สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เทคนิคการวัดสนามแม่เหล็กโดยไม่ขึ้นกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก

Independent Directional Magnetic Field Measurement Technique

T119232

โดย

นายณัฐพล	ยอดมั่น	50010489
นายณัฐวัฒน์	เหลืองเลิศไพบูลย์	50010507
นายทรงสิทธิ์	มิ่งขวัญ	50010561

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119232
วัน,เดือน,ปี - 6 S.A. 2554

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์สำหรับวิชาการประยุกต์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ 2
สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคการวัดสนามแม่เหล็กโดยไม่ขึ้นกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก

Independent Directional Magnetic Field Measurement Technique

โดย

นายณัฐพล	ยอดมั่น	50010489
นายณัฐวัฒน์	เหลืองเลิศไพบูลย์	50010507
นายทรงสิทธิ์	มิ่งขวัญ	50010561

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.วิสุทธิ์ ฐิติรุ่งเรือง

ปริญญานิพนธ์สำหรับวิชาการประยุกต์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ 2

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานปีการศึกษา 2553

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เทคนิคการวัดสนามแม่เหล็กโดยไม่ขึ้นกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก

Independent Directional Magnetic Field Measurement Technique

ผู้จัดทำ นายณัฐพล ยอดมั่น รหัส 50010489

นายณัฐวัฒน์ เหลืองเลิศไพบูลย์ รหัส 50010507

นายทรงสิทธิ์ มิ่งขวัญ รหัส 50010561

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. วิสุทธิ์ ฐิติรุ่งเรือง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. วิสุทธิ์ ฐิติรุ่งเรือง ที่ช่วยวางแผนแนวทางการดำเนินงาน ตลอดจนให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดี จนสำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์

ขอขอบคุณ พี่ป.โท ที่ให้คำแนะนำ ความรู้ ช่วยแก้ปัญหา อุปกรณ์ในการทดลอง เทคนิคในการทดลอง และประสบการณ์ที่ดีตลอดการทำการทดลอง

สุดท้ายต้องขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง เป็นผู้ให้การสนับสนุน และกำลังใจ ทางด้านการศึกษามาโดยตลอด

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากรายงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา อาจารย์ที่เคารพทุกท่าน และศูนย์วิจัยอิเลกทรอนิกส์ ซึ่งเป็นสถานที่ให้ความรู้และประสบการณ์ในการทำวิจัย จนกระทั่งจบการศึกษา

นายณัฐพล ยอดมั่น 50010489
นายณัฐวัฒน์ เหลืองเลิศไพบูลย์ 50010507
นายทรงสิทธิ์ มิ่งขวัญ 50010561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดสนามแม่เหล็กโดยไม่ขึ้นกับทิศทาง

นายณัฐพล ยอดมั่น รหัส 50010489
นายณัฐวัฒน์ เหลืองเลิศไพบูลย์ รหัส 50010507
นายทรงสิทธิ์ มิ่งขวัญ รหัส 50010561

รศ.ดร.วิสุทธิ์ ฐิติรุ่งเรือง อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

การใช้หัววัดฮอลล์ สำหรับตรวจวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก มีข้อจำกัดในส่วนของคุณสมบัติที่ต้องวางตำแหน่งของหัววัดฮอลล์ จะต้องตั้งฉากกับทิศเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งเป็นไปตามฟังก์ชันไซน์ ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอวิธีเพื่อทำการวัดค่าสนามแม่เหล็กโดยไม่ขึ้นกับมุมของสนามแม่เหล็กที่กระทำกับหัววัดฮอลล์ โดยการนำวัดฮอลล์สองตัวมาวางตั้งฉากกัน แล้วหาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างฟังก์ชันไซน์และโคไซน์ ในการหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็กนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Independent Directional Magnetic Field Measurement Technique

Mr. Nattapon Yodman ID 50010489

Mr. Nattawat Luenglertphaiboon ID 50010507

Mr. Songsit Mingkwan ID 50010561

Assoc.Prof.Dr. Wisut Titiroongruang Advisor

Educational Year 2553

Abstract

The use of Hall sensor to measure magnetic field intensity has a limitation that needs to locate the hall sensor perpendicular to magnetic flux. This research proposes the method to measure magnetic field intensity without any concern about the angle between magnetic field and hall sensor. Using of two hall sensors to find mathematical relation between sine and cosine function to calculate magnetic field intensity.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อภาษาไทย	II
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาหัววัดฮอลล์	1
1.2 ความเป็นมาของงานวิจัย	2
1.3 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์	2
1.4 สมมติฐานงานวิจัย	3
1.5 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.6 ขั้นตอนงานวิจัย	3
1.7 เนื้อหาโดยสังเขป	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในตัวรับรู้ฮอลล์	**5**
2.1 ปรากฏการณ์ฮอลล์	5
2.2 คุณสมบัติพื้นฐานของปรากฏการณ์ฮอลล์	7
2.3 หัววัดฮอลล์ที่ทำจากโลหะ	11
2.4 หัววัดฮอลล์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ	15
2.5 เซนเซอร์วัดตำแหน่งเชิงเส้น	16
2.6 เซนเซอร์วัดตำแหน่งเชิงมุม	28
2.7 แม่เหล็กถาวร	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.8 ตรีโกณมิติ	22
2.9 การนำทฤษฎีตรีโกณมิติมาประยุกต์ใช้กับโครงงาน	24
2.10 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	25
2.10 การตรวจเทียบ (Calibration)	26
บทที่ 3 โครงสร้าง อุปกรณ์ และ การทดลอง	**27**
3.1 อุปกรณ์	**28**
3.1.1 หัววัดฮอลล์	28
3.1.2 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	29
3.1.3 ไมโครคอนโทลเลอร์ MCS-51 AT89S52	30
3.1.4 วงจรประมวลผล	30
3.1.5 เกาส์มิเตอร์(Gaussmeter F.W.BELL 5170)	31
3.1.6 แหล่งจ่ายไฟ(Power supply)	32
3.2 ขั้นตอนการทำการทดลอง	**32**
ตอนที่ 1 การทดสอบคุณสมบัติของหัววัดฮอลล์	32
ตอนที่ 2 การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์กับมุมที่เส้นแรงแม่เหล็กกระทำ	33
ตอนที่ 3 การทดลองเพื่อพิสูจน์เทคนิคการวัดสนามแม่เหล็กโดยไม่ขึ้นกับทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก	34
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง	**35**
4.1 คุณสมบัติของฮอลล์	**35**
4.1.1 การทดสอบคุณสมบัติด้านความไวของหัววัดฮอลล์ (sensitivity)	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.1.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มสนามแม่เหล็กกับระยะห่าง ระหว่างหัววัดฮอลล์กับแม่เหล็ก	36
4.2 กราฟเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์กับตรีโกณมิติ	**37**
4.2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่หนึ่งกับมุม ที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 130 , 190 , 225 , 285 และ 450G ตามลำดับ	37
4.2.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่สองกับมุม ที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 130 , 190 , 225 , 285 และ 450G ตามลำดับ	40
4.2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่หนึ่งและตัวที่สอง กับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 130 , 190 , 225 , 285 และ 450G ตามลำดับ	43
4.2.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์นอมอลไลซ์ ตัวที่หนึ่งและสองกับมุม	46
4.3 กราฟความสัมพันธ์ที่ไม่ขึ้นกับมุม	**47**
4.3.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่กับมุมที่ค่าความเข้ม สนามแม่เหล็กต่างๆ	47
4.3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่กับค่าความเข้ม สนามแม่เหล็กที่ค่าต่างๆ	50
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	**51**
วิจารณ์ผลการทดลอง	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
เอกสารอ้างอิง	53
ภาคผนวก	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพ

รูปที่ 2.1 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านแผ่นตัวนำบาง 5

รูปที่ 2.2 ทิศทางการไหลของกระแสผ่านหัววัดฮอลล์ 6

รูปที่ 2.3 แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กกระแสไฟฟ้าและแรง 7

รูปที่ 2.4 สนามแม่เหล็กเป็นสาเหตุให้อนุภาคประจุเคลื่อนแบบวงกลม (a) หรือ แบบเป็นเกลียว (b) 9

รูปที่ 2.5 หัววัดฮอลล์ได้แสดงขอบเขตวิกฤติและมุมที่อ้างอิง 10

รูปที่ 2.6 การเลื่อนหัววัดฮอลล์ในแกน Y 17

รูปที่ 2.7 การเลื่อนหัววัดฮอลล์ในแกน X 18

รูปที่ 2.8 โครงสร้างของเซนเซอร์วัดตำแหน่งเชิงมุมและการตอบสนอง 19

รูปที่ 2.9 สัญญาณที่เข้าสู่เซนเซอร์วัดตำแหน่งเชิงมุม 19

รูปที่ 2.10 หัววัดเซนเซอร์ 20

รูปที่ 2.11 เซนเซอร์สำหรับใช้งานในช่วง 360 องศา 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพ

รูปที่ 2.12 ตัวอย่างแม่เหล็กถาวรทรงกระบอก และ ทรงสี่เหลี่ยม 21

รูปที่ 2.13 วงกลมหนึ่งหน่วย 23

รูปที่ 3.1 ระบบการจัดวางฮอลล์เซนเซอร์ 27

รูปที่ 3.2 ระบบการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ 28

รูปที่ 3.3 หัววัดฮอลล์ 28

รูปที่ 3.4 ADC LTC2400 29

รูปที่ 3.5 AT89S52 30

รูปที่ 3.6 วงจรประมวลผล 31

รูปที่ 3.7 Gaussmeter 31

รูปที่ 3.8 เครื่องจ่ายไฟ(Power SupplyBK precision1735A) 32

รูปที่ 3.9 รูปการเซตชุดการทดลอง 34

รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ กับค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพ

รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กกับระยะห่างระหว่างหัววัดฮอลล์กับแม่เหล็ก 36

รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่หนึ่งกับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 130 G 37

รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่หนึ่งกับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 190 G 37

รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่หนึ่งกับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 225 G 38

รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่หนึ่งกับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 285 G 38

รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่หนึ่งกับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 450 G 39

รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่สองกับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 130 G 40

รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่สองกับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 190 G 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพ

รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่สองกับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 225 G 41

รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่สองกับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 285 G 41

รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่สองกับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 450 G 42

รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่ 1,2 กับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 130 G 43

รูปที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่ 1,2 กับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 190 G 43

รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่ 1,2 กับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 225 G 44

รูปที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่ 1,2 กับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 285 G 44

รูปที่ 4.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่ 1,2 กับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 450 G 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพ

รูปที่ 4.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์นอมอลไลซ์ตัวที่ 1,2 กับมุม 46

รูปที่ 4.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{V_1^2 + V_2^2}$ กับมุมที่ค่าความ เข้มสนามแม่เหล็ก 130 G 47

รูปที่ 4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{V_1^2 + V_2^2}$ กับมุมที่ค่าความ เข้มสนามแม่เหล็ก 190 G 47

รูปที่ 4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{V_1^2 + V_2^2}$ กับมุมที่ค่าความ เข้มสนามแม่เหล็ก 225 G 48

รูปที่ 4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{V_1^2 + V_2^2}$ กับมุมที่ค่าความ เข้มสนามแม่เหล็ก 285 G 48

รูปที่ 4.23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{V_1^2 + V_2^2}$ กับมุมที่ค่าความ เข้มสนามแม่เหล็ก 450 G 49

รูปที่ 4.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก กับ ค่าคงที่ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง

ตารางที่ 2.1 INTRINSIC CARRIER CONCERNTRATION ที่ 300 K 14

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ 22

ตารางที่ 4.1 ค่าคงที่ในแต่ละความเข้มสนามแม่เหล็ก 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1

บทนำ

ในปัจจุบันนี้ อุตสาหกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์นั้นมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วเพื่อรองรับความต้องการของผู้บริโภคในด้านความสะดวกสบายต่างๆ จึงได้มีการคิดค้นและพัฒนาต่อยอดอุปกรณ์ขึ้นมามากมายโดยอาศัยปัจจัยต่างๆเช่น ความต้องการของตลาด ต้นทุนในการผลิต ความถูกต้อง กระบวนการผลิตและทดสอบ รวมไปถึงการเลือกใช้คุณสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุนั้นๆมาใช้งาน และคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ ค่าความเป็นแม่เหล็ก ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าสนามแม่เหล็กทีในปัจจุบันมีราคาที่สูงมาก จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีแนวคิดที่จะพยายามลดต้นทุนในการผลิตลง โดยการสร้างเครื่องมือในการวัดค่าสนามแม่เหล็กขึ้นมาใหม่ ที่สามารถวัดค่าได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และราคาไม่สูงมาก โดยอ้างอิงถึงทฤษฎีปรากฏการณ์ฮอลล์ (Hall effect) และจะใช้หัววัดฮอลล์(HallSensor) เป็นอุปกรณ์หลักในการวัดค่าสนามแม่เหล็ก

1.1ความเป็นมาของหัววัดฮอลล์

ปรากฏการณ์ฮอลล์ค.ศ.1879 เอ็ดวินฮอลล์(Edwin Hall) นักศึกษามหาลัยจอห์น ฮอพคินส์ ซึ่งอยู่ในขณะนั้นมีอายุ 24 ปี ได้พบว่า เมื่อนำแผ่นตัวนำบางที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านไปวางในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก พาหะประจุ (charge carriers) ในตัวนำสามารถเบนไปจากแนวทางเดิมได้ และการเบนนี้มีผลทำให้เกิดสนามไฟฟ้าในตัวนำในทิศตั้งฉากกับทั้งกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กการค้นพบนี้เรียกว่าปรากฏการณ์ฮอลล์

การวัดสนามแม่เหล็กโดยอาศัยปรากฏการณ์ฮอลล์เป็นเทคนิคที่อาศัยหลักการของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า โดยทำการสังเกตความสัมพันธ์ระหว่างการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นกับลักษณะของเนื้อวัสดุที่ใช้ในการทดลอง โดยใช้วิธีการให้สนามแม่เหล็กไปที่ชิ้นงานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการตรวจสอบ แล้วใช้ตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กเป็นตัวตรวจสอบจับค่าความเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องสัมผัสระหว่างตัวฮอลล์กับชิ้นงานโดยตรง

เนื่องจากการวัดสนามแม่เหล็กโดยอาศัยปรากฏการณ์ฮอลล์จะประกอบด้วยตัวแปรที่สำคัญมากมาย ซึ่งพารามิเตอร์บางตัวที่ไม่สำคัญอาจทำให้ข้อมูลผิดพลาดได้ทำให้การวัดสนามแม่เหล็กค่อนข้างซับซ้อนเนื่องจากตัวแปรทุกตัวที่มีผลกระทบต่อการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า จะต้องนำมาพิจารณาในการคำนวณด้วย ดังนั้นในการที่จะวัดค่าสนามแม่เหล็กจะต้องอาศัยการฝึกฝนและความชำนาญเป็นอย่างสูง

1.2ความเป็นมาของงานวิจัย

เทคนิคการวัดด้วยหัววัดฮอลล์เริ่มมีการใช้ในอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลายมากขึ้น ซึ่งหัววัดฮอลล์มีข้อจำกัดในการวัดก็คือ ในการวัดค่าสนามแม่เหล็กตัวหัววัดฮอลล์จะมีคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับมุมของเส้นแรงเข้ามากระทำกับหัววัดฮอลล์ โดยจะต้องนำหัววัดฮอลล์วัดให้ตั้งฉากกับเส้นแรงแม่เหล็กที่มากระทำเท่านั้นถึงจะได้ค่าแรงดันฮอลล์ออกมาเป็นค่าที่ถูกต้อง ถ้าเส้นแรงแม่เหล็กที่เข้ามากระทำกับหัววัดฮอลล์อยู่ในทิศทางที่ไม่ตั้งฉาก ค่าแรงดันที่วัดได้จะไม่ใช่ค่าแรงดันที่ถูกต้องดังนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้จึงสามารถที่จะวัดค่าสนามแม่เหล็กโดยที่ไม่ขึ้นกับทิศทางของเส้นแรงสนามแม่เหล็กที่มากระทำ

1.3จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

เพื่อที่จะลดข้อจำกัดของหัววัดฮอลล์ ให้สามารถวัดค่าสนามแม่เหล็กโดยไม่ขึ้นกับมุมของสนามแม่เหล็กที่กระทำกับหัววัดฮอลล์ โดยการใช้อุปกรณ์หัววัดฮอลล์สองตัวมาวางตั้งฉากกันนำมาหาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างฟังก์ชันไซน์และโคไซน์ ในการหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่ความเข้มต่างๆ ซึ่งตรวจวัดได้สูงสุดที่ 450เกาส์ และท้ายที่สุดแล้วสามารถที่จะนำไปพัฒนาเป็นเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กได้โดยที่มีต้นทุนต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4สมมติฐานงานวิจัย

ผลของการวัดค่าแรงดันฮอลล์โดยใช้หัววัดฮอลล์ จะขึ้นอยู่กับมุมของสนามแม่เหล็กที่กระทำกับหัววัดฮอลล์ โดยเป็นฟังก์ชันไซน์ แต่ในที่นี้ได้นำฮอลล์สองตัวมาวางตั้งฉากกัน ณ จุดเริ่มต้นฮอลล์ตัวที่หนึ่งจะตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ส่วนตัวที่สองจะขนานกับสนามแม่เหล็ก ดังนั้นค่าของแรงดันที่วัดได้ จากหัววัดฮอลล์ตัวที่หนึ่งจะอยู่ในรูปฟังก์ชันไซน์ ส่วนตัวที่สองก็จะอยู่ในรูปฟังก์โคไซน์ตามลำดับ ดังนั้นถ้าผลของการวัดค่าแรงดันจากหัววัดฮอลล์สองตัวที่วางตั้งฉากกันเป็นไปตามสมการตรีโกณมิติของวงกลมหนึ่งหน่วย $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$ ซึ่งจะสามารถนำเทคนิคการวัดแบบ 2 แกนนี้ ไปวัดกับสนามแม่เหล็กที่ไม่ขึ้นกับทิศทางได้

1.5ขอบเขตงานวิจัย

โครงงานนี้เริ่มต้นจากการศึกษาคุณสมบัติของสนามแม่เหล็กและคุณสมบัติต่างๆของหัววัดฮอลล์ จากนั้นสร้างแบบจำลองชุดเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กโดยไม่ขึ้นกับทิศทางของสนามแม่เหล็กเพื่อทำการวิจัยและทำการวัดค่าต่างๆ รวมถึงทำการพิจารณาผลที่ได้

1.6ขั้นตอนงานวิจัย

ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับคุณสมบัติของหัววัดฮอลล์ ในโครงงานชิ้นนี้ได้เริ่มจากการทดลองวัดหัววัดฮอลล์มิติเดียวซึ่งพบว่าถ้านำแม่เหล็กวางในตำแหน่งที่เส้นแรงแม่เหล็กตั้งฉากกับหัววัดฮอลล์จึงจะทำให้ได้ค่าสนามแม่เหล็กที่ถูกต้องที่สุดซึ่งวิธีนี้จะมีข้อจำกัดคือต้องวางหัววัดฮอลล์ให้ตั้งฉากกับเส้นแรงแม่เหล็กเท่านั้น จึงจะได้ค่าที่ถูกต้อง

แนวทางแก้ไขจากปัญหานี้ก็คือ ทำได้โดยการนำหัววัดฮอลล์อีกตัวเข้ามาวางตั้งฉากกัน ทั้งนี้คือจากทฤษฎีตรีโกณมิติ จึงทำให้ทราบว่าไม่ว่าจะวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่มุมใดๆ ก็จะทำให้ได้ค่าแรงดันฮอลล์ที่วัดได้จริง ในโครงงานฉบับนี้ ได้ใช้หัววัดฮอลล์2 ตัว วางตั้งฉากกัน โดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กจากแม่เหล็กถาวร ที่มีความเข้มสูงสุด 450 เกาส์ ในการทดลองนี้ได้ใช้ค่าสนามแม่เหล็กที่ 130 , 190 , 225 , 285 และ 450 เกาส์โดยการปรับระยะระหว่างแม่เหล็กกับหัววัดฮอล์ทำการปรับมุมเส้นแรงแม่เหล็กที่กระทำกับหัววัดฮอลล์ โดยหมุนแม่เหล็ก 180 องศารอบเซนเซอร์จากจุดหมุน โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ mcs51 ในการประมวลผลค่าแรงดันที่เปลี่ยนแปลงแล้วทำการวิเคราะห์โดยการแก้สมการทางตรีโกณมิติ

1.7เนื้อหาโดยสังเขป

ในโครงงานนี้ได้มีการรวบรวมข้อมูลรายละเอียด ทางทฤษฎี ซึ่งจะมีเนื้อหาโดยสังเขปของแต่ละบทดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ ซึ่งจะกล่าวถึงความเป็นมาโครงงานนี้

บทที่ 2 บอกถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวกับหัววัดฮอลล์

บทที่ 3 ส่วนของโครงสร้าง อุปกรณ์ และการทดลอง

บทที่ 4 ผลการทดลองและกราฟความสัมพันธ์ต่างๆ

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขและการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

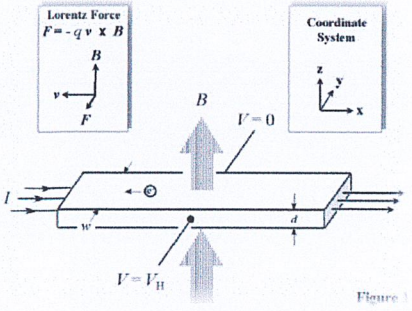
ทฤษฎีและหลักการ

2.1ปรากฏการณ์ฮอลล์

ปรากฏการณ์ฮอลล์เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์อีกชนิดหนึ่งซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของเซนเซอร์วัดตำแหน่ง(Proximity Sensor) ที่มีขนาดเล็กและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลาย เช่นใช้สำหรับวัดตำแหน่ง ระยะทาง ความเร็วในการเคลื่อนที่ ความเร็วรอบ(rpm)หรือการวัดการกระจัดเชิงมุมของเพลาซึ่งแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาท์พุตที่ได้จากปรากฏการณ์ฮอลล์จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการเบี่ยงเบนของกระแสไฟฟ้าคงที่ที่ไหลผ่านอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เรียกว่าชิ้นสารดังแสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในรูป2.1 ทั้งนี้การเบี่ยงเบนของกระแสไฟฟ้านั้นจะขึ้นอยู่กับสนามแม่เหล็กที่ติดตั้งอยู่ทั้งสองด้านของชิ้นสาร ผลที่เกิดขึ้นจากสนามแม่เหล็กที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะมีขนาดสัดส่วนของผลคูณระหว่างความหนาแน่นของสนามแม่เหล็กกับกระแสไฟฟ้า แรงที่กระทำกับประจุพาหะเป็นตามสมการ

$$F = QVB\sin\theta \qquad (2.1)$$

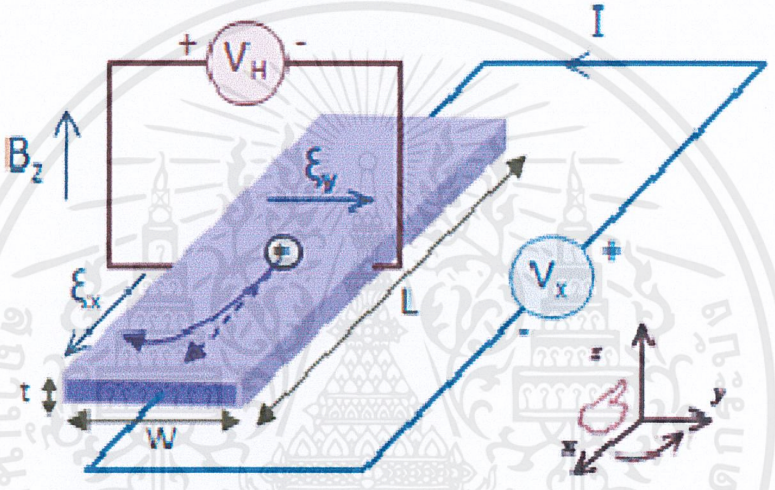
รูปลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของปรากฏการณ์ฮอลล์



รูปที่2.1ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านแผ่นตัวนำบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการของปรากฏการณ์ฮอลล์ดังแสดงในรูปที่2.2นำแผ่นโลหะบางๆที่มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้า เช่น ทองแดง ต่อเข้ากับแบตเตอรี่หรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าเพื่อให้กระแสวิ่งผ่านแผ่นโลหะดังกล่าว จากนั้นวัดค่าแรงดันโดย วัดจากตำแหน่งด้านข้างของแผ่นโลหะ ดังรูป2.2สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้า(I)ที่เกิดจากแหล่งจ่าย ไหลผ่านวัสดุตัวนำไฟฟ้า แล้วนำโวลต์มิเตอร์มาวัดที่แต่ละด้านของวัสดุตัวนำ จะพบว่าโวลต์มิเตอร์วัดได้ค่าเท่ากับ 0V



