S016017

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย, ภาษาอังกฤษ	1
บทที่	
1. บทนำ	2
2. ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานทางแม่เหล็ก	4
3. ขั้นตอนในการออกแบบและสร้างเครื่องมือ	17
4. ผลการทดลองวัดอุณหภูมิวิกฤตของสารแม่เหล็ก	38
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	42
เอกสารอ้างอิง	44

RCH
QC
755.67
2549ค

เลขหมู่..... 117417
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี..... -4 ส.ค. 2554

b.1120834x
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันสารแม่เหล็กมีบทบาทมากขึ้นในอุตสาหกรรม ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ มักจะมีสารแม่เหล็กเป็นส่วนประกอบอยู่เสมอ ลักษณะสมบัติทางแม่เหล็กแต่ละประเภทแสดงถึงความเหมาะสมของการนำไปใช้งาน ดังนั้น การวัดคุณสมบัติทางแม่เหล็กของสารแม่เหล็กจึงมีความจำเป็นต่อการเลือกสารแม่เหล็กที่จะนำไปใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมประเภทเครื่องเสียง อุตสาหกรรมเครื่องมือวัด และอุตสาหกรรมการสร้างมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

โครงงานพิเศษนี้จึงได้ทำการออกแบบและสร้างส่วนประกอบต่างๆของเครื่องมือในการวัดคุณสมบัติทางแม่เหล็กขึ้น เครื่องมือนี้เรียกว่า **เครื่องมือวัดอุณหภูมิวิกฤตของสารแม่เหล็ก** เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดคุณสมบัติต่างๆ ทางแม่เหล็ก โดยอุณหภูมิวิกฤตของสารแม่เหล็กจะเป็นค่าที่บอกถึงอุณหภูมิสุดท้ายที่สารแม่เหล็กมีการเหนี่ยวนำได้ โดยผู้ผลิตหรือนักวิเคราะห์จะพยายามไม่เลือกใช้ให้เกินอุณหภูมิ T_c นี้ ซึ่งโครงงานพิเศษนี้ก็จะสามารถบอกลักษณะความสัมพันธ์ของค่า μ กับ T ได้อีกด้วย เพื่อให้สามารถเลือกย่านในการทำงานที่อุณหภูมิต่างๆ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางแม่เหล็กของสารแม่เหล็กชนิดต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนกับอุณหภูมิ
2. เพื่อศึกษากระบวนการสร้างเครื่องมือวัดและเรียนรู้เรื่องการปรับเทียบ
3. เพื่อลดการนำเข้าของเครื่องมือที่มีราคาแพงจากต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีดำเนินการ

1. ศึกษาหาข้อมูลทางด้านคุณสมบัติของแม่เหล็กชนิดต่างๆ โดยเฉพาะเรื่องอุณหภูมิวิกฤตของสารแม่เหล็ก

2. ทดสอบความเป็นไปได้ของโครงงาน

3. สร้างเครื่องวัดและควบคุมต่างๆ

4. ทดลองวัดและควบคุมเครื่องมือ

5. ตรวจสอบข้อมูลจากการทดลองกับข้อมูลจริง

6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะในการพัฒนาครั้งต่อไป

ประโยชน์ที่ได้รับ

ได้ทราบถึงคุณสมบัติทางแม่เหล็กของสารแม่เหล็กชนิดต่างๆที่แปรเปลี่ยนไปกับอุณหภูมิ และเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องมือขึ้นใช้เองภายในประเทศ เพื่อลดการสั่งซื้อจากต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M = (\mu/\mu_0^{-1})H$$

และได้กำหนดความสัมพันธ์ ของ M/H โดยให้

$$X_m = M/H$$

X_m คือ ค่าสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็ก (Magnetic susceptibility) มีความสัมพันธ์กับสภาพซึมซาบทางแม่เหล็กตามสมการ

$$X_m = \mu_r - 1$$

ชนิดของสารแม่เหล็ก

สารแม่เหล็กสามารถแบ่งตามสภาพความเป็นแม่เหล็กได้ 5 ชนิด ดังนี้

1. สารแม่เหล็กไดอา (Diamagnetic materials)

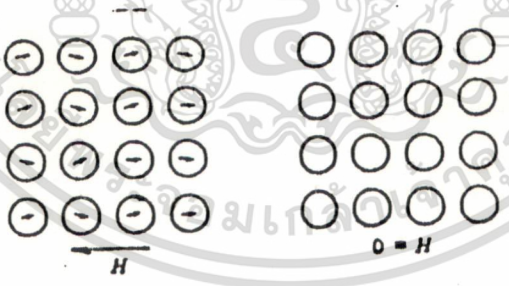
เมื่อให้เส้นแรงแม่เหล็กผ่านละออมของสารแม่เหล็ก ที่ผ่านละออมของสารแม่เหล็กไดอา จะเลื่อนและแยกออก มีเส้นแรงแม่เหล็กที่ผ่านเข้าไปได้น้อยมาก โดยเปรียบเทียบการผ่านเส้นแรงแม่เหล็กในสารชนิดไดอา พาราและเฟอร์โร ดังรูปที่ 2.1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ข. ค.

รูปที่ 2.1.1 แสดงลักษณะเส้นแรงแม่เหล็กที่ผ่านสารแม่เหล็กชนิดต่างๆ
ก. สารแม่เหล็กไดอา ข. สารแม่เหล็กพารา ค. สารแม่เหล็กเฟอร์โร

สนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในสารแม่เหล็กไดอามีค่าน้อยมากและเป็นลบ ซึ่งหมายความว่า สนามแม่เหล็กไดอาจะผลักเส้นแรงแม่เหล็ก ค่าสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็กของสารมีค่าเป็นลบอยู่ในช่วง -10^{-6} ลักษณะของไดโพลแม่เหล็กของสารแม่เหล็กไดอาเมื่อไม่มีสนามภายนอก แสดงดังรูป 2.1.2 ก และ ข ตามลำดับ



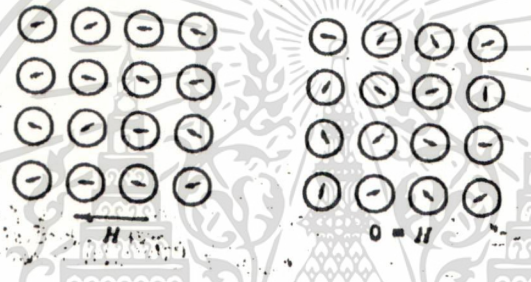
ก. ข.

รูปที่ 2.1.2 แสดงไดโพลแม่เหล็กของสารแม่เหล็กไดอา
ก. เมื่อไม่มีสนามภายนอก ข. เมื่อมีสนามภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สารแม่เหล็กพารา (Paramagnetic materials)

เป็นสารแม่เหล็กที่มีสภาพแม่เหล็กอ่อนมาก ผลตอบสนองต่อสนามกับแม่เหล็กภายนอกมีค่าน้อย ขณะที่ไม่มีสนามแม่เหล็กภายนอก สารแม่เหล็กพาราจะมีไดโพลแม่เหล็กวางตัวในลักษณะร่วม ผลรวมของไดโพลแม่เหล็กมีค่าเป็นศูนย์ หมายถึง ไม่แสดงอำนาจแม่เหล็กออกมาดังรูปที่ 2.1.3 ก และ ข เมื่อมีเส้นแรงแม่เหล็กตัดผ่าน เส้นแรงแม่เหล็กจะลู่เข้าสู่อะตอมของสารได้ แต่ไม่มากนัก ดังรูป 2.1.1 ข ความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในสารแม่เหล็กพารามีค่าใกล้เคียงกับสุญญากาศ ค่าของสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็ก มีค่าอยู่ในช่วง 10^{-7} ถึง 10^{-6} มีค่าเป็นบวก และไม่ขึ้นกับความเข้มของสนาม ถ้าแม่เหล็กค่าสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็กจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น



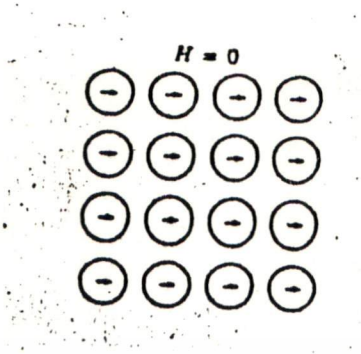
ก. ข.

รูปที่ 2.1.3 แสดงไดโพลแม่เหล็กของสารแม่เหล็กพารา
ก. เมื่อไม่มีสนามแม่เหล็กภายนอก ข. เมื่อมีสนามภายนอก

3. สารแม่เหล็กเฟอร์โร (Ferromagnetic materials)

เป็นสารแม่เหล็กที่มีโมเมนต์แม่เหล็กถาวร แม้จะไม่มีสนามทำแม่เหล็กภายนอกค่าโมเมนต์แม่เหล็กมีค่ามาก สารพวกนี้มีความเป็นแม่เหล็กถาวร ได้แก่ โลหะทรานซิชั่น เช่น โคบอล นิเกิล เป็นต้น ค่าสภาพอ่อนไหวทางแม่เหล็กมีค่าเป็นบวก เมื่อมีเส้นแรงแม่เหล็กตัดผ่านสารแม่เหล็กเฟอร์โร เส้นแรงแม่เหล็กสามารถจะผ่านเข้าไปในอะตอมได้มาก (ลู่เข้าอะตอม) ดังรูปที่ 2.1.1 ค ไดโพลแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเองในสารแม่เหล็กเฟอร์โร มีลักษณะดังรูปที่ 2.1.4

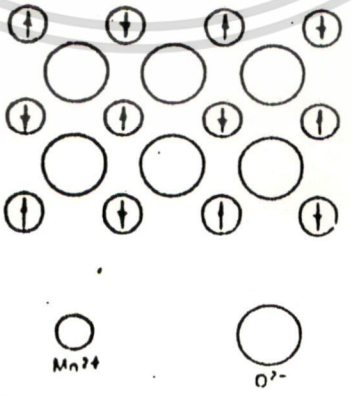
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1.4 แสดงไดโพลแม่เหล็กของสารแม่เหล็กเฟอร์โร

4. สารแม่เหล็กแอนทิเฟอร์โร (Antiferromagnetic materials)

เป็นสารแม่เหล็กที่มีการเชื่อมต่อของโมเมนต์แม่เหล็ก ระหว่างอะตอมที่สามารถแสดงสภาพแม่เหล็กซึ่งมีลักษณะคล้ายๆ กับสารแม่เหล็กเฟอร์โร แต่การเชื่อมต่อของโมเมนต์แม่เหล็กในสารแอนทิเฟอร์โร มีลักษณะหักล้างกันจนทำให้โมเมนต์แม่เหล็กรวมมีค่าต่ำมากๆ ยกตัวอย่าง สสารที่เป็นสารแม่เหล็กแอนทิเฟอร์โร เช่น MnO เมื่อดูตามรูปที่ 2.1.5 จะเห็นว่า สปินของโมเมนต์แม่เหล็กของ Mn^{+2} เรียงสลับไปมาหักล้างจนเป็นศูนย์ แต่อย่างไรก็ดี เมื่อคุณหมูมิสูงขึ้นจนถึงค่าๆ หนึ่งเรียกว่า จะทำให้สารแม่เหล็กแอนทิเฟอร์โรมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปเป็นสารแม่เหล็กพารา



รูปที่ 2.1.5 แสดงสปินแม่เหล็กของ Mn^{+2} ใน MnO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สารแม่เหล็กเฟอร์ริ (Ferrimagnetic material)

คุณสมบัติทางมหภาคของแม่เหล็กของสารแม่เหล็กเฟอร์ริ และสารแม่เหล็กเฟอร์ไรมีลักษณะคล้ายๆกัน แต่แตกต่างกันตรงแหล่งกำเนิดที่ทำให้เกิดโมเมนต์แม่เหล็กซึ่งสารแม่เหล็กเฟอร์รินั้น โมเมนต์แม่เหล็กเกิดจากดิวบิดเฟอร์ไรต์ ดังนั้นไดโพลแม่เหล็กของสารแม่เหล็กเฟอร์ริ จะมีค่าแตกต่างจากสารแม่เหล็กเฟอร์โรอยู่บ้าง ลักษณะการเรียงตัวของไดโพลแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กเฟอร์ริ เมื่อเทียบกับสารแม่เหล็กเฟอร์โร และสารแม่เหล็กแอนทิเฟอร์โร แสดงดังรูปที่ 2.1.6

รูปที่ 2.1.6 แสดงการเรียงตัวของไดโพลแม่เหล็กในสารแม่เหล็ก

สารแม่เหล็กเฟอร์ริจะมีส่วนประกอบของอิออนเหล็กอยู่ 2 ตัว คือ Fe^{2+} กับ Fe^{3+} ผลทางแม่เหล็กของสารแม่เหล็กชนิดนี้มีลักษณะอยู่กลางๆ ระหว่างสารแม่เหล็กเฟอร์ไรกับสารแม่เหล็กแอนทิเฟอร์โรและอุณหภูมิทางแม่เหล็กจะหมดไป เมื่ออุณหภูมิสูงถึงค่าๆหนึ่ง(เช่นเดียวกับสารเฟอร์โร) อุณหภูมิค่านั้นจะเรียกว่า อุณหภูมิวิกฤต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสารแม่เหล็กเฟอร์โรและสารแม่เหล็กเฟอร์ริ ซึ่งมีคุณสมบัติทางแม่เหล็กที่คล้ายๆ กันมีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง สามารถแบ่งได้เป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ

-สารแม่เหล็กชนิดอ่อน (Soft magnetic materials)

สารแม่เหล็กชนิดอ่อนนี้เป็นสารที่มีความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็กลิ่มตัวต่ำ แต่มีค่าสภาพซึมซาบทางแม่เหล็กสูง แสดงในตารางที่ 2.1.1 และมีค่าต่ำสามารถทำให้สนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นสลับไปมาได้ง่าย จากเหตุผลเหล่านี้ทำให้สารแม่เหล็กชนิดอ่อนมีประโยชน์อย่างมากในการนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมประเภทสวิทช์ชิ่ง และภาคขยายสัญญาณและมีความเหมาะสมอย่างมาก ในการนำมาทำเป็นแกนทรานฟอเมอร์ที่ใช้ในงานความถี่สูง

