

	ใบงานที่ 3	ครั้งที่ 5-6
	หน่วยที่ การตรวจวัดอุณหภูมิ(Temperature Measurement)	รวม 9 ชั่วโมง
เรื่องการวัดอุณหภูมิโดยใช้ PTC (Thermistor)		จำนวน 90 นาที
ชื่อ.....ชั้น.....วันที่/...../255.....		

วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ การวัดอุณหภูมิโดยใช้ PTC (Thermistor)

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

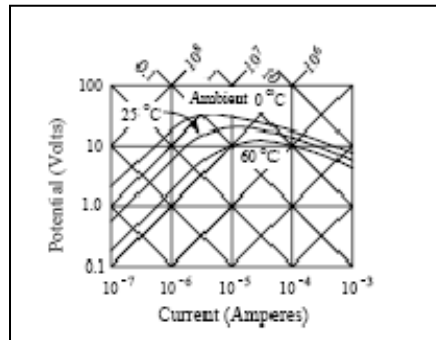
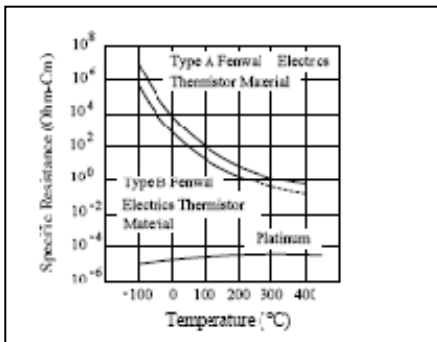
เมื่อผู้เรียน เรียนจบแล้วสามารถ

- 1.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์แปลงค่าของอุณหภูมิให้อยู่ในรูปของค่าความต้านทาน
- 1.2 เพื่อสามารถนำเอา Thermistor ไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างถูกต้อง
- 1.3 เพื่อสามารถแปลงค่าอุณหภูมิให้อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้าได้
- 1.4 เพื่อสามารถคำนวณหาค่าของกระแสที่ไหลผ่าน Thermistor ได้

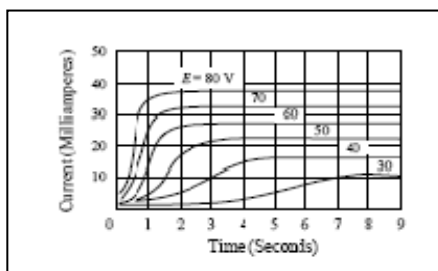
2. ทฤษฎี

เทอร์มิสเตอร์ หรือ Thermal Resistor เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานต่ออุณหภูมิเป็นลบ นั่นคือถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์จะลดลง ใน เทอร์มิสเตอร์บางแบบนั้นค่าความต้านทานของมันที่อุณหภูมิห้องอาจลดลงถึง 6% ต่ออุณหภูมิแต่ละองศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าเทอร์มิสเตอร์มีความไว (Sensitivity) ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิดีมาก ดังนั้นจึงนิยมใช้เทอร์มิสเตอร์ในการวัดและการควบคุมตลอดจนการชดเชยอุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิต่างๆ คือตั้งแต่ -100°C ถึง 300°C โลหะออกไซด์ที่ใช้ทำเป็นเทอร์มิสเตอร์นั้นได้แก่ Manganese, Nickel, Cobalt, Uranium, ทองแดงและเหล็ก เป็นต้น ค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์จะอยู่ในช่วง 0.5 โอห์ม ถึง 75×10^6 โอห์ม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปร่างและขนาดของมันเทอร์มิสเตอร์ที่มีขนาดเล็กที่สุดจะเป็นแบบลูกปัดหรือลูกประคำ (Bead) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.15 mm ถึง 1.25 mm เทอร์มิสเตอร์แบบนี้จะติดตั้งอยู่ที่ปลายแท่งแก้วแข็งเพื่อสะดวกในการใช้งาน ส่วนเทอร์มิสเตอร์แบบอื่นๆนั้นได้แก่เทอร์มิสเตอร์แบบแผ่นกลม (Disk) และแบบวงแหวน (Washer) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2.5 mm ถึง 25 mm เทอร์มิสเตอร์มีคุณลักษณะที่สำคัญ 3 ประการ ซึ่งทำให้เทอร์มิสเตอร์สามารถใช้ได้อย่างกว้างขวางในการวัดและการควบคุมอุณหภูมิ คุณลักษณะทั้งสามประการนี้ได้แก่

