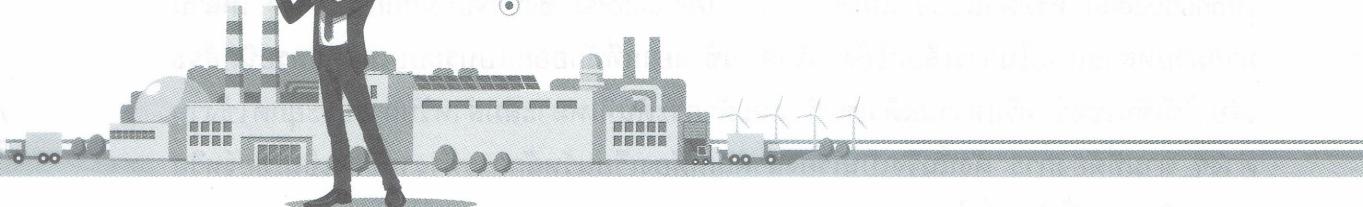




## เซ็นเซอร์และตัวแปลงสัญญาณ (Sensors and Transducers)



### สาระสำคัญ

การวัดเป็นระบบย่อที่สำคัญของระบบเมคคาทรอนิกส์ การวัดเป็นหน้าที่หลักของการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานะของระบบและป้อนข้อมูลนั้นให้กับระบบเพื่อควบคุมระบบ ทั้งหมด ระบบการวัดประกอบด้วยเซ็นเซอร์ (Sensors) หรือตัวตรวจวัด ทรานส์ดิวเซอร์ (Transducers) หรือตัวแปลง และตัวกระตุ้น (Actuators) ซึ่งนักออกแบบระบบเมคคาทรอนิกส์จะเลือกใช้เซ็นเซอร์ ทรานส์ดิวเซอร์ และตัวกระตุ้นที่เหมาะสมสมลักษณะ การประยุกต์ใช้งานต่างๆ ตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องเรียนรู้หลักการทำงานของเซ็นเซอร์หรือทรานส์ดิวเซอร์ที่ใช้กันทั่วไป

#### จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้

1. มีความรู้ความเข้าใจชนิดของเซ็นเซอร์และการทำงาน
2. มีความรู้ความเข้าใจชนิดของทรานส์ดิวเซอร์และการทำงาน
3. มีความรู้ความเข้าใจชนิดของตัวกระตุ้นและการทำงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายชนิดของเซ็นเซอร์และการทำงานได้อย่างถูกต้อง
2. อธิบายชนิดของทรานส์ดิวเซอร์และการทำงานได้อย่างถูกต้อง
3. อธิบายชนิดของตัวกระตุ้นและการทำงานได้อย่างถูกต้อง
4. ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องมีความปลอดภัยและสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

#### เนื้อหาสาระ

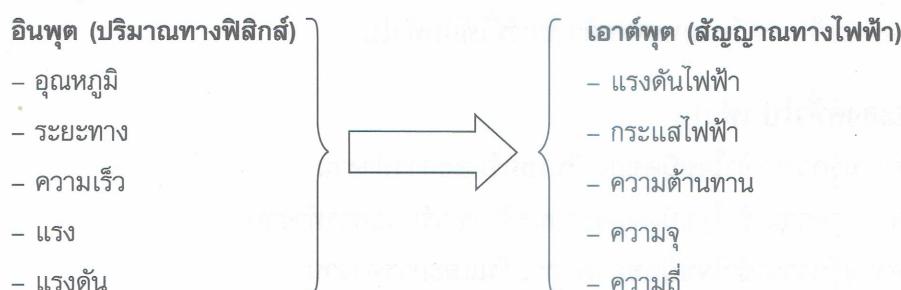
ศึกษาหลักการทำงานของเซ็นเซอร์ ทรานส์ดิวเซอร์ และตัวกระตุ้นชนิดต่างๆ

การวัดเป็นระบบย่อที่สำคัญของระบบเมคคาทรอนิกส์ การวัดเป็นหน้าที่หลักของการรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานะของระบบและป้อนข้อมูลนั้นให้กับระบบเพื่อควบคุมระบบทั้งหมด

