

คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ระบบเซนเซอร์

(Sensor Systems)

1.0 จุดประสงค์

- 1.1 เพื่อให้เข้าใจถึงการทำงานของระบบเซนเซอร์และการประยุกต์ใช้งาน
- 1.2 เพื่อให้เข้าใจถึงส่วนประกอบต่างๆ ของระบบเซนเซอร์
- 1.3 สามารถต่อวงจรระบบเซนเซอร์เบื้องต้นและสามารถใช้ทำการวัดค่าได้

2.0 เป้าหมาย

- 2.1 นิสิตมีความเข้าใจหลักการทำงานเบื้องต้น และอุปกรณ์พื้นฐานของระบบเซนเซอร์
- 2.2 นิสิตสามารถต่อวงจรระบบเซนเซอร์พื้นฐานและนำไปใช้งานเบื้องต้นได้

3.0 จำนวนนิสิตในการปฏิบัติการ

นิสิตระดับปริญญาตรีกลุ่มละ 5-10 คน

4.0 อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติการ

- 4.1 ชุดการทดลองโหลดเซลล์ (Load Cell)
- 4.2 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Supply)
- 4.3 มัลติมิเตอร์ (Multi meter)
- 4.4 ต้มน้ำหนัก 6 ขนาด ประกอบด้วย

- ต้มน้ำหนัก A	น้ำหนัก	198.5	กรัม
- ต้มน้ำหนัก B	น้ำหนัก	139.2	กรัม
- ต้มน้ำหนัก C	น้ำหนัก	118.8	กรัม
- ต้มน้ำหนัก D	น้ำหนัก	101.5	กรัม
- ต้มน้ำหนัก E	น้ำหนัก	52.07	กรัม
- ต้มน้ำหนัก F	น้ำหนัก	50.5	กรัม

5.0 ทฤษฎีพื้นฐาน

5.1 ความหมาย

ระบบเซนเซอร์ (Sensor System) หมายถึง ระบบที่รับค่าเปลี่ยนแปลงทางกล แล้วนำมาแปลงค่าเป็นค่าทางไฟฟ้า (กระแสและแรงดัน) เพื่อที่จะนำค่าทางไฟฟ้าไปใช้งานต่างๆต่อไป เช่น นำสัญญาณไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณอินพุตของระบบควบคุม หรือ แปลงค่าไฟฟ้าที่ได้เป็นสัญญาณตัวเลข (Digit) ตัวอย่างระบบเซนเซอร์ เช่น ระบบโหลดเซลล์ (Load Cell) เป็นต้น

ส่วนประกอบของระบบเซนเซอร์ ประกอบด้วย 4 ส่วนดังนี้

ส่วนตรวจจับ (Sensing Element) คือ ส่วนที่สัมผัสกับกระบวนการ (process) และให้ค่าเอาต์พุตซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ในการวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น

- ตัวเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ให้ค่าเอาต์พุตเป็นมิลลิโวลต์ตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ
- ตัว Strain gauge ให้ค่าเอาต์พุตเป็นความต้านทานตามการเปลี่ยนแปลงของค่าความเครียด (Strain) ทางกลศาสตร์ (mechanical)
- ตัว Orifice plate ให้ค่าความดันตกคร่อมตามการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลที่ไหลผ่านท่อ

ส่วนการปรับแต่งสถานะของสัญญาณ (Signal Condition Element) คือ ส่วนที่ทำหน้าที่นำค่าเอาต์พุตที่ได้จากส่วนตรวจจับมาทำการแปลงให้มีรูปแบบเหมาะสมกับส่วนประมวลสัญญาณ เช่น เป็นค่าความต้านทานที่ได้จาก Strain gauge เป็นแรงดัน DC หรือ กระแส DC หรือแปลงเป็นสัญญาณความถี่ ตัวอย่างเช่น