รูปที่ 2.2ทิศทางการไหลของกระแสผ่านหัววัดฮอลล์

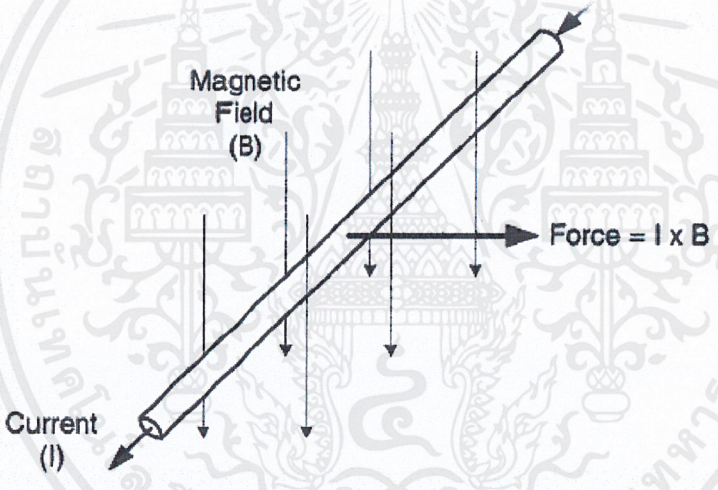
เมื่อนำแผ่นตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านไปวางไว้ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 2.2ประจุพาหะในตัวนำสามารถเบนไปจากแนวทางเดิมได้และการเบนนี้มีผลทำให้เกิดสนามไฟฟ้าในตัวนำในทิศตั้งฉากกับทั้งกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กซึ่งทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า ถ้ากลับทิศของสนามแม่เหล็กขั้วของแรงดันไฟฟ้าก็จะกลับกันด้วย ปรากฏการณ์นี้ถูกเรียกว่า ประกฏการณ์ฮอลล์ถูกค้นพบโดย Edwin Hall

ปรากฏการณ์ฮอลล์(Hall effect) ถูกค้นพบในปี1879เกิดภายใต้สถานะคงตัวซึ่งหมายความว่าแรงดันไฟฟ้าได้ตกคร่อมแผ่นตัวนำซึ่งกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กไม่ขึ้นกับเวลาความต่างศักย์ถูกแสดงโดยกลไกของการเหนี่ยวนำและการเหนี่ยวนำนี้เป็นที่รู้จักกันดีในศตวรรษที่ 19^{th}จากการสังเกตพบว่าความต่างศักย์ที่ได้จากการวัดที่ตกคร่อมแผ่นตัวนำนี้ เมื่อมีสนามแม่เหล็กพุ่งเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือเมื่อสนามแม่เหล็กมีทิศพุ่งออกทำให้เกิดความต่างศักย์เกิดขึ้น โดยมีทิศทางที่ต่างกันพฤติกรรมต่อเนื่องของปรากฏการณ์ฮอลล์ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในความเป็นจริงได้

ภายใต้เงื่อนไขส่วนใหญ่ ความต่างศักย์ที่เกิดจากปรากฏการณ์ฮอลล์ในโลหะมีขนาดเล็กมากและยากที่จะวัดค่าได้ จากการสังเกตของ Andre A. Ampere ในปี1820 ซึ่งค้นพบว่า ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านได้เมื่อวางที่สนามแม่เหล็ก ดังแสดงในรูปที่2.3 เมื่อมีสนามแม่เหล็กมากระทำจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็ก ซึ่งแรงแม่เหล็กมีผลทำให้ประจุเคลื่อนที่ เมื่อประจุเคลื่อนที่ย่อมทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างขั้ว จึงสามารถทำการวัดค่า ความต่างศักย์ที่ตกคร่อมลวดตัวนำได้



รูปที่ 2.3แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กกระแสไฟฟ้าและแรง

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำ ในสนามแม่เหล็กเบนไปอยู่ส่วนใดส่วนหนึ่งดังแสดงในรูปที่ 2.2ระดับการเบนได้สูงเกินปกติ

2.2คุณสมบัติพื้นฐานของปรากฏการณ์ฮอลล์

ในปัจจุบันสามารถวัดสนามแม่เหล็กได้ โดยใช้ตัวรับรู้ฮอลล์ (Linear Hall sensor) ซึ่งทำงานโดยอาศัยหลักการของปรากฏการณ์ฮอลล์ในหัวข้อก่อนหน้านี้ได้อธิบายถึงเรื่อง ปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การณ์ฮอลล์ ในเชิงคุณภาพแต่ในหัวข้อนี้จะอธิบายเกี่ยวกับตัวแปรค่าต่างๆ และทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้าเบื้องต้น

เพื่อเข้าใจ ปรากฏการณ์ฮอลล์จำเป็นที่จะต้องรู้หลักการเคลื่อนที่ของประจุ เช่นการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในการตอบสนองต่อสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก แรงที่กระทำต่ออิเล็กตรอนโดยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้านั้นสามารถอธิบายได้ด้วยสมการ

$$F = q_0E + q_0v \times B \tag{2.2}$$

F คือผลรวมของแรง E คือสนามไฟฟ้า Vคือความเร็วของประจุ B คือค่าสนามแม่เหล็ก และq_0 คือค่าของประจุอิเล็กตรอน ความสัมพันธ์นี้เรียกว่า แรงลอเรนซ์ (Lorentz) โดยจากสมการแสดงให้เห็นว่าแรงที่ได้นั้นเกิดจาก 2 แหล่ง คือ การตอบสนองของประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้า และการเคลื่อนที่เมื่อประจุอยู่ในสนามแม่เหล็ก

ในกรณีของสนามไฟฟ้า ประจุถูกกระทำกับแรงในทิศทางของสนาม โดยประจุบวกจะเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันกับสนามไฟฟ้าทำให้เกิดกระแสไหลขึ้น ส่วนประจุลบจะเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้เกิดแรงดันค่าหนึ่งขึ้นระหว่างสองจุด

ในกรณีของสนามแม่เหล็ก ประจุจะไม่ถูกกระทำโดยแรงใดเลยถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก เมื่อสนามแม่เหล็กมีการเปลี่ยนไปจะเกิดแรงที่มากระทำกับประจุทำให้เกิดการเปลี่ยนทิศทางในการเคลื่อนที่ โดยที่หากเป็นประจุที่ต่างกัน การเคลื่อนที่ก็จะมีทิศตรงข้ามกันด้วย สัญลักษณ์ของตัวแปรทั้งหมดมีความสำคัญ กรณีอย่างเช่นเมื่อความเร็วตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก แรงตั้งฉากกับความเร็วและสนามแม่เหล็กสามารถอธิบายความสัมพันธ์ แรงแต่ละแกน(x,y,z) สัมพันธ์กับความเร็วและสนามแม่เหล็ก ที่เป็นองค์ประกอบในแกนต่างๆโดย

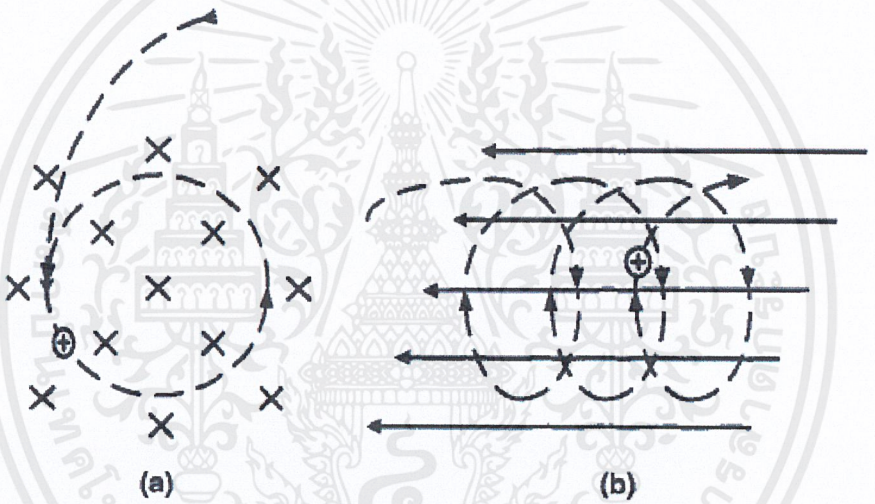
$$F_x = q_0(V_yB_z - V_zB_y) \tag{2.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_y = q_0(V_z B_z - V_z B_x) \quad (2.4)$$

$$F_z = q_0(V_x B_z - V_y B_x) \quad (2.5)$$

แรงจากการเคลื่อนที่ของประจุในสนามแม่เหล็กเป็นเหตุให้ประจุเคลื่อนที่แบบเส้นโค้งดังแสดงในรูปที่ 2.4ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วประจุในสนามแม่เหล็กซึ่งการเคลื่อนที่นี้สามารถเป็นได้ทั้งแบบวงกลม

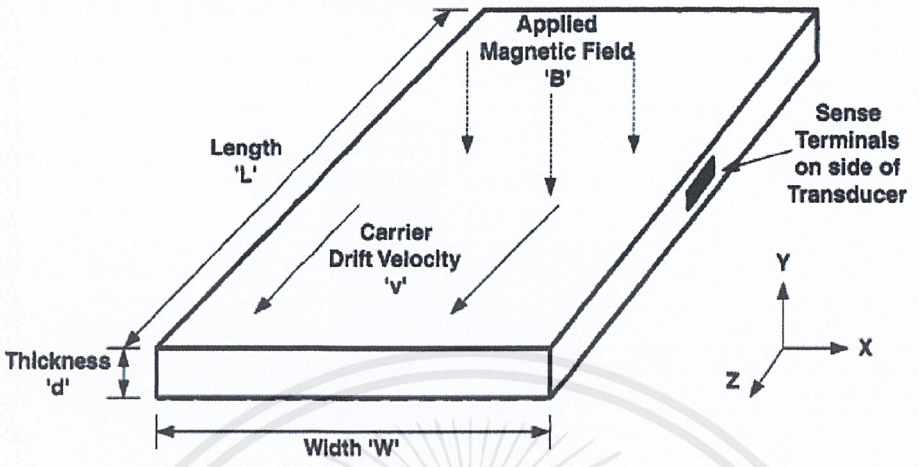


รูปที่ 2.4สนามแม่เหล็กเป็นสาเหตุให้อนุภาคประจุเคลื่อนแบบวงกลม (a) หรือแบบเป็นเกลียว (b)

ในกรณีของตัวนำประจุเคลื่อนที่ผ่านหัววัดฮอลล์ความเร็วตัวนำประจุอยู่ในทิศใดทิศหนึ่งตามความยาวของอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่2.6 และความไวของประจุพาหะที่ถูกเชื่อมด้วยมุมตั้งฉากตลอดความยาวโดยความเร็วตัวนำประจุในแกน X

$(V_y = 0, V_z = 0)$ และความไวของประจุซึ่งไม่สมดุลในแกน Z สามารถที่จะรวมสามสมการข้างบนเป็นสมการเดียวเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ$F_z = q_0 V_z B_y$ซึ่งอ้างอิงได้ว่าฮอลล์เซนเซอร์ จะไวกับส่วน Y ของสนามแม่เหล็กเท่านั้น ดังแสดงในรูป 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5หัววัดฮอลล์ได้แสดงขอบเขตวิกฤติและมุมที่อ้างอิง

$$q_0 E_H + q_0 v \times B = 0 \tag{2.6}$$

โดยที่ E_Hคือสนามไฟฟ้าฮอลล์ที่อยู่ระหว่างตัวแปลงสัญญาณ เราสามารถหาE_Hได้จากสมการ

$$E_H = -v \times B \tag{2.7}$$

ซึ่งหมายความว่า สนามไฟฟ้าฮอลล์นั้นเป็นฟังก์ชันของความเร็วประจุพาหะ(E) กับ ความเข้มสนามแม่เหล็ก(B) สำหรับแผ่นหัววัดที่มีความกว้างของหน้าสัมผัส(w)ระหว่างหน้าสัมผัส สนามไฟฟ้าฮอลล์จะเป็นผลรวมของความกว้างทั้งหมด จึงสามารถเขียนสมการสำหรับแรงดันฮอลล์(V)ได้ดังนี้

$$V_H = -wvB \tag{2.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3หัววัดฮอลล์ที่ทำจากโลหะ

ในการอธิบายความไวของ หัววัดฮอลล์สิ่งสำคัญที่ควรจะรู้ คือ ความเร็วประจุพาหะเฉลี่ยในโลหะ อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่แบบอิสระและเป็นการเคลื่อนที่แบบสุ่มเนื่องจากพลังงานที่เกิดจากความร้อน(Thermal energy) 'ความเร็วที่เกิดจากความร้อน' สูงสุดสำหรับอิเล็กตรอนที่ให้แต่เพราะการเคลื่อนที่แบบสุ่ม(Random)ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของแต่ละอิเล็กตรอนเฉลี่ยเท่ากับ 0 ซึ่งแสดงถึงไม่มีกระแสเมื่อนำสนามไฟฟ้ามาใช้ในการเหนี่ยวนำจะทำให้อิเล็กตรอนเกิด การดริฟท์ในทิศทางตามสนามไฟฟ้า ในขณะที่ทำการสุ่มจากพลังงานความร้อนอัตราค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่จากสนามไฟฟ้าถูกเรียกว่าความเร็วดริฟท์(drift velocity)

ในกรณีของโลหะความเร็วดริฟท์ สามารถคาดคะเนได้โดย ขั้นตอนแรก คำนวณปริมาตรความหนาแน่นของพาหะต่อหนึ่งหน่วย ในกรณีของโลหะเช่นทองแดง ถูกสันนิษฐานว่าทุกๆอะตอมของทองแดงมี 1 อิเล็กตรอนที่อยู่ชั้นวาเลนส์นอกสุด ซึ่งมีประโยชน์ในการนำกระแสไฟฟ้า ความหนาแน่นพาหะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการวัดปริมาตร ดังนั้นผลคูณของจำนวนอะตอมต่อหนึ่งหน่วยของน้ำหนักและความถ่วงจำเพาะอย่างเช่นในกรณีของทองแดงนี้สามารถคำนวณได้

$$N = \left(\frac{N_A}{M_m}\right) D \qquad (2.9)$$

$$= \left(\frac{6.02\ x\ 1023 mol^{-1}}{63.55\ g.mol^{-1}}\right) \text{x } 8.89 \text{g. cm}^{-3} = 8.42 \text{ x } 1022 \text{cm}^{-3}$$

N = จำนวนของพาหะต่อคิวปิคเซนติเมตร

N_A = ค่าคงที่อโวกาโด

M_m= มวล Molarของทองแดง

D = ความถ่วงจำเพาะของทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความหนาแน่นของพาหะ สามารถคำนวณหาความเร็วดริฟท์ของตัวนำกระแส หน่วยของกระแสเป็น แอมแปร์(A) ซึ่งประจุบนอิเล็กตรอนประมาณ $6.2x10^{18}$ ของประจุพาหะต่อวินาที และมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{q_0}$พิจารณากรณีของวัตถุตัวนำ กับพื้นที่หน้าตัดของAที่ให้ ความเร็วพาหะเป็นสัดส่วนกับกระแสสมมุติว่า ความหนาแน่นพาหะเป็นค่าคงที่และพฤติกรรมของพาหะคล้ายของเหลว ความเร็วเป็นส่วนกลับกับพื้นที่หน้าตัดซึ่งพื้นที่หน้าตัดมากแสดงถึงความเร็วพาหะที่ลดลงความเร็วดริฟท์ของพาหะหาได้ โดย

$$v = \frac{I}{q_0 NA} \tag{2.10}$$

ซึ่ง V = ความเร็วพาหะ cm /sec

I = กระแส (A)

q_0 = ประจุบนอิเล็กตรอน ($1.6x10^{-19}$ C)

N = ความหนาแน่นตัวนำ

A = พื้นที่หน้าตัด (cm^2)

ผลลัพธ์ที่ได้เป็นความเร็วดริฟท์ของตัวนำในโลหะ ในขณะที่สนามไฟฟ้าซึ่งเป็นสาเหตุให้ประจุตัวนำเคลื่อนที่ผ่านไปยังพาหะที่เข้าใกล้ความเร็วแสง ($3x10^8$ms) ซึ่งพาหะที่แท้จริงเคลื่อนที่ไปมามากกว่าอัตราการเคลื่อนไหวเฉลี่ยตามแนวความคิดของความไม่เท่ากันพิจารณาชิ้นส่วนของลวดทองแดงเบอร์ 18 ขนาด 1 แอมแปร์ลวดนี้ถูกใช้สำหรับทำโคมไฟและเครื่องใช้ภายในบ้านอื่นๆ และมีพื้นที่ประมาณ 0.0078 $cm^2$1แอมแปร์คือจำนวนความต้องการแสงสว่างหลอดไฟ 100 วัตต์ จากความหนาแน่นของตัวนำที่ได้ก่อนหน้านี้สำหรับทองแดงจะได้

$$V = \frac{1A}{(1.6 \times 10{-}19C \;\; 8.42 \times 1022 cm^{-3} \;\; 0.0078\ cm^2)}$$

$$= 0.009\ cm.s^{-1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วดริฟท์ของพาหะดังแสดงในตัวอย่างข้างต้น จะพบว่าความเร็วที่ได้น้อยกว่าความเร็วแสงเป็นอย่างมากซึ่งมีความเร็วน้อยมากๆ

จากการรวมสมการ (2.9) และ (2.10) เข้าด้วยกัน เราก็จะสามารถอธิบายความไวของ หัววัดฮอลล์อย่างเช่น ฟังก์ชันของขอบเขตหน้าตัดอัตราการไหลของกระแสไฟและ ความหนาแน่นพาหะ

$$V_H = \frac{IB}{q_0 Nd} \tag{2.11}$$

ซึ่ง d = ความหนาพาหะ

พิจารณากรณีของเซนเซอร์ประกอบด้วย แผ่นโลหะทองแดงบางๆ ซึ่งคล้ายกับที่แสดงในรูปที่ 2.5 สมมติอัตราการไหลของกระแสไฟเป็น 1 แอมแปร์และความหนาเป็น 25 um (0.001") สำหรับสนามแม่เหล็กเป็น 1tesla (10,000 gauss) ผลลัพธ์แรงดันฮอลล์ที่ได้จะเท่ากับ

$$V_H = \frac{1A.1T}{(1.6 \times 10{-}19\,C\;\; 8.42 \times 1028m{-}3\;\; 25 \times 10{-}6m)}$$

$$= 3.0 \times 10^{-6} V$$

หมายเหตุ หน่วยที่ใช้เป็นหน่วย SI (เมตร-กิโลกรัม-วินาที) เพื่อความสอดคล้องในการคำนวณถึงแม้กรณีสำหรับสนามแม่เหล็กที่มีค่าเท่ากับ 10,000 gauss ผลลัพธ์แรงดันฮอลล์ก็จะมีขนาดเล็กมาก ด้วยเหตุผลนี้โลหะส่วนใหญ่จึงไม่เหมาะที่จะมาใช้ทำเป็นหัววัดฮอลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4หัววัดฮอลล์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ

จากการอธิบายเรื่อง หัววัดฮอลล์ที่ทำจากโลหะดังที่ได้กล่าวมา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้ามีการปรับปรุงให้ดีขึ้นอาจค้นพบวัตถุใหม่ๆที่มีประสิทธิภาพมากกว่า วัตถุที่ใช้ทำตัวรับรู้ฮอลล์กับความหนาแน่นพาหะที่ต่ำจะแสดงงปรากฏการณ์ฮอลล์ที่มีค่ามากสำหรับกระแสและความเข้ม จากการค้นพบวัตถุสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอนแมงกานีส แกลเลี่ยมอาร์ซิไนด์(gallium-arsenide) ซึ่งให้ความหนาแน่นพาหะต่ำตามที่ต้องการรวมทั้งหลักพื้นฐานในการทำเซนเซอร์ที่สามารถนำมาใช้ได้จริง ในกรณีของสารกึ่งตัวนำ ความหนาแน่นพาหะโดยทั่วไปอาจกล่าวได้ว่าเป็นความเข้มข้นพาหะ

Material	Carrier Concentration(cm^{-3})
Copper (est.)	$8.4 \text{ X } 10^{22}$
Silicon	$1.4 \text{ X } 10^{10}$
Germanium	$2.1 \text{ X } 10^{12}$
Gallium-Arsenide	$1.1 \text{ X } 10^{7}$

ตารางที่2.1 intrinsic carrier concentration ที่ 300 k

จากตารางที่ 2.1 วัตถุกึ่งตัวนำจะมีความหนาแน่นของพาหะ น้อยกว่าความหนาแน่นพาหะของโลหะเยอะมาก ก็เพราะว่าในโลหะ มีอะตอมพาหะส่วนมากเป็นอิเล็กตรอน ซึ่งเป็นพาหะที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำอยู่แล้ว ในทางตรงกันข้ามในสารกึ่งตัวนำไม่ได้มีอิเล็กตรอนเป็นพาหะส่วนมาก อิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำมีประโยชน์สำหรับเป็นตัวนำ ก็ต่อเมื่อได้พลังงานความร้อนไปยังสภาวะตัวนำ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเข้มข้นพาหะของสารกึ่งตัวนำจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ (Intrinsic Semiconductor)อย่างเช่น ผลึกซิลิกอน อิเล็กตรอนวงนอกของธาตุจะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติทางปฏิกิริยาเคมีของธาตุนั้น กับธาตุอื่นและกำหนดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของธาตุนั้น คุณสมบัติทางไฟฟ้า กำหนดโดย ทฤษฎีแถบพลังงาน (band theory of solids)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งอธิบายในแง่พลังงานที่อิเล็กตรอนต้องการ ที่จะทำให้หลุดไปจากอะตอมและกลายเป็นอิเล็กตรอนอิสระ การเติมอะตอมสารเจือลงในสารกึ่งตัวนำเมื่อเติมสารเจือปนลงไปในผลึก ซิลิกอน หรือ เจอร์มันเนียมเพียงเล็กน้อย จะทำให้คุณสมบัติทางไฟฟ้าของชิ้นสารกึ่งตัวนำนั้น เปลี่ยนแปลงไปเกิดเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นหรือสารกึ่งตัวนำชนิดพีเมื่อเติมสารเจือปนลงไปในซิลิกอนด้วยอะตอมของพลวง จะมีอิเล็กตรอนวงนอก เกินมา 1 ตัว เนื่องจากพลวง มีอิเล็กตรอนวงนอก 5 ตัว ทำให้ สารกึ่ง ตัวนำที่เติมสารเจือปนลงไปแล้วมีอิเล็กตรอนอิสระ มาก เรียกสารกึ่งตัวนำนี้ว่า สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นแต่ถ้าเติมสารเจือปนลงไปซิลิกอนด้วย โบรอน ซึ่ง มีอิเล็กตรอนวงนอก 3 ตัว อิเล็กตรอนวงนอก ของพันธะโควาเลนต์ ระหว่าง ซิลิกอน กับโบรอน จะรวมกันได้ 7 ตัว ซึ่งยังไม่เสถียร พันธะนี้พร้อมจะรับอิเล็กตรอนภายนอกได้อีก 1 ตัวหากพันธะนี้อยู่ในบริเวณใด พร้อมจะดึงอิเล็กตรอน จากสิ่งแวดล้อมในบริเวณนั้น ได้อีก 1 ตัว เรียกสารกึ่งตัวนำนี้ว่า สารกึ่งตัวนำชนิดพี

จุดประสงค์ในการทำ ฮอลล์เซนเซอร์ มีข้อดีหลายข้อที่ได้จากการเติมสารเจือวัตถุกึ่งตัวนำ ข้อแรก ก็เพราะความเข้มข้นพาหะของสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์มีค่าต่ำ

เหตุผลประการที่สองสำหรับการเติมสารเจือเพื่อเป็นทางเลือกของ ตัวนำประจุ ในโลหะจะไม่มีทางเลือกซึ่งอิเล็กตรอนเป็นตัวนำประจุพื้นฐานอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามวัตถุกึ่งตัวนำมีทางเลือกเป็นได้ทั้งอิเล็กตรอน หรือ โฮล เนื่องจากอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เร็วกว่าโฮลดังนั้น ฮอลล์เซนเซอร์ ที่ใช้วัตถุชนิดเอ็นเป็นส่วนประกอบซึ่งอิเล็กตรอนเป็นตัวนำกว่า จะมีความไวมากกว่า วัตถุชนิดพีซึ่งกระแสที่ได้เกิดจากการเคลื่อนที่ของโฮล

เหตุผลประการที่สามสำหรับการเติมสารเจือ ให้กับสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ความเข้มข้นตัวนำเป็นฟังก์ชั่นของอุณหภูมิผลลัพธ์ความเข้มข้นตัวนำเกิดจากการเติมสารสิ่งเจือ เป็นฟังก์ชันของความเข้มข้นเจือปนซึ่งจะไม่เปลี่ยนตามอุณหภูมิโดยการเติมความเข้มข้นที่สูงพอของสารเจือเราได้ความเข้มข้นพาหะคงที่ต่อเนื่องบนอุณหภูมิเนื่องจากแรงดันฮอลล์เป็นฟังก์ชันความเข้มข้นพาหะผลลัพธ์ของการเติมสารเจือมากกว่าอุณหภูมิคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของ ฮอลล์เซนเซอร์บนวงจรรวมนี่คือเหตุผลที่ใช้ การเติมสารเจือซิลิคอนส่วนใหญ่เพราะสามารถใช้ประโยชน์ได้ลำดับชั้นซิลิคอนที่ใช้ในกระบวนการ IC เป็นการเติมอะตอมสารเจือในระดับต่างๆของวัตถุ N และ P ขึ้นอยู่กับ ฟังก์ชันที่กำหนด ลำดับชั้นของซิลิคอนบริสุทธิ์ที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในส่วนของกระบวนการผลิต มาตรฐาน IC