- ก) คุณลักษณะของค่าความต้านทาน - อุณหภูมิ
- ข) คุณลักษณะของแรงดัน - กระแสไฟฟ้า
- ค) คุณลักษณะของกระแส - เวลา



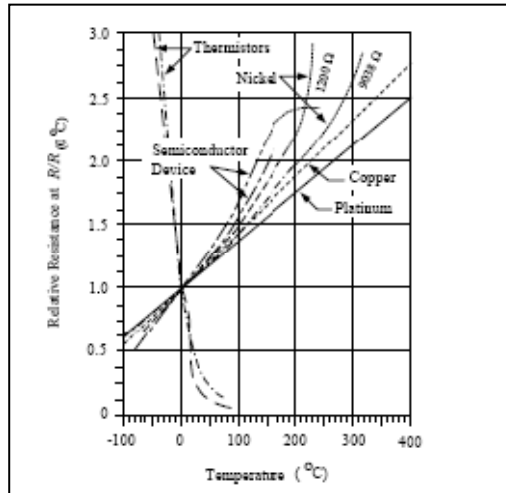
- (ก) คุณสมบัติของค่าความต้านทาน - อุณหภูมิ (ข) คุณลักษณะของแรงดัน - กระแสไฟฟ้า



- (ค) คุณสมบัติของกระแส - เวลา

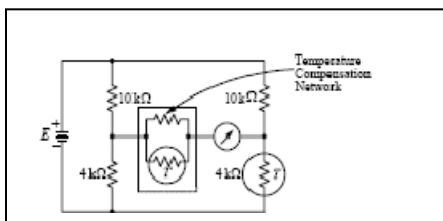
รูปที่ 1. คุณลักษณะที่สำคัญ 3 ประการของเทอร์มิสเตอร์ (อ้างอิง Fenwal Electronics Inc.)

โดยในรูปที่ 2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับอุณหภูมิของ RTDเปรียบเทียบกับเทอร์มิสเตอร์



รูปที่ 2 กราฟเปรียบเทียบค่าความต้านทานกับอุณหภูมิของ RTD และเทอร์มิสเตอร์

เทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมนั้นโดยทั่วไปจะมีค่าความต้านทาน 2,000 โอห์มที่ 25 °C และมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 2.9% / °C ซึ่งก็หมายความว่าค่าความต้านทานของมันจะเปลี่ยนไป 58 โอห์ม ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุกๆ 1 °C เทอร์มิสเตอร์อาจจะนำมาใช้ในการวัดอุณหภูมิได้อย่างง่ายๆ คือนำเทอร์มิสเตอร์มาต่ออนุกรมกับแบตเตอรี่และไมโครแอมป์มิเตอร์ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ก็จะเปลี่ยนแปลงไปนั่นคือกระแสที่ไหลในวงจรก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นค่าของกระแสบนไมโครแอมป์มิเตอร์จึงสามารถปรับเทียบให้เป็นค่าของอุณหภูมิได้ อย่างไรก็ตามการวัดค่าอุณหภูมิโดยใช้เทอร์มิสเตอร์นั้นนิยมใช้ร่วมกับวงจรบริดจ์ซึ่งจะให้ความไวสูง รูปที่ 3 แสดงถึงการวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์มิสเตอร์ ขนาด 4×10^3 โอห์มร่วมกับวงจรบริดจ์ วงจรในรูปนี้สามารถวัดค่าของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างละเอียดถึง 0.005 °C



รูปที่ 3. การวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์มิสเตอร์ต่อในวงจรบริดจ์