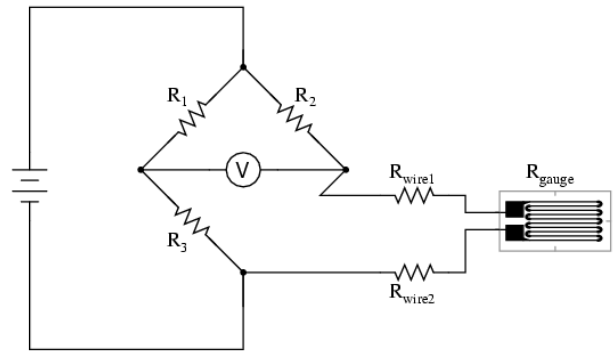
- วงจร Deflection Bridge ใช้แปลงค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงเป็นแรงดันที่เปลี่ยนแปลง
- วงจรขยาย ซึ่งขยายแรงดันจากระดับมิลลิโวลต์ ให้เป็นระดับโวลต์
- วงจร Oscillator ซึ่งแปลงค่าความถี่ที่เปลี่ยนแปลงให้เป็นความถี่ที่เปลี่ยนแปลง

ส่วนประมวลสัญญาณ (Signal Processing Element) คือ ส่วนที่จะนำค่าของเอาต์พุตจากส่วนที่ได้จากการปรับแต่งสถานะของสัญญาณแล้ว ไปแปลงเป็นค่าที่เหมาะสมกับส่วนแสดงผล เช่น แปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งเป็นสัญญาณให้กับคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะคำนวณค่าที่วัดของสัญญาณที่รับเข้ามาเป็นสัญญาณดิจิทัล

ส่วนแสดงผล (Data Presentation) คือ ส่วนที่ทำหน้าที่แสดงภาวะจากการตรวจจับให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการอ่านค่า เช่น ตัวเลข, เข็มชี้, กระดาษบันทึก หรือ แสดงเป็นกราฟ เป็นต้น

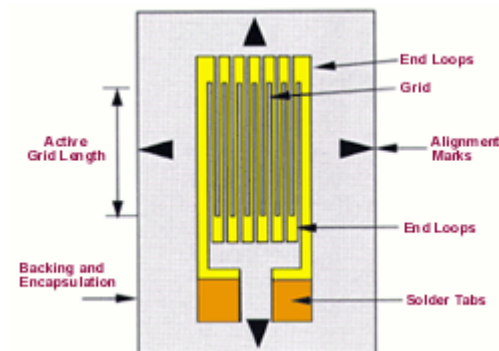
5.2 โหลดเซลล์ (Load Cell)

โหลดเซลล์ เป็นระบบเซนเซอร์ที่แปลงค่าน้ำหนักทางกลของสิ่งของ (กรัม, กิโลกรัม) ให้เป็นปริมาณทางไฟฟ้า (แรงดัน, V) ซึ่งประกอบด้วย Strian gauge เป็นส่วนตัวจับ ซึ่งจะคอยเปลี่ยนค่าความเครียดทางกลอันเนื่องมาจากน้ำหนักของวัตถุ เป็นค่าความต้านทานไฟฟ้า เมื่อนำค่าความต้านทานที่ได้จาก Strain gauge มาต่อเข้ากับวงจร Deflection Bridge ซึ่งต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรง (DC Voltage) ก็จะสามารถหาค่าเอาต์พุตของน้ำหนักวัตถุที่เป็นเปลี่ยนแปลงเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าได้ ซึ่งสามารถนำสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ไปต่อกับวงจร Seven Segment เพื่อแสดงผลค่าน้ำหนักออกมาเป็นตัวเลขได้