Material	*Composition (wt%)*	*Initial Relative Permeability, μ_i*	*Saturation Flux Density, B, [Tesla (gauss)]*	*Hysteresis Loss/Cycle [J/m³ (erg/cm³)]*	*Resistivity, ρ (ohm-m)*
Commercial iron ingot	99.95 Fe	150	2.14 (21,400)	270 (2700)	1.0×10^{-7}
Silicon-iron (oriented)	97 Fe, 3 Si	1400	2.01 (20,100)	40 (400)	4.7×10^{-7}
45 Permalloy	55 Fe, 45 Ni	2300	1.60 (16,000)	120 (1200)	4.5×10^{-7}
Supermalloy	79 Ni, 15 Fe, 5 Mo, 0.5 Mn	75,000	0.80 (8000)	—	6.0×10^{-7}
Ferroxcube A	48 $MnFe_2O_4$, 52 $ZnFe_2O_4$	1400	0.33 (3300)	~40 (~400)	2000
Ferroxcube B	36 $NiFe_2O_4$, 64 $ZnFe_2O_4$	650	0.36 (3600)	~35 (~350)	10^7

ตารางที่ 2.1.1 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติทางแม่เหล็กของสารแม่เหล็กชนิดอ่อนบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-สารแม่เหล็กชนิดแข็ง (Hard magnetic materials)

สารแม่เหล็กชนิดแข็งเป็นสารแม่เหล็กที่มีความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็กอิ่มตัวสูงมีค่าความซึมซาบทางแม่เหล็กต่ำและมีการสูญเสียพลังงานสูง จากคุณสมบัติต่างๆ ที่กล่าวมานี้ จะเห็นว่าสามารถนำสารแม่เหล็กชนิดแข็งไปใช้งานอุตสาหกรรมต่างๆ ในลักษณะของแม่เหล็กถาวร เช่น ทำลำโพง ทำมอเตอร์ เป็นต้น

ตัวอย่างของสารแม่เหล็กชนิดแข็งแสดงในตารางที่ 2.1.2

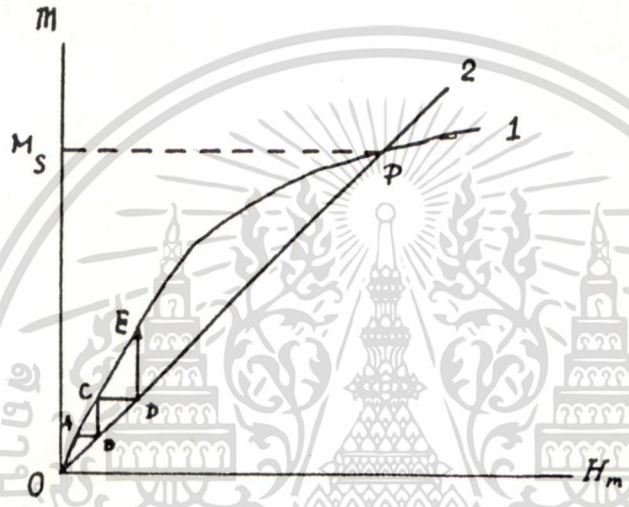
Material	*Composition (wt%)*	*Remanence,* B_r *[Tesla (gauss)]*	*Coercivity,* H_c *[amp-turn/m (oersted)]*	$(BH)_{max}$ *[J/m^3 (gauss-oersted)]*	*Curie Temperature,* T_c *[°C (°F)]*
Martensitic carbon steel	98.1 Fe, 0.9 C, 1 Mn	0.95 (9500)	4000 (50)	1600 (0.20×10^6)	—
Tungsten steel	92.8 Fe, 6 W, 0.5 Cr, 0.7 C	0.95 (9500)	5900 (74)	2600 (0.33×10^6)	760 (1400)
Cunife	20 Fe, 20 Ni, 60 Cu	0.54 (5400)	44,000 (550)	12,000 (1.5×10^6)	410 (770)
Cunico	29 Co, 21 Ni, 50 Cu	0.34 (3400)	54,000 (680)	6400 (0.8×10^6)	860 (1580)
Sintered Alnico 8	34 Fe, 7 Al, 15 Ni, 35 Co, 4 Cu, 5 Ti	0.76 (7600)	123,000 (1550)	36,000 (4.5×10^6)	860 (1580)
Ferroxdur (oriented)	$BaO\text{-}6Fe_2O_3$	0.32 (3200)	240,000 (3000)	20,000 (2.5×10^6)	450 (840)

ตารางที่ 2.1.2 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติทางแม่เหล็กของสารแม่เหล็กชนิดแข็งบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การหาอุณหภูมิวิกฤตของสารแม่เหล็ก

โดยเราจะศึกษาถึงพฤติกรรมของสารแม่เหล็กเฟอร์โรแมกเนติก ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ค่าแมกเนไตเซชั่นของสารแม่เหล็กประเภทเฟอร์โรแมกเนติก เมื่ออุณหภูมิเท่าใดถึงจะทำให้สารนั้นกลายเป็นพาราแมกเนติก (paramagnetic)



รูปที่2.2.1 กราฟระหว่างแมกเนไตเซชั่น กับ สนามโมเลกุล

จากรูปที่ 2.2.1 เราสมมติว่า แมกเนไตเซชั่นของสารนี้เพิ่มขึ้นกับอุณหภูมิที่อุณหภูมิคงที่ เนื่องจาก curve1ของรูปที่ 2.2.1 เป็นของสารแม่เหล็กชนิดเฟอร์โร โดยสมมติให้สนามที่กระทำกับสารเป็นสนามโมเลกุล (Molecular field), H_m เพราะฉะนั้นเราก็ได้

$$H_m = \gamma M \qquad \text{\_\_\_\_\_} \quad (1)$$

จาก curve 2 ของรูป 2.2.1 เป็นของสมการที่ 1 และ slope คือ $1/\gamma$ ค่าแมกเนไตเซชั่นที่เกิดขึ้น มีอยู่ 2 จุดๆแรกที่จุดกำเนิดจะไม่เสถียรภาพเพราะค่า M = 0

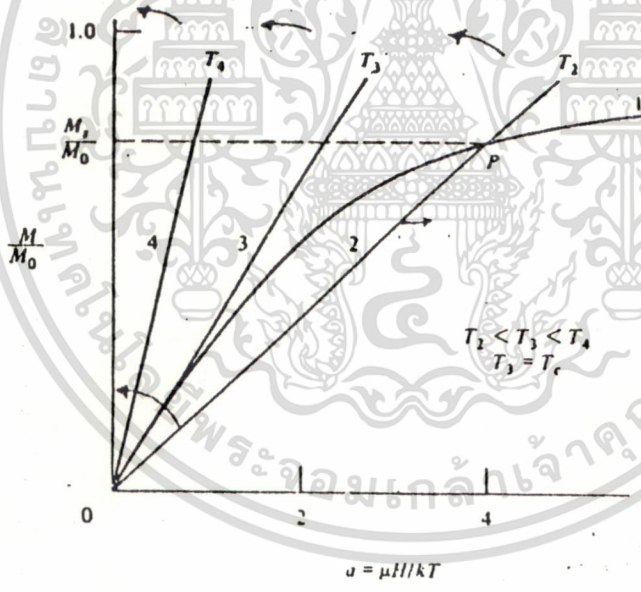
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16017

สนามกระทำที่มองไม่เห็น (เช่น สนามจากโลก) จะกระทำต่อสารชนิดนี้ แต่ถ้าสารถูกแมกเนไตที่จุด A สนามกระทำที่จุด B นั่นเอง กระทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนถึงจุด P จุดนี้เองที่เสถียรภาพ (stability) เพราะว่า ค่าแมกนีไตเซชั่น(M_s) จะเปลี่ยนแปลงทันทีจุด P ในขณะที่ไม่มี H_m กระทำ ซึ่งเราจะศึกษาว่า ช่วงอุณหภูมิค่าที่ M_s เปลี่ยนแปลงในนี้ มีผลทำให้สารเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

จากรูป 2.2.1 เราจะเขียนใหม่ได้ ดังรูป 2.2.2 และให้ $a = \mu H/kT$ คือตัวแปรที่จะปรากฏในทฤษฎีของสารพาราแมกเนติก จากสมมติของ Weiss เราจะสมมติว่าความสัมพันธ์ของ แมกเนไตเซชั่น ซึ่งจะแสดงได้โดยฟังก์ชั่น Langevin

$$M/M_0 = L(a) = \coth(a)-(1/a) \qquad (2)$$



รูปที่ 2.2.2 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อแมกเนไตเซชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(เมื่อแทนค่าต่างๆเหล่านี้และให้ฟังก์ชัน Brillouin จากความสัมพันธ์ควอนตัม-แมกคานิก)

เมื่อป้อนสนาม H ,เราได้ว่า $a = \mu \sigma MM_o/kTM_o$ _____(3)

$M/M_o = (kT/\mu \sigma M_o)a$ _____(4)

M/M_o คือ ฟังก์ชั่นเชิงเส้นของ a กับค่าความชันที่เหมาะสมกับอุณหภูมิภายในวงเล็บ ในรูป 2.2.2 curve 1 คือ Langevin function และเส้นที่ 2 คือ กราฟของสมการที่ 4 สำหรับอุณภูมิ T_E จากกราฟจะบอกได้ว่า ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น T_E จะเปลี่ยนแปลงโดยหมุนทวนเข็มนาฬิกาเทียบกับจุดกำเนิด เมื่อค่าแมกนีไตเซชั่นซึ่งเองละ (Spantaneous magnetization) หมุนมาถึง T_3 เราเรียกว่า "Curie Temperature" และที่อุณหภูมิสูงกว่า คือ T_4 สารนั้นจะเรียกว่า paramagnetic เพราะว่า มันไม่มีค่า M_s กระทำอยู่แล้ว

ค่าอุณหภูมิคูรีย์ สามารถคำนวณจากกราฟเส้นที่ 3 ซึ่งเหมือนกับค่าความชันของ Langevin (curve 1) ซึ่งก็คือ 1/3 ,แทนค่า T ด้วย T_c เราจะได้ว่า

$$kT_c/(\mu \sigma M_o) = 1/3$$

$$T_c = \mu \sigma M_o/3k \quad \text{_____(5)}$$

เมื่อ μ = ค่าสภาพซึมซาบทางแม่เหล็กของตัวกลางที่สนามทำแม่เหล็กตัดผ่าน

σ = Molecular field coefficient

M_o = แมกเนไตเซชั่นที่ $H_m = 0$

k = ค่าคงที่โบลท์มานส์

และในทางกลับกัน เราก็สามารถหาค่า M_o ได้ ถ้าเรารู้ค่า T_c , μ โดยค่า T_c และ μ นี้จากการทดลองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หลักการหาค่าสภาพซึมซาบทางแม่เหล็ก

วิธีนี้ใช้วัดค่า impedance permealbility (μ_z) ของสนามแม่เหล็กเฟอร์โร ซึ่งรูปแบบของสารเป็นแบบวงแหวนบางๆ หรือวงแหวนที่มีความหนา โดยเราจะป้อนกระแสชายน์ (i_p) เข้าขดลวดทางด้านปฐมภูมิ ดังนั้นจะเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิด E_s ปรากฏที่ทางด้านขดลวดทุติยภูมิ

ดังนั้น

$$E_s = N_2 \, d\phi/dt \qquad (1)$$

เมื่อ N_2 = จำนวนรอบของขดลวดที่พันทางด้านทุติยภูมิ

หลักในการคำนวณ

1. หาความยาวเฉลี่ยของสารก่อน

ถ้าเป็นแกนทอรอยด์ จะได้ว่า $l = (D + d/2)\pi$

เมื่อ l = ความยาวเฉลี่ยของสาร, cm

D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก, cm

d = เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน, cm

2. หลังจากนั้นพิจารณาพื้นที่ตัดขวางของสาร

สำหรับแกนทอรอยด์ จะได้ว่า

ปริมาตรของสาร (V_m) = $A(D + d)/2 = m_1/p$

ดังนั้น

$$A = 0.637 \, m_1 / (D + d)p$$

เมื่อ A = พื้นที่ตัดขวางของสาร, cm^2

m_1 = มวลของสาร, g

p = ความหนาแน่น, g/cm^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่าง E_H กับ H_z แสดงดังนี้

$$E_H = H_z Rl / 0.4\pi N_1/2 = 0.5627 H_z Rl/N_1$$

หรือ

$$H_z = 0.4\pi N_1 E_H/2 / lR = 1.777 N_1 E_H / lR$$

เมื่อ E_H = โวลเตจที่ปรากฏทางด้านขดลวดปฐมภูมิ, V

R = ความต้านทานที่อนุกรมกับขดลวดทางด้านปฐมภูมิ, โอห์ม

H_z = peak apparent magnetizing force, oersteds

l = ความยาวเฉลี่ยของสาร, cm

N_1 = จำนวนรอบของขดลวดทางด้านปฐมภูมิ

การเหนี่ยวนำให้เกิด B_m สัมพันธ์กับ E_B ดังนี้

$$B_m = E_B x 10^8 / 4.44 f N_2 A$$

หรือ

$$E_B = 4.44 f N_2 A B_m x 10^{-8}$$

เมื่อ

E_B = ค่าโวลเตจ rms ที่วัดทางด้านขดลวดทุติยภูมิ, v

B_m = peak flux density (gauss)

f = ความถี่ที่ทดสอบ, Hz

N_2 = จำนวนรอบของขดลวดทางด้านทุติยภูมิ

A = พื้นที่ตัดขวางของสาร, cm^2

ดังนั้นจะได้ค่า μ_z ดังนี้

$$\mu_z = B_m/H_z = 1.2671R \times 10^7 / fN_1 N_2 A \ (E_B/E_H)$$

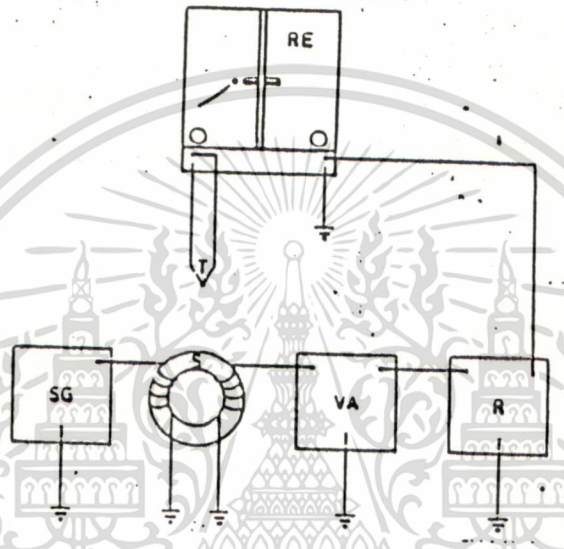
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3

ขั้นตอนในการออกแบบและสร้างเครื่องมือ

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องมือ ได้แสดงดังรูปที่ 3.0



รูปที่ 3.0 แสดงเครื่องมือวัดเบื้องต้น

โดยแต่ละส่วนมีหลักการดังนี้

1. SG (signal generator) ทำหน้าที่ผลิตสัญญาณกลื่นสายน์
2. S (sample) เป็นสารตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบ
3. VA (voltage amplifier) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ
4. R (rectifier) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ AC เป็น DC
5. RE (recorder) ทำหน้าที่แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ
6. T (Thermocouple) ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
117417