คุณสมบัติ STT. PTC temperature ที่ใช้ในการทดลอง

ความต้านทาน 1000 Ω (25 °C, 1mA)

อุณหภูมิกำหนดการทำงาน -55 °C/+175 °C

ค่าผิดพลาดสูงสุด 1%

สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ +0.75%/°C (PTC)

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

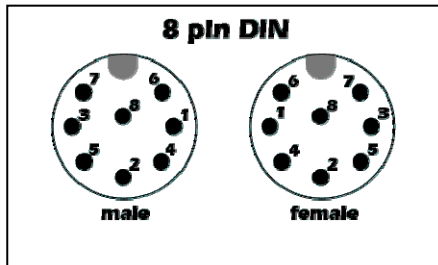
- 3.1 DC-Power supply unit ± 12 V / 3A
- 3.2 Reference variable generator
- 3.3 Heater Power amplifier
- 3.4 DC Bridge amplifier
- 3.5 TY34/EV
- 3.6 Measurement indicator
- 3.7 STT. PTC temperature probe
- 3.8 Pane frame
- 3.9 Set of connecting leads
- 3.10 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์
- 3.11 ความต้านทานค่า 801 Ω และ 2215 Ω

4. ลำดับขั้นตอนการทดลอง

- 4.1 การปรับเทียบของการปรับสภาพสัญญาณสำหรับทรานสดิวเซอร์อุณหภูมิแบบสารกึ่งตัวนำ
 - 4.1.1. นำเอากรอบแก้วออก
 - 4.1.2. ต่อแหล่งจ่ายให้กับเครื่อง

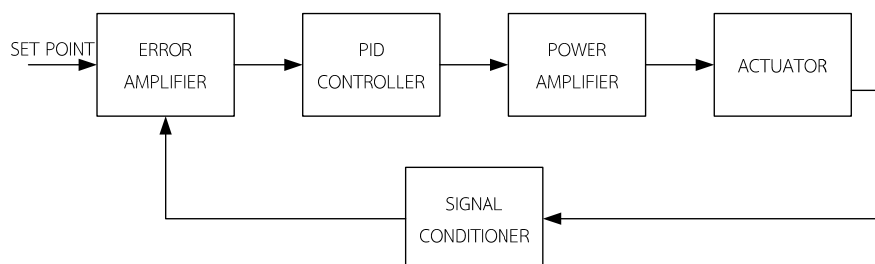
- 4.1.3. ไม่ต่อทรานสดิวเซอร์ STT. PTC จากโมดูล
- 4.1.4. สวิตช์ไปที่ตำแหน่ง ON
- 4.1.5. ใส่ความต้านทาน 801Ω ระหว่างแฉีก 18 และกราวด์และต่อแฉีก 19 ลงกราวด์
- 4.1.6. ปรับ RV2 จนกระทั่งแรงดันเอาต์พุตของ IC1 เท่ากับศูนย์
- 4.1.7. แทนความต้านทาน 801Ω ด้วยความต้านทาน 2215Ω
- 4.1.8. ปรับ RV3 จนกระทั่งแรงดันเอาต์พุตของ IC2 เท่ากับ +8V

4.2 ใช้ Ohm-meter วัดความต้านทานระหว่างขั้วต่างๆ ของ STT. PTC temperature probe ขณะที่ยังไม่ได้ เสียบ STT. PTC temperature probe เข้ากับ TY34/EV (ที่อุณหภูมิห้อง) บันทึกผลลงในตารางที่ 1



ตารางที่ 1 ค่าความต้านทานระหว่างขั้วของ STT. PTC temperature probe

ขั้วต่อของ STT. PTC	ความต้านทาน(kΩ)