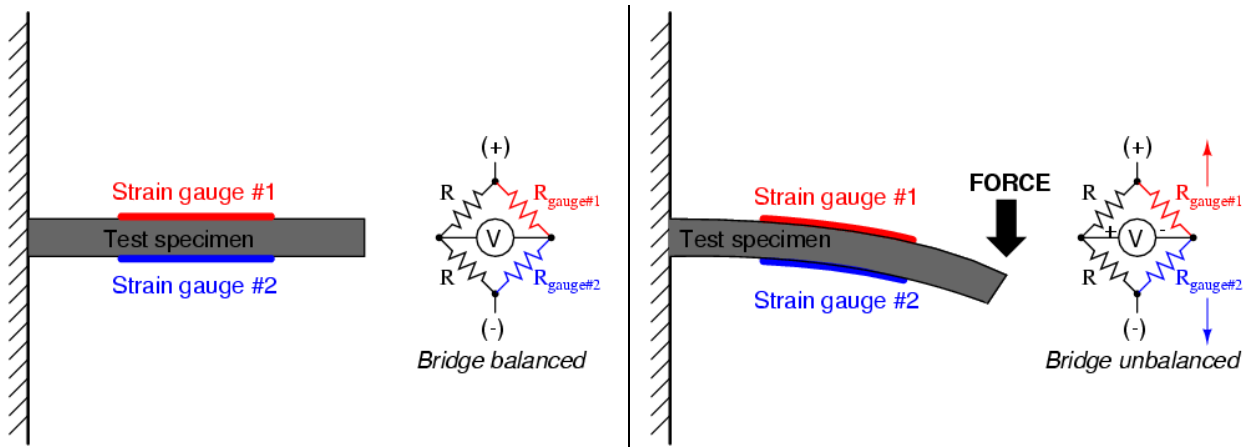
รูปที่ 1 อุปกรณ์และระบบโหลดเซลล์

5.2.1 Strain Gauges คืออุปกรณ์ที่เปลี่ยนค่าความเครียด (Strain) ที่เปลี่ยนแปลงไปอันเนื่องมาจากน้ำหนักของวัตถุ ซึ่งเอาต์พุตที่ได้จาก Strain Gauges คือ ค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลง (Ohm) ลักษณะของ Strain Gauges แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะของ Strain Gauge

ตัวอย่างการใช้งาน Strain Gauge แสดงในรูปที่ 3

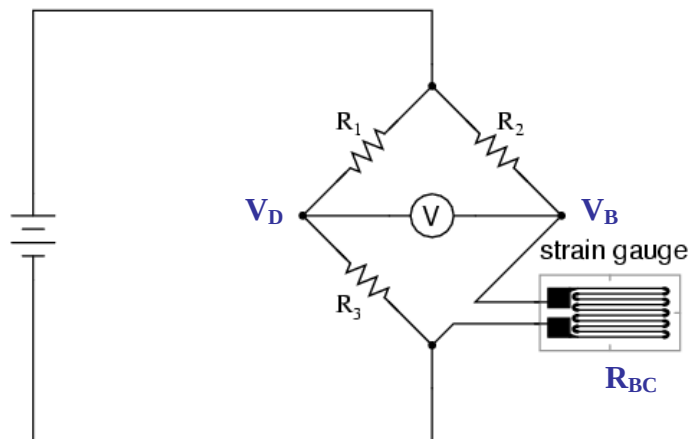


รูปที่ 3 แสดงการใช้งาน Strain Gauge

จากรูปที่ 3 พบว่า	เมื่อ	$W = 0$ กรัม	$R = 120 \Omega$
		$W = 100$ กรัม	$R = 125 \Omega$
	และ	$\Delta W = 100 - 0$	$= 100$ กรัม
		$\Delta R = 125 - 120$	$= 5 \Omega$
จะได้ความไวของตัว Strain Gauge เท่ากับ		$5/100$	$= 0.05 \Omega/\text{กรัม}$

5.2.2 วงจร Deflection Bridge เป็นวงจรที่ใช้แปลงค่าจากความต้านทาน (Ohm) เป็นค่าแรงดันไฟฟ้า DC โดยวงจรจะต่อเข้าค่าความต้านทานที่ได้จาก Strain Gauge ในลักษณะดังรูปที่ 4

Quarter-bridge strain gauge circuit



รูปที่ 4 การต่อ Strain Gauge เข้ากับวงจร Deflection Bridge

ตัวอย่างการใช้วงจร Defection Bridge เช่น สมมติให้ $R_1 = R_2 = R_3 = 120 \Omega$

จะได้แรงดันที่ Volt Meter

$$V = V_B - V_D$$

จากวงจร พบว่า

$$V_D = \frac{5V \times 120\Omega}{120\Omega + 120\Omega} = 2.5 V$$

เมื่อ $W = 0$ กรัม, $R_{BC} = 120 \Omega$ จะได้

$$V_B = \frac{5V \times 120\Omega}{120\Omega + 120\Omega} = 2.5 V$$

จะได้

$$V = 2.5 - 2.5$$

$$= 0 V.$$

เมื่อ $W = 100$ กรัม, $R_{BC} = 125 \Omega$ จะได้

$$V_B = \frac{5V \times 125\Omega}{125\Omega + 120\Omega} = 2.55 V$$

จะได้

$$V = 2.55 - 2.5$$

$$= 0.05 V. \quad = 50 mV$$

$$\begin{aligned} \text{สามารถหาค่าความไวของวงจร Defection Bridge} &= \frac{\Delta V_{\max} - \Delta V_{\min}}{W_{\max} - W_{\min}} \\ &= \frac{50mV - 0mV}{100g - 0g} \\ &= 0.5 mV / g \end{aligned}$$

