

	ใบงานที่ 1	ครั้งที่ 1-2
	หน่วยที่ การตรวจวัดอุณหภูมิ(Temperature Measurement)	รวม 9 ชั่วโมง
เรื่องการวัดอุณหภูมิโดยใช้ Thermocouple (Type J)		จำนวน 90 นาที
ชื่อ.....ชั้น วันที่/...../255.....		

วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ การวัดอุณหภูมิโดยใช้ Thermocouple (Type J)

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อผู้เรียน เรียนจบแล้วสามารถ

- 1.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์แปลงค่าของอุณหภูมิให้อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้า
- 1.2 เพื่อสามารถนำเอา Thermocouple ไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างถูกต้อง
- 1.3 เพื่อสามารถคำนวณหาค่าอัตราการขยายของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจาก Thermocouple ได้

2. ทฤษฎี

ในการแสดงค่าของอุณหภูมินั้นหน่วยที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ เซลเซียส (Celsius: °C) ฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit: oF) และ เคลวิน (Kelvin: K) โดยหน่วยเคลวินนั้นเป็นหน่วยสากลของอุณหภูมิเทอร์โมไดนามิก ส่วนเซลเซียสเป็นหน่วยของอุณหภูมิทั่วไป

การแปลงหน่วยหรือเปรียบเทียบหน่วยระหว่างองศาเซลเซียสกับองศาฟาเรนไฮต์ที่จุดเยือกแข็งของน้ำ 0 °C = 32 °F สามารถหาได้จากสมการ

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

การแปลงหน่วยหรือเปรียบเทียบหน่วยและระหว่างองศาเซลเซียสกับเคลวินนั้นสามารถพิจารณาได้จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้ที่จุดเยือกแข็งของน้ำ 0 °C = 273.15 K

(4)

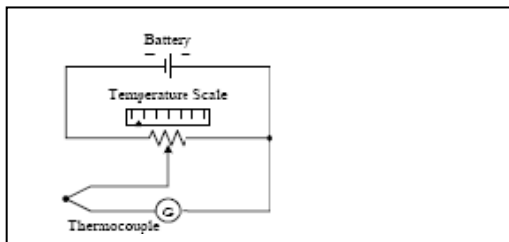
แต่ผลต่างของ 1°C = 1 K เช่น 100 °C = 373.15 K

เทอร์โมคัปเปิลนั้นมีความสำคัญมากสำหรับในวงการอุตสาหกรรมโดยจัดเป็นทรานสดิวเซอร์แบบไวงาน (Active Transducer) คือสามารถผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้เองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ต้องการตรวจวัดโดยไม่ต้องกระตุ้นด้วยแหล่งจ่ายจากภายนอก ดังนั้นจึงสามารถใช้ได้โดยตรงในเครื่องมือวัดและบันทึกอุณหภูมิ หรือเครื่องควบคุมต่างๆ เป็นต้น

เทอร์โมคัปเปิลเป็นอุปกรณ์ที่มีความไวต่ออุณหภูมิมากและจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปเทอร์โมคัปเปิลประกอบด้วยเส้นลวดโลหะต่างชนิดกันสองเส้นต่อเข้าด้วยกันที่ปลายข้างหนึ่ง ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะถูกนำไปต่อกับมิเตอร์หรือวงจรอื่นๆ ต่อไปปลายของเส้นลวดที่ต่อเข้าด้วยกันนี้เรียกว่ารอยต่อร้อน (Hot Junction) ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะเรียกว่ารอยต่อเย็น (Cold Junction) เมื่อรอยต่อร้อนได้รับความร้อนจะเกิดแรงดันไฟฟ้าที่สามารถวัดค่าได้ที่รอยต่อเย็น โดยการเลือกเส้นลวดที่เหมาะสม แรงดันไฟฟ้าจะแปรค่าไปตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ทำการวัด

เนื่องจากคุณสมบัติในการแปลงพลังงานความร้อนไปเป็นพลังงานไฟฟ้านี้ เทอร์โมคัปเปิลจึงสามารถจัดได้ว่าเป็น Thermoelectric Transducer เมื่อรอยต่อร้อนของเทอร์โมคัปเปิลได้รับความร้อนเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่รอยต่อเย็นยังมีอุณหภูมิที่คงที่ ความแตกต่างของอุณหภูมิของรอยต่อทั้งสองนี้จะทำให้เกิดกระแสไหล ค่าของกระแสที่มิเตอร์แสดงนี้สามารถจะปรับเทียบให้เป็นค่าของอุณหภูมิได้ปรากฏการณ์ที่สำคัญเกี่ยวกับคุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิล นั้นมีอยู่ 3 อย่างคือ