3.1 พิสูจน์ให้ได้ตามทฤษฎี เพื่อสำรวจแนวทางและความเป็นไปได้ของโครงงาน ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

- พิสูจน์ทฤษฎี
- เมื่อหลักการทางานแล้ว ก็หาความน่าเชื่อถือของกราฟที่ได้ว่ามีความถูกต้องแค่ไหน

3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องวัดอุณหภูมิวิกฤตของสารแม่เหล็ก จะประกอบไปด้วย

Signal Generator

Voltage Amplifier

Precision full-wave Rectifier

Thermometer 3 1/2 digit

Programmable Current Source

Proportional Controller

Current to Voltage ccnverter (4-20 mA to 0-5 V)

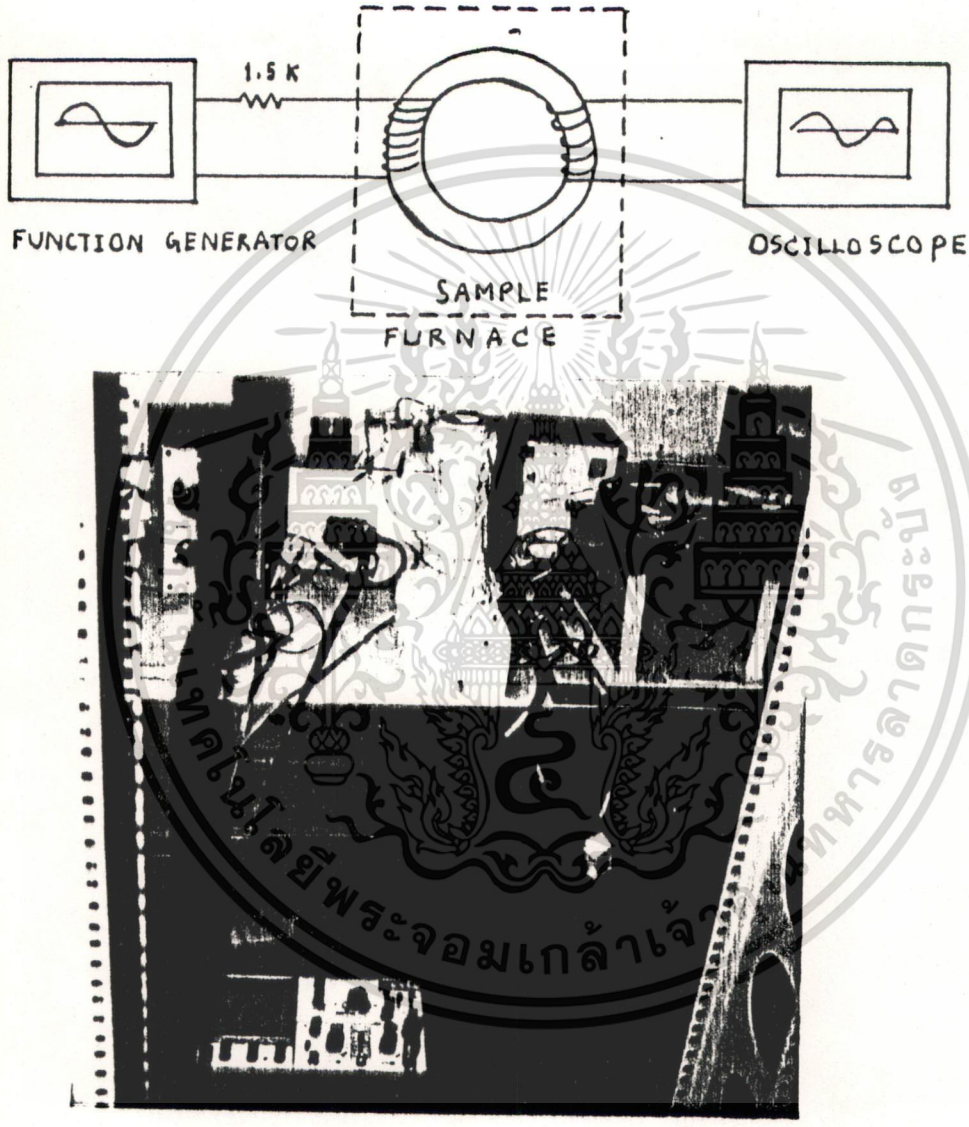
Furnace

ต่อไปก็จะเป็นรายละเอียดต่าง ๆ ของแต่ละขั้นตอนที่ได้เขียนไว้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1. การทดลองเบื้องต้น เพื่อเป็นแนวทางในการวัดอุณหภูมิวิกฤต

เริ่มแรกได้ใช้วงแหวนเหล็กอ่อนมาฝนกลับแม่เหล็กเพื่อให้มีความเป็นแม่เหล็กบ้างเล็กน้อย จากนั้นนำลวดทองแดงมาพันด้าน primary และ secondary ด้านละ 10 รอบ นำไปต่อกับ function generator และ scope ดังรูปที่ 3.1.1



รูปที่ 3.1.1 การทดลองเบื้องต้น

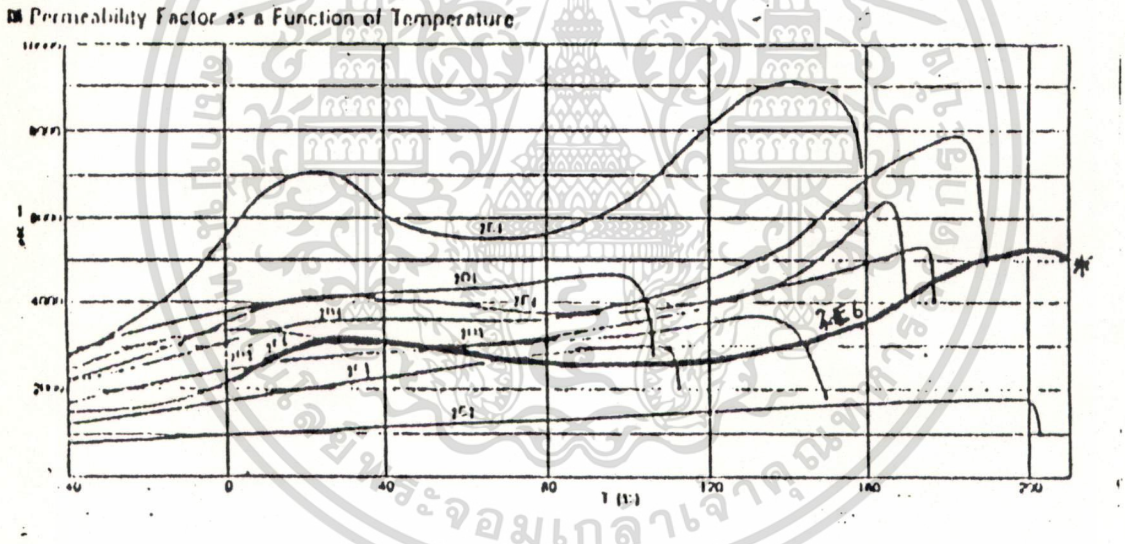
เหตุผลที่เราต่า R = 1.5 k มาต่ออนุกรมกับ function generator ซึ่งมีค่าความต้านทางทางด้าน output อยู่ประมาณ 500 โอห์ม ก็เพื่อให้ได้ความต้านทาน 2 กิโลโอห์ม ก็เพราะว่า จะต้องใช้สัญญาณ sine wave ± 10 V peak to peak กับให้มีกระแสไหล ± 5 mA เพื่อไม่ให้เกิดการ Saturate (อิ่มตัว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นเราก็นำ Scope มาดูรูปคลื่นที่ถูกเหนี่ยวนำทางด้าน secondary แล้วก็เอาวงแหวน ด้วยเตาสักครู่ ก็จะเห็นว่ารูปคลื่น sine wave มีค่า voltage peak to peak เปลี่ยนแปลงไป จนกระทั่งความร้อนถึงจุดวิกฤต จะไม่มีการเหนี่ยวนำให้เกิดโวลเตจขึ้นมา

3.1.2 ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง μ กับ T เพื่อสนับสนุนหลักการ

ก่อนที่เราจะทดลองได้ เราจะต้องไปหาแกนทอรอยด์ (Toroid) พร้อมกับคุณสมบัติของแกนที่ซื้อมามาจากผู้ผลิต ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญมาก โดยหาซื้อได้จากร้านสากลซับพลาย ซึ่งได้ material 2E6 มา โดยมีคุณสมบัติดังรูป

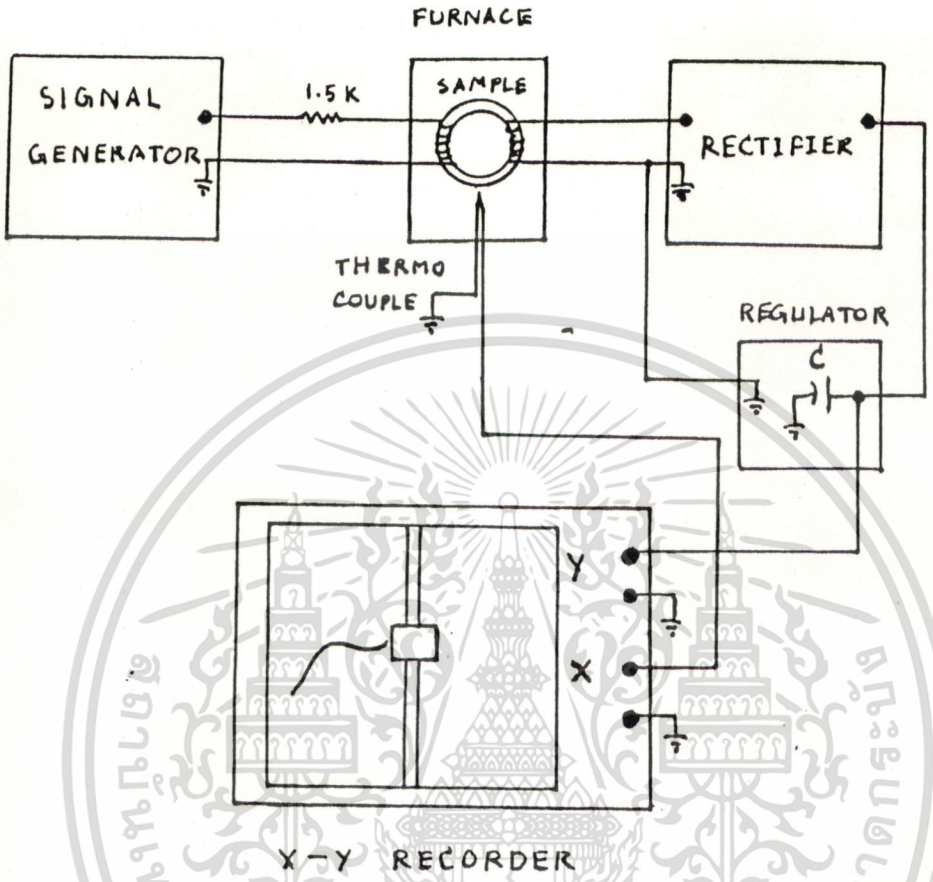


รูปที่ 3.1.2 แสดงคุณสมบัติของแกนทอรอยด์

สิ่งที่เราเพิ่มเติมเข้ามาในการทดลองนี้ก็คือ Thermocouple type K ซึ่งใช้วัดอุณหภูมิ, Recorder ไว้บันทึกสัญญาณ x-y, เตา DC Supply เพื่อให้ความร้อนแก่ Sample

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปการทดลอง



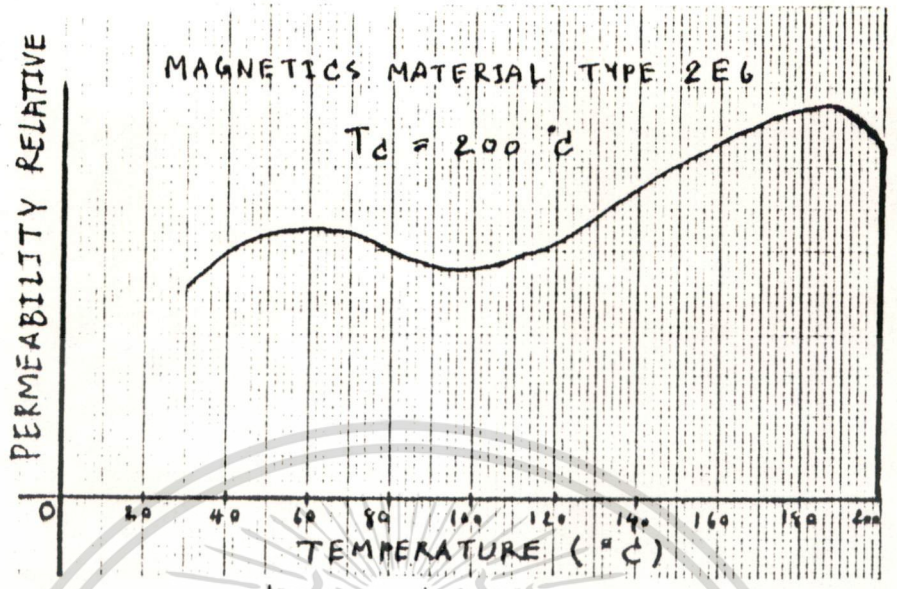
รูปที่ 3.1.3 รูปการทดลอง

วิธีการทดลอง

ป้อนสัญญาณขนาด 330 mV_{p-p} ที่ผลวดปฐมภูมิและนำสัญญาณจากทุติยภูมิขนาด 20 mV_{p-p} และเมื่อผ่าน Rectifier ได้ peak voltage = 10 V_p และผ่านการ Regulated แล้วจะได้ V_{DC} = 7 V นำไปเข้า Recorder แกน y และนำสัญญาณจาก Thermocouple ไปเข้าแกน x จากนั้นก็ป้อนพลังงานให้แก่เตาไฟฟ้าแล้วบันทึกผลที่ x-y Recorder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



รูปที่ 3.1.4 เป็นผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกราฟของผู้ผลิตแล้วจะพบว่า ได้รูปกราฟสนิทเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นได้แล้วว่า การทดลองวัดอุณหภูมิวิกฤตได้ดำเนินมาถูกต้องแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