6.0 ขั้นตอนการปฏิบัติการ

ตอนที่ 0 ติดตั้งอุปกรณ์

- วัดความต้านทานแต่ละตัว ในแผงโหลดเซลล์

$$R_1 = \dots \Omega \quad R_2 = \dots \Omega$$

$$R_3 = \dots \Omega \quad R_4 = \dots \Omega$$

- ต่อแผงโหลดเซลล์ (Load Cell) เข้ากับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าและ Multi meter ดังลักษณะตามรูปที่ 1

- ปรับแรงดันของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ ระดับ 15 V และปรับ Multi Meter ให้ทำงานในโหมดวัดแรงดันไฟฟ้า

- อ่านค่าแรงดันที่ได้จาก Multi Meter ได้แรงดันเท่ากับ.....

ตอนที่ 1 ศึกษาความสามารถในการวัดค่าเดิมๆ หลายครั้ง (Repeatability)

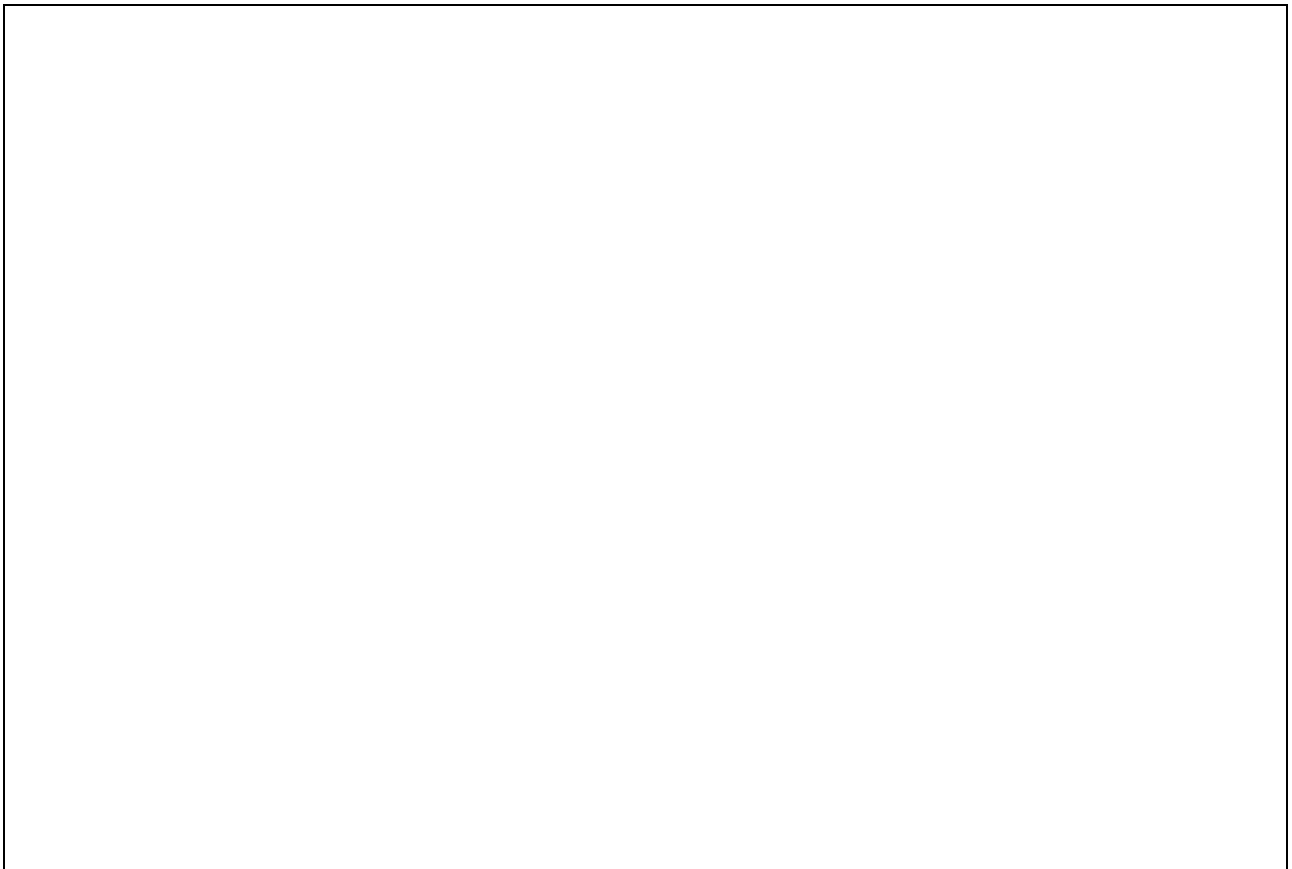
1. นำตุ้ม A ไปวางที่โหลดเซลล์ อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าได้จาก Multi Meter
2. ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 10 ครั้ง แล้วบันทึกในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าจากการทดสอบตอนที่ 1 (Repeatability)