2.5เซนเซอร์วัดตำแหน่งเชิงเส้น

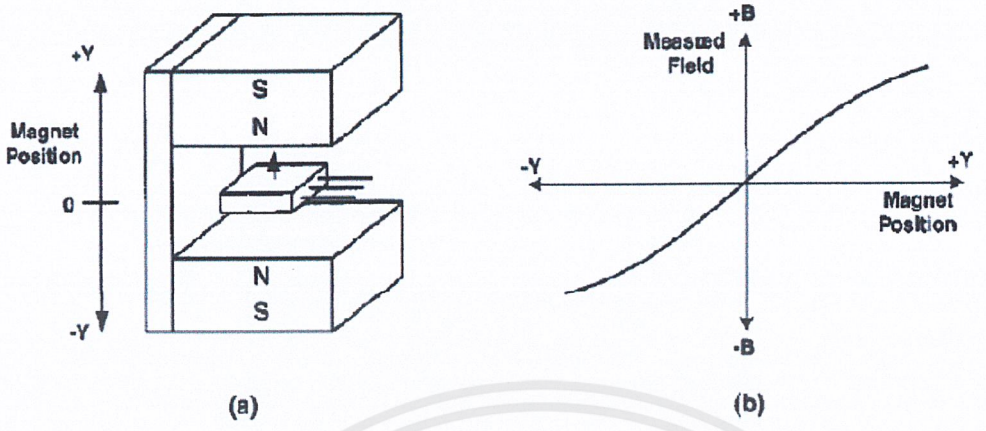
คือเซนเซอร์วัดตำแหน่งที่เป็นเชิงเส้น สามารถที่จะบอกว่าตำแหน่งนั้นมีหรือไม่มีสนามแม่เหล็ก เพื่อที่จะไปวัดระยะทางที่ต่อเนื่องกันได้ ในการวัดสนามแม่เหล็กนี้มีปัจจัยที่สำคัญสองสิ่ง คือหัววัดฮอลล์ที่ให้เอาท์พุตเป็นเชิงเส้นและสนามแม่เหล็กต้องมีความเป็นเชิงเส้น ทำให้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าแรงดันฮอลล์กับสนามแม่เหล็กที่เป็นเชิงเส้นดังสมการ $Y = mX + C$ ทำให้ทราบค่าความไวของการตอบสนองต่อสนามแม่เหล็กที่กระทำ คือค่าความชัน(m) ของกราฟ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในการวัดค่าสนามแม่เหล็กในเชิงปฏิบัติได้จริง

ตำแหน่งเซนเซอร์แบบต่อเนื่องสามารถนำมาวิเคราะห์และอธิบายถึงคุณสมบัติต่างๆของเซนเซอร์วัดตำแหน่ง ซึ่งสามารถนำใช้แทนที่เซนเซอร์ในเชิงดิจิตอลด้วยอุปกรณ์ที่มีเอาท์พุตเป็นเชิงเส้นในขณะที่การเตรียมการเช่นนี้อาจจะนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการใช้แบบเฉพาะ เอาท์พุตที่ได้จะสำคัญต่อความไม่เป็นเชิงเส้นโดยคำนึงถึงเรื่องตำแหน่ง ความไวของสนองระหว่างหัววัดฮอลล์กับสนามแม่เหล็ก

โครงสร้างภายนอกของแม่เหล็กมีหลายแบบซึ่งความหนาแน่นของการไหลของประจุพาหะส่งผลต่อเอาท์พุตถึงความเป็นเชิงเส้น สามารถเปรียบเทียบค่าความเข้มสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กสองตัวที่วางขนานกันดังรูป2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



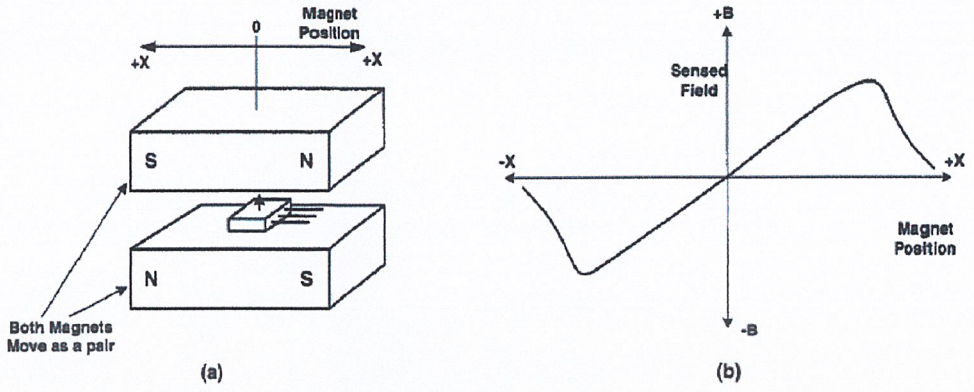
รูปที่ 2.6การเลื่อนหัววัดฮอลล์ในแกน Y

จากรูปแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องในแกน Y ระหว่างสองแม่เหล็กที่ต่างกันจากด้านลบต่ำที่สุดที่ขั้วด้านหนึ่ง ไปถึงกึ่งกลางระหว่างขั้ว และเพิ่มขึ้นจนถึงด้านบวกสูงที่สุดของขั้วแม่เหล็กอีกด้าน ใกล้ๆจุดกึ่งกลางของความชันกราฟจะไม่เปลี่ยนแปลง คือจะมีค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่หักล้างกันหมด จึงทำให้มีค่าเป็นศูนย์

คุณสมบัติประการหนึ่งของการวางตำแหน่งแม่เหล็กในลักษณะนี้จะช่วยให้สามารถเลือกแม่เหล็กที่นำมาใช้ได้หลากหลายมากขึ้น ถ้าการวัดขนาดของหน้าขั้วกับขั้วที่แยกจากกัน แตกต่างกันมากแล้ว หัววัดฮอลล์จะไม่ตอบสนองกับสิ่งอื่นในการเปลี่ยนตำแหน่งเซนเซอร์ แต่จะยกเว้นแกนในแนวYถึงแม้ว่าการจัดการอันนี้จะจัดเตรียมได้สัดส่วนของความหนาแน่นในการไหลของประจุพาหะด้วยจุดฟลักซ์ที่ไม่มีค่าตรงกลางซึ่งไม่ได้ขึ้นกับความเป็นไปได้จากการเคลื่อนที่มากเกินไปและไม่สามารถการันตีได้ว่าแม่เหล็กจะหยุดเคลื่อนไหวก่อนที่จะชนกับตัวเซนเซอร์ เค้าโครงรูปร่างของแม่เหล็กในรูปที่ 2.7แสดงลักษณะการเลื่อนของหัววัดฮอลล์

119232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7การเลื่อนหัววัดฮอลล์ในแกน X

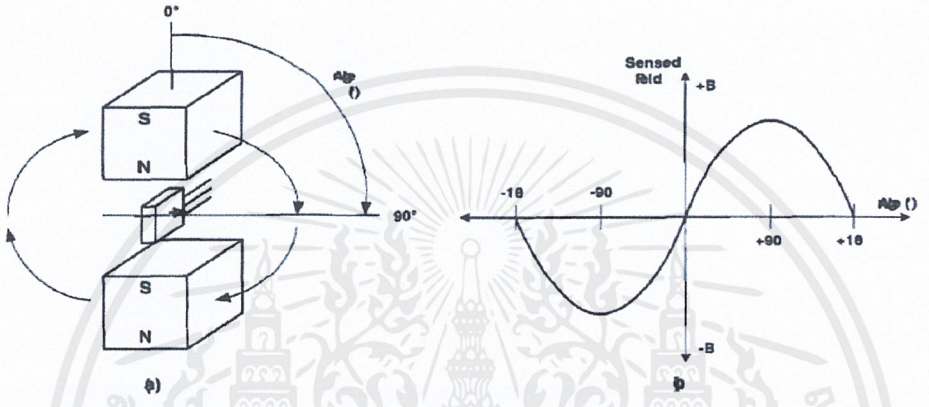
ข้อดีของการจัดเรียงในแบบนี้คือเซนเซอร์จะไม่ชนที่ตรงใต้แม่เหล็กตอนที่เคลื่อนตัว เพราะว่าการเลือกแม่เหล็กที่เหมาะสมและเกี่ยวกับเรื่องเรขาคณิต และได้เตรียมการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์เป็นเชิงเส้นในการตอบสนองการเคลื่อนไหว ข้อเสียของการจัดวางเซนเซอร์อยู่ในลักษณะนี้ อย่างแรก ก็คือ เซนเซอร์จะเคลื่อนตัวออกจากช่องว่างที่อยู่ในทิศทางของการเคลื่อนไหว ขนาดของฟลักซ์เริ่มต่ำลง ซึ่งสาเหตุคือการอ่านตำแหน่งผิด ด้วยเหตุผลนี้ยังคงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาผลกระทบของการเคลื่อนที่มากเกินไปจากทัศนคติการกระทำของระบบ นอกจากปัญหาเบื้องต้นแล้ว ยังมีอีกปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น คือ ความยาวต่างกันมากซึ่งการวัดขนาดสามารถทำได้โดยจะเปรียบเทียบถึงขนาดของแม่เหล็กยกเว้นถ้าต้องการใช้แม่เหล็กขนาดใหญ่ก็จะลดปัญหาที่เกิดขึ้น และปัญหาอย่างสุดท้าย คือตัวเลือกของวัสดุแม่เหล็ก แม่เหล็กบางชนิดเช่น NdFeBหรือ SmCoมักจะมีพื้นที่ความหนาแน่นสูง อาจจะไม่ให้ผลตามต้องการในระบบตำแหน่ง

2.6เซนเซอร์วัดตำแหน่งเชิงมุม

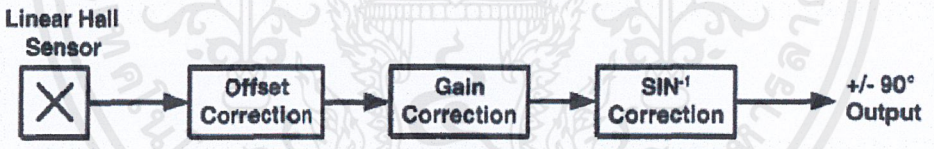
ในการวัดค่าเชิงมุมนั้น จะมีการหมุนเส้นแรงของสนามแม่เหล็กที่เข้ามากระทำกับหัววัดฮอลล์ ซึ่งในรูปที่ 2.8 เป็นการแสดงถึงการหมุนแม่เหล็กถาวรรอบหัววัดฮอลล์โดยมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านเชิงมุมเพียงอย่างเดียว ผลลัพธ์จะได้ว่าแรงดันที่หัววัดฮอลล์วัดได้ มีค่าเท่ากับ $v_0 = k\sin\theta$ ในทางกลับกัน ถ้าในการวัดรู้ค่าของแรงดันฮอลล์ที่หัววัดอ่านได้ก็สามารถที่จะรู้ค่าของมุมที่เส้นแรงสนามแม่เหล็กเข้ามาการะทำกับหัววัดฮอลล์ได้เช่นกัน จาก $\theta = \sin^{-1}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในความเป็นจริงนั้นการวัดอาจจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ คือ เมื่อเส้นแรงแม่เหล็กมากระทำกับหัววัดฮอลล์ทำมุมกัน 0 องศา แต่ค่าแรงดันฮอลล์ที่อ่านได้กลับได้ค่าที่ไม่เท่ากับ0โวลต์ ดังนั้นจึงควรที่จะมีการปรับค่าเริ่มต้นเป็น 0 ก่อนทำการวัดทุกครั้ง เพื่อไม่ให้ สัญญาณที่วัดได้เกิดความผิดพลาด



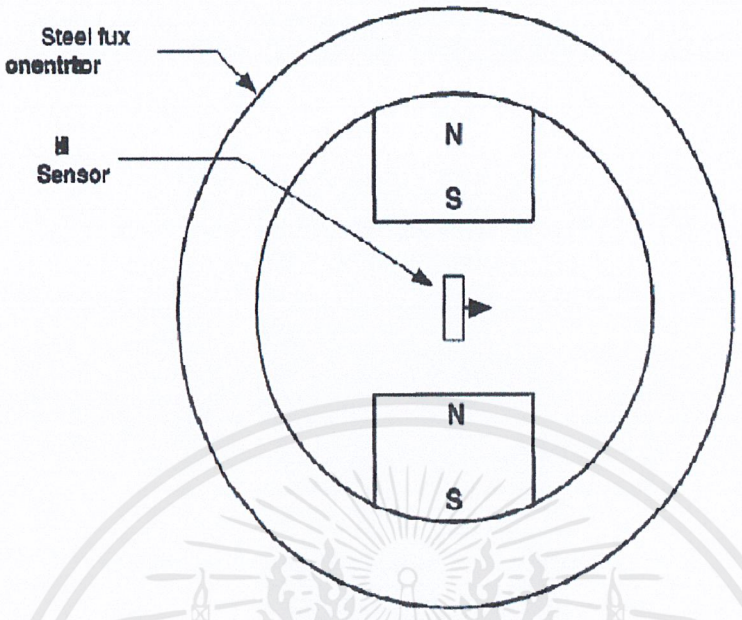
รูปที่ 2.8 โครงสร้างของเซนเซอร์วัดตำแหน่งเชิงมุมและการตอบสนอง



รูปที่2.9สัญญาณที่เข้าสู่เซนเซอร์วัดตำแหน่งเชิงมุม

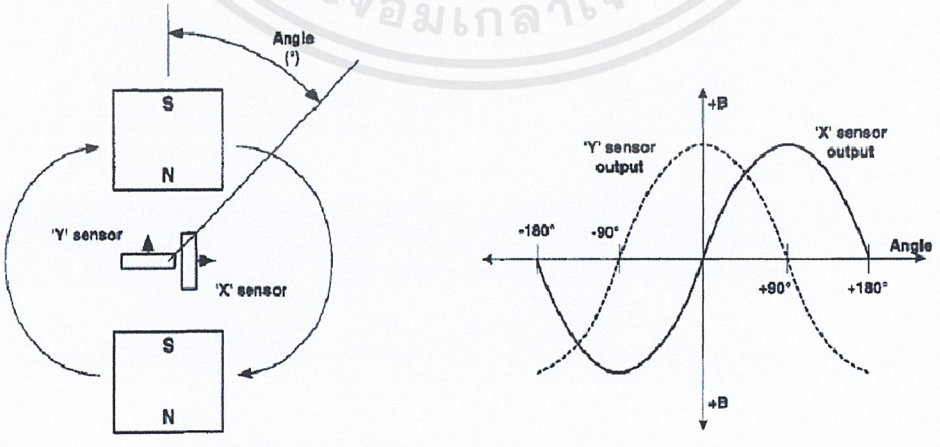
จากรูปที่ 2.10 ได้แสดงถึงการวางของแม่เหล็กถาวรกับหัววัดฮอลล์ โดยได้นำโลหะมาวางล้อมรอบ เพื่อลดเส้นแรงสนามแม่เหล็กที่จะไหลไปสู่ภายนอก จึงทำให้ค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กมีค่าเพิ่มขึ้น รวมทั้งยังสามารถเป็นสิ่งกีดขวางไม่ให้สนามแม่เหล็กภายนอกเข้ามารบกวนเข้ามารบกวนหัววัดฮอลล์ ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ลดความผิดพลาดของหัววัดฮอลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 หัววัดเซนเซอร์

การนำหัววัดฮอลล์มาวางตั้งฉากกันดังรูปที่ 2.11 ในที่มุม 0 องศานั้นที่หัววัดฮอลล์ตัว Y จะวางตั้งฉากกับทิศของเส้นแรงสนามแม่เหล็ก ค่าที่วัดได้จึงมีค่าสูงสุด ซึ่งสัมพันธ์กับ $v_y = k\sin\theta$ ในทางตรงกันข้าม ที่หัววัดฮอลล์ตัว X ได้วางขนานกับทิศของเส้นแรงสนามแม่เหล็ก ค่าที่วัดได้จึงมีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งสัมพันธ์กับ $v_x = k\cos\theta$ โดยจะมีความสัมพันธ์อย่างนี้ไปในทุกๆตำแหน่งของการหมุนและจะมีเฟสต่างกัน 90 องศา

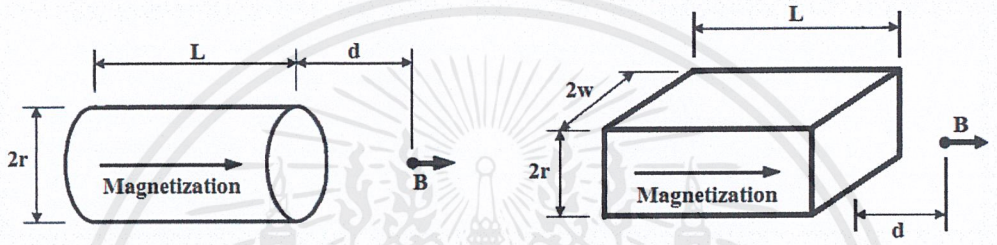


รูปที่2.11เซนเซอร์สำหรับใช้งานในช่วง 360 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7แม่เหล็กถาวร

ในการคำนวณค่าความเข้มสนามเหล็ก (B) ที่จุดตั้งฉากแม่เหล็กถาวรสามารถคำนวณได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปร่างของวัสดุแม่เหล็กถาวร ตัวอย่างแม่เหล็กถาวรที่มีรูปร่าง 2 แบบ คือ ทรงกระบอก และทรงสี่เหลี่ยม ดังรูปที่2.12



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างแม่เหล็กถาวรทรงกระบอก และ ทรงสี่เหลี่ยม

สำหรับแม่เหล็กถาวรทรงกระบอกสามารถคำนวณค่าความเข็มสนามแม่เหล็กได้เป็น

$$B = \frac{B_r}{2}\left[\frac{d+l}{\sqrt{(d+l)^2+r^2}} - \frac{d}{\sqrt{d^2+r^2}}\right] \qquad (2.12)$$

และแม่เหล็กถาวรทรงสี่เหลี่ยมคำนวณค่าความเข้มสนามแม่เหล็กได้เป็น

$$B = \frac{B_r}{\pi}\left[\tan^{-1}\left(\frac{d+l}{Wt}\sqrt{t^2+W^2+(d+l)^2}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{d}{W}\sqrt{t^2+W^2+d^2}\right)\right] \qquad (2.13)$$

โดยค่าความเข้มสนามแม่เหล็กจะขึ้นกับขนาดรูปร่างของแม่เหล็กถาวร และค่ารีมาเนนท์ (Br) ที่เป็นคุณสมบัติของสารแม่เหล็กนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8ตรีโกณมิติ

ในส่วนของทฤษฎีตรีโกณมิติจะยกมาเฉพาะส่วนที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการทดลองเท่านั้นตรีโกณมิติ เป็นสาขาของคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับมุม และฟังก์ชันตรีโกณมิติ เช่น ไซน์ และ โคไซน์

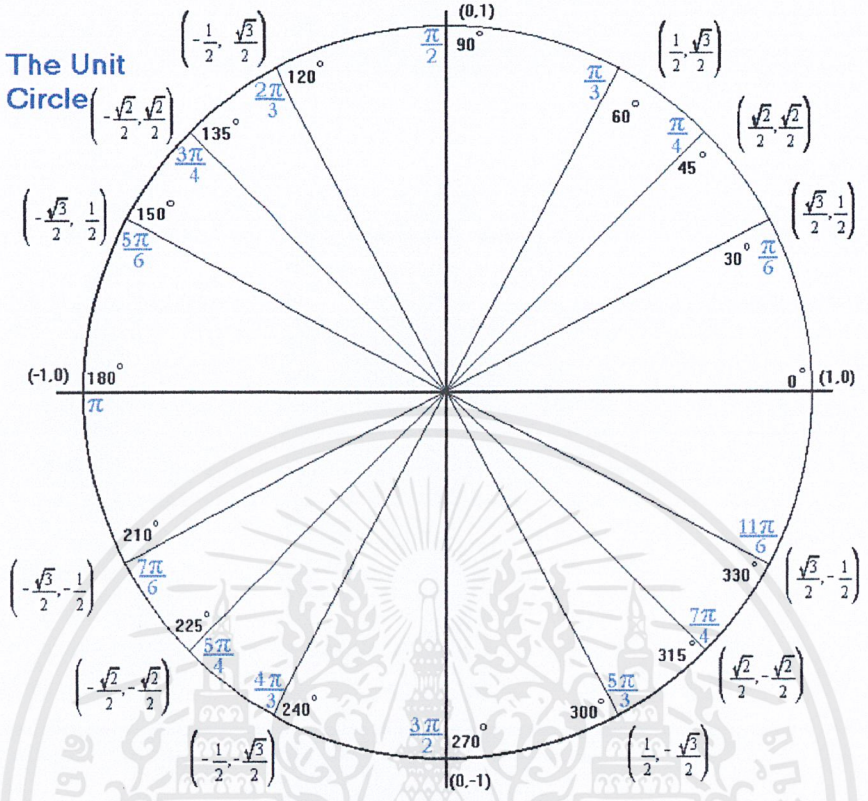
ฟังก์ชันตรีโกณมิติ

ฟังก์ชันตรีโกณมิติ (Trigonometric function) คือ ฟังก์ชันของมุม ซึ่งมีความสำคัญในการศึกษารูปสามเหลี่ยมและปรากฏการณ์ในลักษณะเป็นคาบ ฟังก์ชันอาจนิยามด้วยอัตราส่วนของด้าน 2 ด้านของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก หรืออัตราส่วนของพิกัดของจุดบนวงกลมหนึ่งหน่วย หรือนิยามในรูปทั่วไปเช่น อนุกรมอนันต์ หรือสมการเชิงอนุพันธ์ รูปสามเหลี่ยมที่นำมาใช้จะอยู่ในระนาบแบบยุคลิด ดังนั้น ผลรวมของมุมทุกมุมจึงเท่ากับ 180° เสมอในปัจจุบัน มีฟังก์ชันตรีโกณมิติอยู่ 6 ฟังก์ชันที่นิยมใช้กันดังตาราง2.3

ฟังก์ชัน	ตัวย่อ	ความสัมพันธ์
ไซน์	Sin	$\sin\theta - \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$
โคไซน์	Cos	$\cos\theta = \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$
แทนเจนต์	Tan	$\tan\theta - \frac{1}{\cot\theta} - \frac{\sin\theta}{\cos\theta} - \cot\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$
โคแทนเจนต์	Cot	$\cot\theta - \frac{1}{\tan\theta} - \frac{\cos\theta}{\sin\theta} - \tan\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$
ซีแคนต์	Sec	$\sec\theta = \frac{1}{\cos\theta} = \csc\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$
โคซีแคนต์	cosec	$\csc\theta = \frac{1}{\sin\theta} = \sec\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$

ตารางที่ 2.2ความสัมพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 วงกลมหนึ่งหน่วย

วงกลมหนึ่งหน่วย

ฟังก์ชันตรีโกณมิติทั้ง 6 ฟังก์ชัน สามารถนิยามด้วยวงกลมหนึ่งหน่วย ซึ่งเป็นวงกลมที่มีรัศมียาว 1 หน่วย และมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดกำเนิด วงกลมหนึ่งหน่วยช่วยในการคำนวณ และหาค่าฟังก์ชันตรีโกณมิติสำหรับอาร์กิวเมนต์ที่เป็นบวกและลบได้ ไม่ใช่แค่ 0 ถึง $\frac{\pi}{2}$เรเดียนเท่านั้น สมการของวงกลมหนึ่งหน่วยคือ

$$X^2 + Y^2 = 1 \qquad (2.14)$$

จากรูปที่2.13 เราจะวัดมุมในหน่วยเรเดียน โดยให้มุมเป็นบวกในทิศทวนเข็มนาฬิกา และมุมเป็นลบในทิศตามเข็มนาฬิกา ลากเส้นให้ทำมุม θ กับแกนX ด้านบวก และตัดกับวงกลมหนึ่งหน่วย จะได้ว่าพิกัด X และ Y ของจุดตัดนี้จะเท่ากับ $\cos\theta$และ $\sin\theta$ตามลำดับ เหตุผลเพราะว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปสามเหลี่ยมที่เกิดขึ้นนั้น จะมีความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก ยาวเท่ากับรัศมีวงกลม นั่นคือยาวเท่ากับ 1 หน่วย เราจะได้ $\sin\theta = \frac{Y}{1}$ และ $\cos\theta = \frac{X}{1}$ วงกลมหนึ่งหน่วยช่วยให้เราหากรณีที่สามเหลี่ยมมีความสูงเป็นอนันต์(เช่น มุม $\frac{\pi}{2}$ เรเดียน) โดยการเปลี่ยนความยาวของด้านประกอบมุมฉาก แต่ด้านตรงข้ามมุมฉากยังยาวเท่ากับ 1 หน่วย เท่าเดิม

2.9การนำทฤษฎีตรีโกณมิติมาประยุกต์ใช้กับโครงงาน

จากสมการ2.1 จะเห็นได้ว่าแรงที่กระทำกับประจุพาหะขึ้นอยู่กับมุมของสนามแม่เหล็กที่กระทำกับหัววัดฮอลล์ ดังนั้นแรงดันฮอลล์ก็จะเป็นไปตามสมการ

$$V_{H1} = K\sin\theta \qquad (2.15)$$

และ

$$V_{H2} = K\cos\theta \qquad (2.16)$$

ซึ่งจากสมการ 2.15 และ สมการ 2.16 นี้ จะเปลี่ยนแปลงตามทิศสนามแม่เหล็กที่กระทำกับตัววัดฮอลล์

จากสมการ sinและ cosine ในสมการที่ 2.15และ 2.16 มีความสัมพันธ์ทางตรีโกณมิติตามสมการ

$$\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1 \qquad (2.17)$$

ถ้าผลของการวัดค่าแรงดันจากหัววัดฮอลล์สองตัวที่วางตั้งฉากกันเป็นไปตามสมการที่ 2.17 แล้วก็สามารถที่จะนำเทคนิคการวัดแบบ 2 แกนนี้ ไปวัดกับสนามแม่เหล็กที่ไม่ขึ้นกับทิศทางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ธรรมชาติของข้อมูลในโลกของความเป็นจริง จะมีลักษณะต่อเนื่อง คือเป็นข้อมูลอนาลอก เช่นอุณหภูมิของอากาศ ไม่ได้มีเฉพาะร้อนหรือเย็นเท่านั้น หรือแสงไม่ได้มีเฉพาะ สว่าง หรือ มืด เท่านั้น วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้เอาท์พุตเป็นรหัสดิจิตอลที่สมนัยกับขนาดของสัญญาณอนาลอก เรียกว่าวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล