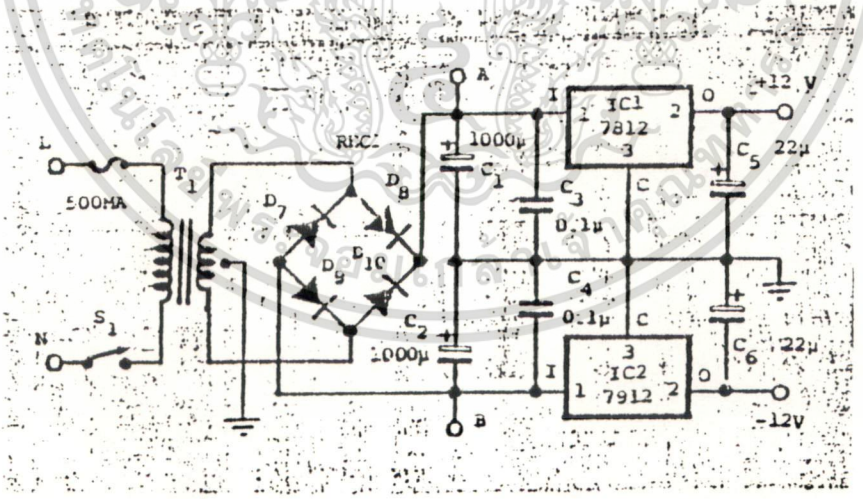
3.2 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องวัด Tc

เมื่อหลักการต่าง ๆ เป็นที่ถูกต้องแล้ว ก็จะได้เริ่มสร้างเครื่องมือต่าง ๆ ตามรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 เครื่องกาเนิดสัญญาณ

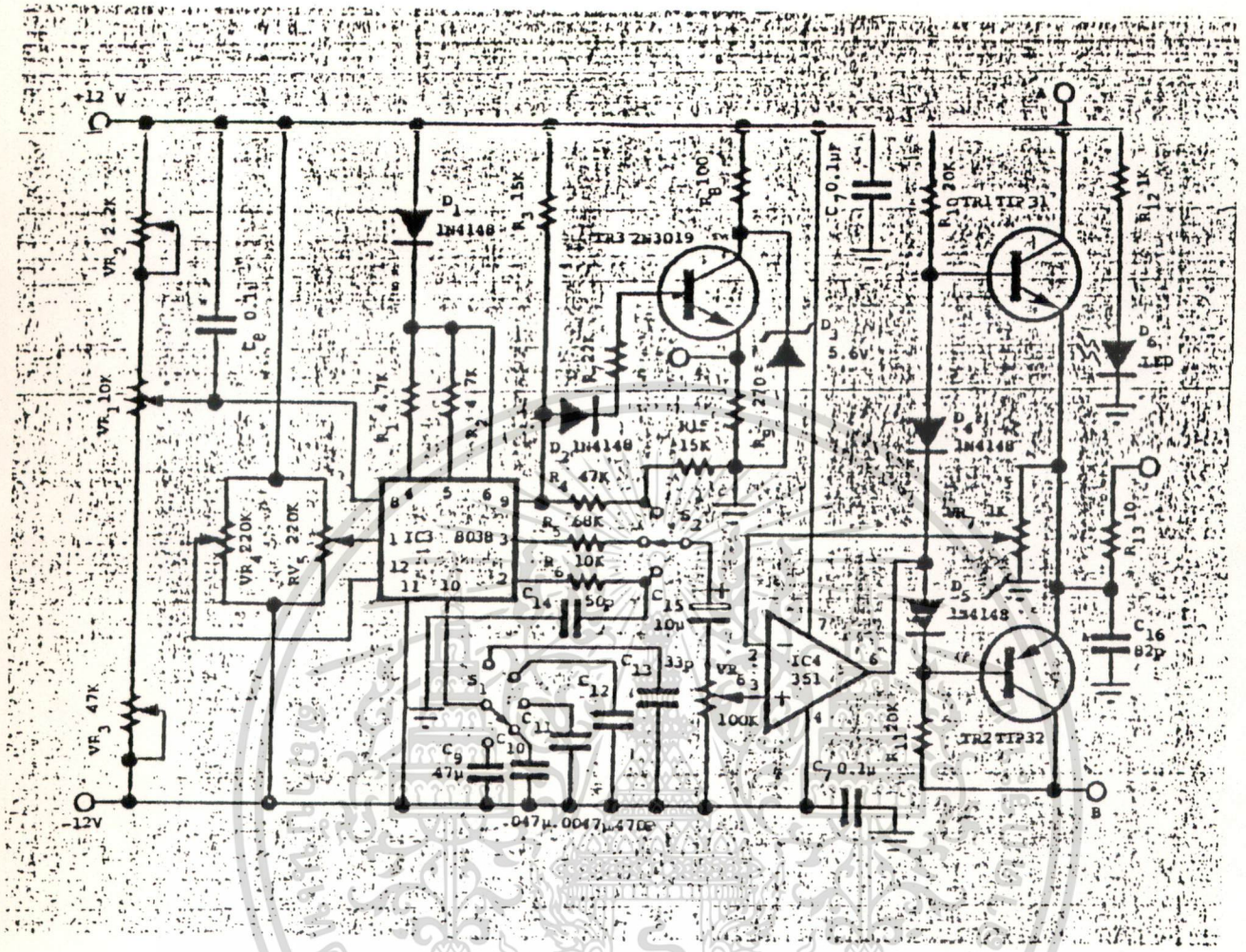
ใช้ไอซีเบอร์ 8038 ของบริษัทอินเตอร์ซิลเพียงตัวเดียวประกอบกับอุปกรณ์ภายนอกอีกเล็กน้อยก็สามารถนำมาใช้งานได้ ข้อดีของการใช้ไอซีเบอร์นี้ก็คือ สามารถปรับเลือกความถี่ได้ง่าย เลือกสัญญาณได้สะดวก และปรับหาความบริสุทธิ์ของสัญญาณคลื่นซายน์ได้

<u>การทำงานของวงจร</u>



รูปที่ 3.2.1 เป็นการแสดงวงจรจ่ายแรงดันคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2.2 แสดงวงจร signal generator

วงจรที่สมบูรณ์ประกอบด้วยวงจรในรูปที่ 3.2.1 และ 3.2.2 วงจรในรูปที่ 3.2.1 เป็นวงจรจ่ายแรงดัน $\pm$ 12 โวลท์ให้กับวงจรในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้ไอซีเบอร์ 8038 เป็นตัวสร้างสัญญาณ โดยใช้หลักการของแรงดันไปควบคุมการออสซิลเลท ภายในตัวไอซี ส่วนความถี่ที่เลือกได้โดยการเปลี่ยนตัวเก็บประจุ C_x คือ C_{13} ที่สวิตช์ S_1 ค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty cycle) ของสัญญาณถูกปรับไว้ที่ 50% โดย R_1 และ R_2 การปรับให้ได้ค่าละเอียดแน่นอนนั้นจะ ใช้การปรับค่าแรงดันที่ขา 8 ของไอซี 8038 ด้วย VR_1 ส่วน VR_2 ใช้เป็นตัวตั้งความถี่สูงสุด และต่ำสุดของ VR_1 ความถี่สูงสุดของสัญญาณปรับได้ที่ VR_4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ VR_2 โดยมีตัวต้านทาน R_4, R_5 และ R_6 เป็นตัวกำหนดขนาดสัญญาณ VR_6 เป็นตัวควบคุมขนาดของสัญญาณผ่านไอซีออปแอมป์ที่ต่อเป็นวงจร non-inverting amplifier โดยมี VR_7 เป็นตัวปรับอัตราขยายวงจรที่สำคัญก็คือ ไอซีออปแอมป์ที่มีค่าสลูเรทต่ำ อย่างเช่น 741 (มีสลูเรท 0.5 V/μsec) จะทำให้สัญญาณที่ได้มิดเพี้ยนได้ง่ายจึงตกลงใช้ไอซีออปแอมป์ LF 351 ซึ่งเป็นไบเฟทออปแอมป์(ที่มีสลูเรท 13 V/μsecf) ซึ่งก็สูงพอสำหรับการใช้งานย่านความถี่สูง

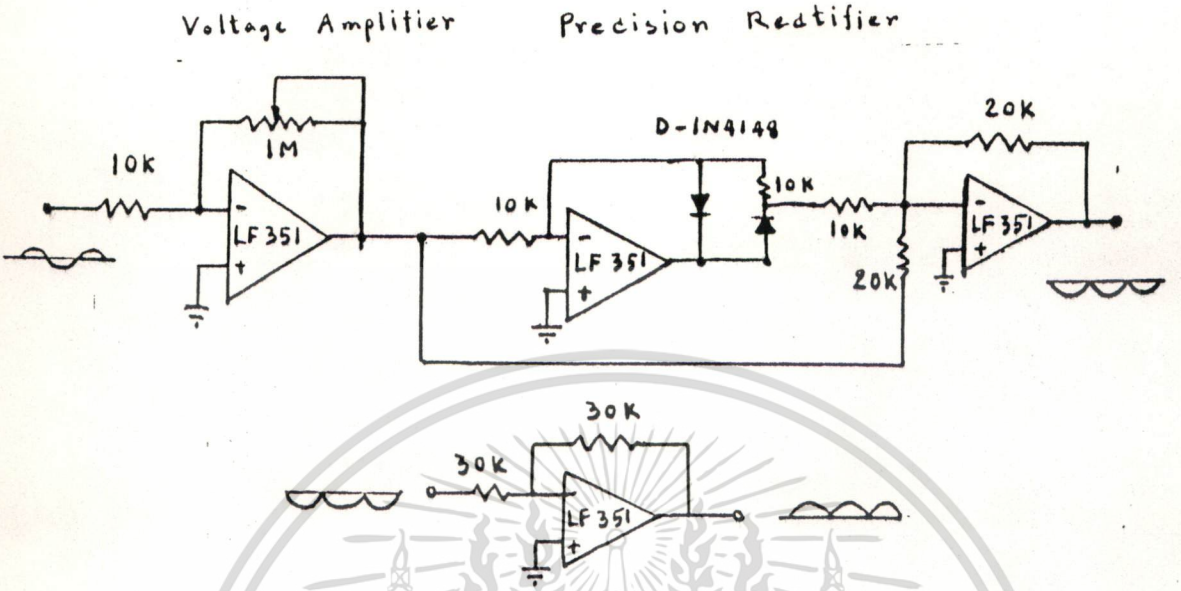
วงจรนี้ก็ยังได้เพิ่มทรานซิสเตอร์ TR_1 และ TR_2 ที่ต่อเป็นวงจรคอมพลีเมนทารีไนแบบอิมิตเตอร์ฟอลโลเวอร์ (emitter follower) ทางด้านเอาท์พุทของ IC_4 ทำให้ผลของ loading effect ที่จะเกิดแก่ IC_4 นั่นก็คือ วงจรนี้สามารถใช้งานได้กับโหลดต่ำ ๆ และเมื่อเพิ่ม R_{13} ที่มีค่า 10 โอห์ม เข้าที่เอาท์พุทของวงจรคอมพลีเมนทารี ทำให้เอาท์พุทของวงจรสามารถชดเชยกระแสได้ โดยวงจรไม่เสียหาย

คุณสมบัติของวงจรที่ได้จากการทดสอบเครื่อง

คาปาซิเตอร์	ความถี่ต่ำสุด (Hz)	ความถี่สูงสุด (Hz)
0.4700 μF	2	156
0.0470 μF	37	1.5 k
0.0047 μF	370	15.4 k
470 pF	3.3 k	136.0 k
33 pF	25.0 k	765.0 k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 เครื่องขยายสัญญาณและแปลงสัญญาณไฟสลับเป็นไฟตรง



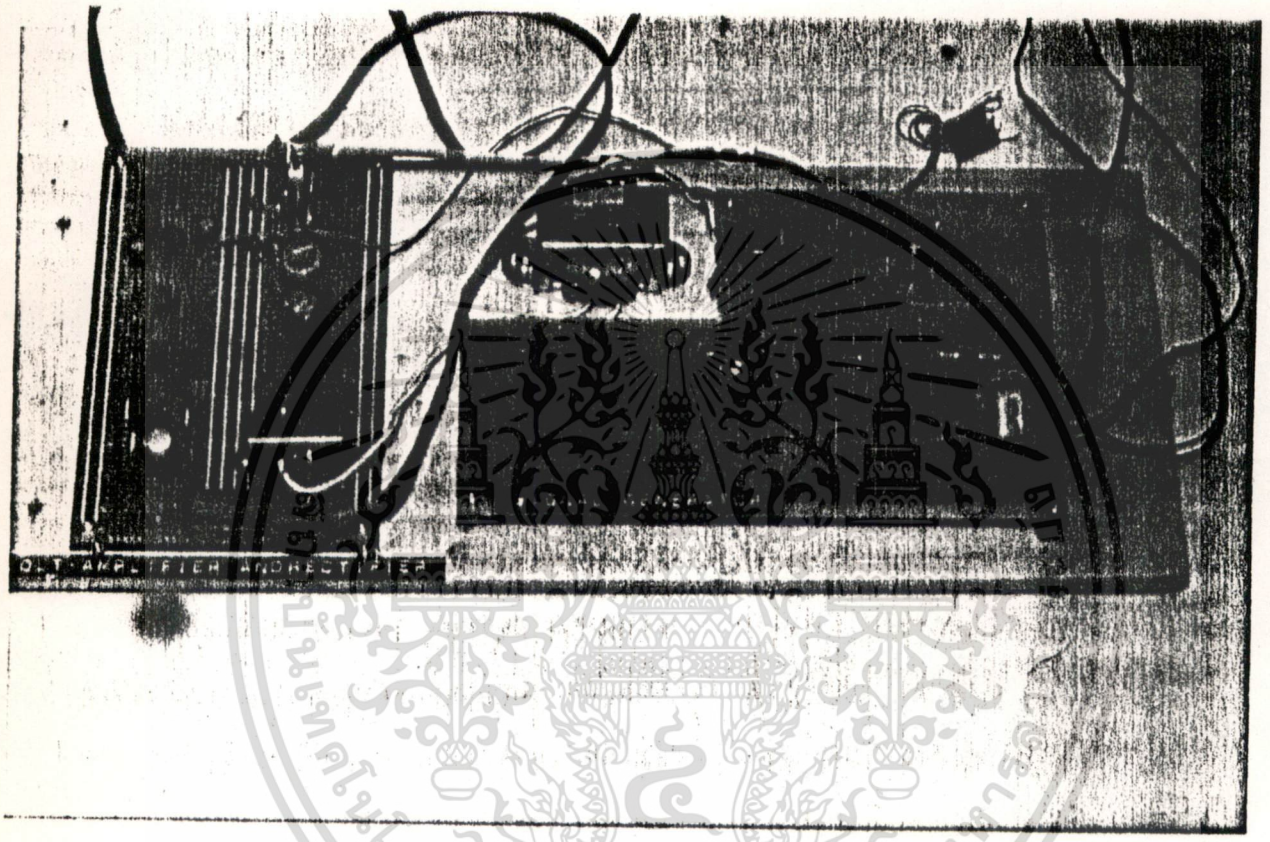
รูปที่ 3.2.3 เป็นวงจร Voltage Amplifier and Precision Rectifer