- n) Seebeck effect
- ข) Peltier effect
- ค) Thomson effect



รูปที่ 8. วงจร Potentiometer สำหรับวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของเทอร์โมคัปเปิล

แรงดันไฟฟ้าที่สร้างกระแส Seebeck นั้นเป็นผลรวมของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพลเทียร์ที่จุดเชื่อมต่อกับแรงดันไฟฟ้าทอมสันบนเส้นลวดที่ต่างกันทั้งสองเส้น ถ้า E เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเทอร์โมคัปเปิลหรือแรงเคลื่อน Seebeck แล้วจะได้ว่า

$$E C(T T)+K(T_2 T_2)= 1- 2 1 - 2 \text{ (5)}$$

เมื่อ C คือสัมประสิทธิ์ของ Thomson

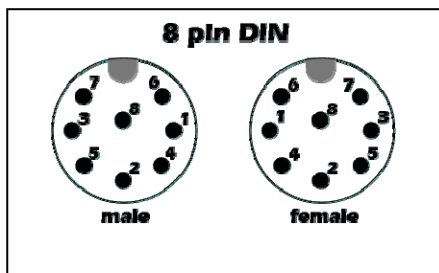
K คือค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) ของโลหะที่ใช้

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

- 3.1 DC-Power supply unit $\pm 12\text{ V} / 3\text{A}$
- 3.2 Power amplifier
- 3.3 Measurement indicator
- 3.4 Thermocouple connection unit
- 3.5 Fe-constantan type J Thermo element
- 3.6 Pane frame
- 3.7 Set of connecting leads, 1 mm²
- 3.8 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์
- 3.9 ความต้านทานค่า 10 Ω และ 1000 Ω
- 3.10 ออสซิลอสโคป