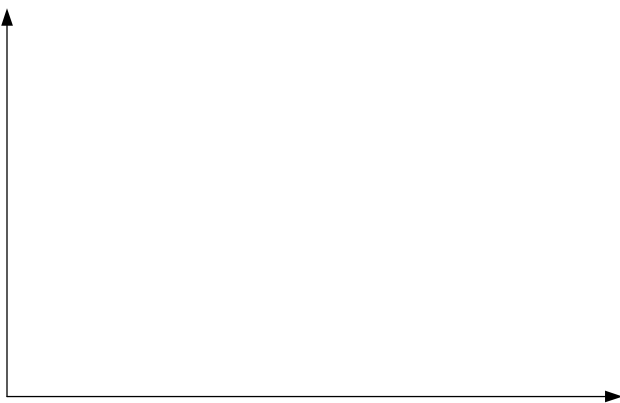


- 4.3 ต่อ STT. PTC temperature probe เข้ากับอินพุตของ STT. CONDITIONER
- 4.4 ต่อเอาต์พุตของ SET POINT เข้ากับอินพุตของ PID CONTROLLER
- 4.5 ต่อเอาต์พุตของ PID CONTROLLER เข้ากับอินพุตของ HEATER POWER AMPLIFIER
- 4.6 ต่อเอาต์พุตของ HEATER POWER AMPLIFIER เข้ากับเตาอบ
- 4.7 ต่อเอาต์พุตของ COOLER POWER AMPLIFIER เข้ากับ TY34/EV
- 4.8 ต่อเอาต์พุตของ STT. CONDITIONER เข้ากับอินพุตป้อนกลับ (FEEDBACK INPUT) ของ ERROR AMPLIFIER
- 4.9 ต่อวงจรจุด 5 และ 6 ปรับ P1 DER. และ P2 PROP.ของ PID CONTROLLER ไว้ตำแหน่งกึ่งกลาง
- 4.10 ต่อมิเตอร์วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เอาต์พุตของ STT. CONDITIONER ย่านวัด 20VDC
- 4.11 ต่อแหล่งจ่าย AC 24 Volts เข้ากับ TEMPERATURE CONTROL & TRANSDUCERS
- 4.12 ปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้น และวัดแรงดันไฟฟ้าขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึง 150 °C ตามลำดับ บันทึกผลลงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก STT. PTC temperature probe

อุณหภูมิ(°C)	เอาต์พุตจาก STT. CONDITIONER (Volt)
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	
110	
120	
130	
140	
150	

4.13 วาดกราฟจากตารางโดยให้แกน X เป็นอุณหภูมิ แกน Y เป็นแรงดันเอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์



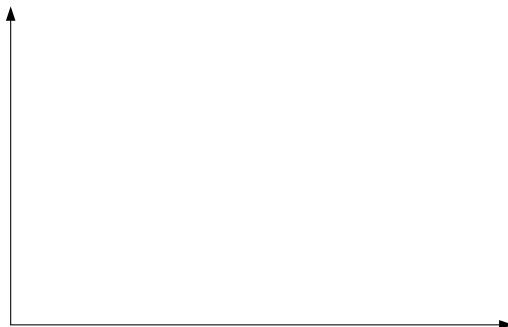
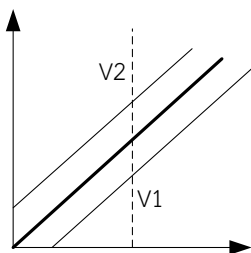
5. คำนวณค่าความเป็นเชิงเส้นของ STT. PTC temperature probe ในรูปของ %

5.1 จากกราฟข้อ 4 เส้นที่ประมาณค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุดเรียกว่าเส้นตรงที่เหมาะสม (best fit straight line for the transducer) วาดเส้นสองเส้นขนานกันโดยมีระยะห่างเท่าๆกันประกบเอาไว้ เส้นตรงที่สร้างขึ้นมาทั้งสองเส้นจะต้องครอบคลุมค่าข้อมูลทั้งหมด

