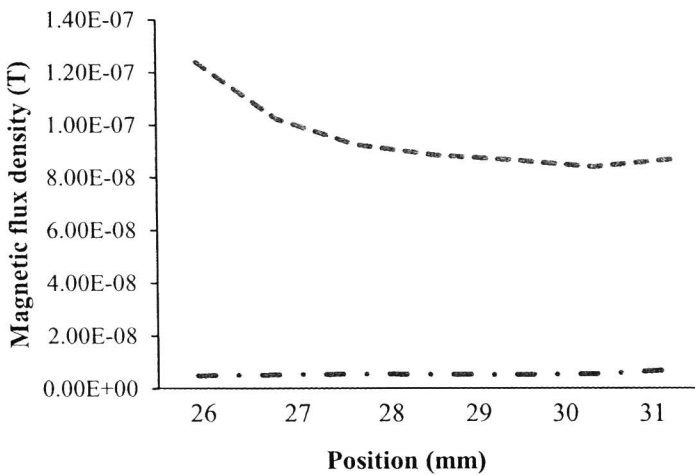
นอกจากนี้เรายังได้หาวิธีที่จะป้องกันอีกแบบหนึ่งคือ ทำการวางแผ่นป้องกันสนามแม่เหล็กที่มีลักษณะเป็นกล่องครอบปิดทั้งห้าด้าน จึงทำให้เห็นว่าสนามแม่เหล็กได้มีปริมาณสนามแม่เหล็กที่ลดลงจากการจำลองที่เป็นแผ่นวางปิดด้านบนแผ่นเดียว



รูปที่ 4.17 การวางแผ่น Mu-metal ป้องกันสนามแม่เหล็กที่ครอบปิดทั้งห้าด้าน

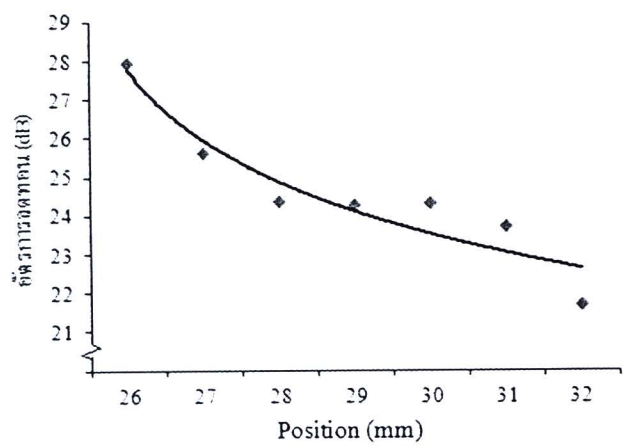
ตารางที่ 4.2 ปริมาณสนามแม่เหล็กก่อน Shield และหลัง Shield ที่ครอบคลุมทั้งห้าด้าน

ตำแหน่ง	ก่อนshield	หลังshield
26mm	124nT	4.958nT
27mm	102.36nT	5.356nT
28mm	92.5nT	5.594nT
29mm	88.6nT	5.422 nT
30mm	86.6nT	5.273 nT
31mm	84.057nT	5.494nT
32mm	82.914nT	7.175nT



รูปที่ 4.18 การป้องกันสนามแม่เหล็กที่ระยะต่างๆที่ครอบคลุมทั้งห้าด้าน

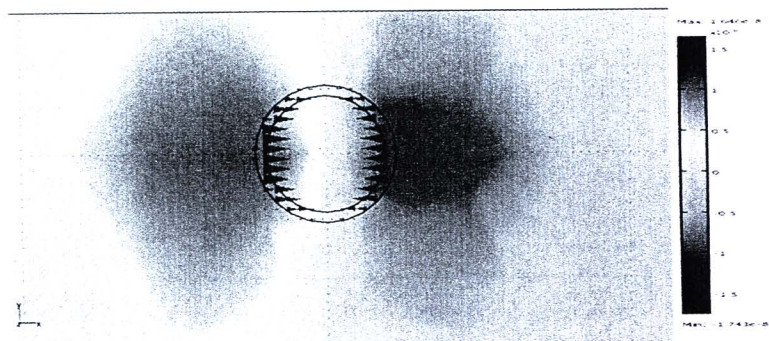
ผลจำลองในรูปที่ 4.19 แสดงอัตราการลดทอนสัญญาณที่ได้ทำการ Shield สนามแม่เหล็ก จะเห็นว่าอัตราการลดทอนของสนามแม่เหล็กจะมีค่าลดลงตามระยะทาง และมีอัตราการลดทอนของการป้องกันแบบครอบคลุมทั้งห้าด้านที่มากกว่าแบบวางแผ่นเดียว