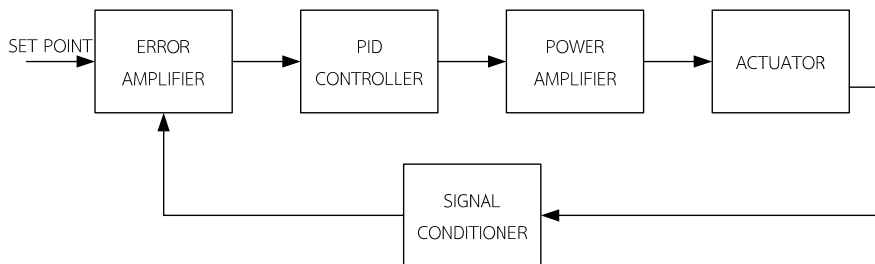
4. ลำดับขั้นตอนการทดลอง

- 4.1 การเปรียบเทียบของการปรับสภาพสัญญาณสำหรับทรานสดิวเซอร์อุณหภูมิแบบ Thermocouple
 - 4.1.1. นำเอากรอบแก้วออก
 - 4.1.2. ต่อแหล่งจ่ายให้กับเครื่อง
 - 4.1.3. ต่อ Thermocouple ที่อินพุทของโมดูล
 - 4.1.4. ปรับ RV1 จนกระทั่งแรงดันเอาต์พุทของ jack31 เท่ากับ 0V
 - 4.1.5. ปรับ RV2 จนกระทั่งแรงดันเอาต์พุทของ IC2 เท่ากับ 0V
 - 4.1.6. ปลดทรานสดิวเซอร์ THERMOCOUPLE ออก
 - 4.1.7. จ่ายแรงดัน 13.55 mv ที่ jack 29 กับ Ground
 - 4.1.8. ปรับ RV4 จนแรงดันเอาต์พุทของ IC3 เท่ากับ +8V
 - 4.1.9. ปลดแรงดัน 13.55 mv และต่อ Thermocouple อีกครั้ง
 - 4.1.10. ปรับ RV3 จนกระทั่งแรงดันเอาต์พุทของ IC3 สอดคล้องกับอุณหภูมิรอบๆ เช่นที่ 20°C ควรมีแรงดัน 20 mv
- 4.2 การเปรียบเทียบของเพาเวอร์แอมป์
 - 4.2.1. นำเอากรอบแก้วออก
 - 4.2.2. ตรวจสอบอุปกรณ์ที่ทนต่อความร้อนต่อกับเอาต์พุทของบล็อกทำความร้อน
 - 4.2.3. ต่อแหล่งจ่ายให้กับเครื่อง
 - 4.2.4. สวิตช์จอร์เจ็ค 11 (อินพุทของบล็อกทำความร้อน) ลงกราวด์
 - 4.2.5. ส่งสัญญาณไปที่อุปกรณ์ที่ทนต่อความร้อนและวัดช่อง A ของออสซิลอสโคป
 - 4.2.6. ปรับ RV1 จนกระทั่งไดรแอกทริก
- 4.3 การเปรียบเทียบของบล็อกตั้งค่าอ้างอิงและบล็อกเปรียบเทียบ
 - 4.3.1. นำเอากรอบแก้วออก
 - 4.3.2. ต่อแหล่งจ่ายให้โมดูล G34/EV ด้วย $\pm 12\text{V}$
 - 4.3.3. คำนวณอัตราส่วนของแรงดันต่ออุณหภูมิสำหรับอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้ (เช่น $T_{\text{max}} = 150^{\circ}\text{C}$ $V_{\text{max}} = 8\text{V}$ อัตราส่วนของแรงดันต่ออุณหภูมิ = $0.16\text{V}/^{\circ}\text{C}$)
 - 4.3.4. ตั้งโพเทนชิโอมิเตอร์ P1 ไว้ที่ค่าต่ำสุดปรับ RV2 จนแรงดันสอดคล้องกับอุณหภูมิแวดล้อมในทางนี้ไม่จำเป็นสำหรับระบบควบคุมที่จัดการกับอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิแวดล้อม
- 4.4 การเปรียบเทียบของตัวควบคุมชนิด PID และแอมป์สัญญาณผลต่าง
 - 4.4.1. นำเอากรอบแก้วออก
 - 4.4.2. ต่ออินพุทของแอมป์สัญญาณค่าผิดพลาด (แจ็ค 3 และแจ็ค 4) กับกราวด์และปรับ RV1 จนกระทั่งสัญญาณที่แจ็ค 5 เท่ากับ 0V
 - 4.4.3. ปรับโพเทนชิโอมิเตอร์ RV1 ที่ตัวควบคุม PID จนกระทั่งแรงดันเอาต์พุทเท่ากับศูนย์
- ใช้ Thermocouple Type J (Thermocouple Type J)
 - Transduction constant: 53 $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
 - ค่าผิดพลาด (error) $\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ ช่วง 0-270 $^{\circ}\text{C}$
 $\pm 0.75\%$ ช่วง 270-760 $^{\circ}\text{C}$
- 4.5 ใช้ Ohm-meter วัดความต้านทานระหว่างขั้วต่างๆ ของ THERMOCOUPLE temperature probe ขณะที่ยังไม่ได้ เสียบ THERMOCOUPLE temperature probe เข้ากับ TY34/EV (ที่อุณหภูมิห้อง) บันทึกผลลงในตารางที่ 1



ตารางที่ 1 ค่าความต้านทานระหว่างขั้วของ THERMOCOUPLE temperature probe

ขั้วต่อของ THERMOCOUPLE	ความต้านทาน(k Ω)



4.6 ต่อ THERMOCOUPLE temperature probe เข้ากับอินพุต

4.7 ต่อเอาต์พุตของ SET POINT เข้ากับอินพุตของ PID CONTROLLER

4.8 ต่อเอาต์พุตของ PID CONTROLLER เข้ากับอินพุตของ HEATER POWER AMPLIFIER

4.9 ต่อเอาต์พุตของ HEATER POWER AMPLIFIER เข้ากับเตาอบ

4.10 ต่อเอาต์พุตของ COOLER POWER AMPLIFIER เข้ากับ TY34/EV

4.11 ต่อเอาต์พุตของ THERMOCOUPLE CONDITIONER เข้ากับอินพุตป้อนกลับ (FEEDBACK INPUT) ของ ERROR AMPLIFIER

4.12 ต่อวงจรจุด 5 และ 6 ปรับ P1 DER. และ P2 PROP. ของ PID CONTROLLER ไว้ตำแหน่งกึ่งกลาง

4.13 ต่อมิเตอร์วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เอาต์พุตของ THERMOCOUPLE CONDITIONER ย่านวัด 20VDC