Voltage Amplifier มีหน้าที่ขยายสัญญาณที่ได้จากขดลวดทุติยภูมิ เพื่อนำไปเข้าสู่วงจร Precision Rectifier ในแต่ละวงจรย่อย

Precision full wave Rectifier มีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าAC ให้เป็น DC

Inverting Amplifier ทำหน้าที่กลับสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จาก Rectifier จากโพลาให้เป็นไฟบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

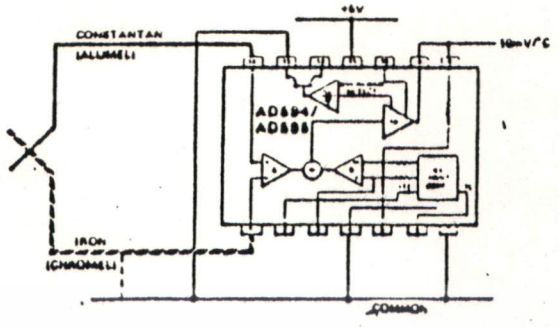


3.2.4 ภาพด้านหลังของ Voltage Amplifier and Rectifier

and Signal Generator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

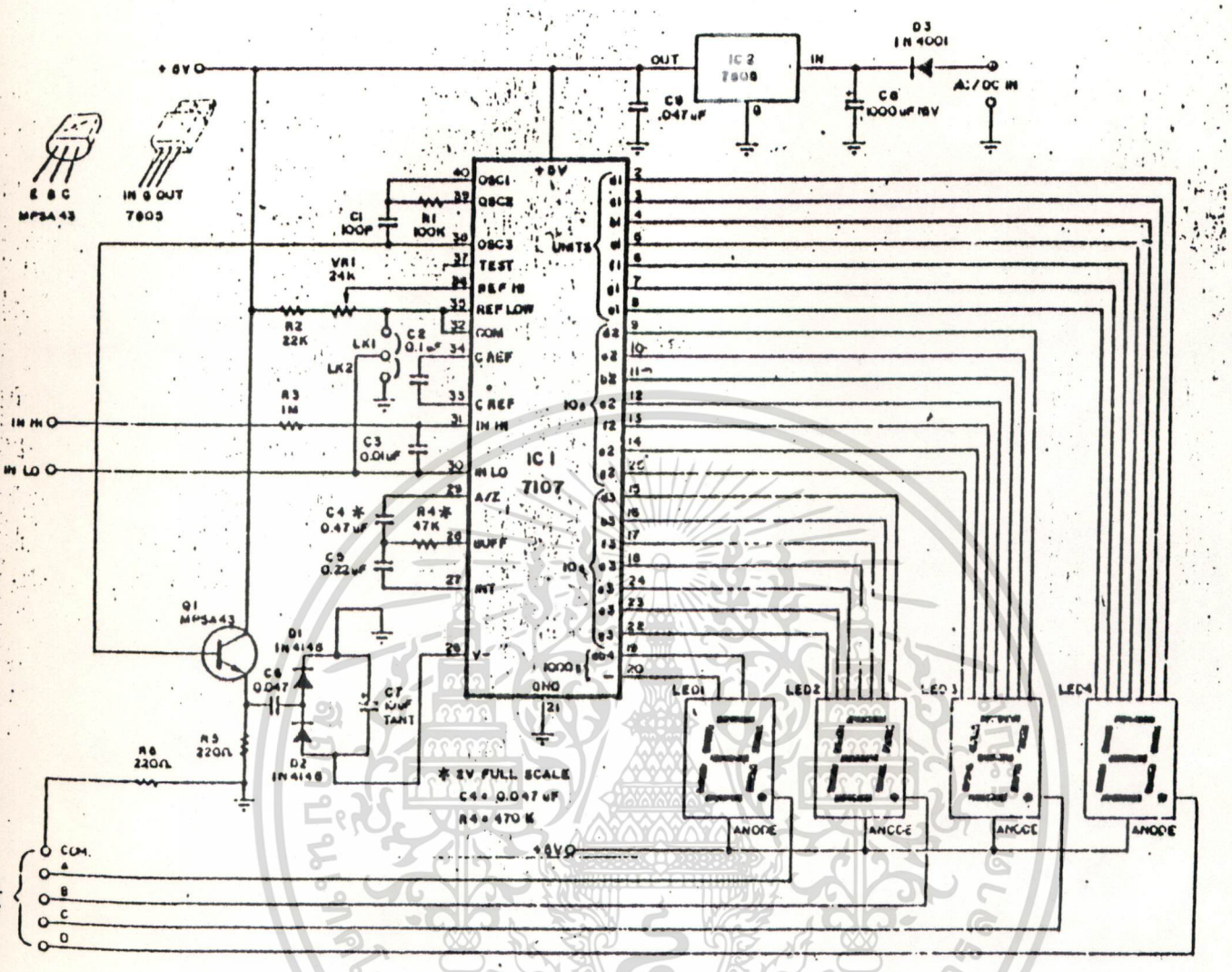
3.2.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ 3 1/2 digit ประกอบด้วยวงจร 2 ส่วน ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 3.2.5 เป็นวงจรวัดอุณหภูมิโดยใช้ IC AD 595

วงจรแปลงสัญญาณจาก thermocouple ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งเป็น linear 10 mV/°C โดยใช้ไอซีของ Analog Devices AD595 ซึ่งใช้กับ Thermocouple Type K เมื่อเราได้สัญญาณ 10 mV/°C แล้วก็นำไปผ่านตัวต้านทาน (R) แบ่งแรงดันเสียก่อนที่จะไปเข้าตัว Digital Voltmeter 3 1/2 digit ซึ่งโครงสร้างภายในตัว IC เบอร์นี้นับว่าดีมาก มีความต้านทานทางขา input ทั้งสองขาสูง และเป็นแบบ Differential ด้วย จึงลดสัญญาณรบกวนออกไปได้มาก ส่วนตัว Digital Voltmeter 3 1/2 digits ซึ่งเราจะใช้ไอซีของอินเตอร์ซิลเบอร์ 7107 ซึ่งสามารถจะใช้กับ LED แบบ 7 segment ได้โดยตรงจึงนับว่าสะดวกมาก และมีการต่ออุปกรณ์ภายนอก เพิ่มเติมอีกเล็กน้อยดังรูป 3.2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2.6 การต่อวงจรของ IC 7107

จากรูป IC เบอร์ 7107 เป็นไอซีที่มีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (เปลี่ยนจากแรงดันไฟฟ้าเป็นตัวเลขแสดงผล) โดยมี R_1, C_1 ทำหน้าที่รักษาเสถียรภาพการทำงานของ IC_1, R_2, C_3 ถูกทำเป็นวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์(Lowpass filter) เพื่อกรองเอาสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ที่ติดมากับสัญญาณอินพุททิ้งลงกราวด์ไป IC_1 เป็นไอซีที่ต้องการแรงดันไฟฟ้าทั้งบวกและลบ แต่ในกรณีนี้แหล่งจ่ายไฟมีแต่ไฟบวกเท่านั้น ดังนั้นเราจะทำการสร้างไฟลบเทียมขึ้นมา ดังในรูป อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำไฟลบเทียมก็คือ D_1, D_2, C_6, C_7 โดยมี Q_1 เป็นตัวขยายสัญญาณที่ได้จากขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3, 8 ของ IC_1 ให้มีระดับสูงมากขึ้น หลังจากนั้นก็เอาไปเข้าส่วนของวงจรทวีแรงดัน D_1, D_2, C_6, C_7 ซึ่งจะได้แรงดันประมาณ -2.3 โวลท์ นำไปเข้าขา 2,6 แล้วก็นำไปใช้งานได้

ขั้นตอนการสร้างเริ่มต้นด้วยการสร้าง เครื่องดิจิตอลดีซีโวลต์มิเตอร์ ขึ้นมาโดยการเลือกอุปกรณ์ทุกชนิดที่ใช้ควรคัดเอาที่มีค่าผิดพลาดน้อยมาก ๆ เช่น รีซิสเตอร์ ก็ควรใช้ค่าผิดพลาดประมาณ 1 เปอร์เซนต์ หรือ คอนเดนเซอร์ก็ควรเลือกใช้แบบที่มีคุณภาพสูง ๆ จาพวกโพลีเอสเตอร์ เป็นต้น

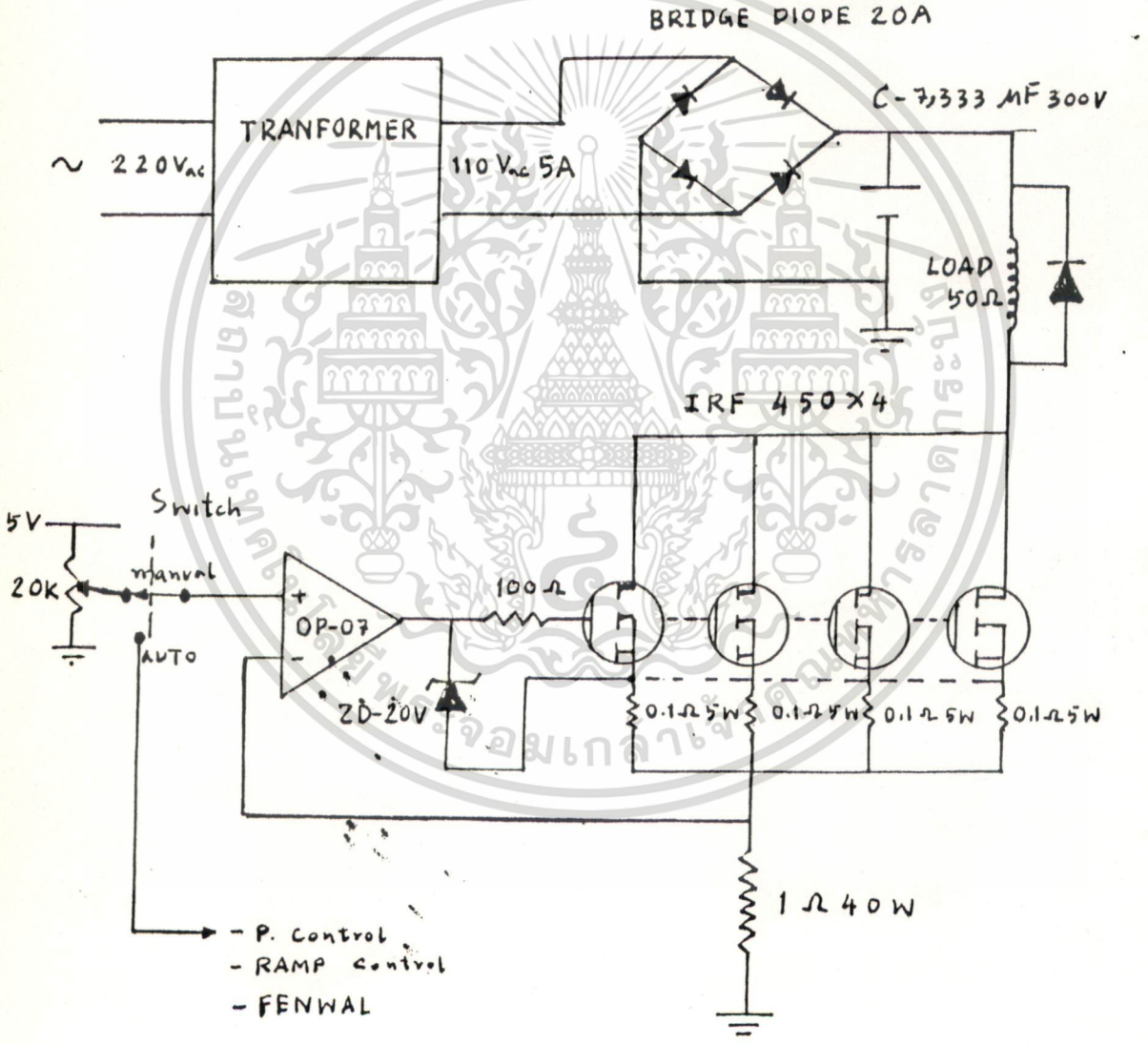
การปรับแต่งดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ ให้มีความเที่ยงตรงสูงที่สุด ซึ่งเราจะพบว่าจุดที่เราต้องการปรับแต่งกันอย่างละเอียดนั้นมีอยู่ที่ VR_1 เพียงจุดเดียวซึ่งก็นับว่าเป็นข้อดีของ IC เบอร์ 7107 ที่ช่วงให้เรารับความสะดวก และรวดเร็วมากขึ้น ขั้นตอนแรกในการเริ่มปรับ เราจะต้องหาแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ที่มีลักษณะค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงค่าง่าย ๆ หรือแบบไม่มีริปเปิ้ลนั่นเอง ซึ่งเราได้ใช้แบตเตอรี่หรือถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 โวลท์ โดยต่อโวลลุ่ม(ตัวต้านทานปรับค่าได้)ขนาด 1 เมกกะโอมห์คร่อมกับแบตเตอรี่แล้วเอาขากลางของโวลลุ่มมาต่อใช้งาน เมื่อเราได้แหล่งจ่ายดังกล่าวเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เราก็จ่ายไฟเข้าดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ ในตอนเริ่มแรกนี้เราจะเห็นว่าที่จอแสดงผลจะแสดงตัวเลขเปลี่ยนไปเปลี่ยนมาไม่แน่นอน ในตอนนี้ขอให้เรานำแบตเตอรี่ 1.5 โวลท์ ต่อเข้าที่จุดอินพุทของโวลท์มิเตอร์ ในตอนนี้ตัวเลขจะแสดงค่าละไรค่าหนึ่งออกมา ให้เราทำการปรับ VR_1 อย่างช้า ๆ จนกว่าจอแสดงผลจะแสดงตัวเลขออกมาเป็น 1500 (ถ้าเราต่อจุด A ของโวลท์มิเตอร์ผ่าน R_6 ลงกราวด์ ตัวเลขก็จะแสดงออกมาเป็น 1.500) หรือ -1.500 (ตัวเลขจะแสดงออกมาเป็นค่าลบหรือบวกนั้น ซึ่งอยู่กับเราต่อแบตเตอรี่หรือสัญญาณไฟฟ้าเข้าทางด้านอินพุทนั้นถูกขั้วกันหรือไม่) ต่อไปเราลองจ่ายแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 1 โวลท์ (โดยใช้มัลติมิเตอร์ที่เราแน่ใจว่าเที่ยงตรงวัด เช่น FLUKE) เข้าทางด้านอินพุทดูบ้าง ตามปกติแล้วจอแสดงผลจะแสดงตัวเลขออกมาเป็น 1000 ขั้นตอนสุดท้ายให้เราลองช็อตอินพุททั้งสอง ตัวเลขจะแสดงผลออกมาเป็น 0000 ถ้าเป็นไปดังกล่าวมานี้ก็แสดงว่า ดิจิตอลดีซีโวลท์มิเตอร์นี้ พร้อมที่จะนำไปใช้งานได้แล้ว