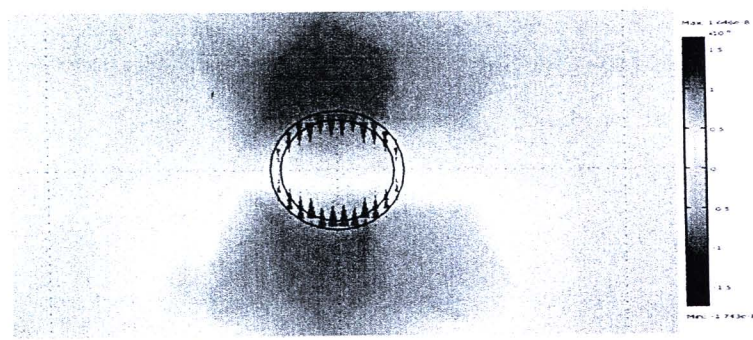
รูปที่ 4.19 อัตราการลดทอนของสนามแม่เหล็กที่ครอบคลุมทั้งห้าด้าน

4.5 ผลการจำลองการแพร่กระจายสนามแม่เหล็กที่ตัวอ่านข้อมูลอาร์เอฟไอดี

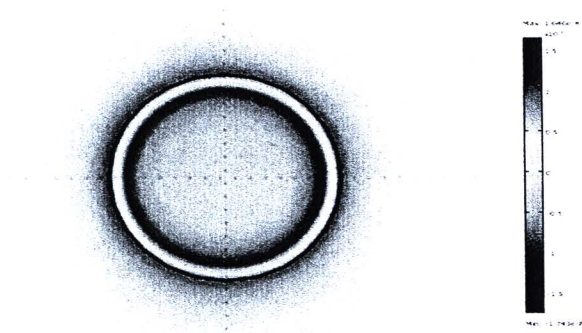
เป็นผลที่ได้จำลองการแพร่กระจายสนามแม่เหล็กที่ตัวอ่านข้อมูล(Reader) ซึ่งจะทำการวัดสนามแม่เหล็กในแนวแกน(x, y, z) จากผลที่ได้จากการจำลองจะเห็นว่าสนามแม่เหล็กที่เป็นสีแดงจะมีปริมาณความเข้มของสนามแม่เหล็กมาก ส่วนสีน้ำเงินจะมีปริมาณสนามแม่เหล็กน้อย ซึ่งเปรียบเสมือนการป้อนสัญญาณขายน์เวฟด้านสีแดงจะเป็นสัญญาณฟีดบวกและสีน้ำเงินจะเป็นสัญญาณฟีดลบ



รูปที่ 4.20 สนามแม่เหล็กในแนวแกนx (B_x)



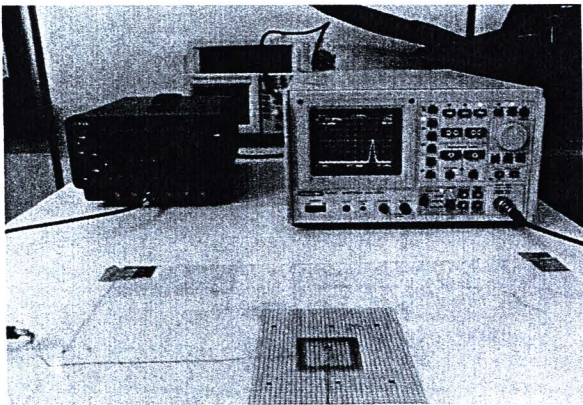
รูปที่ 4.21 สนามแม่เหล็กในแนวแกนy (B_y)



รูปที่ 4.22 สนามแม่เหล็กในแนวแกน z (B_z)