4.14 ต่อแหล่งจ่าย AC 24 Volts เข้ากับ TEMPERATURE CONTROL & TRANSDUCERS

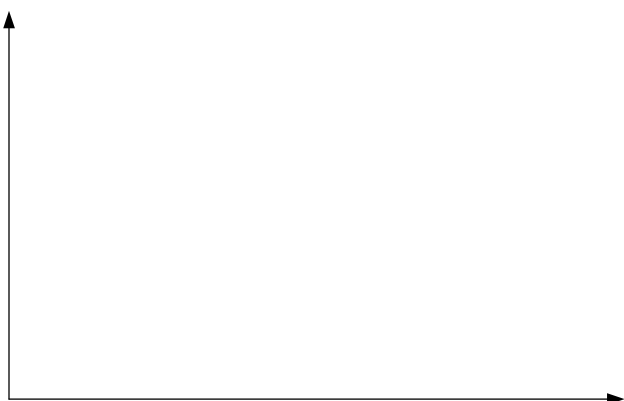
4.15 ปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้น และวัดแรงดันไฟฟ้าขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึง 150 °C ตามลำดับ (เริ่มต้นจากอุณหภูมิแวดล้อมปรับตัวตั้งค่าอ้างอิง เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของเตาอบขึ้นไป 10°C (เช่น จะได้แรงดันที่แจ๊ค 2 สอดคล้องกับอุณหภูมิแวดล้อมโดยแรงดันจะเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 10°C) วัดแรงดันเอาต์พุตของตัวปรับสภาพสัญญาณขณะที่มีเสถียรภาพอุณหภูมิอ้างอิงจะได้จากเทอร์โมมิเตอร์ แบบปรอทความเที่ยงตรงสูง (หน่วยเป็นเซลเซียส)) บันทึกผลลงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก THERMOCOUPLE temperature probe

อุณหภูมิ(°C)	เอาต์พุตจาก THERMOCOUPLE CONDITIONER (Volt)
30	
40	
50	
60	
70	
80	

90	
100	
110	
120	
130	
140	
150	

4.16 วาดกราฟจากตารางโดยให้แกน X เป็นอุณหภูมิ แกน Y เป็นแรงดันเอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์



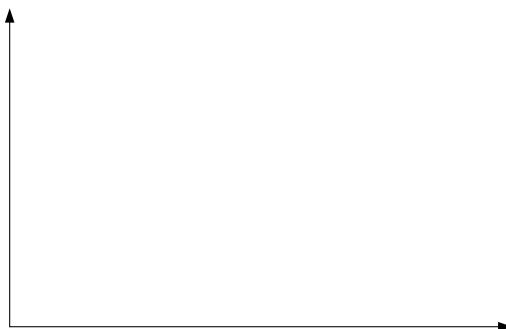
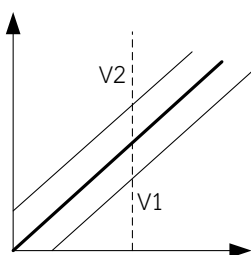
5. คำนวณค่าความเป็นเชิงเส้นของ THERMOCOUPLE temperature probe ในรูปของ %

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 THERMOCOUPLE temperature probe transducer ออก

6.2 ปรับ SET POINT ที่อุณหภูมิ 100 °C

6.3 ต่อ THERMOCOUPLE temperature probe เข้ากับอินพุต

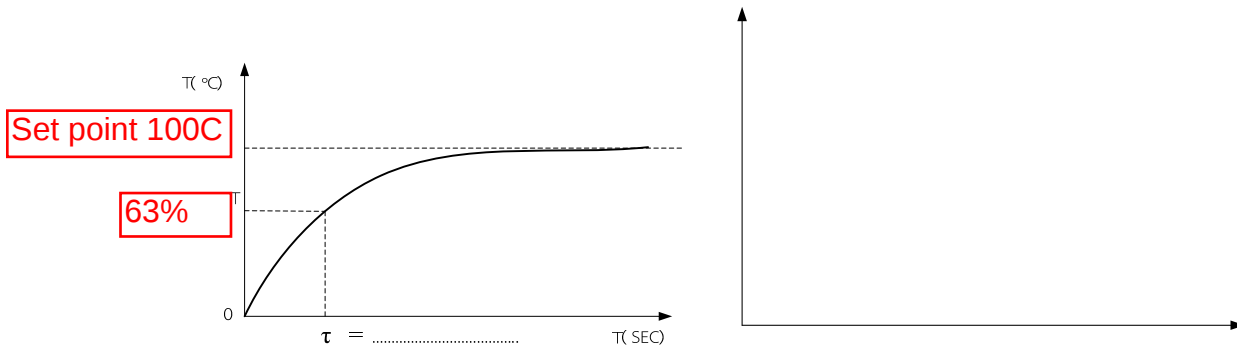
6.4 ต่อมอเตอร์วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เอาต์พุตของ THERMOCOUPLE CONDITIONER ย่านวัด 20VDC

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 ตั้งสวิตช์ที่ 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(°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