หลังจากที่เราได้ดิจิตอลโวลท์มิเตอร์แล้ว เราก็นำเอาสัญญาณที่ได้จาก IC AD595 มาผ่าน Volumn แบ่งแรงดัน แล้วก็นำไปเข้าโวลท์มิเตอร์ โดยทำการปรับแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกเล็กน้อยดังนี้ คือ Volume แบ่งแรงดันนี้ ซึ่งเครื่องมือที่เราใช้ปรับเปรียบเทียบก็คือ เครื่องวัดอุณหภูมิยี่ห้อ FLUKE หลังจากทำการปรับแต่งเรียบร้อยแล้วเราก็จะได้ เครื่องวัดอุณหภูมิที่สามารถทำขึ้นมาเองได้อย่างดี

3.2.4 การสร้างแหล่งจ่ายกระแสแบบโปรแกรมได้ เพื่อเป็นตัวจ่ายพลังงานให้กับเตาไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้นมาแล้วซึ่งมีค่าความต้านทาน 50 โอห์ม โดยต่อวงจรดังรูป 3.2.7



รูปที่ 3.2.7 แสดงวงจร Programable Current Regulater

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องที่สร้างขึ้นมานี้ สามารถที่จะควบคุมได้ด้วยมือ หรือทาง control จาก program ภายนอกได้ โดยทางสวิตช์ manual/auto

หลักการทำงานของวงจรเป็นดังนี้ อาศัยหลักการป้อนกลับของ voltage ที่ R = 1 ohm และการเปรียบเทียบกันค่า voltage ที่ขา 3 ของ op-amp จะพยายามทำให้ voltage ที่ขา 3 และ 2 มีค่าเท่ากัน โดยการ bias ที่ power MOS-FET ตามที่ voltage ที่ set หรือ program ไว้ จากหลักการเหล่านี้ ก็จะทำให้เราสามารถที่จะควบคุมกระแสที่ไหลผ่านเข้าสู่ load ซึ่งเป็นเตาไฟฟ้าของเราได้

ขั้นตอนในการสร้างก็เริ่มจากการวัดค่าความต้านทานของเตาเสียก่อน ซึ่ง load มีค่าเท่ากับ 50 โอห์ม หลังจากนั้นก็สั่งพันหม้อแปลงไฟฟ้าให้มีค่า 110 V_{ac} 5 A ต่อไป ก็เลือก Bridge Diode Rectifier ของ SanRex จากนั้นจึงเลือกตัวเก็บประจุที่จะใช้ควบคู่ให้เรียบขึ้น จึงได้นำตัวเก็บประจุขนาด 22,000 μF ที่ทนแรงดันได้ 100 Volt เพื่อให้ได้ตัวเก็บประจุที่ทนแรงดันได้สูง ๆ เพื่อป้องกันการเสียหายจากการระเบิดของตัวเก็บประจุ จึงได้นำมาต่อขนานกัน 3 ตัว ก็สามารถทนแรงดันได้ถึง 300 Volt แต่ค่าความจุจะลดลงตามสัดส่วนดังนี้

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots + \frac{1}{C_n}$$

แทนค่า

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{22,000\mu F} + \frac{1}{22,000\mu F} + \frac{1}{20,000\mu F}$$

$$C_{total} = \frac{22,000\ \mu F}{3} = 7,333\ \mu F$$

ซึ่งค่าความจุที่ได้ก็มีค่ามากเพียงพอที่จะกรองกระแสให้เรียบขึ้นได้ ซึ่งเราก็จะได้ Power Regulate แบบ DC แล้ว จากนั้นก็นำไปต่อเข้ากับตัวควบคุมกระแส โดยสามารถ Control ใน Mode Manual หรือ Auto ก็ได้โดยการเลือกสวิตช์เพื่อไปบังคับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Relay ให้ทำงาน เมื่ออยู่ใน Mode Manual เป็น Mode ที่เราสามารถปรับค่ากระแสที่ไหลผ่าน Load ได้ โดยการปรับ VR ที่ใช้แบ่งแรงดัน เลือกค่าแรงดัน ซึ่งตัว op-amp ก็จะพยายามทำให้แรงดันที่ป้อนกลับมีค่าเท่ากับที่แรงดันที่เลือกไว้

จะเห็นว่าเราสามารถคำนวณค่าของกระแสที่ไหลผ่าน Load ได้ดังนี้

$$I_{load} = V_{setting}/R = 1 \text{ ohm}$$

$$= V_{setting} \text{ Amp.}$$

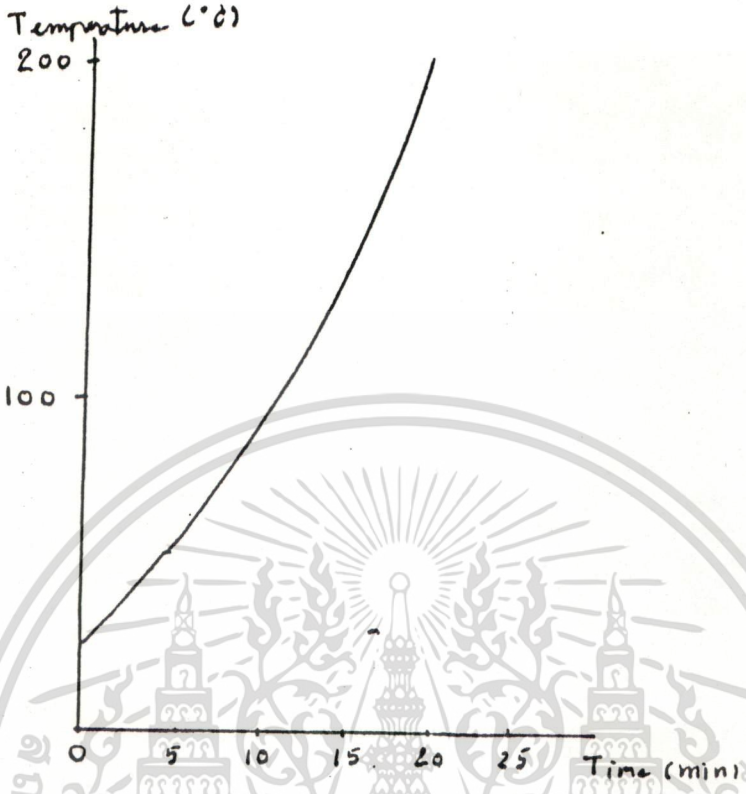
แต่ในการใช้งาน เราจะไม่วัดค่า $V_{setting}$ เพราะเป็นสิ่งที่ลำบากสำหรับการ Control ใน Mode นี้ จึงได้นำ Amp meter มาติดเอาไว้หน้าตู้ และได้นำ Voltmeter มาด้วยเช่นกัน โดยจะนำไปวัดค่าแรงดันที่ตกคร่อม Load เพื่อเอาไว้พิจารณาค่าอื่น ๆ อีกต่อไป เช่น ค่ากำลังวัตต์จากสูตร P = IV เป็นต้น

การ Control ใน Mode Manual นี้ เป็นการ Control ที่ปล่อยอุณหภูมิให้ขึ้นแบบอิสระ ซึ่งมีลักษณะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิตาม function ของ $P = I^2R$ ดังรูปที่ 3.2.8 ซึ่งได้จากการทดลอง

ตารางที่ 3.2.1 ตารางบันทึกผลอุณหภูมิของเตาเทียบกับเวลา

Time (min)	Temperature (c)
0	25
5	50
10	90
15	130
20	190
25	220

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



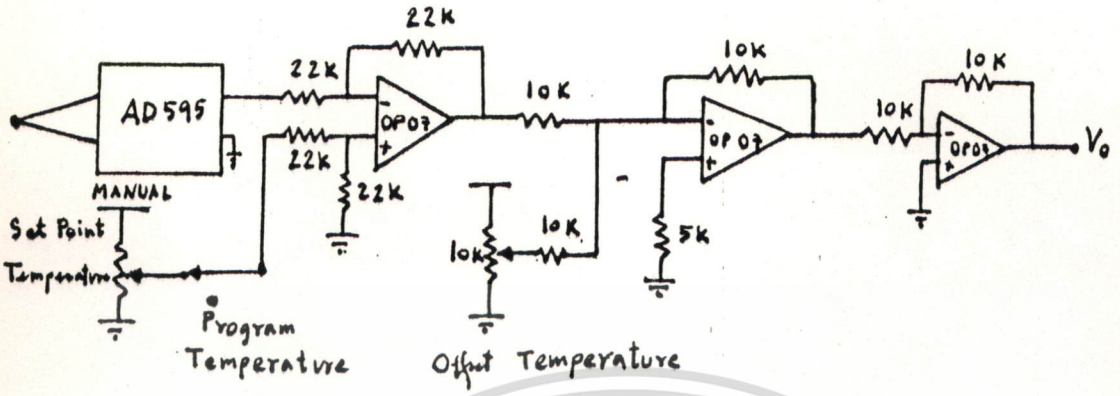
รูปที่ 3.2.8 แสดงอุณหภูมิของเตาที่ไม่มีการควบคุม

ต่อไปก็จะเป็นการ control mode auto เป็น mode ที่ใช้ในการ program ค่าvoltage จากภายนอก เช่น การโปรแกรมจากชุด control แบบ proportional control หรือจากชุด control ของ FENWAL ก็ได้

หลังจากการต่อวงจรและประกอบตกแต่งกล่อง Rack มาตรฐานเรียบร้อยแล้ว ก็จะได้ Current Source อย่างดี เพื่อจ่ายกำลังงานให้แก่เตาไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปก็จะเป็นวงจรควบคุมแบบ Proportional control

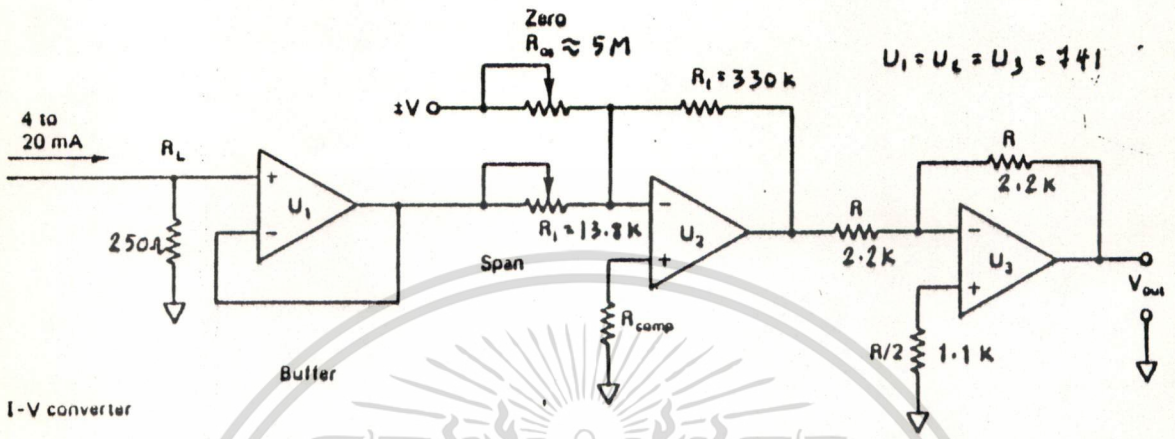


รูปที่ 3.2.9 วงจรควบคุมแบบ Proportional control

รูปที่3.2.10 ผลการทดลองควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

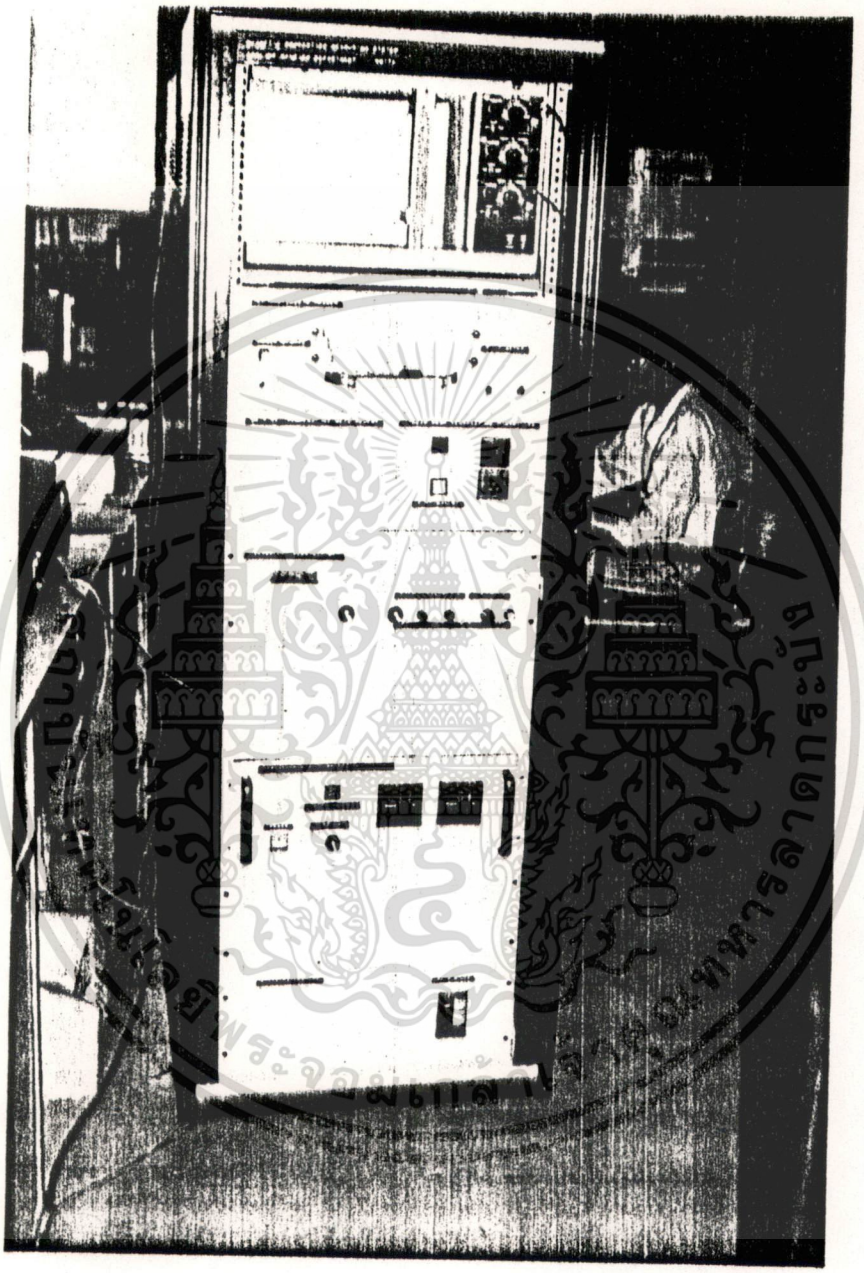
ต่อไปก็จะเป็นวงจร Current to Voltage Converter จาก 4-20 mA เป็น 0-5 V วงจรนี้เป็นส่วนหนึ่งของตัวควบคุมที่ใช้ร่วมกับ FENWAL เพื่อที่จะเปลี่ยนกระแสให้เป็นค่าวอลต์เตจ ก่อนที่จะป้อนให้แก่ DC Current Source ดังรูป