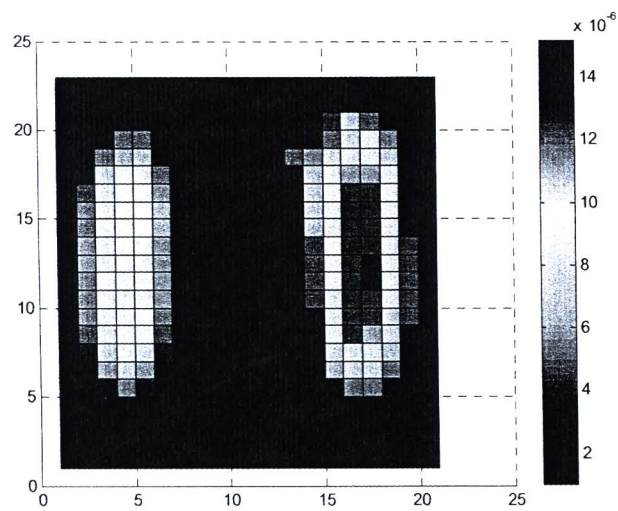
4.6 ผลการวัดการแพร่กระจายสนามแม่เหล็กที่ตัวอ่านข้อมูลอาร์เอฟไอดี

รูปที่ 4.23 เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบของการวัดหาความเข้มสนามแม่เหล็กที่ตัวอ่านข้อมูล (Reader) โดยให้ตัวตรวจจับสัญญาณเป็นขดลวดวงกลมรัศมีของขดลวดที่ใช้วัด 6 มิลลิเมตร พันจำนวน 3 รอบ ส่วนตัวอ่านข้อมูลจ่ายแรงดันขนาด 20Vp-p ความถี่ 13.56MHz ตัวอ่านข้อมูลและตัวตรวจจับมีระยะห่าง 3mm

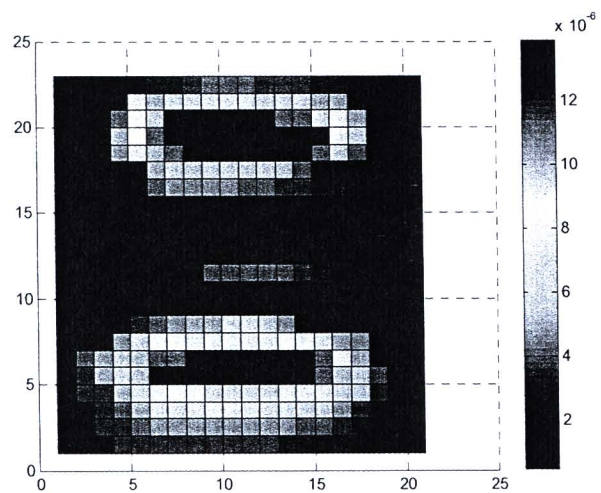


รูปที่ 4.23 เครื่องมือและวิธีการวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก

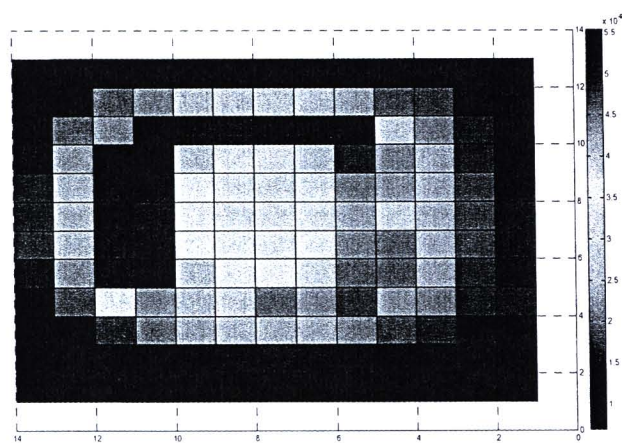
ผลที่ได้จากการวัดทดสอบในรูปที่ 4.24-4.26 เป็นการวัดความเข้มสนามแม่เหล็กในแนวแกน x, y, z (B_x , B_y , B_z) ซึ่งเมื่อนำค่ามาพล็อตกราฟแล้วทำให้เห็นว่าความเข้มของสนามแม่เหล็กจะมี ความเข้มมากที่สุดรอบขดลวดสายอากาศตัวอ่านข้อมูล(Reader) ซึ่งแถบสีแดงจะบ่งบอกถึงความเข้มมากที่สุดและสีน้ำเงินจะเป็นความเข้มน้อยสุด