ความละเอียด(resolution) ของวงจร ADC สามารถสามารถหาได้ดังนี้

$$\text{ขนาดของขั้น} = \frac{V_{fs}}{2^n}$$

เมื่อV_{fs}คือค่าโวลเตจเต็มสเกลของADC และ nจำนวนบิตของข้อมูลดิจิตอลเอาท์พุต ตัวอย่างเช่น ADC ขนาด 8 บิตมี V_{fs}= 5.0V จะมีขนาดของขั้นหรือความละเอียด = $\frac{5V}{256}$ = 19.53mV หมายความว่าสัญญาณอนาลอกอินพุตจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงอย่างน้อย 19.53 mV วงจรADC จึงจะสามารถแยกความแตกต่างของอินพุตได้

รหัสดิจิตอลที่เอาท์พุตของวงจร ADC แสดงถึงจำนวนขั้นที่สมนัยกับสัญญาณอนาลอกอินพุตตัวอย่างเช่น สัญญาณอนาลอกอินพุตขนาด 2.5Vสมนัยกับ2.5V/19.53 mV =128ขั้นดังนั้น เอาท์พุตขนาด8บิต ของADCคือ 10000000_2=128

$$\text{ดิจิตอลเอาท์พุต= เลขฐานสองของ} \frac{V_{in}}{V_{fs}} x2^n$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11การตรวจเทียบ (Calibration)

การตรวจเทียบ(Calibration) คือ กระบวนการทำงาน (ภายใต้สภาวะที่ควบคุม)ซึ่งสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัด กับ ค่าที่แท้จริงจากมาตรฐานอ้างอิง ที่มีการสอบกลับได้ (Traceability) กล่าวคือ การตรวจเทียบ(Calibration) คือการเทียบผลการวัดกับค่ามาตรฐานที่รู้ค่าอย่างแท้จริง ค่ามาตรฐานที่รู้ค่าจริงนี้จะต้องเป็นแหล่งที่มาที่เป็นที่ยอมรับกัน ค่ามาตรฐานต่างๆ ถูกกำหนดขึ้นและยอมรับกันระหว่างประเทศต่างๆ ใช้อ้างอิง (Reference) เป็นมาตรฐาน (Standard) เดียวกัน ก็จะเป็น International Standards และเป็น International Traceabilityการตรวจเทียบ เน้นการวัดเพื่อสอบทางมาตรวิทยา โดยรายงานผลหรือค่าที่ได้จากเครื่องมือ ภายใต้การควบคุมกระบวนการและสภาวะอย่างเคร่งครัด ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่า ค่าที่วัดจากเครื่องมือนั้นสามารถเปรียบเทียบค่าของมันกับค่าที่แท้จริงได้

โดยทั่วไปแล้วการสอบเทียบได้กำหนดขึ้นเพื่อช่วยระบบในการวัด ซึ่งรวมถึง

1.การยอมรับระบบการวัดรวมถึงความไม่แน่นอนในการวัด (Measurement Uncertainty)

2.ช่วงระยะเวลาในการสอบเทียบของระบบหรือเวลาที่ใช้งาน

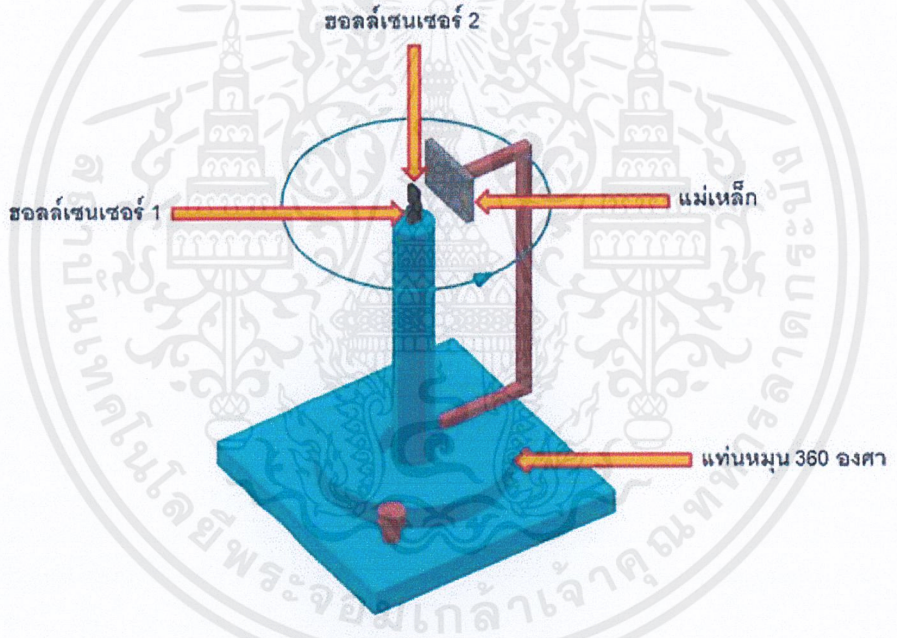
3.แหล่งมาตรฐานที่สามารถอ้างอิงได้ถึงระดับชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

วิธีการเตรียมอุปกรณ์และการทดลอง

ในการทดลองใช้อุปกรณ์ฮอลล์เซนเซอร์เบอร์ A – 1302 ที่มีลักษณะแรงดันขาออกสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับความเข้มสนามแม่เหล็กที่วางตั้งฉากกัน 2 ตัว โดยใช้แหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กจากแม่เหล็กถาวรที่มีความเข้มสูงสุด 450เกาส์

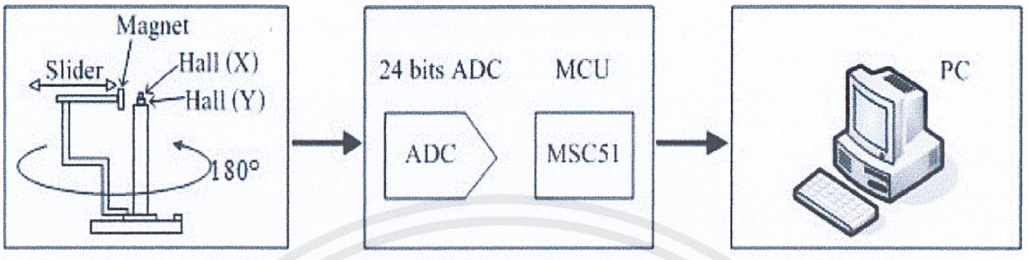


รูปที่3.1 ระบบการจัดวางหัววัดฮอลล์

แล้วทำการปรับมุมเส้นแรงแม่เหล็กที่กระทำกับฮอลล์ โดยหมุนแม่เหล็ก 180 องศา รอบเซนเซอร์จากจุดหมุน โดยโครงสร้างการจัดอุปกรณ์การวัดดังรูปที่3.1 จากนั้นทำการเลื่อนระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับแม่เหล็กถาวรเพื่อเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของสนามแม่เหล็กค่าต่างๆและทำการแปลงค่าสัญญาณแรงดันฮอลล์ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลด้วย ADC ที่มีความละเอียด 24 บิต ทำการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ AT89S52 ส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม (Serial

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

communication)และทำการเก็บข้อมูลที่อ่านได้โดยโปรแกรม hyper terminal ซึ่งมีระบบการประมวลผลดังรูป

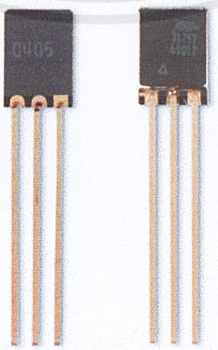


รูปที่3.2 ระบบการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรเลอร์

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 หัววัดฮอลล์

เป็นเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าสนามแม่เหล็ก ในส่วนของการทดลองได้ใช้หัววัดฮอลล์เบอร์ A1302 โดยมีคุณสมบัติ คือ เมื่อจ่ายไฟกระแสตรงเข้ามา และนำโวลต์มิเตอร์เข้ามาต่อกับขา 2 และขา 3 เพื่อดูค่าแรงดันเอาท์พุทที่ออกมา โดยที่ยังไม่ต้องป้อนสนามแม่เหล็ก แรงดันเอาท์พุทที่วัดได้จะมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของแรงดันที่แหล่งจ่าย (offset voltage)



รูปที่3.3 หัววัดฮอลล์

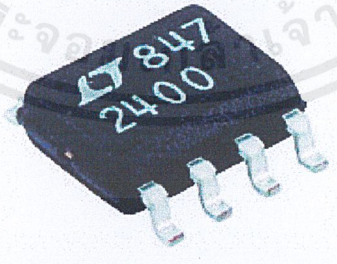
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

ธรรมชาติของข้อมูลในโลกของความเป็นจริง จะมีลักษณะต่อเนื่อง คือเป็นข้อมูลอนาลอก เช่นอุณหภูมิของอากาศ ไม่ได้มีเฉพาะร้อนหรือเย็นเท่านั้น หรือแสงไม่ได้มีเฉพาะ สว่าง หรือ มืด เท่านั้น วงจรเล็กทรอนิกส์ที่ให้เอาท์พุตเป็นรหัสดิจิทัลที่สมนัยกับขนาดของสัญญาณอนาลอก เรียกว่าวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิทัลความละเอียด(resolution) ของวงจร ADC สามารถสามารถหาได้ดังนี้

$$\text{ขนาดของขั้น} = \frac{V_{fs}}{2^n}$$

เมื่อV_{fs}คือค่าโวลเตจเต็มสเกลของADC และ n จำนวนบิตของข้อมูลดิจิทัลเอาท์พุต ตัวอย่าง ADCที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีขนาด 24 บิตมี V_{fs}= 5.0V ดังนั้นจะมีความละเอียด = $5.0V/2^{24}$ = 5.0V/16777216 = 29.8 μVหมายความว่าสัญญาณอนาลอกอินพุตจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงอย่างน้อย 29.8 μV วงจร ADC จึงจะสามารถแยกความแตกต่างของอินพุตได้ซึ่งถือว่ามีความละเอียดสูงมาก



รูปที่3.4 ADC LTC2400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ไมโครคอนโทลเลอร์ MCS-51 AT89S52

คุณสมบัติเด่นของไอซีเบอร์นี้คือ เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของบริษัท ATMEL เป็นไอซีที่ใช้การโปรแกรมแบบ ISP ซึ่ง ISP (In System Programming) เป็นการโปรแกรมไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์บนแผ่นงานโดยไม่ต้องถอดตัวไอซีออกมาโปรแกรมนอกบอร์ด โดยการใช้สายที่ทำขึ้นมาเฉพาะไอซีแต่ละเบอร์ ทำให้การโปรแกรมและการแก้ไขทำได้สะดวกมากขึ้น เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานแบบ 8 บิต แหล่งจ่ายไฟใช้ได้ตั้งแต่ 4.4V ถึง 5.5Vมีแฟล็กเก็บสถานะการทำงาน 4 ตัว

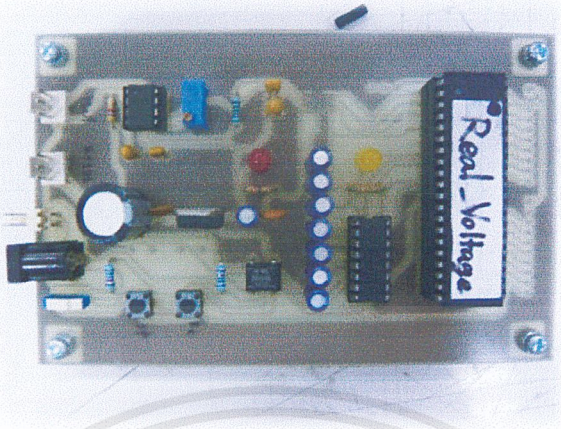


รูปที่3.5AT89S52

3.1.4 วงจรประมวลผล

หลักการทำงานของวงจรประมวลผลคือ รับสัญญาณอนาลอก (ค่าแรงดันที่เปลี่ยนแปลงไปของหัววัดฮอลล์) มาเข้าที่ตัว ADC เบอร์ LTC2400โดยตัวไอซี ADC จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอกไปเป็นดิจิตอล เพื่อให้ตัว MCS51 สามารถที่จะประมวลผลได้และแสดงผ่าน post RS232 ออกมาทาง PC โดยโปรแกรม Hyperterminal ที่มนุษย์สามารถเข้าใจได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.6 วงจรประมวลผล

3.1.5 เกาส์มิเตอร์(Gaussmeter F.W.BELL 5170)

เป็นมิเตอร์ใช้วัดค่าสนามแม่เหล็กที่มีประสิทธิภาพสูง โดยสามารถวัดค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กได้ตั้งแต่ 0.3kG และมีความแม่นยำพื้นฐาน 0.1% โดยมีความละเอียดอยู่ที่ 1 mG – 10G สามารถเลือกการค่าเป็นแบบ Gauss , Tesla หรือ Ampere/Meter มีโพรบวัดที่สามารถถอดแยกได้ ซึ่งในการทดลองนี้ เราได้ทำการวัดค่าความเข้มที่ 130 ,190, 225,285และ 450 G

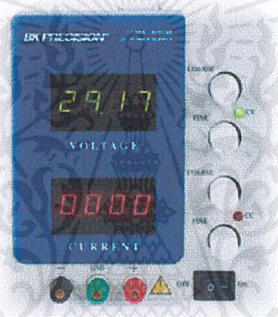


รูปที่3.7 Gaussmeter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6เครื่องจ่ายไฟ (PowerSupplyBKPrecision1735A)

ในการทดลองได้ใช้เครื่องจ่ายไฟกระแสตรง รุ่น BK precision ใช้จ่ายไฟกับวงจรประมวลผลที่ค่าแรงดัน 18 Vซึ่งตัวเครื่องจ่ายไฟมีคุณสมบัติหลักคือสามารถทำงานได้ต่อเนื่องที่โหลดเต็มที่โดยไม่เกิดความร้อนเกินป้องกันการโอเวอร์โหลดเต็มระบบควบคุมแรงดันได้ทั้งหยาบและละเอียดมีเรกูเลชั่นดีเยี่ยมริปเปิ้ลต่ำมาก ทำงานได้ทั้งแบบกระแสคงที่หรือแรงดันความถี่แสดงผลทั้งกระแสและแรงดันด้วยมิเตอร์แยกจากกัน



รูปที่3.8เครื่องจ่ายไฟ (power supply BK precision 1735A)

3.2 ขั้นตอนการทำการทดลอง

ตอนที่ 1 การทดลองคุณสมบัติของหัววัดฮอลล์

หาค่าความไวของหัววัดฮอลล์ โดยการจ่ายไฟจากแหล่งจ่ายให้กับวงจรประมวลผล18 โวลต์โดยที่กระแสไฟฟ้าผ่านวงจรประมวลผลป้อนให้กับหัววัดฮอลล์5 โวลต์ จากนั้นทำการวัดค่าแรงดันฮอลล์ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 4 , 450 , 900 , 1350 , 1800G โดยวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กได้จากเครื่องวัดเกาส์มิเตอร์ จากนั้นนำค่าที่วัดได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ กับ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก กราฟที่ได้จะเป็นกราฟสมการเชิงเส้น $y = mx + c$ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ค่าความไวของหัววัดฮอลล์ได้จากความชัน(m)จากกราฟได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่ระยะ 1.8,1.5,1.4,1.3 และ 1 ตามลำดับ ทำให้ได้ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กคือ 130,190,225,185และ450G นำค่าที่ได้จากข้างต้นมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กกับระยะห่างระหว่างหัววัดฮอลล์กับแม่เหล็ก รูปกราฟจะได้เป็นเอ็กซ์โพเนนเชียล

ตอนที่ 2 การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์กับมุมที่เส้นแรงแม่เหล็กกระทำ

จัดชุดการทดลองดังรูปที่ 3.9 ในการทดลองใช้อุปกรณ์ฮอลล์เซนเซอร์เบอร์ A-1302 โดยที่มีแรงดันขาออกสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับความเข้มสนามแม่เหล็กที่วางตั้งฉากกัน 2 ตัว ใช้แหล่งกำเนิดความเข้มสนามแม่เหล็กจากแม่เหล็กถาวรที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กสูงสุด 450G ซึ่งระยะห่างระหว่างสนามแม่เหล็กกับหัววัดฮอลล์อยู่ที่ระยะ 1 เซนติเมตร จากนั้นปรับองศาโดยที่หมุนแม่เหล็กถาวรรอบแกนหัววัดฮอลล์ที่วางตั้งฉากกันเป็นระยะ 180 องศา เก็บค่าแรงดันฮอลล์ทุกๆการเปลี่ยนแปลง 1 องศา โดยทำการแปลงค่าสัญญาณแรงดันฮอลล์ที่ได้มาจากสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลด้วย ADC ที่มีความละเอียด 24บิต ทำการประมวลผลค่าแรงดันฮอลล์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89S52 และส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม (RS232) และทำการเก็บข้อมูลที่อ่านได้ด้วยโปรแกรม hyper terminal ซึ่งมีระบบประมวลผลดังรูปที่ 3.2 และนำค่าแรงดันฮอลล์ที่ได้มาเขียนกราฟที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์กับมุมที่เส้นแรงแม่เหล็กมากระทำ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กค่าต่างๆ เพื่อหากราฟดังนี้

2.1กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันฮอลล์ กับ มุมที่เส้นแรงแม่เหล็กมากระทำของฮอลล์ตัวที่หนึ่ง

2.2กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันฮอลล์ กับ มุมที่เส้นแรงแม่เหล็กมากระทำของฮอลล์ตัวที่สอง

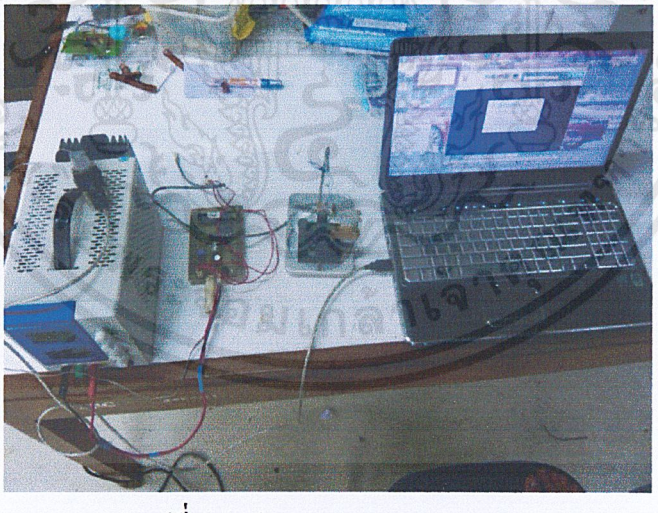
2.3กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันฮอลล์ กับ มุมที่เส้นแรงแม่เหล็กมากระทำของฮอลล์ตัวที่หนึ่งและตัวที่สองในกราฟเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 การทดลองเพื่อพิสูจน์เทคนิคการวัดสนามแม่เหล็กโดยไม่ขึ้นกับทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์กับมุมที่เส้นแรงแม่เหล็กมากระทำของฮอลล์ตัวที่หนึ่งและตัวที่สองในกราฟเดียวกัน และนำมาหาค่าแรงดันฮอลล์นอมอลไลซ์ โดยนำค่าแรงดันฮอลล์ที่มีค่ามากที่สุดมาหารข้อมูลทุกทุกค่าที่วัดได้เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีค่าอยู่ในวงกลมหนึ่งหน่วย และนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันฮอลล์นอมอลไลซ์ กับ มุมที่เส้นแรงแม่เหล็กมากระทำของฮอลล์ตัวที่หนึ่งและตัวที่สองในกราฟเดียวกัน

จากนั้นหาค่าคงที่จากสมการ $\sqrt{V_1^{\,2}+V_2^{\,2}}$ ที่ ความเข้มสนามแม่เหล็ก 130,190,225,185 และ 450G เมื่อได้ค่าคงที่ให้นำเอาค่าคงที่ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่กับค่าความเข้มสนามแม่เหล็กทั้งห้าความเข้ม



รูปที่3.9 รูปการเซตชุดการทดลอง

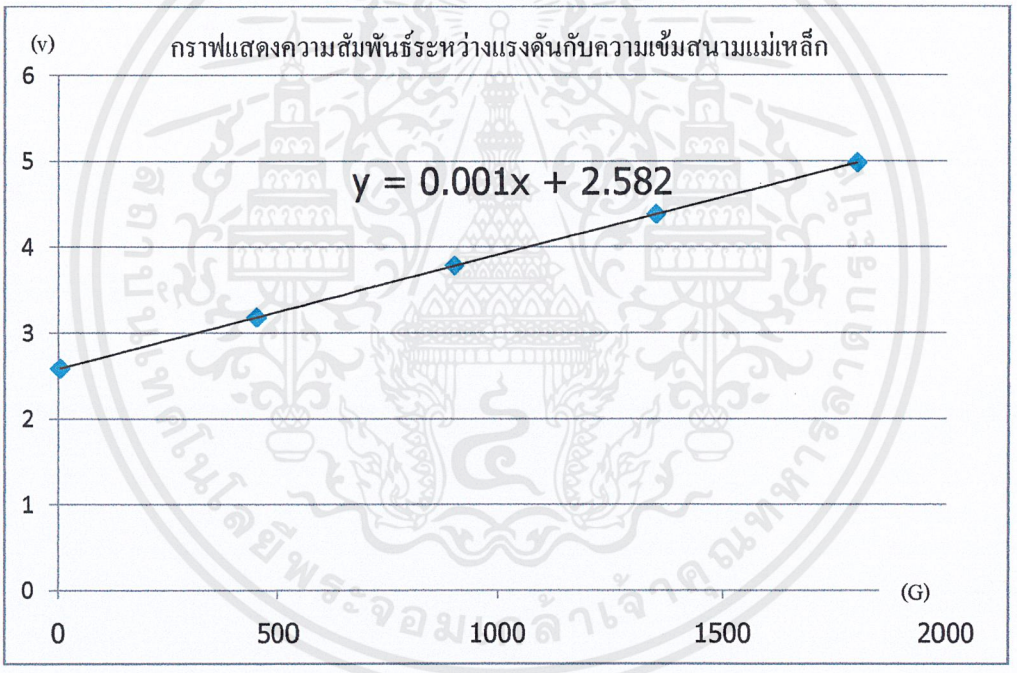
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1คุณสมบัติของฮอลล์

4.1.1การทดสอบคุณสมบัติด้านความไวของหัววัดฮอลล์ (sensitivity)

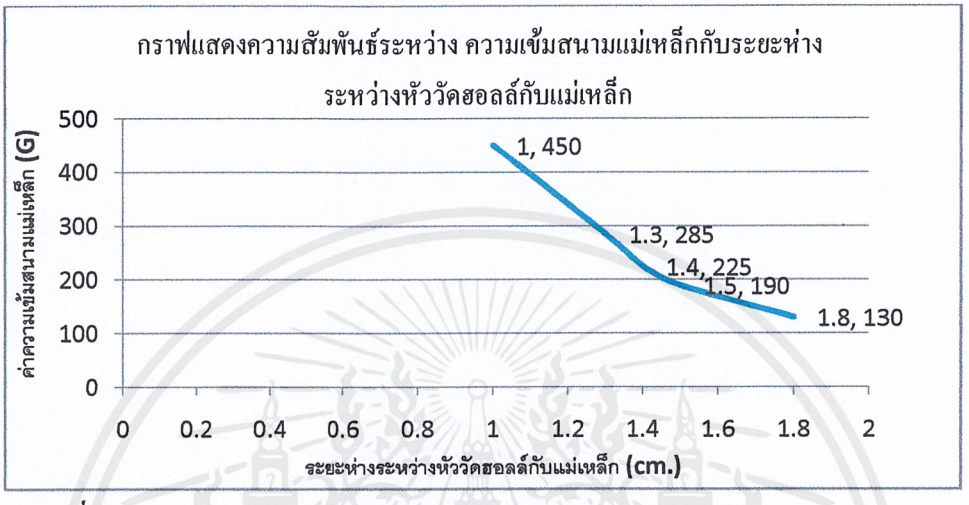


รูปที่4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันฮอลล์ กับ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก

เมื่อทำการทดสอบค่าความไวของหัววัดฮอลล์ โดยการป้อนค่าสนามแม่เหล็กค่าต่างๆ หลังจากนั้นทำการวัดแรงดัน ผลที่ได้เป็นสมการเส้นตรงดังรูปที่ 4.1 ซึ่งทำให้เราทราบว่า ค่าความไวของหัววัดฮอลล์ที่เราใช้นั้นอยู่ที่1.3 mV/G และนอกจากนั้นยังทราบอีกว่า แรงดันในขณะที่ไม่มีสนามแม่เหล็กมากระทำนั้นอยู่ที่ 2.5828 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มสนามแม่เหล็กกับระยะห่างระหว่างหัววัดฮอลล์กับแม่เหล็ก