รูปที่ 3.2.11 วงจร Current to Voltage จาก 4-20 mA เป็น 0-5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากการออกแบบและสร้างส่วนประกอบต่างๆ แล้วทำการประกอบอุปกรณ์ทั้งหมดใส่ตู้ Rack มาตรฐาน เราก็จะได้ เครื่องทดสอบคุณสมบัติของสารแม่เหล็ก ดังรูปที่ 3.2.12



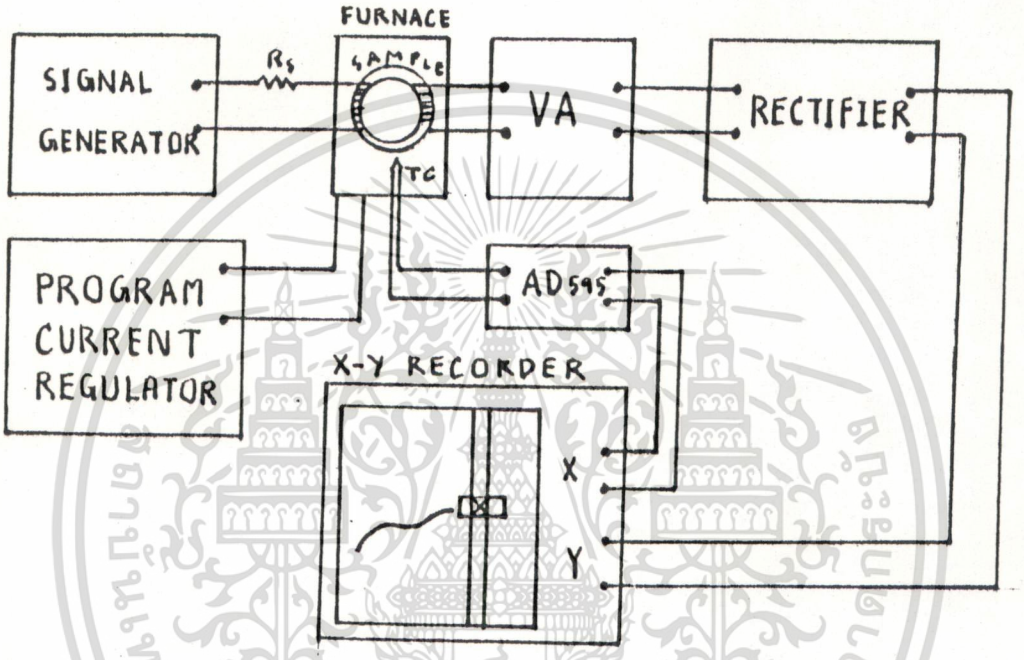
รูปที่ 3.2.12 เครื่องทดสอบคุณสมบัติของสารแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวัดอุณหภูมิวิกฤตของสารแม่เหล็ก

แผนผังการทดลอง



รูปที่ 4.1 แผนผังของการทดลอง

วิธีการทดลองวัด

เริ่มด้วยการนำเอาแกนท่อรอยต่อมาพันลวดให้ได้จำนวนรอบที่ต้องการ แล้วป้อนสัญญาณกระแสสลับจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ โดยต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมทางด้านขดลวดปฐมภูมิ เพื่อที่จะดูว่ามีกระแสไหลผ่านเท่าใดจากโวลต์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานด้วย ออสซิลโลสโคป จากนั้นก็นำขดลวดทุติยภูมิไปเข้าเครื่องขยายโวลต์ แล้วจึงทำการกรองไฟให้เรียบร้อยก่อนที่จะส่งผ่านไปเข้าทางแกน Y ของเครื่องบันทึกการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ ส่วนทางแกน X จะนำสัญญาณจาก Thermocouple มาผ่าน เครื่องวัดอุณหภูมิ AD 595 แล้วสัญญาณที่ได้มาเข้าทางแกน X ของเครื่องบันทึกการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

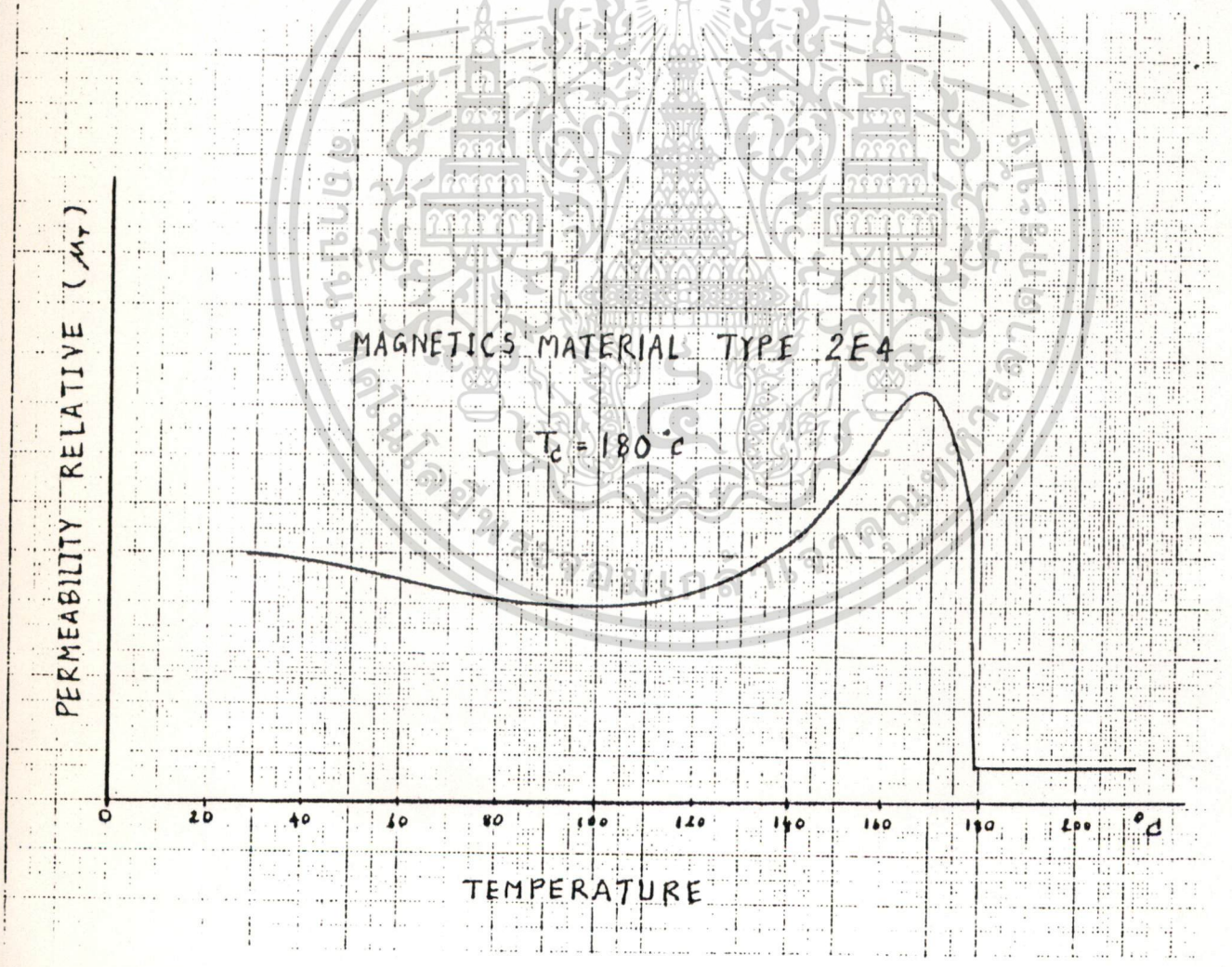
สุดท้ายที่ทำเอาแกนทอรอยด์ไปเข้าเตา แล้วทำการปรับแต่งเครื่องบันทึกการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ X-Y จากนั้นทำการเปิดเครื่องให้ความร้อนแก่เตา แล้วสังเกตผลการทดลองที่เครื่องบันทึกการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ X-Y

ข้อแนะนำ

ไม่ควรทำการป้อนกระแสมากเกินไป เพราะอาจจะทำให้เกิดการอิ่มตัวได้ กระแสที่ใช้งานประมาณ 0-10 mA ก็เพียงพอ นอกจากนี้ก็ควรจะปรับแต่งทำการขยายของสัญญาณไม่ให้มากเกินไป จนเกิดการอิ่มตัวอันเนื่องมาจาก การขยายสัญญาณมากเกินแหล่งจ่ายไฟ

ผลการทดลอง

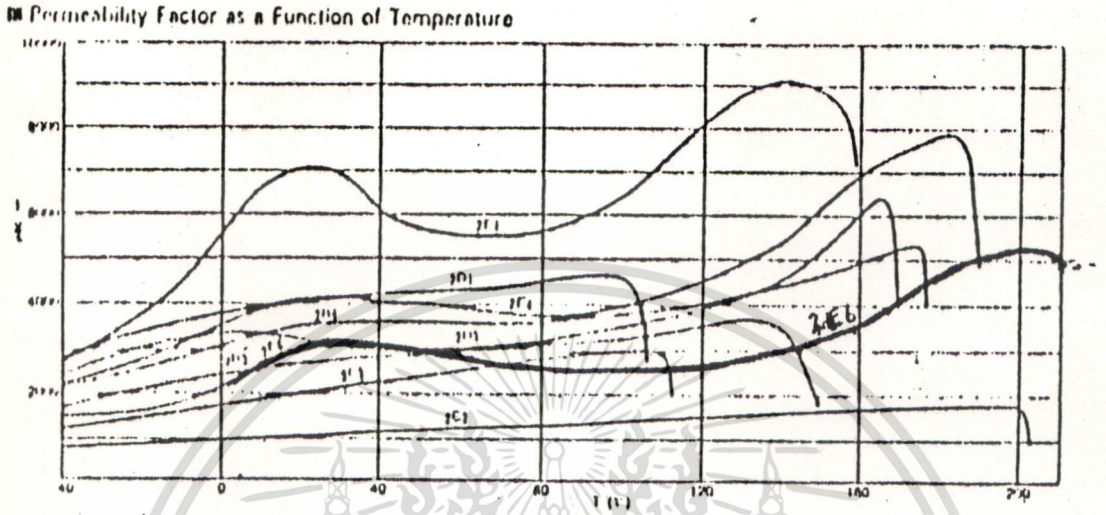
สารตัวอย่าง 2E4 เมื่อนำมาทดสอบด้วยเครื่องวัดคุณสมบัติแม่เหล็ก ได้ดังรูป



รูปที่ 4.2 ผลการทดลองของสารตัวอย่าง 2E4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟของสารตัวอย่างชนิดต่างๆ จากผู้ผลิต

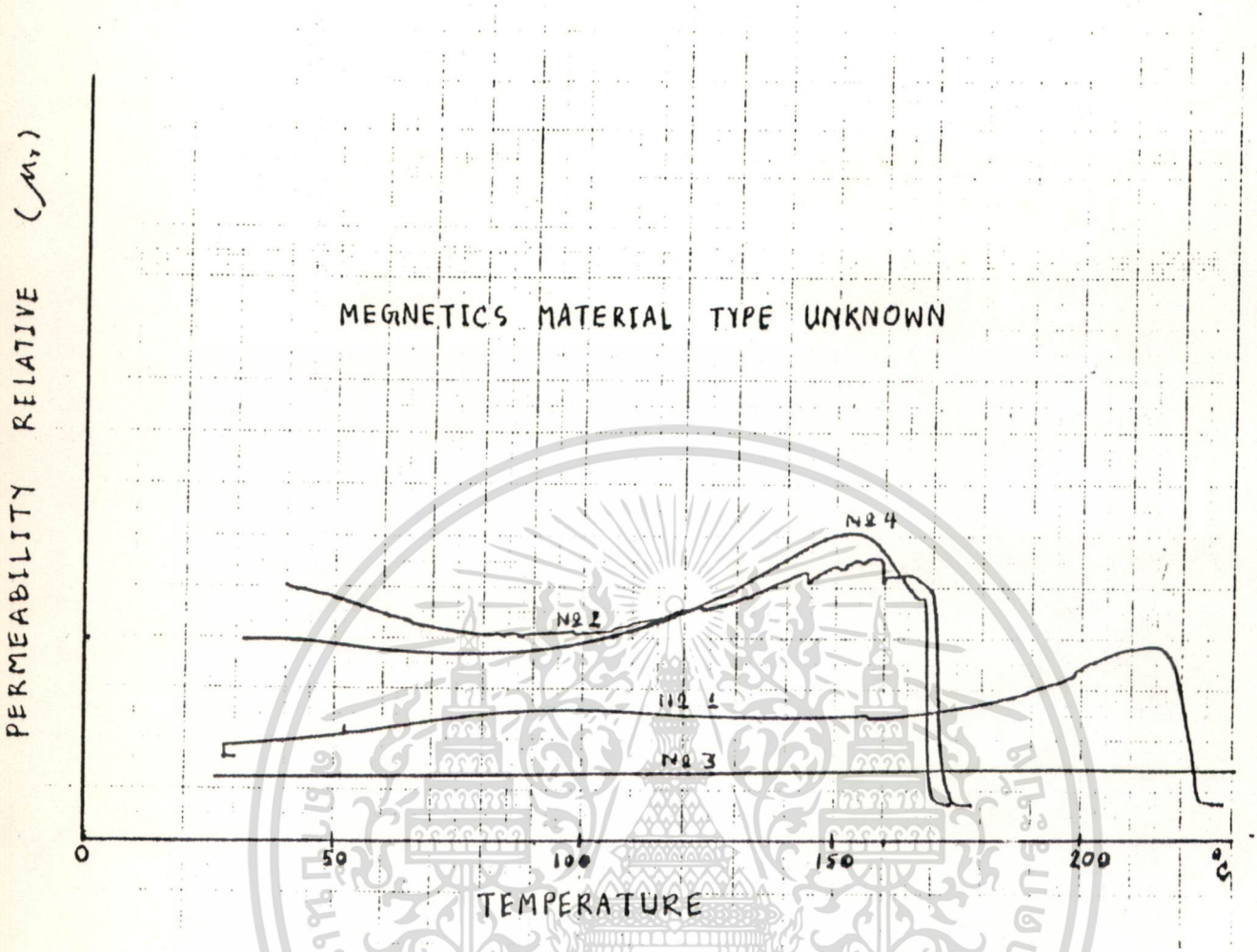


รูปที่ 4.3 กราฟของสารตัวอย่างชนิดต่างๆ จากผู้ผลิต

จากผลการวิเคราะห์ของสาร 2E4 เมื่อทำการเปรียบเทียบจากผู้ผลิต จะเห็นว่ามีลักษณะความสัมพันธ์ของค่าสภาพซึมซาบทางแม่เหล็กกับอุณหภูมิ ใกล้เคียงกับกราฟของผู้ผลิต ก็แสดงให้เห็นแล้วว่า เครื่องวัดอุณหภูมิวิกฤตของสารแม่เหล็กที่ได้สร้างขึ้นมา มีสามารถที่จะวัดอุณหภูมิวิกฤตและสามารถที่จะหาความสัมพันธ์ของค่าสภาพซึมซาบทางแม่เหล็กกับอุณหภูมิได้