รูปที่ 4.24 การวัดความเข้มสนามแม่เหล็กแนวแกน x

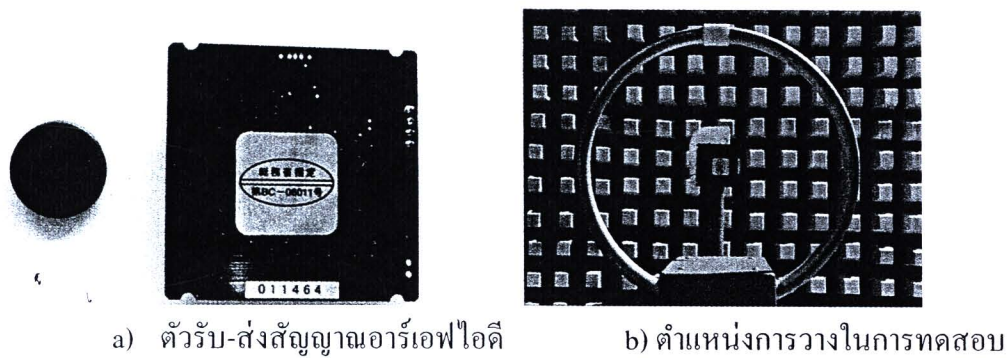


รูปที่ 4.25 การวัดความเข้มสนามแม่เหล็กแนวแกน y



รูปที่ 4.26 การวัดความเข้มสนามแม่เหล็กแนวแกน z

4.7 ผลการวัดทิศทางการแพร่กระจายสนามแม่เหล็กที่ตัวอ่านข้อมูลอาร์เอฟไอดี
วิธีการดำเนินงานอยู่ในหัวข้อ 3.7 บทที่ 3 โดยจะใช้อาร์เอฟไอดีความถี่ 13.56 MHz ส่วนตัวแท็กส์เป็นแบบ Passive ใช้ ISO 15693 สายอากาศที่นำมาทดสอบเป็นสายอากาศแบบรูปลวงกลมและได้กำหนดตำแหน่งการทดสอบในหัวข้อ 3.2 บทที่ 3



รูปที่ 4.27 ตัวรับ-ส่งสัญญาณอาร์เอฟไอดีและตำแหน่งการวางทดสอบ

ผลที่ได้จากการทดสอบ โดยบันทึกค่าได้ดังตารางที่ 4.3 จากนั้นได้นำค่าที่ได้จากตารางไปพล็อตเป็นรูปกราฟได้ดังรูปที่ 4.28

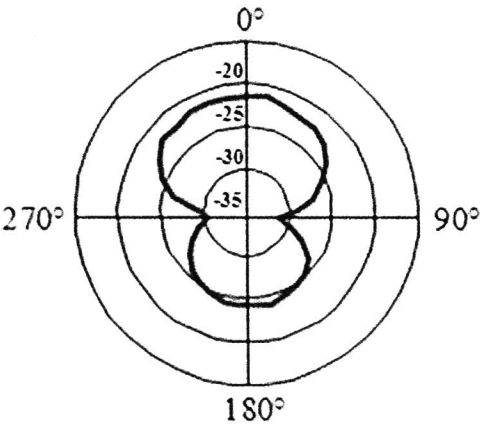
ตารางที่ 4.3 บันทึกค่าทดสอบตัวอ่านข้อมูล (Reader)

องศา	dB	องศา	dB
0°	-21.6	190°	-24.4
10°	-21.4	200°	-24.2
20°	-21.8	210°	-24.8
30°	-22.2	220°	-25.2
40°	-22.4	230°	-25.8
50°	-23	240°	-26.8
60°	-24	250°	-27.8
70°	-25.4	260°	-29.2
80°	-27.2	270°	-30.4

ตารางที่ 4.3 บันทึกค่าทดสอบตัวอ่านข้อมูล (Reader) (ต่อ)