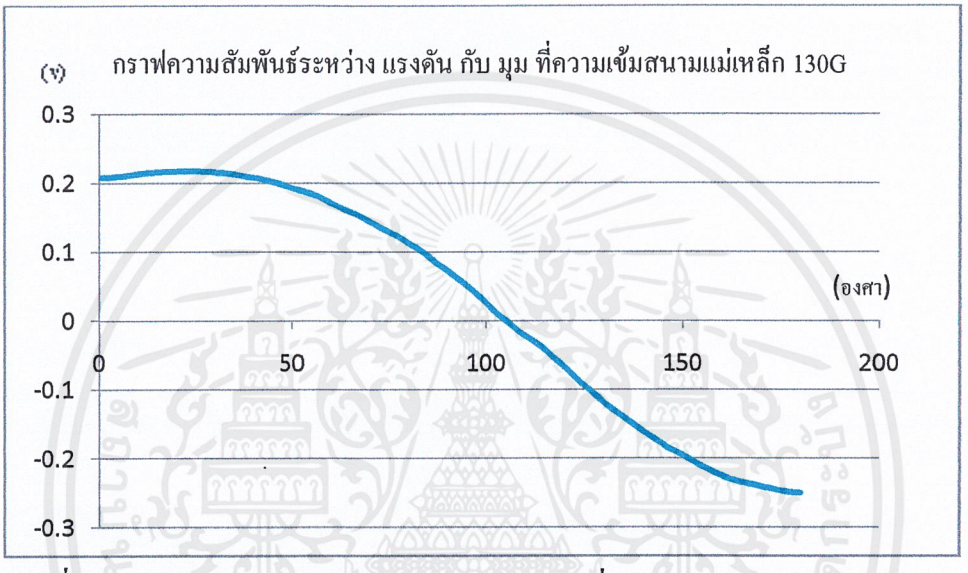
รูปที่4.2กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มสนามแม่เหล็กกับระยะห่างระหว่างหัววัดฮอลล์กับแม่เหล็ก

จากกราฟรูปที่4.2 เมื่อพิจารณาจะพบว่าเมื่อแม่เหล็กเข้าใกล้หัววัดฮอลล์มาก ค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ

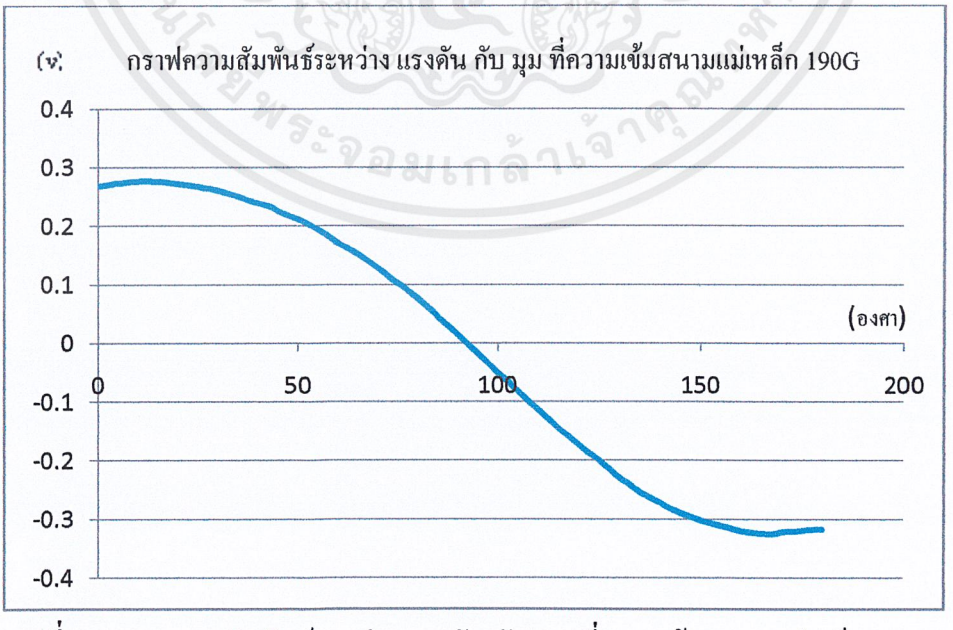
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2กราฟเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ กับ ตรีโกณมิติ

4.2.1กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่หนึ่งกับมุม ที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 130 , 190 , 225 , 285 และ 450G ตามลำดับ

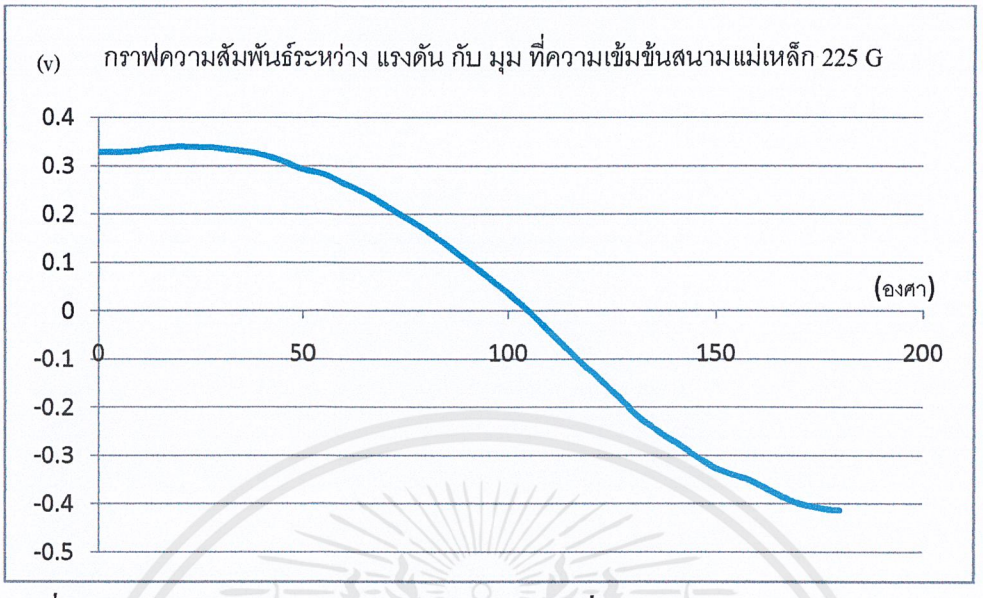


รูปที่4.3กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน กับ มุม ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 130G

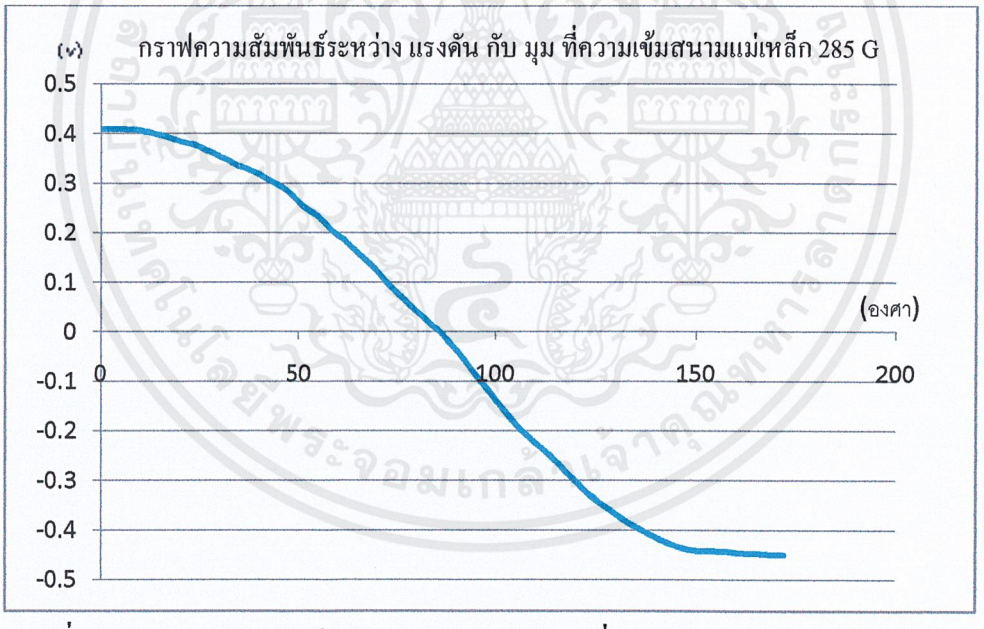


รูปที่4.4กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน กับ มุม ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 190G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

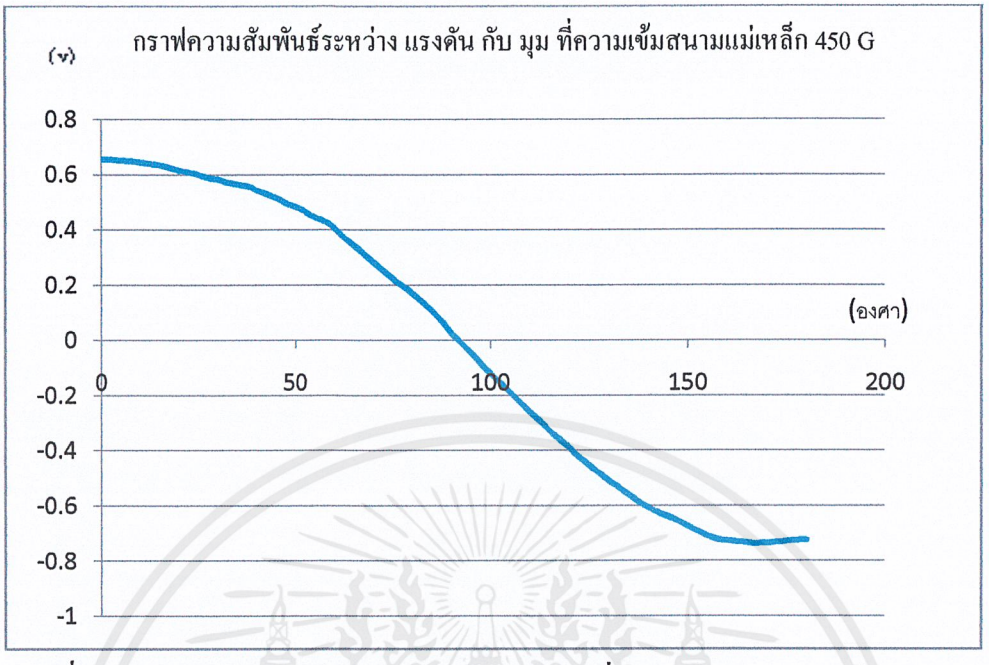


รูปที่4.5กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน กับ มุม ที่ความเข้มข้นสนามแม่เหล็ก 225G



รูปที่4.6กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน กับ มุม ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 285 G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

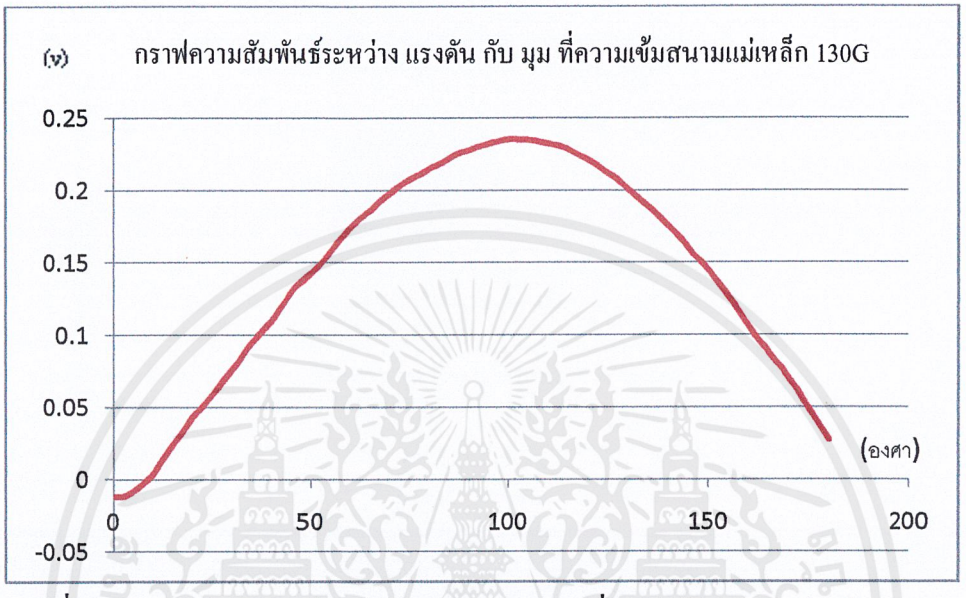


รูปที่4.7กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน กับ มุม ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 450 G

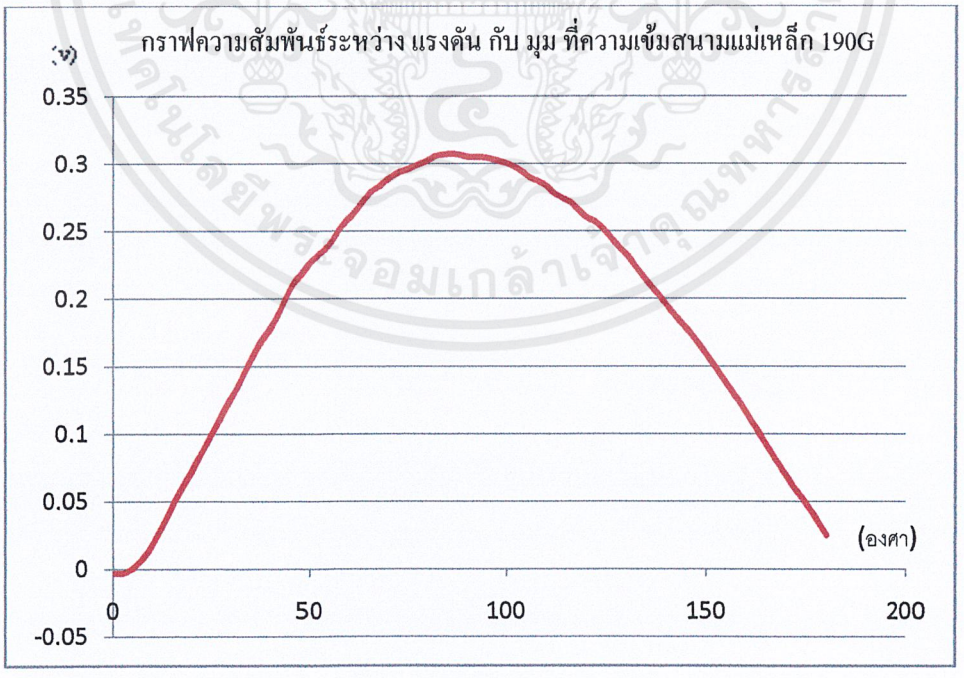
พิจารณากราฟรูปที่ 4.3 – 4.7 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าความเข้มสนามแม่เหล็กมากขึ้น ค่าแรงดันของฮอลล์ก็จะมากขึ้น โดยในกราฟได้ทำการวัดค่าแรงดันฮอลล์ตั้งแต่มุม 0 องศา จนถึง 180 องศา ซึ่งผลการทดลองที่ได้นี้ ได้นำไปลบกับค่า แรงดันฮอลล์ตัวที่หนึ่งตอนที่ยังไม่มีค่าความเข้มสนามแม่เหล็กเข้ามากระทำ ซึ่งค่าแรงดันฮอลล์ตัวที่หนึ่งเมื่อยังไม่มีสนามแม่เหล็กมากระทำนั้นเท่ากับ 2.487633 Volt ดังนั้นค่าที่ได้ในกราฟจึงเป็นค่าแรงดันฮอลล์ที่เกิดจากค่าความเข้มสนามแม่เหล็กมากระทำอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่สองกับมุม ที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 130, 190 , 225 , 285 และ 450G ตามลำดับ

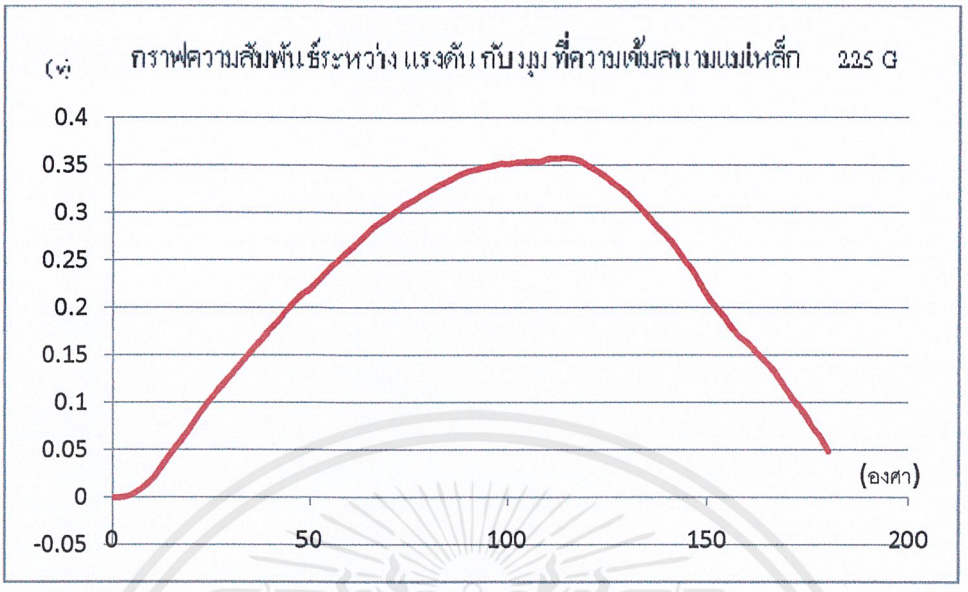


รูปที่4.8กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน กับ มุม ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 130G

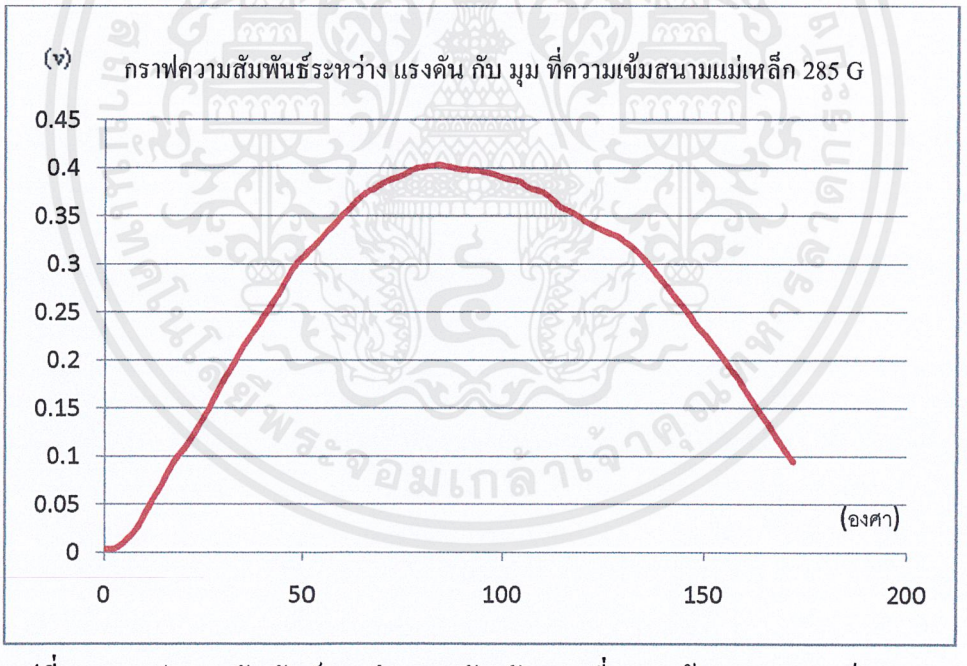


รูปที่4.9กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน กับ มุม ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 190G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

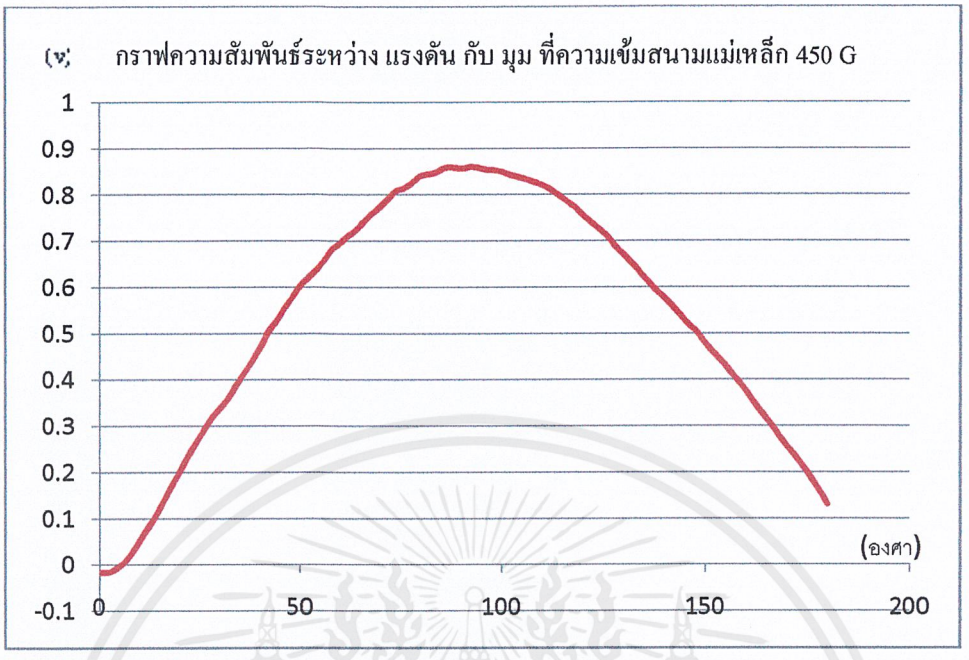


รูปที่4.10กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน กับ มุม ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 225G



รูปที่4.11กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน กับ มุม ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 285 G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

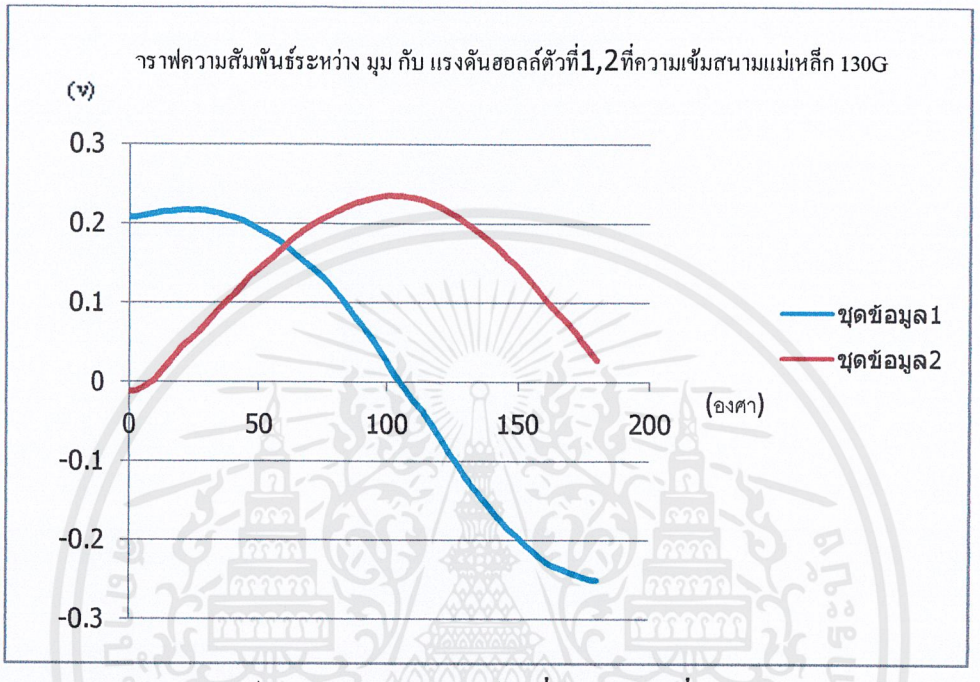


รูปที่4.12กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน กับ มุม ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 450 G

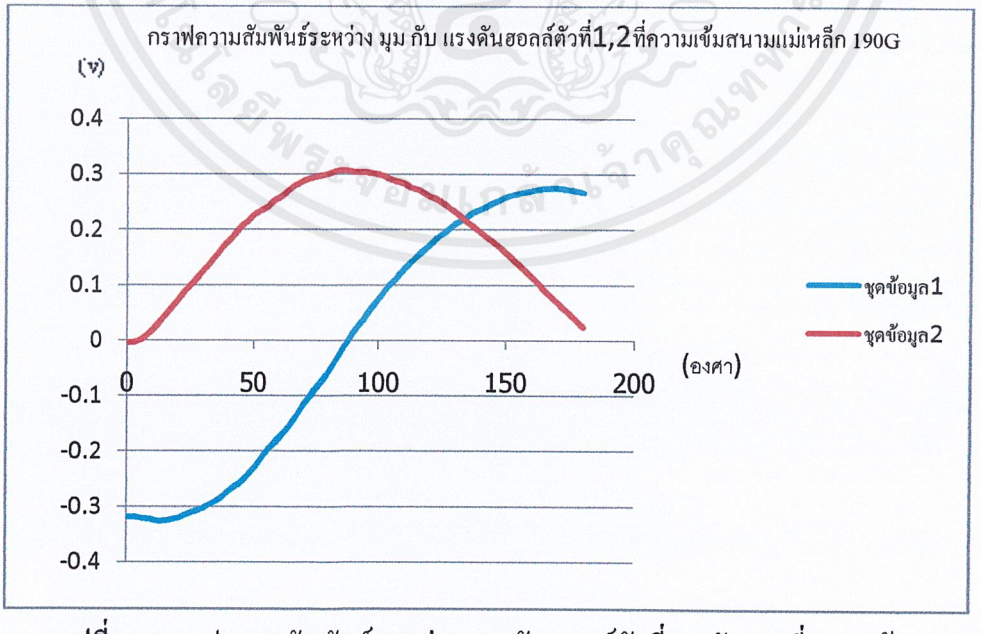
พิจารณากราฟรูปที่ 4.8 – 4.12 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าความเข้มสนามแม่เหล็กมากขึ้น ค่าแรงดันของฮอลล์ก็จะมากขึ้นโดยในกราฟได้ทำการวัดค่าแรงดันฮอลล์ตั้งแต่มุม 0 องศา จนถึง 180 องศา ซึ่งผลการทดลองที่ได้นี้ ได้นำไปลบกับค่า แรงดันฮอลล์ตัวที่สองตอนที่ยังไม่มีค่าความเข้มสนามแม่เหล็กเข้ามากระทำ ซึ่งค่าแรงดันฮอลล์ตัวที่สองเมื่อยังไม่มีสนามแม่เหล็กมากระทำนั้นเท่ากับ 2.490556 Volt ดังนั้นค่าที่ได้ในกราฟจึงเป็นค่าแรงดันฮอลล์ตัวที่สองที่เกิดจากค่าความเข้มสนามแม่เหล็กมากระทำอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์ตัวที่หนึ่งและตัวที่สองกับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 130 , 190 , 225 , 285 และ 450G ตามลำดับ