หลังจากนี้จะได้ทำการวัดอุณหภูมิของสารที่ไม่ทราบข้อมูลมาก่อน หลายชนิดได้ดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงการทดลองของสารที่ไม่ทราบชื่อมูลเพิ่มเติม

จากรูปที่ 4.4 สารตัวอย่างชนิดที่ 1 มีอุณหภูมิวิกฤตเท่ากับ 215 °C

สารตัวอย่างชนิดที่ 2 มีอุณหภูมิวิกฤตเท่ากับ 170 °C

สารตัวอย่างชนิดที่ 3 มีอุณหภูมิวิกฤตมากกว่า 215 °C

สารตัวอย่างชนิดที่ 4 มีอุณหภูมิวิกฤตเท่ากับ 169 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

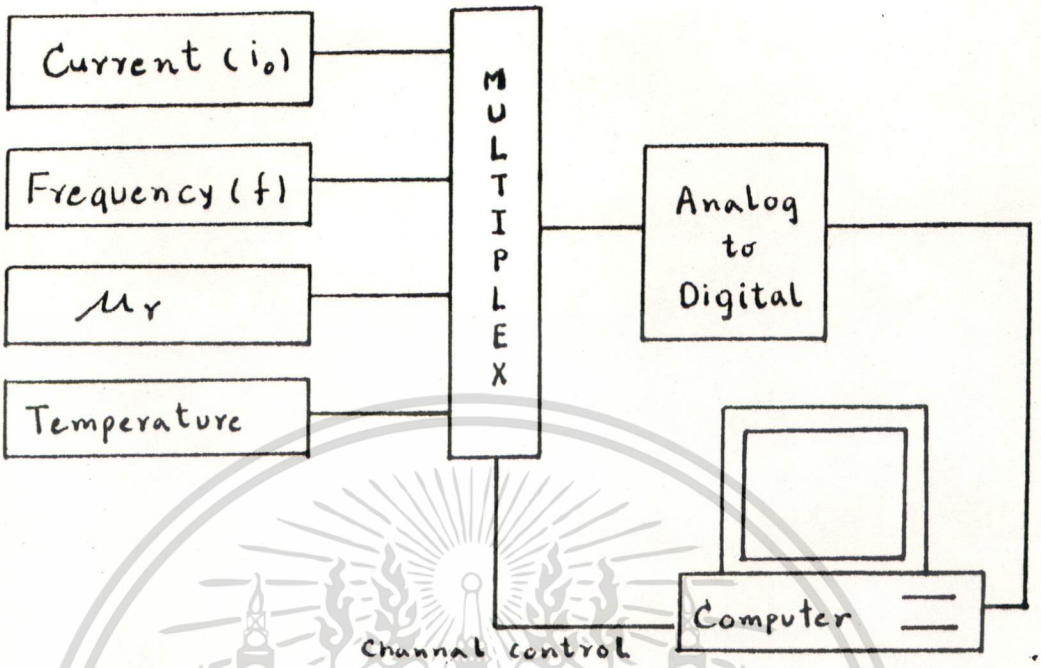
จากผลการทดลองต่างๆที่ผ่านมา โดยการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิวิกฤตที่สร้างขึ้นมา เราสามารถที่จะหาค่าสภาพซึมซาบทางแม่เหล็กสัมพัทธ์กับอุณหภูมิ และสุดท้ายก็จะได้ค่าของอุณหภูมิวิกฤต โดยสารที่ต่างชนิดกันก็จะมีลักษณะของกราฟที่แตกต่างกันไป ตามโครงสร้างภายในของสารที่ใช้ทำแกนหม้อแปลง เนื่องจากสารต่างๆเหล่านี้ มีค่าสภาพซึมซาบทางแม่เหล็กที่ไม่เท่ากันในแต่ละอุณหภูมิต่างๆ ทำให้เราสามารถเลือกสารแต่ละชนิดมาใช้งานในย่านการทำงานที่อุณหภูมิต่างๆ ตามความเหมาะสมได้ โดยไม่ควรใช้ในย่านของอุณหภูมิวิกฤต ถึงแม้ที่ก่อนจะเกิดอุณหภูมิวิกฤตจะมีค่าสภาพซึมซาบทางแม่เหล็กสูงก็ตาม ก็ไม่ควรจะเลือก เพราะถ้าอุณหภูมิเกิดมีการเพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิวิกฤต เราก็ไม่สามารถที่จะใช้งาน ทำให้เครื่องหยุดการทำงานได้

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาครั้งต่อไป

จากการนำผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ ควรเปลี่ยนไปใช้เครื่องคอมพิวเตอร์แทน ซึ่งนอกจากจะมีหน่วยความจำได้ ก็คือ การประมวลผลที่ซับซ้อนได้ โดยให้มีการรับค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณต่างๆ ดังนี้ รับค่าระดับจากการวัดค่าวอลต์ที่แกนหม้อแปลงมีค่าความต้านทานที่ต่ออนุกรมระหว่างเครื่องทำเนินสัญญาณกับขดลวดปฐมภูมิ และรับค่าความถี่จากการแปลงให้เป็นค่าวอลต์ ส่วนค่าสภาพซึมซาบทางแม่เหล็กกับค่าอุณหภูมิก็รับเป็นค่าวอลต์อยู่แล้ว ต่อไปก็นำค่าวอลต์ที่ได้มาผ่านการเลือกสัญญาณโดยคอมพิวเตอร์ เพื่อเปลี่ยนสัญญาณทางอนาลอกเป็นดิจิตอลให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลต่อไป ส่วนตัวแปรที่ไม่สามารถวัดได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น สัดส่วนต่างๆของแกนหม้อแปลง ก็ให้การป้อนข้อมูลผ่านทางคีย์บอร์ดแทน แล้วนำไปแสดงผลออกทางจอคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังการพัฒนาเพิ่มเติม



รูปที่ 5.6 การพัฒนาเพิ่มเติมโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. เสรินทร์ เนาประทีป และ CNS, ออปแอมป์, ครั้งที่ 1, หน้า 17 21-24 26-29, ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพ ฯ.

2. สว่าง ปานทายรุ่งทอง, เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ครั้งที่ 1, หน้า 246-249, ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพ ฯ.

3. J.MICHAEL JACOB, Industrial Control Electronics, 3 st ed., pp. 234 280-282 286-289 292-296 303-306, Prentice-Hall International Editions, Singapore, 1989.

4. E Cedillo, J Ocampo, V Rivera and R Valenzuela, J. Phys.E:Sci. Instrum., Vol. 13., ed., pp. 383-386, Great Britain, 1980.

5. ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS, volume 03.04., ed., pp. 234-237, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1985.

6. Globus A 1977 Some physical considerations about the 'domain wall size' theory of magnetization mechanisms J.Physique. 38 C1-1-15

7. Globus A and Duplex P 1966 Separation of susceptibility mechanisms for ferrites of low anisotropy IEEE Trans. Magn. MAG-2 441-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจัยแห่งชาติ แบบ ว - 1

หัวข้อคำชี้แจง

ประกอบการของงบประมาณโครงการวิจัย

ปีงบประมาณ 2535

.....

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทบวงมหาวิทยาลัย

โครงการวิจัยลำดับที่.....

1. ชื่อโครงการ การสร้างและพัฒนาชุดวัดอุณหภูมิวิกฤติของสารแม่เหล็ก
(Construction and Development of critical temperature magnetic materials)

2. ประวัติหัวหน้าโครงการและคณะวิจัย

หัวหน้าโครงการ นายวิชิต ศิริโชติ (Mr. Wichit Sirichote)

วท.บ. (ฟิสิกส์ประยุกต์) พระจอมเกล้า ลาดกระบัง

วท.ม. (เครื่องมือวัดทางฟิสิกส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ร่วมวิจัย นายอารีย์ วิเชียรฉาย (Dr. Aree Wichianchai)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระดับ 6 ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ สจล.

กศ.บ. (เกียรตินิยม) (ฟิสิกส์) มศว. ปทุมวัน

วท.ม. (โซลิดสเตทฟิสิกส์ เซลแสงอาทิตย์ และหัววัดรังสีอัลฟา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Docteur d'etat es Science (Solid-State Physics)

Bordeaux University, FRANCE

หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)

กรุงเทพฯ. 10520

โทร. 326-7320-9 ต่อ 396

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานของหัวหน้าโครงการ

- หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง " Data acquisition system for high performance liquid chromatograph"
- สร้างเครื่อง B-H loop tracer

ผลงานวิจัยที่ได้รับการพิมพ์เผยแพร่ของหัวหน้าโครงการ

- "Computerized C-V System for Characterizing semiconductor junction", 13th Conference on science and technology of Thailand, Prince of Songkla University, 1987.
- "Electronics Flux Meter" 15th Conference on science and technology of Thailand ,Chiang Mai University , 1989.
- "Constant Current Source for Measuring Conductivity of High T_c Superconductor" 15th Conference on science and technology of Thailand ,Chiang Mai University ,1989.
- "DC Electronic Hysteresigraph (Ring Test) , 15th Conference on science and technology of Thailand ,Chiang Mai University ,1989.
- "DC Electronic Hysteresigraph (Permeameter Test) , 15th Conference on science and technology of Thailand , Chiang Mai University ,1989.
- "High Voltage DC Power Supply For Sputtering System (2 kV 200 W) , 15th Conference on science and technology of Thailand ,Chiang Mai University ,1989.
- "An Inexpensive High Temperature Electric Furnace for Preparing New Semiconductor Materials" ,15th Conference on science and technology of Thailand, Chiang Mai University ,1989.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- "A Construction of 2 Tesla Electromagnet with Local Materials" ,15th Conference on science and technology of Thailand , Chiang Mai University , 1989.

งานวิจัยที่กำลังดำเนินงานในปัจจุบัน

- Data acquisition system for high performance liquid chromatograph
- สร้างและพัฒนาเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์แบบกึ่งอัตโนมัติ

3. สาขาวิชาการที่ทำการวิจัย วิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์ประยุกต์)

4. ประเภทของงานวิจัย การวิจัยประยุกต์

5. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในปัจจุบันสารแม่เหล็กได้เข้ามีบทบาทที่สำคัญในเทคโนโลยีสมัยใหม่อย่างมาก โดยเฉพาะเครื่องไฟฟ้าซึ่งทั่วไปมักจะมีสารแม่เหล็กประกอบอยู่เสมอ และยิ่งนับวันก็จะมีบทบาทมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากการมีอุตสาหกรรมผลิตสารแม่เหล็กในเมืองไทย ได้เพิ่มขึ้นเป็น 3 โรง เช่น Thai ferrite, Pro-technology และ OTG เป็นต้น แต่โรงงานส่วนใหญ่ยังคงเป็นของชาวต่างชาติมาลงทุน

ในการวัดอุณหภูมิวิกฤติของสารแม่เหล็ก โดยทั่วไปมักจะวัดเทียบกับฟังก์ชั่นของค่า permeability ซึ่งเป็นค่าที่ไวมากในการที่จะบอกคุณสมบัติของสารแม่เหล็ก ดังนั้นในการเลือกนำเอาสารแม่เหล็กไปใช้งาน สิ่งแรกที่จำเป็นอย่างยิ่งจะต้องทราบคือ จุดวิกฤติของอุณหภูมิ

6. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

6.1 เพื่อสร้างและพัฒนาชุดวัดอุณหภูมิวิกฤติของสารแม่เหล็ก

6.2 เพื่อศึกษาเทคโนโลยีด้านการสร้าง เครื่องมือวัดและตรวจสอบคุณสมบัติของสารแม่เหล็กชนิดต่าง ๆ ทั้งที่เป็นชนิด soft ferrite และ hard ferrite

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

...ว่าจะได้รับโครงการนี้

...กศึกษาและอาจารย์จะได้เรียนรู้หลักการทำงานของชุดวัดอุณหภูมิวิกฤติ

7.2 เรียนรู้ปัญหาในการสร้างชุดวัดอุณหภูมิวิกฤติของสารแม่เหล็ก

7.3 ทำให้ได้ชุดวัดอุณหภูมิวิกฤติของสารแม่เหล็ก ที่จะนำไปใช้งานการวัดหาพาร้ามิเตอร์ของสารแม่เหล็กชนิดต่าง ๆ ก่อนที่จะนำไปใช้งาน และใช้สำหรับงานสอนภาคปฏิบัติและงานวิจัย

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเอกสารอ้างอิง

- E. Cedillo, J. Ocampo, V. Rivera and R. Valenzuela , J. Phy. E : Sci. Instrum. Vol. 13. 1980 p. 383 .
- R.S. Tebble and D.J. Craik., Magnetic Materials (New York : Wiley Interscience) 1969. p. 253 .
- A. Globus and R. Valenzuela, IEEE trans. magn. MAG-II, 1975 pp.1300-2 .

9. ระเบียบวิธีวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 สร้างชุดกำเนิดสารแม่เหล็ก

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแหล่งจ่ายกระแสคงที่ ขนาด $\pm$ 10 A

ขั้นตอนที่ 3 สร้างชุด sweep-current source

ขั้นตอนที่ 4 สร้างเตาไฟฟ้าอุณหภูมิ 1100 $^{\circ}$C

ขั้นตอนที่ 5 สร้างชุดวัดอุณหภูมิวิกฤติ

ขั้นตอนที่ 6 ประกอบส่วนต่าง ๆ เข้าเป็นชุดวัดอุณหภูมิวิกฤติของสารแม่เหล็ก

ขั้นตอนที่ 7 ทดสอบการทำงาน

ขั้นตอนที่ 8 สรุปและรายงานผล

10. ขอบเขตของการวิจัย

10.1 สร้างและพัฒนาชุดวัดอุณหภูมิวิกฤติของสารแม่เหล็ก

10.2 ทดลองใช้ชุดวัดอุณหภูมิวิกฤติของสารแม่เหล็กกับสารแม่เหล็กชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้