ครั้งที่	Load Cell Output (mV)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
ค่าสูงสุด (Maximum)	
ค่าต่ำสุด (Minimum)	
ค่าเฉลี่ย (Average)	

3. พล็อตกราฟที่ได้จากตารางที่ 1 โดยให้แกน X เป็นครั้งที่วัด และ แกน Y เป็นค่า Load Cell Output

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Load Cell Output กับ ครั้งที่ทำการวัด



4. วิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้ จากการทดลองข้อ 1 ถึง 3

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 ศึกษาความสามารถในการวัดค่าอินพุตจากค่าต่ำสุดไปจนถึงค่าสูงสุดและวัดค่าอินพุตสูงสุดไปจนถึงค่าต่ำสุด (Reproducibility)

1. นำตุ้มน้ำหนัก ไปวางบนโหลดเซลล์ แล้วอ่านค่าที่ได้ โดยค่อยๆ เพิ่มจำนวนตุ้มน้ำหนักทีละลูก และบันทึกค่าแรงดันที่อ่านได้ในตารางที่ 2 (ช่องเพิ่มขึ้น)
2. ทำการทดลองแบบเดียวกับข้อ 1 แต่ทำกลับกัน คือ ให้ลดจำนวนตุ้มน้ำหนักทีละลูก และบันทึกค่าแรงดันที่อ่านได้ในตารางที่ 2 (ช่องลดลง)

ตารางที่ 2 ค่าจากการทดลองตอนที่ 2 (Reproducibility)

โหลด	น้ำหนัก (กรัม)	Load Cell Output (mV)	
		เพิ่มขึ้น	ลดลง
0			
F			
E+F			
D+F			
D+E+F			
C+D+F			
C+D+E+F			
B+C+D			
B+C+D+E			
B+C+D+E+F			
A+B+C+F			
A+B+C+E+F			
A+B+C+D+F			
A+B+C+D+E+F			

3. ผลต่างของค่า Load Cell Output ระหว่างกรณีเพิ่มตุ้มน้ำหนัก กับ กรณีลดตุ้มน้ำหนัก
 - มีผลต่างมากที่สุด เท่ากับ.....mV ที่โหลดขนาด.....กรัม
 - มีผลต่างน้อยที่สุด เท่ากับ.....mV ที่โหลดขนาด.....กรัม

4. พล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนัก (กรัม) (แกน X) กับ Load Cell Output (แกน Y) ที่ได้จากการทดลองที่ 2 โดยพล็อตค่าจากการเพิ่มน้ำหนัก กับ การลดน้ำหนัก ไว้ในกราฟเดียวกัน

กราฟแสดงความสามารถ Reproducibility ของโหลดเซลล์



5. กราฟที่ได้มีลักษณะอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. วิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลองทั้งหมด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.0 คำถามท้ายการทดลอง

1. จงยกตัวอย่างระบบเซนเซอร์มา 1 ระบบ พร้อมทั้งอธิบายการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. สามารถประยุกต์โหลดเซลล์ (Load Cell) ไปทำงานอะไรได้บ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ถ้าต้องการให้โหลดเซลล์แสดงค่าน้ำหนัก (กรัม) ออกมาเป็นตัวเลข จะต้องทำอะไร พร้อมคำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....