ระบบการวัดประกอบด้วยเช็นเซอร์ (Sensors) หรือตัวตรวจวัด และทรานส์ดิวเซอร์ (Transducers) หรือตัวแปลง และตัวกระตุ้น (Actuators) ซึ่งปัจจุบันมีอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้มายາมายหลายแบบในการเลือกใช้งานจึงค่อนข้างยากที่นักออกแบบระบบเมคคาทรอนิกส์จะเลือกใช้เช็นเซอร์ หรือทรานส์ดิวเซอร์ และตัวกระตุ้นที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานต่างๆ ตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องเรียนรู้หลักการทำงานของเช็นเซอร์หรือทรานส์ดิวเซอร์ที่ใช้กันทั่วไป

## 1.1 เช็นเซอร์ (Sensors)

เช็นเซอร์ คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณทางฟิสิกส์ และเปลี่ยนสัญญาณอินพุตที่เป็นปริมาณทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณแบบแอนะล็อกหรือแบบดิจิทัลที่สัมพันธ์กับปริมาณที่ตรวจวัด เช่น แรงดันไฟฟ้า ความชื้น ความเนื้อiyana และความต้านทาน เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 อินพุตและเอาต์พุตของเช็นเซอร์

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการผลิต ทำให้เช็นเซอร์มีส่วนร่วมอย่างมากในการเปลี่ยนกระบวนการผลิตแบบเดิมให้เป็นกระบวนการผลิตที่ทันสมัย โดยใช้เป็นสวิตซ์เพื่อดำเนินการผลิตโดยอัตโนมัติหรือเป็นระบบอัตโนมัติมากขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องมีคนคอยเฝ้าดูแลตรวจสอบและควบคุมกระบวนการ ลดความต้องการแรงงานที่มีทักษะและมีประสบการณ์

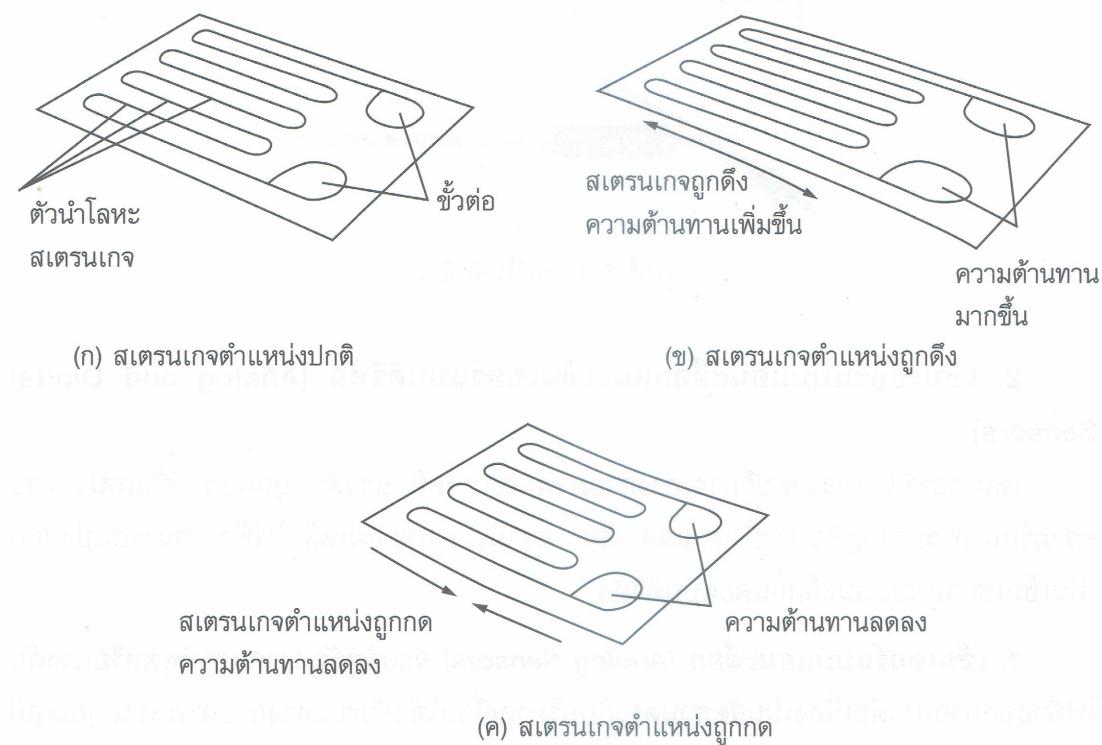
เช็นเซอร์สามารถตรวจจับปัญหาที่เกิดขึ้นในสายการผลิตและหยุดสายการผลิตได้โดยอัตโนมัติ ตลอดจนการตรวจสอบกระบวนการผลิตให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ มีความถูกต้อง และมีความแม่นยำสูง หรือในบ้าน เช็นเซอร์สามารถใช้เป็นอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยในการตรวจจับการปิด-เปิดหน้าต่างหรือประตู