5.2 ลากเส้นตรงขนานกับแกน Y จุดตัดที่เกิดขึ้นกับเส้นทั้งสองคือ V1 และ V2

5.3 ค่า % ความเป็นเชิงเส้นของ transducer จะได้ตามสมการดังนี้

$$\text{Lin. (\%)} = \pm \frac{1}{2} \frac{|V2-V1|}{Vf.s} 100$$



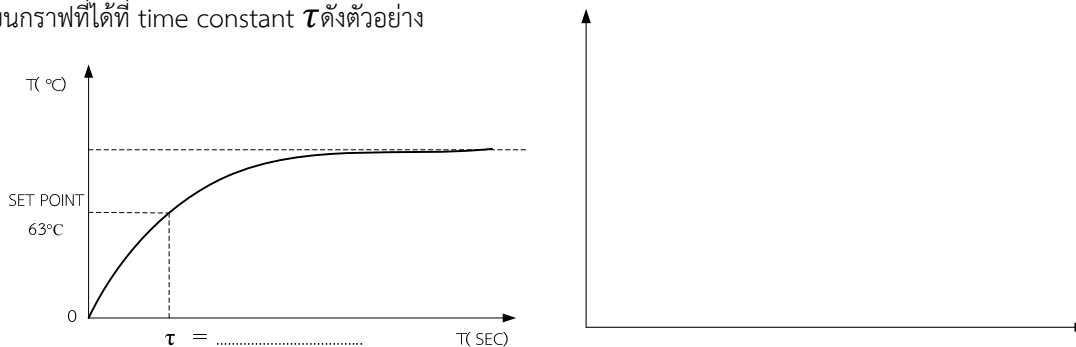
5.4 ค่าที่ได้จากการทดลอง

6. การคำนวณค่าคงตัวเวลาของ Temperature transducer

6.1 ถอด STT. PTC temperature probe transducer ออก

6.2 ปรับ SET POINT ที่อุณหภูมิ 100 °C

- 6.3 ต่อ STT. PTC temperature probe เข้ากับอินพุต
- 6.4 ต่อมิเตอร์วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เอาต์พุตของ STT. CONDITIONER ย่านวัด 20VDC
- 6.5 ต่อเอาต์พุตของ HEATER POWER AMPLIFIER เข้ากับเตาอบ
- 6.6 ต่อเอาต์พุตของ COOLER POWER AMPLIFIER เข้ากับ TY34/EV
- 6.7 อ่านค่าอุณหภูมิสัมพันธ์กับเวลาบันทึกในตาราง time/ temperature
- 6.8 เขียนกราฟที่ได้ที่ time constant τ ดังตัวอย่าง



7. สรุปผลการทดลอง

8. คำถามหลังการทดลอง

จงคำนวณคุณลักษณะของกระบวนการทางอุณหภูมิ

- 8.1 ต่อเอาต์พุตของ SET POINT (2) เข้ากับ HEATER POWER AMPLIFIER (11)
- 8.2 ต่อเอาต์พุตของ HEATER & COOLER POWER AMPLIFIER เข้ากับ TY34/EV
- 8.3 ปรับ Potentiometer ของ SET POINT ไปที่ตำแหน่งสูงสุด 8 V.
- 8.4 เตรียมตารางที่ 3
- 8.5 ต่อแหล่งจ่าย ± 12 Volts เข้ากับ G34/EV
- 8.6 ต่อแหล่งจ่าย AC. 24 Volts เข้ากับ G34/EV
- 8.7 บันทึกข้อมูลลงตารางที่ 3

ตารางที่ 3

N	T (min)	อุณหภูมิ($^{\circ}\text{C}$)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		



- 8.8 วาดกราฟเวลา(นาที)กับอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
- 8.9 เตรียมตารางที่ 4 เหมือนตารางที่ 3
- 8.10 ปรับ Potentiometer ของ SET POINT ไปที่ตำแหน่งศูนย์

- 8.11 ตั้งสวิตซ์ที่ COOLER POWER AMPLIFIER ไปที่ MAN
- 8.12 บันทึกข้อมูลลงตารางที่ 4 โดยอ่านข้อมูลเป็นคาบเช่น 1 นาที
- 8.13 วาดกราฟเวลา(นาที)กับอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
- ตารางที่ 4

N	T (min)	อุณหภูมิ($^{\circ}\text{C}$)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