องศา	dB	องศา	dB
90°	-29.2	280°	-29.4
100°	-31.2	290°	-26.4
110°	-29.6	300°	-24.4
120°	-27.8	310°	-23.2
130°	-26.2	320°	-22
140°	-25.2	330°	-22.2
150°	-24.8	340°	-21.6
160°	-24.6	350°	-21.6
170°	-24	360°	-21.6
180°	-24.2		

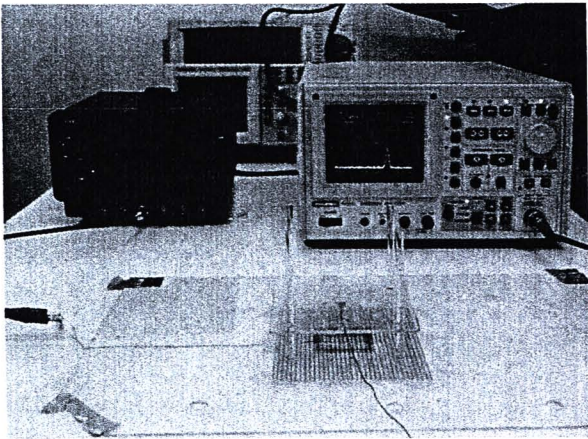
จากรูปกราฟที่ 4.28 ซึ่งได้จากการทดลองทำให้ทราบว่าสายอากาศมีการแพร่กระจายแบบรอบทิศทาง หรือOmni direction pattern โดยสนามแม่เหล็กด้านหน้า(ลายทองแดง) มีการการแพร่กระจายมากกว่า ด้านหลัง(อุปกรณ์)



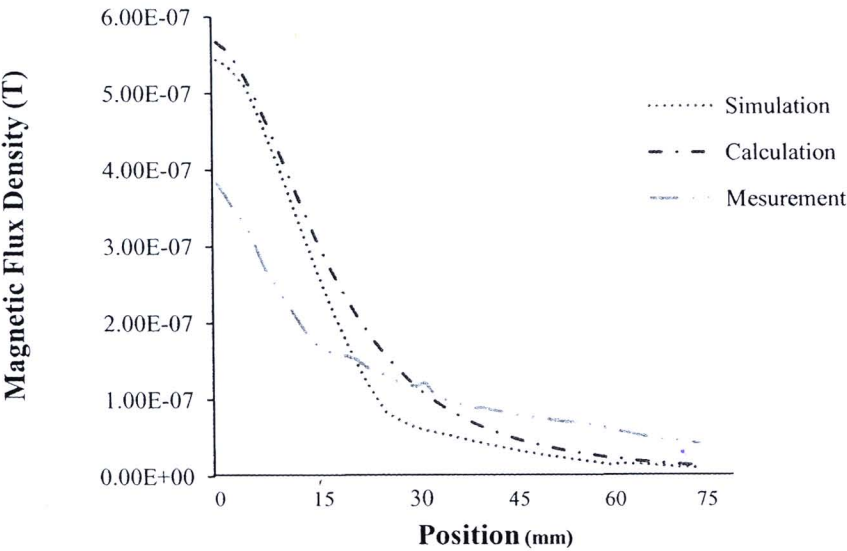
รูปที่ 4.28 ลักษณะการแพร่กระจายสนามแม่เหล็กของตัวอ่านข้อมูล (Reader)

4.8 ผลการวัดปริมาณสนามแม่เหล็กที่ตัวอ่านข้อมูลอาร์เอฟไอดี

จากรูปที่ 4.29 เป็นกราฟแสดงปริมาณสนามแม่เหล็กที่จุดกึ่งกลางในแนวแกน z โดยมีการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการจำลองโดยใช้วิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ การคำนวณจากสมการที่ 2.134 และการวัดปริมาณสนามแม่เหล็ก ซึ่งค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับการคำนวณกับการจำลองสถานการณ์เนื่องจากขนาดของเมชที่มีขนาดแตกต่างกัน ส่วนค่าความผิดพลาดของการวัดกับผลการจำลองเนื่องจากความแตกต่างของรูปแบบขดลวดที่ใช้ในการจำลองและขนาดของเมช



รูปที่ 4.29 เครื่องมือและวิธีการวัด



รูปที่ 4.30 ปริมาณสนามแม่เหล็กที่วัดในแนวแกน z