### 1.1.1 การแบ่งประเภทของเซ็นเซอร์ (Classification of Sensors)

เซ็นเซอร์กับการใช้งานในระบบมeccanics และการผลิต สามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ สอดคล้องกับหน้าที่การทำงาน เช่น การตรวจวัด ขอบเขตการใช้งาน หลักการแปลง สัญญาณ การใช้กำลังงานในการตรวจวัด ได้แก่

#### 1. เช็นเซอร์แบบแอคทีฟและเช็นเซอร์แบบพาสซีฟ (Active Sensors and Passive Sensors)

1. เช็นเซอร์แบบแอคทีฟ (Active Sensors) เช็นเซอร์แบบนี้ต้องใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกให้กับเช็นเซอร์เรียกว่า สัญญาณกระตุ้น ซึ่งเมื่อเช็นเซอร์ทำงานตอบสนองต่อผลลัพธ์ภายนอกจะเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานหรือกระแสไฟฟ้า หรือแรงดันไฟฟ้า หรือความถี่อุ่นมา เมื่อสมบัติเปลี่ยนไปตามการตอบสนองต่อผลลัพธ์ภายนอก ตัวอย่างเช่น สเตรนเกจ (Strain Gauge) ซึ่งเกิดการเลี้ยวโค้ง จะทำให้ความต้านทานภายในตัวลามเตวนเกจเกิดการเปลี่ยนแปลง ความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงนี้จะถูกนำไปใช้ในการตรวจวัด ดังแสดงในรูปที่ 1.2



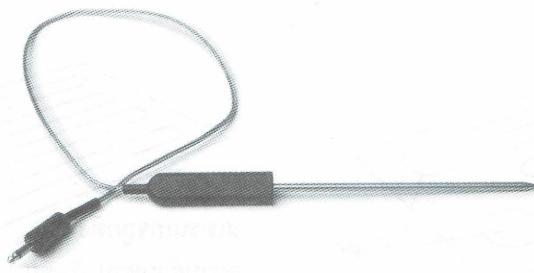
รูปที่ 1.2 สเตรนเกจ

## หมายเหตุ

ในทางปฏิบัติ เมื่อมีการใช้งานเซ็นเซอร์แบบนี้ จะต้องมีวงจร อิเล็กทรอนิกส์เพื่อขยายสัญญาณเอาต์พุตให้มีช่วงแรงดันไฟฟ้า ที่ถูกต้อง

### 2. เซ็นเซอร์แบบพาสซีฟ (Passive Sensors) เซ็นเซอร์แบบนี้ไม่ต้องการกำลังงาน

ไฟฟ้าจากภายนอกหรือแรงดันไฟฟ้ากระตุ้นให้กับเซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์แบบพาสซีฟจะสร้าง สัญญาณเอาต์พุตออกมาเอง เมื่อมีการกระตุ้นจากภายนอก ด้วยร่างเช่น เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ที่สร้างแรงดันไฟฟ้าออกมานี้ เมื่อสัมผัสกับความร้อน เซ็นเซอร์แบบพาสซีฟ จะเปลี่ยนสมบัติทางพิสิกส์ เช่น ความด้านทาน ความจุ หรือความหนึ่งวัน เป็นต้น ดังแสดง ในรูปที่ 1.3