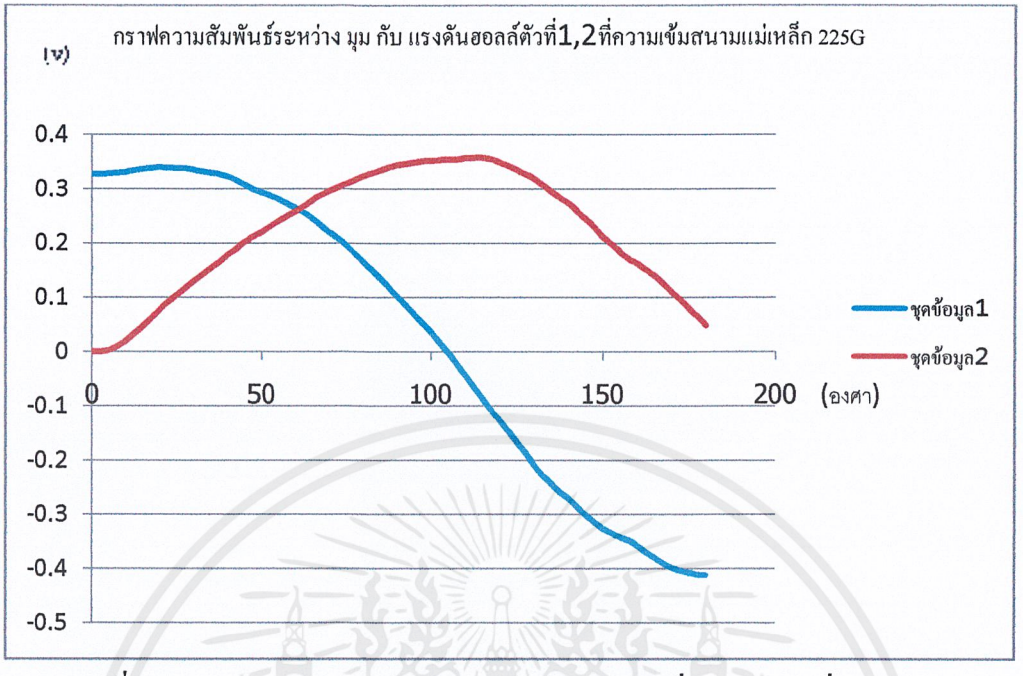


รูปที่4.13กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันฮอลล์ตัวที่1,2 กับ มุมที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 130G

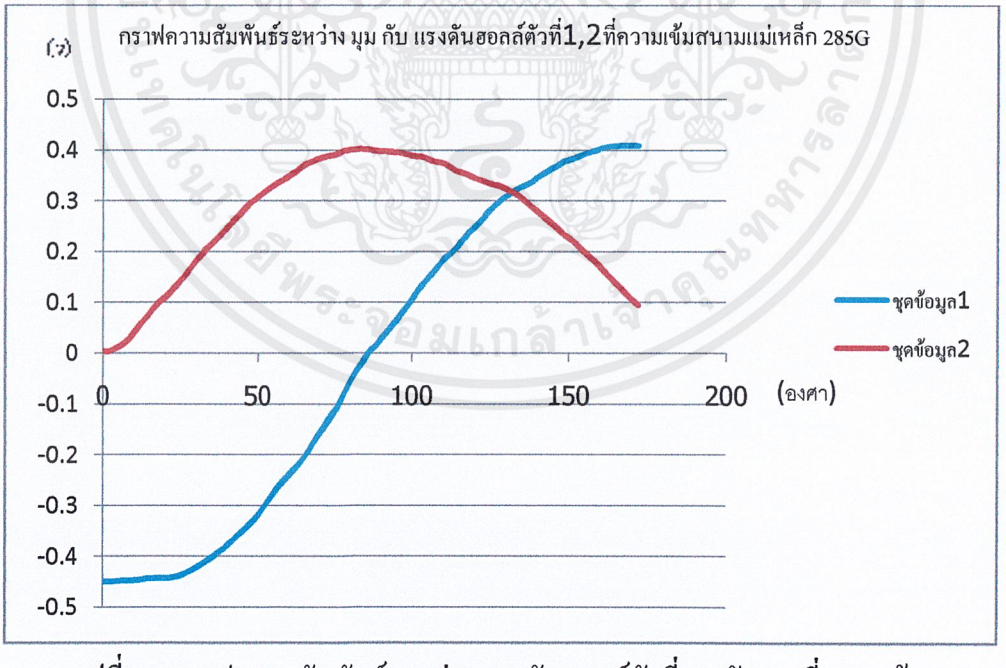


รูปที่4.14กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันฮอลล์ตัวที่1,2 กับ มุมที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 190G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

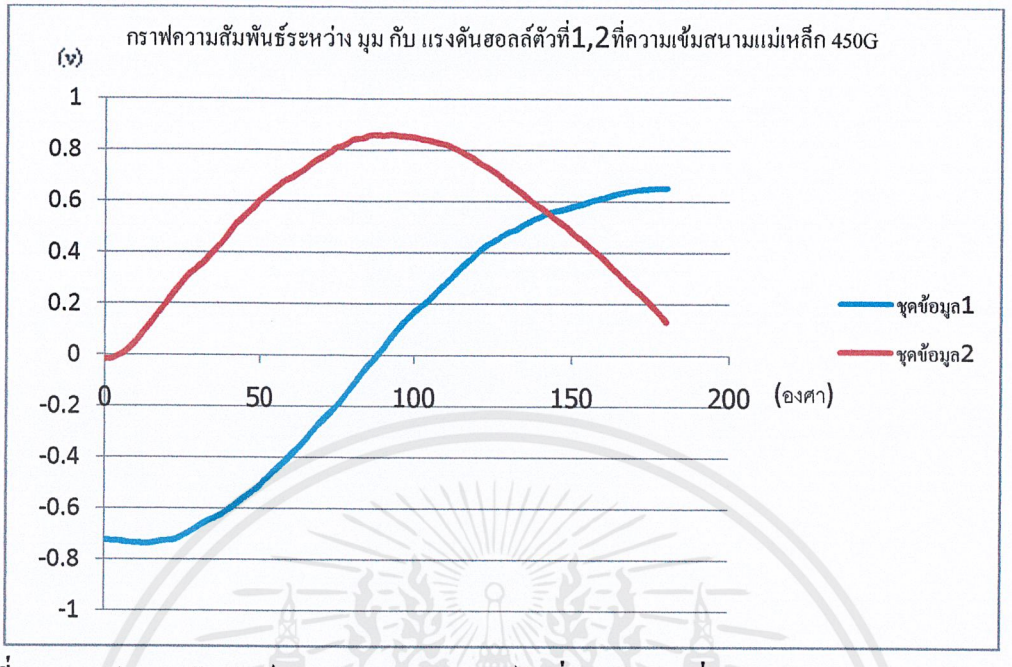


รูปที่4.15กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันฮอลล์ตัวที่1,2 กับ มุม ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 225G



รูปที่4.16กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันฮอลล์ตัวที่1,2 กับ มุมที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 285G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

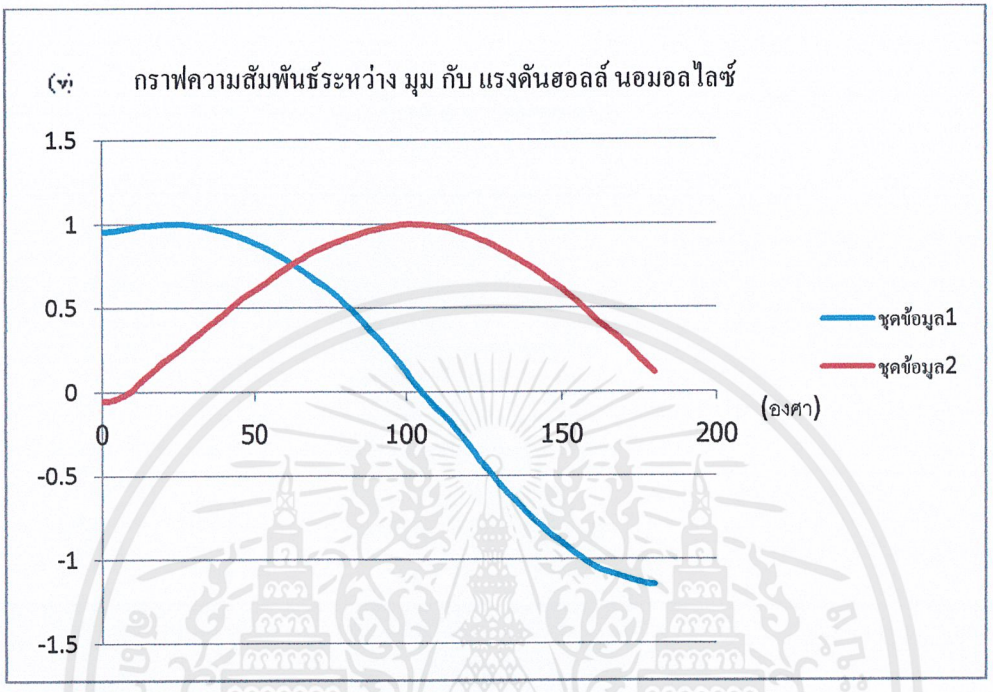


รูปที่4.17กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันฮอลล์ตัวที่1,2 กับ มุมที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 450G

ในการทดลองตอนนี้เราได้ทำการวางหัววัดฮอลล์สองตัวให้ตั้งฉากกันดังนั้นทิศของเส้นแรงแม่เหล็กที่เข้ามากระทำกับหัววัดฮอลล์ที่ 0 องศา เส้นแรงแม่เหล็กนั้นจะมีทิศตั้งฉากกับหัววัดฮอลล์ตัวที่หนึ่ง และจะขนานกับหัววัดฮอลล์ตัวที่สอง เมื่อได้พิจารณาจากกราฟรูปที่ 4.13 – 4.17จะเห็นได้ว่า ชุดข้อมูลที่หนึ่ง หรือ แรงดันฮอลล์ตัวที่หนึ่งนั้น ที่ 0 องศาค่าแรงดันฮอลล์ที่ได้จะเป็นค่าที่สูงสุด หรือ ต่ำสุด แสดงว่าเส้นแรงแม่เหล็กที่เข้ามากระทำนั้นจะตั้งฉาก กับ หัววัดฮอลล์ ซึ่งจะเป็นไปตามสมการ $V_{H1} = K\sin\theta$ ส่วนที่ข้อมูลชุดที่สอง หรือ แรงดันฮอลล์ตัวที่สองนั้น ที่ 0 องศา ค่าแรงดันฮอลล์ที่ได้จะมีค่าเป็นศูนย์ แสดงว่าเส้นแรงแม่เหล็กที่เข้ามากระทำนั้นกระทำในทิศขนานกับหัววัดฮอลล์ ซึ่งเป็นไปตามสมการ $V_{H2} = K\cos\theta$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันฮอลล์นอมอลไลซ์ตัวที่หนึ่งและสองกับมุม



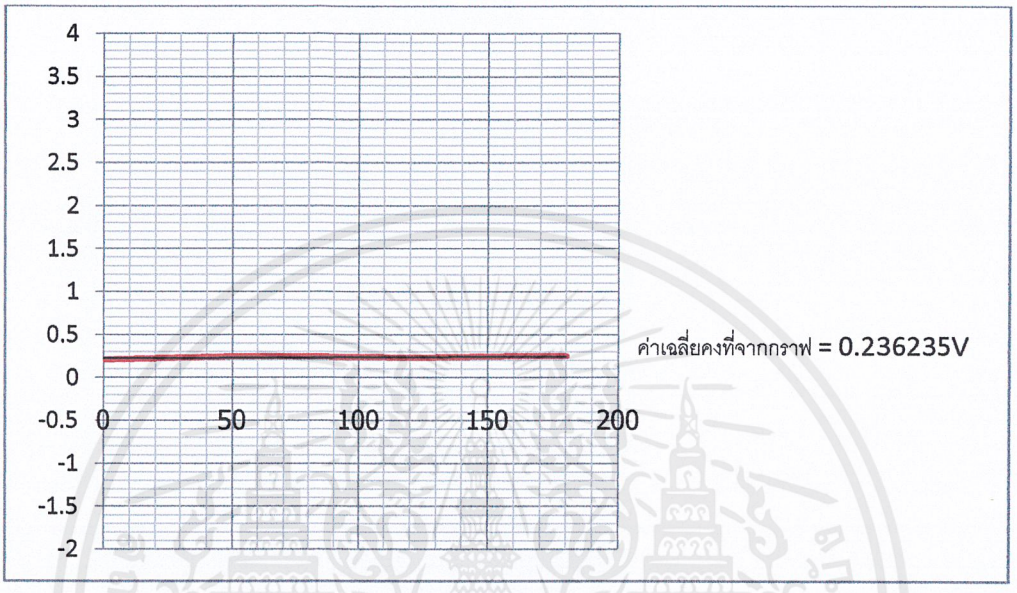
รูปที่4.18กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันฮอลล์นอมอลไลซ์ตัวที่1,2 กับ มุม

การนำค่าแรงดันฮอลล์มาทำการนอมอลไลซ์โดยใช้ค่าแรงดันฮอลล์ที่มากที่สุดหารทุกค่าที่วัดได้ โดยการทำนอมอลไลซ์เพื่อที่จะให้ข้อมูลที่วัดได้มีค่าอยู่ในวงกลมหนึ่งหน่วย เพื่อที่จะนำทฤษฎีของวงกลมหนึ่งหน่วยมาใช้อ้างอิง จาก ทุกตำแหน่งที่อยู่ในพิกัดXYในวงกลมหนึ่งหน่วยนั้นจะเป็นไปตามสมการ$X^2+Y^2=$ 1และเมื่อพิจารณาจากวงกลมหนึ่งหน่วยจะได้ว่า $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$

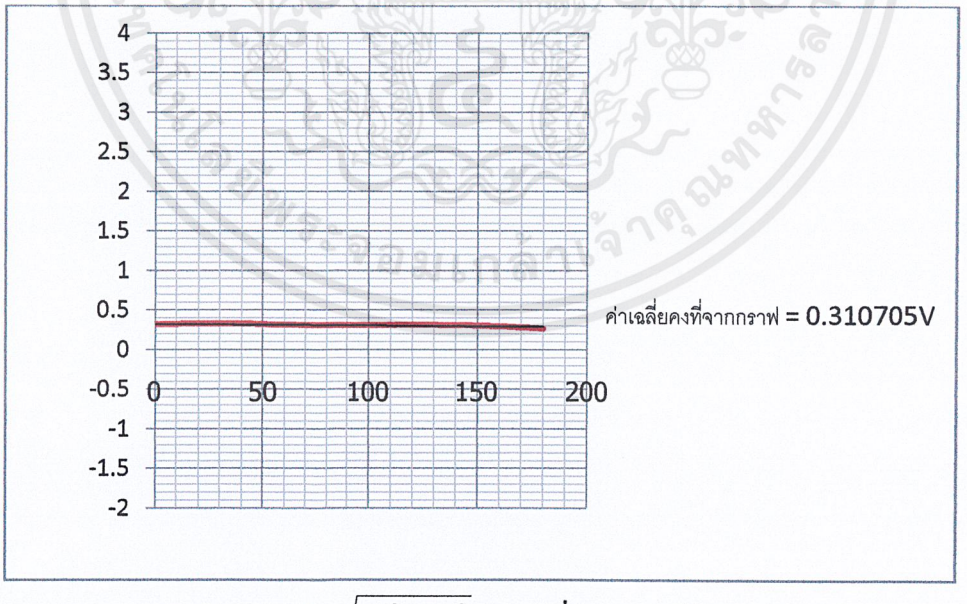
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3กราฟความสัมพันธ์ที่ไม่ขึ้นกับมุม

4.3.1กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่กับมุม ที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กต่างๆ

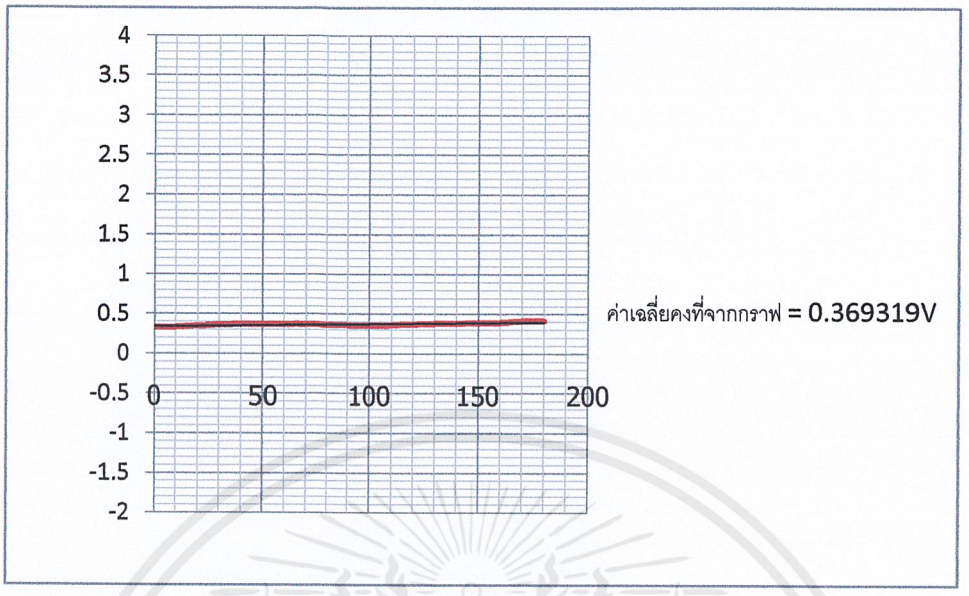


รูปที่4.19กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{V_1^{\,2}+V_2^{\,2}}$ กับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 130 G

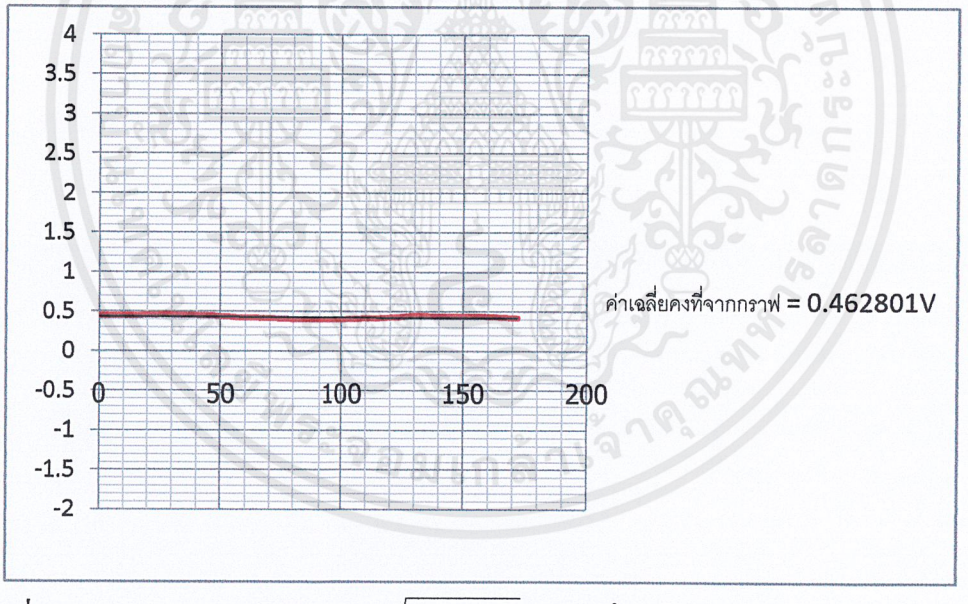


รูปที่4.20กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{V_1^{\,2}+V_2^{\,2}}$ กับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 190 G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

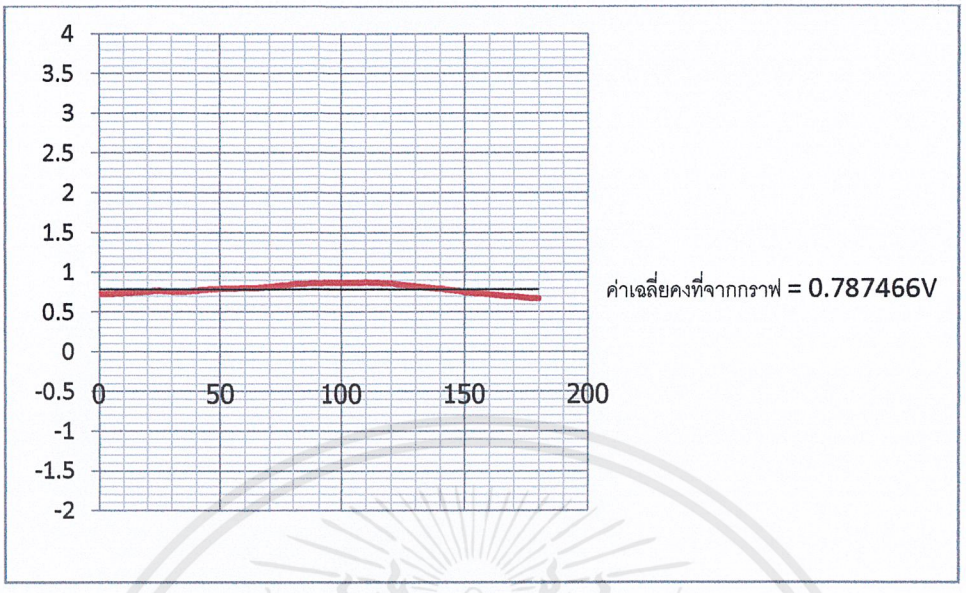


รูปที่4.21กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{V_1^{\,2}+V_2^{\,2}}$ กับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 225 G



รูปที่4.22กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{V_1^{\,2}+V_2^{\,2}}$ กับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก285G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.23กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{V_1^2 + V_2^2}$ กับมุมที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 450 G

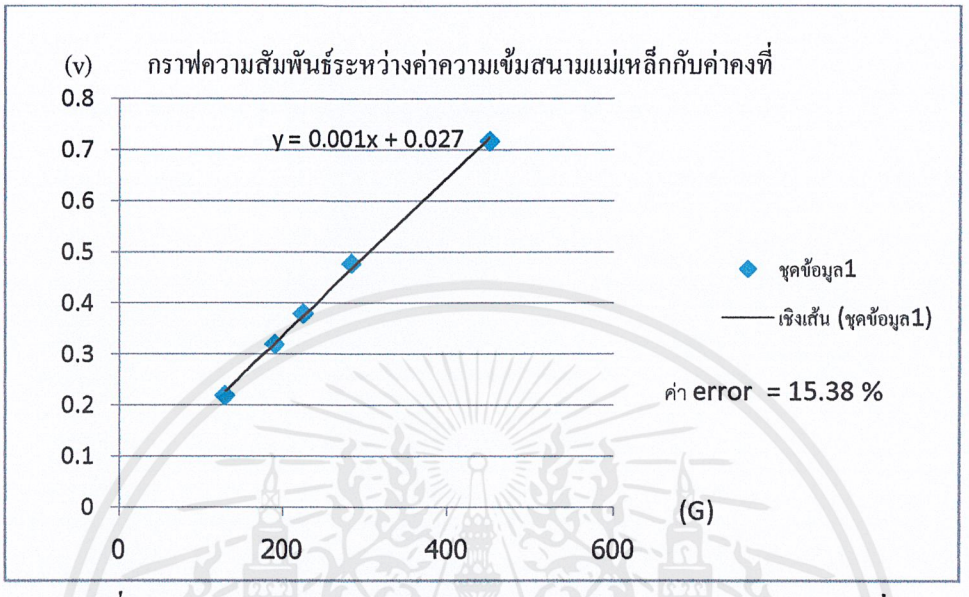
ค่าคงที่ของกราฟแต่ละความเข้มของสนามแม่เหล็กได้ดังตาราง 4.1

G	ค่าคงที่
130	0.236235
190	0.310705
225	0.369319
285	0.462801
450	0.787466

ตารางที่4.1ค่าคงที่ในแต่ละค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่กับค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่ค่าต่างๆ



รูปที่4.24กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มสนามแม่เหล็กกับค่าคงที่

จากรูปที่ 4.19-4.23 เราได้เขียนกราฟระหว่าง $\sqrt{V_1^{\,2}+V_2^{\,2}}$ กับมุม ที่ค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กต่างๆทั้งห้าค่า เพื่อที่จะมาหาค่าคงที่ และนำค่าคงที่นั้นมาเขียนกราฟในรูปที่ 4.24เมื่อดูจากกราฟ กราฟที่ได้จะตรงกับสมการ $Y = mx + c$ซึ่งความชันเราสามารถหาได้จาก$\frac{\Delta V}{\Delta B}$ซึ่งค่าความชันนี้สามารถบอกค่าความไวของหัววัดฮอล์ได้ ซึ่งพบว่ามีค่าประมาณ 1.5mV/Gและมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของตัวชิ้นงานเท่ากับ 15.38%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปการทดลอง

จากการทดลองลักษณะพิเศษของตัวเซนเซอร์คือในขณะที่ฮอลล์อยู่ในสภาวะที่ไม่มีสนามแม่เหล็กค่าแรงดันฮอลล์จะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่าย คือมีค่าเป็น2.5 โวลต์ ซึ่งตัวฮอลล์เซนเซอร์นี้ มีด้านที่กระทำกับสนามอิแอแอแอแอแม่เหล็ก 2 ด้าน ดังนั้นค่าแรงดันฮอลล์ จึงมี 2 ลักษณะคือ

1. เมื่อป้อนสนามแม่เหล็กทิศเหนือให้กับด้านกระทำด้านที่หนึ่ง ค่าแรงดันจะเพิ่มสูงขึ้นจาก 2.5 โวลต์
2. เมื่อป้อนสนามแม่เหล็กทางทิศเหนือให้กับด้านที่สอง ค่าแรงดันจะลดต่ำกว่า 2.5 โวลต์

ในการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันฮอลล์ ที่วางตั้งฉากกันกับการเปลี่ยนแปลงมุมในการหมุนแม่เหล็กรอบตัวฮอลล์ เซนเซอร์เป็นระยะ 180 องศาพบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันของฮอลล์ทั้ง 2 ตัว กับมุมของการหมุนเฟสจะมีความต่างเฟสอยู่ 90 องศา ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการที่เราวางฮอลล์ตั้งฉากกัน เส้นแรงที่เข้ากระทำต่อวัสดุฮอลล์จึงมีทิศเข้ามาต่างกัน 90 องศา

ในการทดลองนี้ได้ใช้สมการ $\sqrt{V_1^{\,2}+V_2^{\,2}}$ เพื่อหาค่าคงที่โดยทำการหาค่าคงที่ทุกความเข้มสนามแม่เหล็กที่เราได้ทำการทดลอง แล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ทุกความเข้มสนามแม่เหล็กกับมุม โดยเส้นกราฟที่ได้จะมีความสัมพันธ์กับสมการเส้นตรงที่มีความชัน คือ $y = mx + c$ ค่า c คือจุดตัดบนแกน y หรือค่าแรงดันฮอลล์ที่วัดได้ขณะที่ไม่มีค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ส่วนค่าความชันสามารถบอกถึงค่าความไวของหัววัดฮอลล์ได้ซึ่งจากกราฟมีค่าประมาน 1.5mV/G โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของตัวชิ้นงานที่ใช้ทำการทดลองเท่ากับ 15.38%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางการพัฒนาจากงานวิจัยชิ้นจะสามารถพัฒนาเป็นอุปกรณ์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ต่อไปได้

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถวิเคราะห์ได้ 2 กรณีคือ

กรณีที่ 1 ข้อมูลเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากการวางตำแหน่งของฮอลล์ เซนเซอร์ทั้ง 2 ตัวไม่ได้ลักษณะตั้งฉากกันพอดี จะเกิดผลคือเฟสของค่าแรงดันฮอลล์ตัวที่หนึ่งกับตัวที่สองจะไม่ต่างกัน 90 องศา ดังนั้นผลลัพธ์ก็จะคลาดเคลื่อนไปจากสมการ 2.17

กรณีที่ 2 ข้อมูลเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชุดวัดคือในขณะที่ทำการวัดเราได้มีการเปลี่ยนแปลงค่ามุมอยู่ตลอดเวลา รัศมีของชุดวัดในแต่ละองศาอาจไม่เท่ากัน จึงทำให้มีค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงแต่บางตำแหน่ง ค่าแรงดันฮอลล์ที่วัดจึงมีการคลาดเคลื่อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1]Hall-Effect Sensors ,Theory and Applications,By Edward Ramsden

[2] รศ.วิศรุต ศรีรัตนะ , เซนเซอร์ และ ทรานสดิวเซอร์ ในงาน อุตสาหกรรม : ซีเอ็ด

[3] http://www.lib.kmitl.ac.th

[4] Allegro MicreSystems, Inc. 115 Northeast Cutoff, Box 15036 www.allegremicro.com

[5] Linear Technology Corporation 1630 McCarthy Blvd.,Milpitas,Cawww.linear-teach.com

[6] http://www.atmel.com

[7] Physics of Semiconductor Devices (3rd Edition) – S.M. Sze and Kwok K. Ng

[8]รศ.ดร.วราวุฒิ เถาลัดดา,ปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์2:ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

โปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อควบคุมตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

```
#include <reg52.h>
#include <intrins.h>
#include <stdio.h>
.....
unsigned CounTER,ADC_DATA,x1,x2,BackGND,BuffGND = 0;
.....
sbit ADC_CS1   = P1^0;
sbit ADC_SDO   = P1^1;
sbit ADC_SCK   = P1^2;
sbit P1_3      = P1^3;
sbit P1_4      = P1^4;
sbit P1_5      = P1^5;
sbit Debug     = P1^6;
sbitSwich      = P1^7;
-------------------------------------------------------------------------
voidserinit(void)
{
        TMOD = 0x20;
        SCON = 0x50;
        TH1  = 0xFD;
        TF1  = 0;
        TI   = 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        TR1  = 1;
}
-----------------------------------------------------------------
voidsend_text(unsigned char *text)
{
        while(*text != 0x00)
        {
                SBUF=*text;
                while(!TI);
                TI = 0;
                text++;
        }
}
-----------------------------------------------------------------
voidSend_TXT(unsigned int txt)
{
                SBUF = txt ;
                while(~TI);
                TI = 0;
}
-----------------------------------------------------------------
voidnew_line(void)
{
        unsigned char newline[]={0x0D,0x0A,0x00};
        send_text(newline);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
-----------------------------------------------------------------------

void  delay(unsigned int x)

{

        unsignedinti,j;

        for (i=0;i<x;i++)

        {

                for (j=0;j<115;j++) { }

        }

}

-----------------------------------------------------------------------

unsigned read_ADC1(void)

{

unsigned char k;

unsigned long n;

  {

   n<<= 1;

   ADC_SCK = 1;

n |= ADC_SDO;

         ADC_SCK = 0;

  }

        ADC_CS1 => 1;

        n&=0x1fffff;

n&=0x0fffff;

  n>>=4;

return n;

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
-----------------------------------------------------------------------

unsignedfilter_ADC(void)

{

char k;

        for(k=0;k<2;k++)

        {

        x2 = x1;

        x1 = read_ADC1();

        }

return ((x1+x2)/2);

-----------------------------------------------------------------------

Switch_CHK(void)

{

        bit SW = 1;

        if(Swich==0)

        {

        delay(50);

                while(Swich==0);

                SW = 0;

        }

        else

        {

                SW = 1;

        }

        return SW;

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
-----------------------------------------------------------------
voidPrint_Index(unsigned int CNT_IN)
{
unsignedint Buff_COU,COU_Txt1,COU_Txt2 = 0;
unsignedint COU_Txt3,COU_Txt4,COU_Txt5 = 0;
-----------------------------------------------------------------
 COU_Txt1  = CNT_IN/10000 ;
Buff_COU  = CNT_IN%10000 ;
Send_TXT(COU_Txt1+48);
-----------------------------------------------------------------
 COU_Txt2  =Buff_COU/1000;
Buff_COU  = Buff_COU%1000;
Send_TXT(COU_Txt2+48);
-----------------------------------------------------------------
 COU_Txt3  =Buff_COU/100;
Buff_COU  = Buff_COU%100;
Send_TXT(COU_Txt3+48);
-----------------------------------------------------------------
 COU_Txt4  =Buff_COU/10;
Buff_COU  = Buff_COU%10;
Send_TXT(COU_Txt4+48);
-----------------------------------------------------------------
 COU_Txt5  =Buff_COU;
Send_TXT(COU_Txt5+48);
-----------------------------------------------------------------
Send_TXT(44);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
-------------------------------------------------------------------
void Print_RS232(unsigned TXT_IN)
{
unsigned Buff_TXT,TXT0 =0;
        unsigned TXT1,TXT2,TXT3,TXT4  = 0;
        unsigned TXT5,TXT6,TXT7,= 0;
         ---------------------------------------------------------
        TXT0  = TXT_IN/100000000 ;
        Buff_TXT  = TXT_IN%100000000 ;
        Send_TXT(TXT0+48);
         ---------------------------------------------------------
        TXT1  =Buff_TXT/10000000 ;
        Buff_TXT  = Buff_TXT%10000000 ;
        Send_TXT(TXT1+48);
         ---------------------------------------------------------
        TXT2  =Buff_TXT/1000000;
        Buff_TXT  = Buff_TXT%1000000;
        Send_TXT(TXT2+48);
         ---------------------------------------------------------
        TXT3  =Buff_TXT/100000;
        Buff_TXT  = Buff_TXT%100000;
        Send_TXT(TXT3+48);
         ---------------------------------------------------------
        TXT4  =Buff_TXT/10000;
        Buff_TXT  = Buff_TXT%10000;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Send_TXT(TXT4+48);
        ------------------------------------------------------------
        TXT5  =Buff_TXT/1000;
        Buff_TXT  = Buff_TXT%1000;
        Send_TXT(TXT5+48);
        ------------------------------------------------------------
        TXT6  =Buff_TXT/100;
        Buff_TXT  = Buff_TXT%100;
        Send_TXT(TXT6+48);
        ------------------------------------------------------------
        Send_TXT(46);
        ------------------------------------------------------------
        TXT7  =Buff_TXT/10;
        Buff_TXT  = Buff_TXT%10;
        Send_TXT(TXT7+48);
        ------------------------------------------------------------
        }
-------------------------------------------------------------------
voidPrint_Bin(unsigned Bin_IN)
{
        unsignedBin_Mask = 0x800000;
        char i;
        for(i=0;i<24;i++)
        {
                if(Bin_IN&Bin_Mask)
                Send_TXT(1+48);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

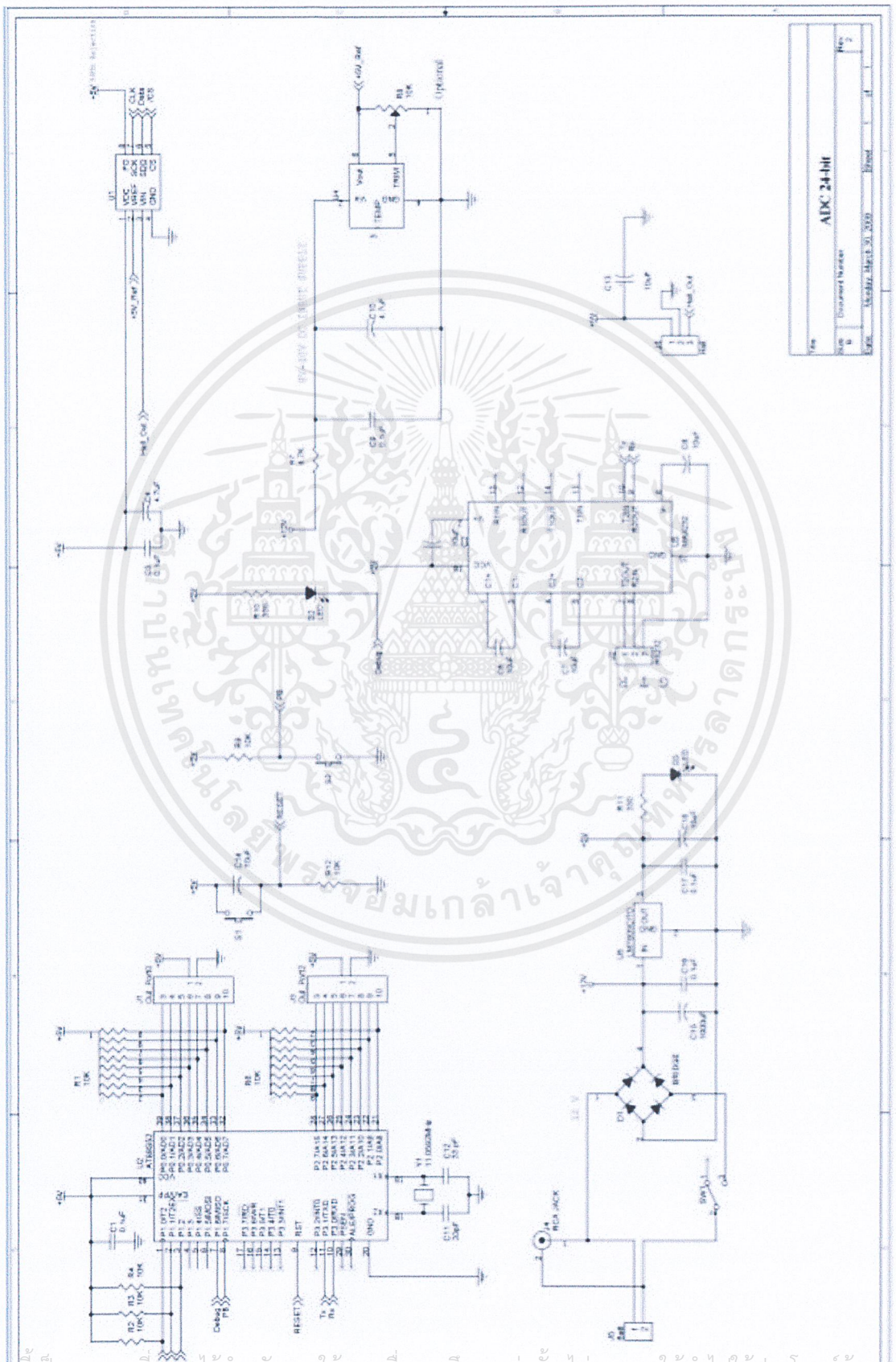
```
                else
                Send_TXT(48);
                Bin_Mask>>= 1;
        }
        Send_TXT(44);
}
-------------------------------------------------------------------
void main(void)
{
        P1_3   = 0;
        P1_4   = 0;
        P1_5   = 0;
        BuffGND = 0;
        CounTER,ADC_DATA = 0;
        serinit();
        delay(5000);
        while(1)
        {
                while(Switch_CHK());
                CounTER++;
                Print_Index(CounTER);
                 ADC_DATA = filter_ADC();
                Print_Bin(ADC_DATA);
               int_RS232(BuffGND);
             ------------------------------------
                 Print_RS232(ADC_DATA);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            delay(1000);
        }
    }
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADC 24 bit with microcontroller mcs-51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

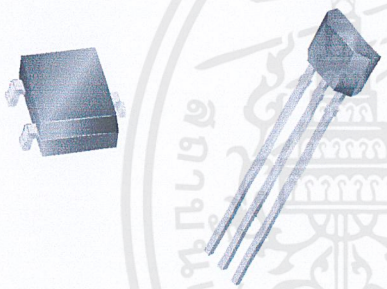
A1301 and A1302

Continuous-Time Ratiometric Linear Hall Effect Sensor ICs

Features and Benefits

- Low-noise output
- Fast power-on time
- Ratiometric rail-to-rail output
- 4.5 to 6.0 V operation
- Solid-state reliability
- Factory-programmed at end-of-line for optimum performance
- Robust ESD performance

Packages: 3 pin SOT23W (suffix LH), and 3 pin SIP (suffix UA)



Not to scale

Description

The A1301 and A1302 are continuous-time, ratiometric, linear Hall-effect sensor ICs. They are optimized to accurately provide a voltage output that is proportional to an applied magnetic field. These devices have a quiescent output voltage that is 50% of the supply voltage. Two output sensitivity options are provided: 2.5 mV/G typical for the A1301, and 1.3 mV/G typical for the A1302.

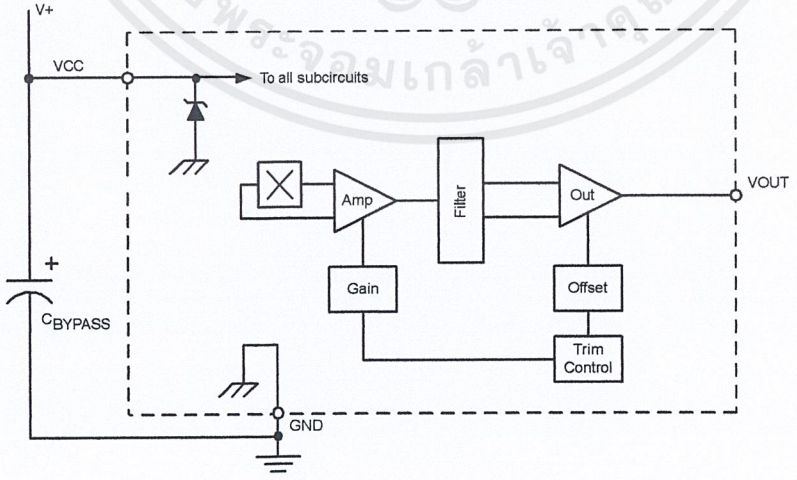
The Hall-effect integrated circuit included in each device includes a Hall circuit, a linear amplifier, and a CMOS Class A output structure. Integrating the Hall circuit and the amplifier on a single chip minimizes many of the problems normally associated with low voltage level analog signals.

High precision in output levels is obtained by internal gain and offset trim adjustments made at end-of-line during the manufacturing process.

These features make the A1301 and A1302 ideal for use in position sensing systems, for both linear target motion and rotational target motion. They are well-suited for industrial applications over extended temperature ranges, from –40°C to 125°C.

Two device package types are available: LH, a 3-pin SOT23W type for surface mount, and UA, a 3-pin ultramini SIP for through-hole mount. They are lead (Pb) free (suffix, –*T*) with 100% matte tin plated leadframes.

Functional Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Selection Guide				
Part Number	Packing*	Package	Ambient, T_A	Sensitivity (Typical)
A1301EUA-T	Bulk, 500 pieces/bag	SIP	–40°C to 85°C	2.5 mV/G
A1301KLHLT-T	7-in. tape and reel, 3000 pieces/reel	Surface Mount	–40°C to 125°C	
A1301KUA-T	Bulk, 500 pieces/bag	SIP		
A1302ELHLT-T	7-in. tape and reel, 3000 pieces/reel	Surface Mount	–40°C to 85°C	1.3 mV/G
A1302KLHLT-T	7-in. tape and reel, 3000 pieces/reel	Surface Mount	–40°C to 125°C	
A1302KUA-T	Bulk, 500 pieces/bag	SIP		

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

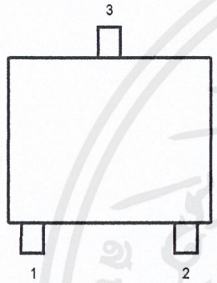
Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V_{CC}		8	V
Output Voltage	V_{OUT}		8	V
Reverse Supply Voltage	V_{RCC}		–0.1	V
Reverse Output Voltage	V_{ROUT}		–0.1	V
Output Sink Current	I_{OUT}		10	mA
Operating Ambient Temperature	T_A	Range E	–40 to 85	°C
		Range K	–40 to 125	°C
Maximum Junction Temperature	T_J(max)		165	°C
Storage Temperature	T_{stg}		–65 to 170	°C

Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

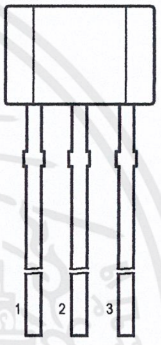
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin-out Drawings

Package LH



Package UA



Terminal List

Symbol	Number		Description
	Package LH	Package UA	
VCC	1	1	Connects power supply to chip
VOUT	2	3	Output from circuit
GND	3	2	Ground

Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVICE CHARACTERISTICS over operating temperature range, T_A, and V_{CC} = 5 V, unless otherwise noted

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Electrical Characteristics						
Supply Voltage	V_{CC}	Running, T_J < 165°C	4.5	–	6	V
Supply Current	I_{CC}	Output open	–	–	11	mA
Output Voltage	$V_{OUT(High)}$	I_{SOURCE} = –1 mA, Sens = nominal	4.65	4.7	–	V
	$V_{OUT(Low)}$	I_{SINK} = 1 mA, Sens = nominal	–	0.2	0.25	V
Output Bandwidth	BW		–	20	–	kHz
Power-On Time	t_{PO}	$V_{CC(min)}$ to 0.95 V_{OUT}; B = ±1400 G; Slew rate = 4.5 V/µs to 4.5 V/100 ns	–	3	5	µs
Output Resistance	R_{OUT}	I_{SINK} ≤ 1 mA, I_{SOURCE} ≥ –1 mA	–	2	5	Ω
Wide Band Output Noise, rms	V_{OUTN}	External output low pass filter ≤ 10 kHz; Sens = nominal	–	150	–	µV
Ratiometry						
Quiescent Output Voltage Error with respect to ΔV_{CC}[1]	$\Delta V_{OUTQ(V)}$	T_A = 25°C	–	–	±3.0	%
Magnetic Sensitivity Error with respect to ΔV_{CC}[2]	$\Delta Sens_{(V)}$	T_A = 25°C	–	–	±3.0	%
Output						
Linearity	Lin	T_A = 25°C	–	–	±2.5	%
Symmetry	Sym	T_A = 25°C	–	–	±3.0	%
Magnetic Characteristics						
Quiescent Output Voltage	V_{OUTQ}	B = 0 G; T_A = 25°C	2.4	2.5	2.6	V
Quiescent Output Voltage over Operating Temperature Range	$V_{OUTQ(\Delta T_A)}$	B = 0 G	2.2	–	2.8	V
Magnetic Sensitivity	Sens	A1301; T_A = 25°C	2.0	2.5	3.0	mV/G
		A1302; T_A = 25°C	1.0	1.3	1.6	mV/G
Magnetic Sensitivity over Operating Temperature Range	$Sens_{(\Delta T_A)}$	A1301	1.8	–	3.2	mV/G
		A1302	0.85	–	1.75	mV/G

[1]Refer to equation (4) in Ratiometric section on page 4.
[2]Refer to equation (5) in Ratiometric section on page 4.

Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Characteristic Definitions

Quiescent Output Voltage. In the quiescent state (no significant magnetic field: B = 0), the output, V_{OUTQ}, equals one half of the supply voltage, V_{CC}, throughout the entire operating ranges of V_{CC} and ambient temperature, T_A. Due to internal component tolerances and thermal considerations, there is a tolerance on the quiescent output voltage, ΔV_{OUTQ}, which is a function of both ΔV_{CC} and ΔT_A. For purposes of specification, the quiescent output voltage as a function of temperature, $\Delta V_{OUTQ(\Delta T_A)}$, is defined as:

$$\Delta V_{OUTQ(\Delta T_A)} = \frac{V_{OUTQ(T_A)} - V_{OUTQ(25°C)}}{Sens_{(25°C)}} \quad (1)$$

where Sens is in mV/G, and the result is the device equivalent accuracy, in gauss (G), applicable over the entire operating temperature range.

Sensitivity. The presence of a south-polarity (+B) magnetic field, perpendicular to the branded face of the device package, increases the output voltage, V_{OUT}, in proportion to the magnetic field applied, from V_{OUTQ} toward the V_{CC} rail. Conversely, the application of a north polarity (–B) magnetic field, in the same orientation, proportionally decreases the output voltage from its quiescent value. This proportionality is specified as the magnetic sensitivity of the device and is defined as:

$$Sens = \frac{V_{OUT(-B)} - V_{OUT(+B)}}{2B} \quad (2)$$

The stability of the device magnetic sensitivity as a function of ambient temperature, $\Delta Sens_{(\Delta T_A)}$ (%) is defined as:

$$\Delta Sens_{(\Delta T_A)} = \frac{Sens_{(T_A)} - Sens_{(25°C)}}{Sens_{(25°C)}} \times 100\% \quad (3)$$

Ratiometric. The A1301 and A1302 feature a ratiometric output. This means that the quiescent voltage output, V_{OUTQ}, and the magnetic sensitivity, Sens, are proportional to the supply voltage, V_{CC}.

The ratiometric change (%) in the quiescent voltage output is defined as:

$$\Delta V_{OUTQ(\Delta V)} = \frac{V_{OUTQ(V_{CC})} / V_{OUTQ(5V)}}{V_{CC} / 5\ V} \times 100\% \quad (4)$$

and the ratiometric change (%) in sensitivity is defined as:

$$\Delta Sens_{(\Delta V)} = \frac{Sens_{(V_{CC})} / Sens_{(5V)}}{V_{CC} / 5\ V} \times 100\% \quad (5)$$

Linearity and Symmetry. The on-chip output stage is designed to provide linear output at a supply voltage of 5 V. Although the application of very high magnetic fields does not damage these devices, it does force their output into a nonlinear region. Linearity in percent is measured and defined as:

$$Lin+ = \frac{V_{OUT(+B)} - V_{OUTQ}}{2\,(V_{OUT(+B½)} - V_{VOUTQ})} \times 100\% \quad (6)$$

$$Lin- = \frac{V_{OUT(-B)} - V_{OUTQ}}{2(V_{OUT(-B½)} - V_{OUTQ})} \times 100\% \quad (7)$$

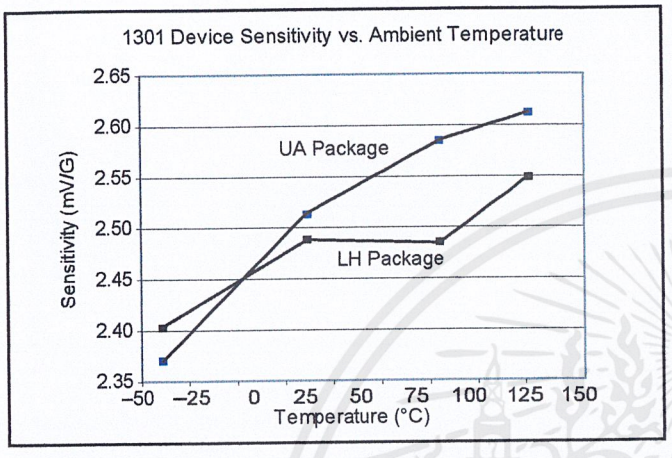
and output symmetry as:

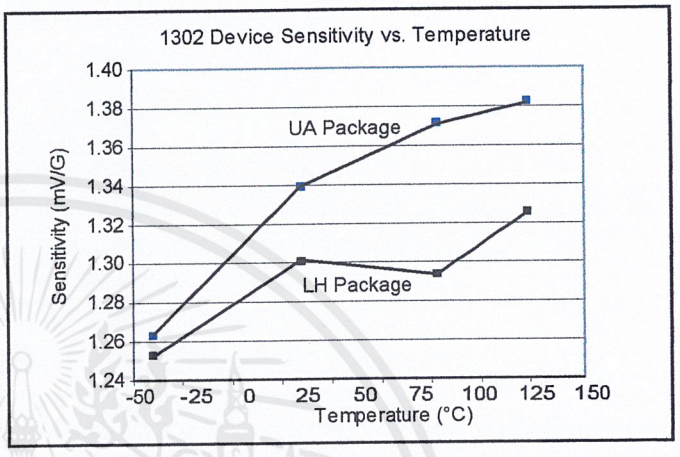
$$Sym = \frac{V_{OUT(+B)} - V_{OUTQ}}{V_{OUTQ} - V_{OUT(-B)}} \times 100\% \quad (8)$$

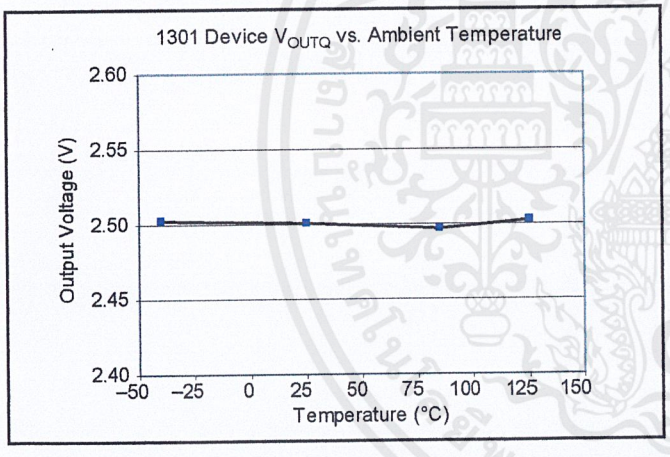
Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

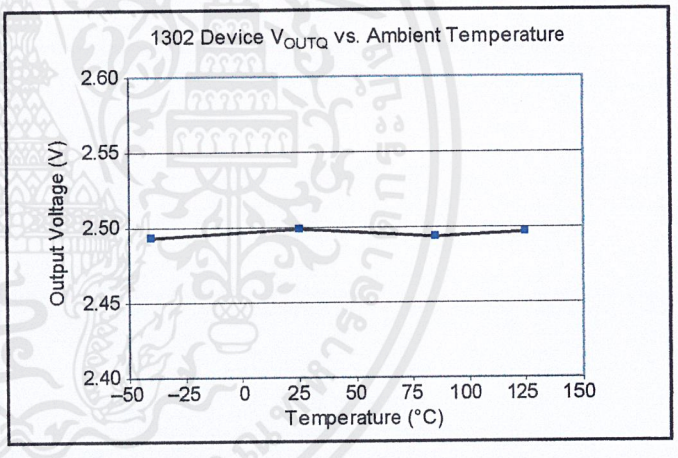
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

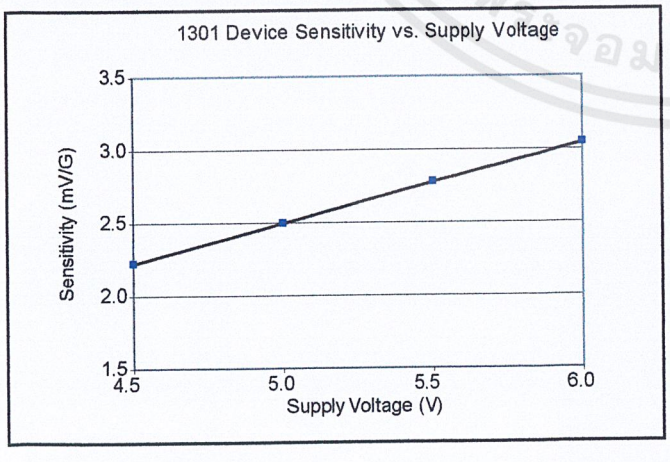
Typical Characteristics
(30 pieces, 3 fabrication lots)

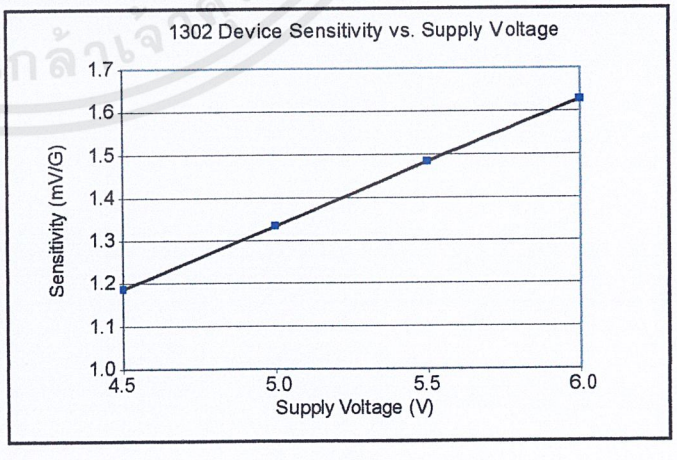










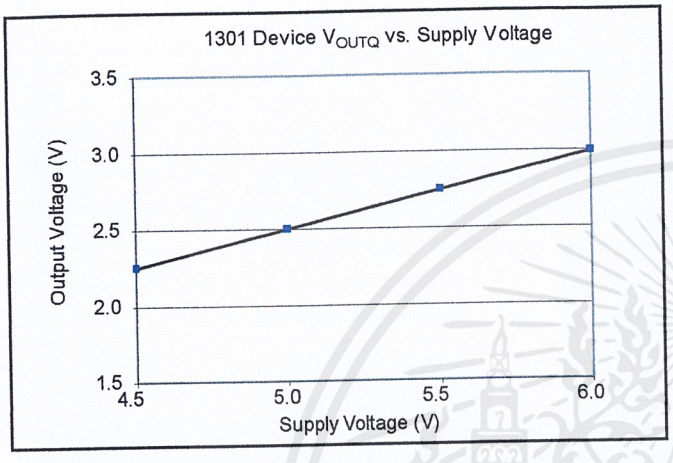


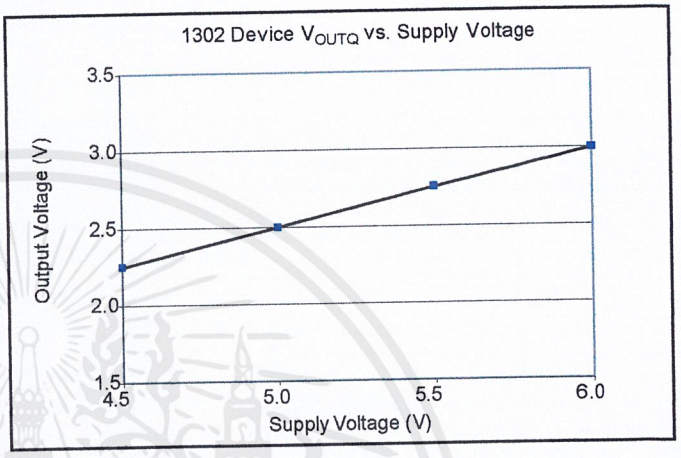
Continued on the next page...

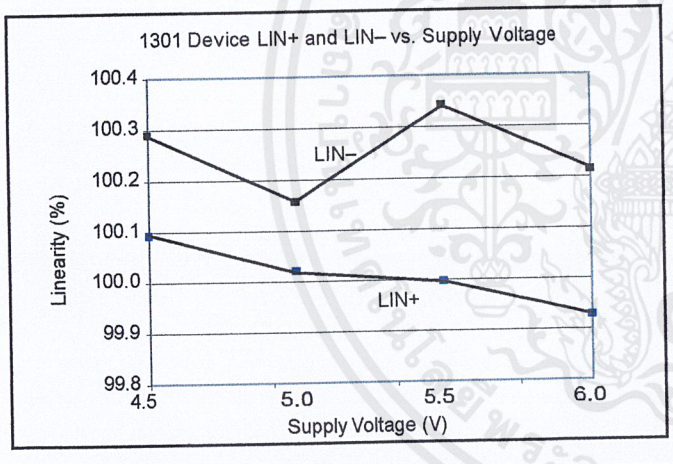
Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

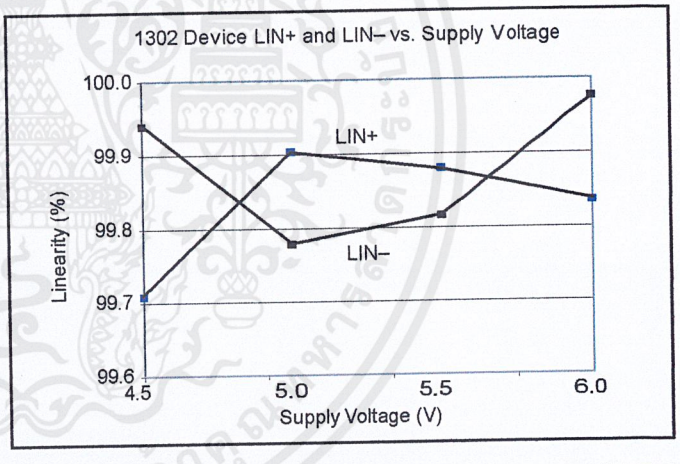
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

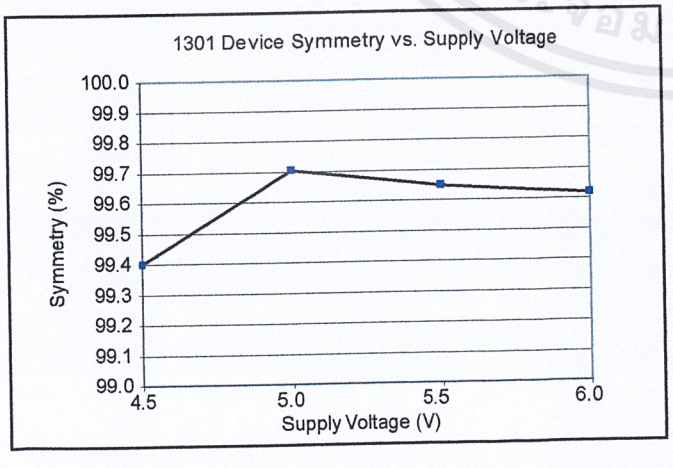
Typical Characteristics, continued
(30 pieces, 3 fabrication lots)

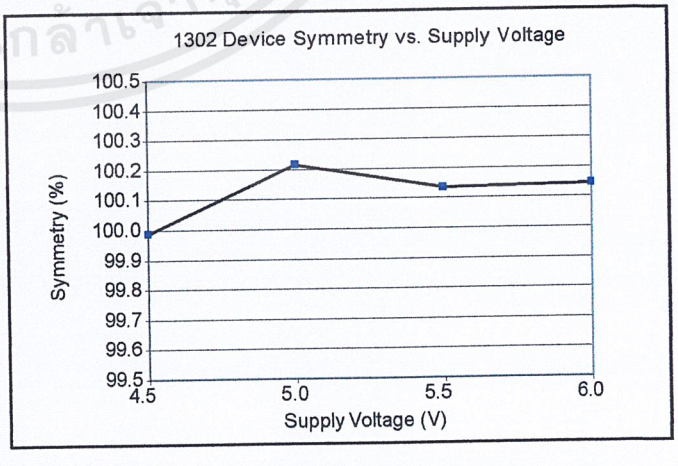








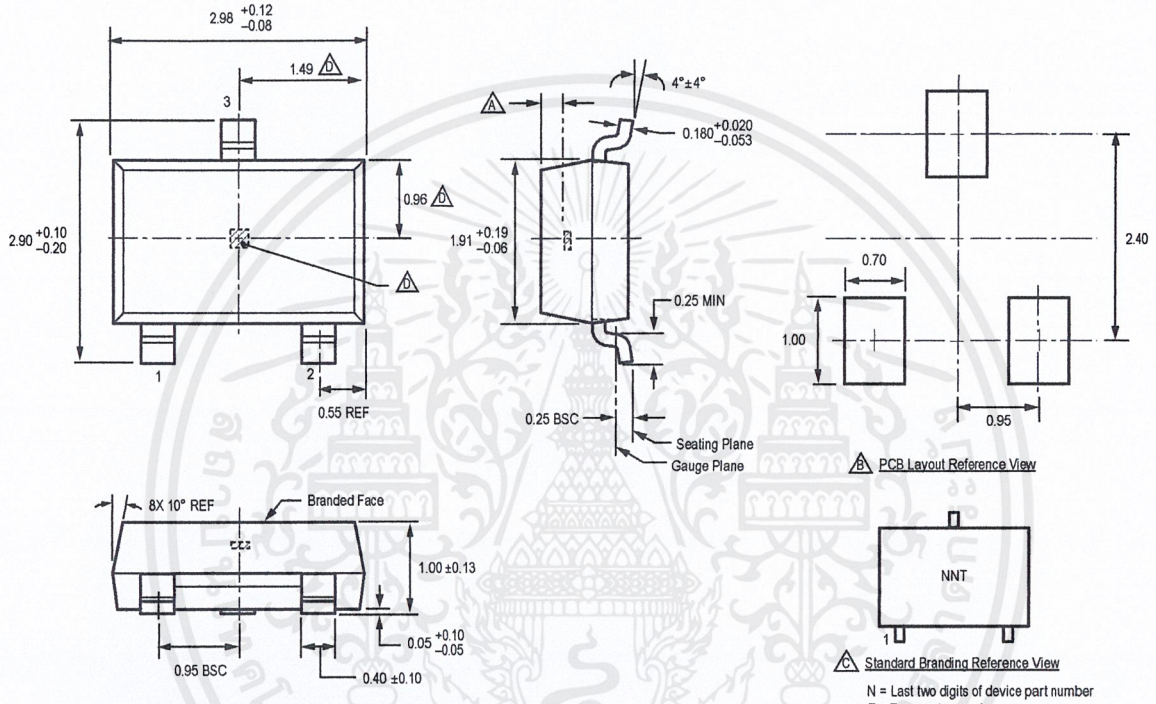




Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package LH, 3-Pin; (SOT-23W)



For Reference Only; not for tooling use (reference dwg. 802840)
Dimensions in millimeters
Dimensions exclusive of mold flash, gate burrs, and dambar protrusions
Exact case and lead configuration at supplier discretion within limits shown

A Active Area Depth, 0.28 mm REF

B Reference land pattern layout
All pads a minimum of 0.20 mm from all adjacent pads; adjust as necessary to meet application process requirements and PCB layout tolerances

C Branding scale and appearance at supplier discretion

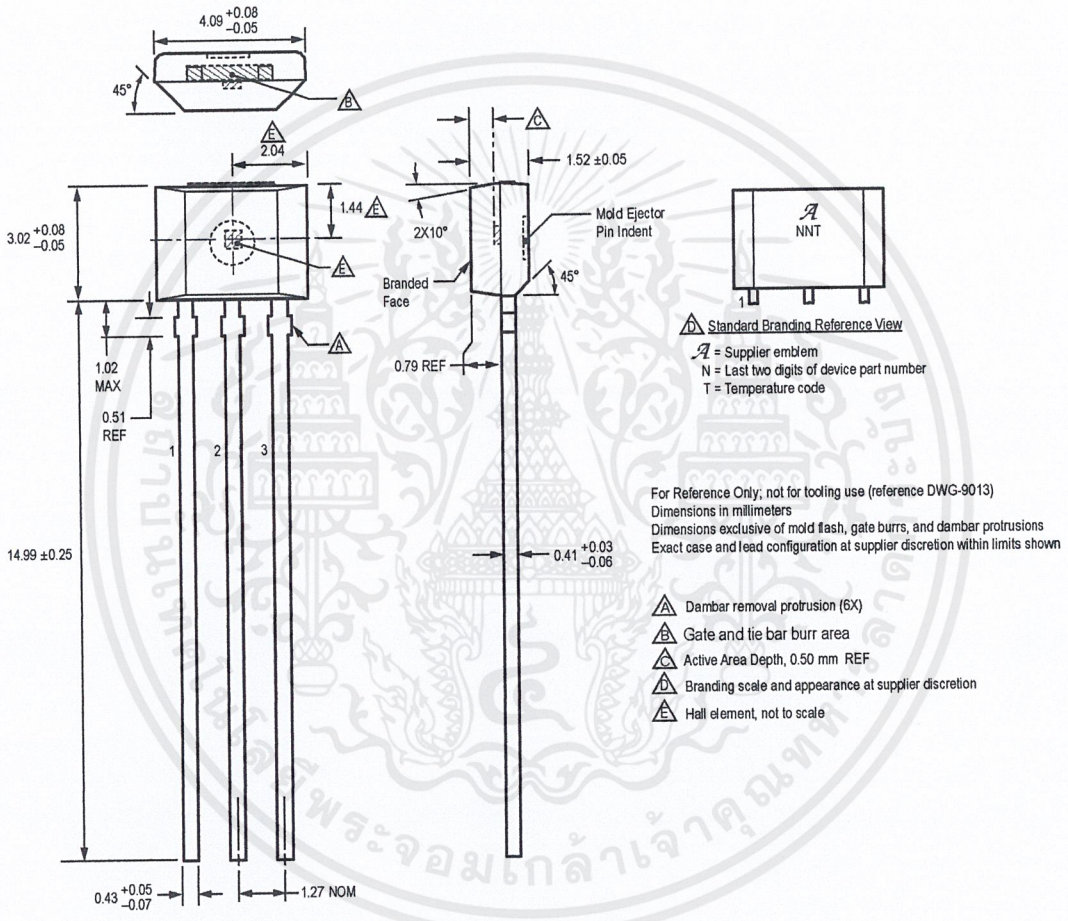
D Hall element, not to scale

Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package UA, 3-Pin SIP

Matrix Leadframe



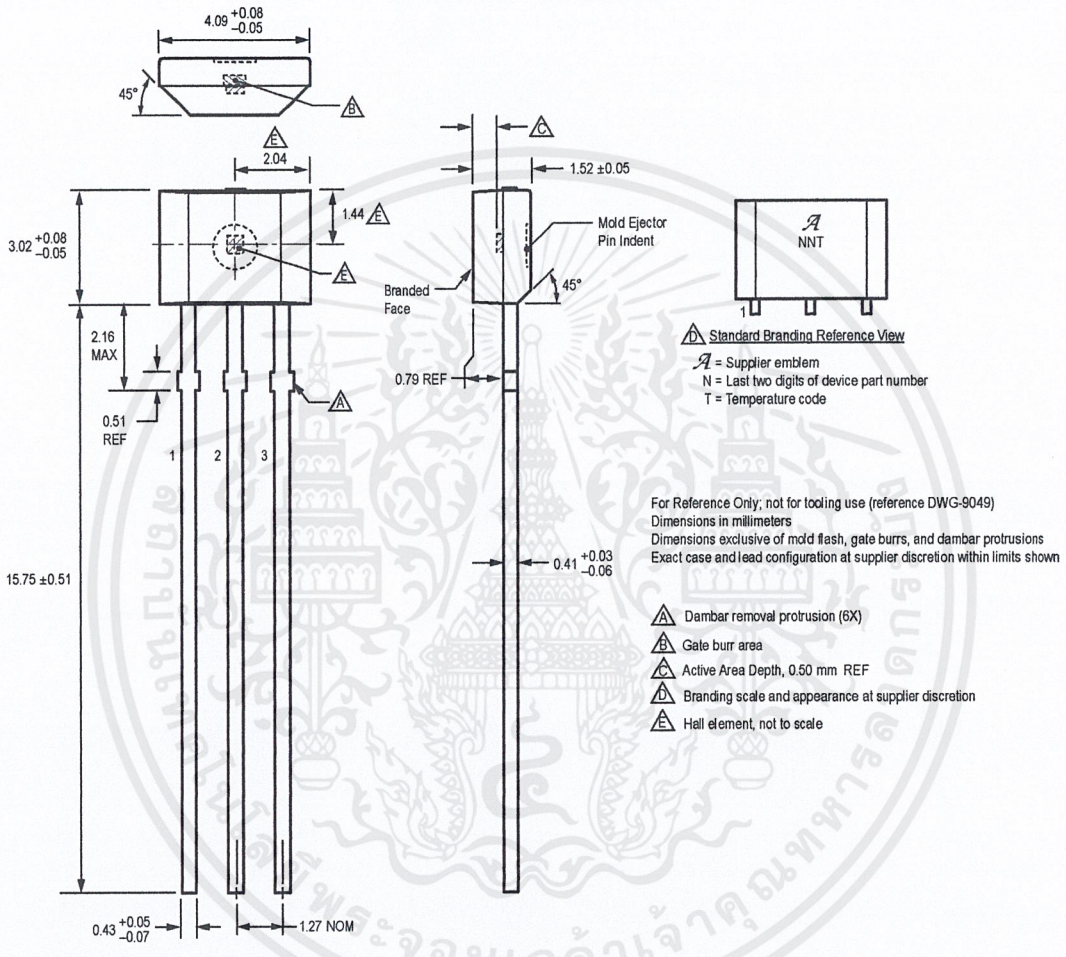
Please note that there are changes to the existing UA package drawing pending. Please contact the Allegro Marketing department for additional information.

Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package UA, 3-Pin SIP

Conventional Leadframe



Copyright ©2005-2010, Allegro MicroSystems, Inc.

Allegro MicroSystems, Inc. reserves the right to make, from time to time, such departures from the detail specifications as may be required to permit improvements in the performance, reliability, or manufacturability of its products. Before placing an order, the user is cautioned to verify that the information being relied upon is current.

Allegro's products are not to be used in life support devices or systems, if a failure of an Allegro product can reasonably be expected to cause the failure of that life support device or system, or to affect the safety or effectiveness of that device or system.

The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Allegro MicroSystems, Inc. assumes no responsibility for its use; nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use.

For the latest version of this document, visit our website:

www.allegromicro.com

Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LINEAR TECHNOLOGY

LTC2400

24-Bit µPower No Latency ΔΣ™ ADC in SO-8

FEATURES

- 24-Bit ADC in SO-8 Package
- **4ppm INL, No Missing Codes**
- **4ppm Full-Scale Error**
- **Single Conversion Settling Time for Multiplexed Applications**
- **0.5ppm Offset**
- **0.3ppm Noise**
- Internal Oscillator—No External Components Required
- 110dB Min, 50Hz/60Hz Notch Filter
- Reference Input Voltage: 0.1V to V_{CC}
- Live Zero—Extended Input Range Accommodates 12.5% Overrange and Underrange
- Single Supply 2.7V to 5.5V Operation
- Low Supply Current (200µA) and Auto Shutdown

APPLICATIONS

- Weight Scales
- Direct Temperature Measurement
- Gas Analyzers
- Strain-Gage Transducers
- Instrumentation
- Data Acquisition
- Industrial Process Control
- 6-Digit DVMs

DESCRIPTION

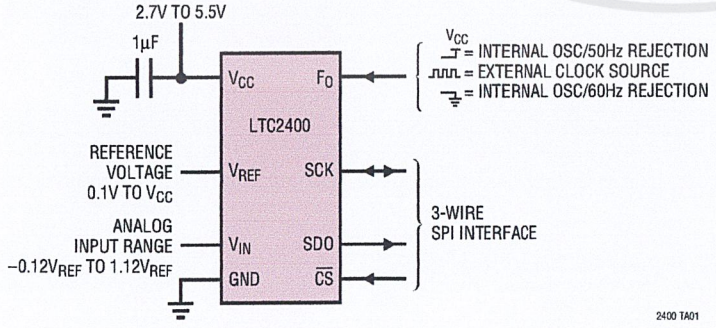
The LTC®2400 is a 2.7V to 5.5V micropower 24-bit converter with an integrated oscillator, 4ppm INL and 0.3ppm RMS noise. It uses delta-sigma technology and provides single cycle settling time for multiplexed applications. Through a single pin the LTC2400 can be configured for better than 110dB rejection at 50Hz or 60Hz ±2%, or it can be driven by an external oscillator for a user defined rejection frequency in the range 1Hz to 120Hz. The internal oscillator requires no external frequency setting components.

The converter accepts any external reference voltage from 0.1V to V_{CC}. With its extended input conversion range of –12.5% V_{REF} to 112.5% V_{REF}, the LTC2400 smoothly resolves the offset and overrange problems of preceding sensors or signal conditioning circuits.

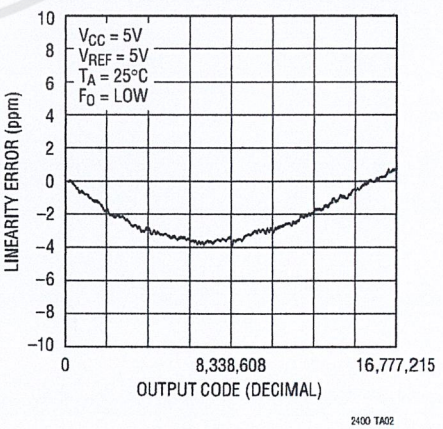
The LTC2400 communicates through a flexible 3-wire digital interface which is compatible with SPI and MICROWIRE™ protocols.

LT, LTC and LT are registered trademarks of Linear Technology Corporation.
No Latency ΔΣ is a trademark of Linear Technology Corporation.
MICROWIRE is a trademark of National Semiconductor Corporation.

TYPICAL APPLICATION



Total Unadjusted Error vs Output Code



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้