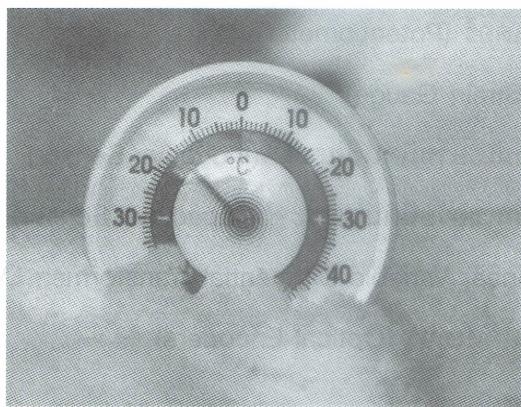


รูปที่ 1.3 เทอร์โมคัปเปิล

### 2. เซ็นเซอร์แบบแอนะล็อกและเซ็นเซอร์แบบดิจิทัล (Analog and Digital Sensors)

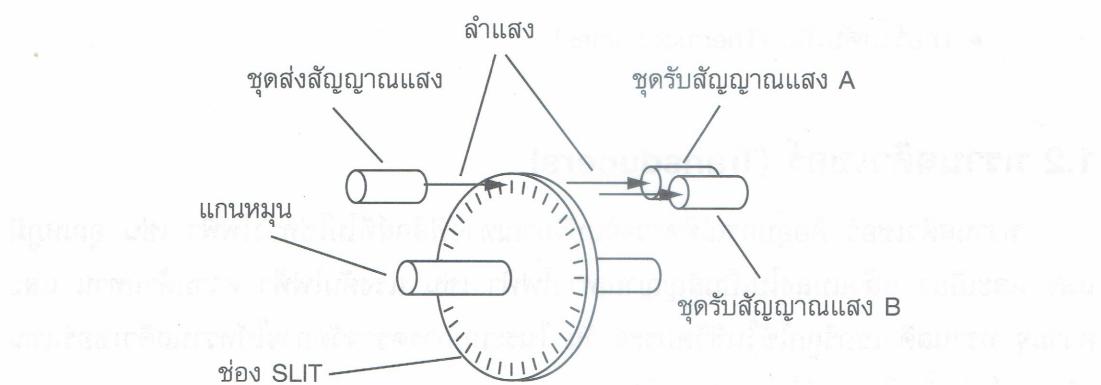
เซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจวัดปริมาณทางกายภาพ เช่น เคมี แรงดัน อุณหภูมิ ตำแหน่ง แรง ความร้อน การประจุตัว การโหลด แสง เลียง ความเร็ว และแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถแบ่งออก เป็นเซ็นเซอร์แบบแอนะล็อกและแบบดิจิทัล

#### 1. เซ็นเซอร์แบบแอนะล็อก (Analog Sensors) จะผลิตสัญญาณเอาต์พุตหรือแรงดันไฟฟ้าออกมาอย่างต่อเนื่องเป็นลักษณะส่วนต่างกับปริมาณที่วัดได้ ปริมาณทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ ความเร็ว แรงดัน ความเค้น ความเครียด และระยะทาง เป็นต้น ซึ่งปริมาณทางกายภาพที่ต่อเนื่องตามธรรมชาตินี้คือ ปริมาณแบบแอนะล็อก ด้วยร่าง เช่น เทอร์โมมิเตอร์ หรือเทอร์โมคัปเปิล จะแสดงอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้อย่างต่อเนื่องเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือลดลง ดังแสดงในรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 เทอร์โมมิเตอร์

**2. เช็นเซอร์แบบดิจิทัล (Digital Sensors)** จะผลิตสัญญาณเอาต์พุตในรูปของ ลอจิก 1 หรือลอจิก 0 (ON หรือ OFF) ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลหรือเรngดันไฟฟ้าแบบไม่ต่อ เนื่องตามปริมาณที่ตรวจจัดได้ ซึ่งอาจจะส่งออกมาเป็นบิตเดียว (Bit) หรือหลายบิต หรือใบต์ เดียว (Byte) ตัวอย่างเช่น เช็นเซอร์โรตารีอีเน็คิดเดอร์ (Rotary Encoder Sensor) ซึ่งเมื่อ แผ่นจานหมุน แสงที่ลอดผ่านรูเจาะได้จะอยู่ในสภาวะลอจิก 1 หรือ ON และเมื่อแสงไม่ สามารถลอดผ่านรูเจาะได้จะอยู่ในสภาวะลอจิก 0 หรือ OFF ดังแสดงในรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 เช็นเซอร์โรตารีอีเน็คิดเดอร์

**3. แบ่งตามปรากฏการณ์ทางกายภาพ (Physical Phenomenon) ได้แก่**

**1. เช็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ การ位置จัดและตำแหน่ง (Displacement, Position and Proximity Sensors)** ได้แก่

- โพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer)
- สเตรนเกจ (Strain Gauge)
- พร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor)
- พร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์ชนิดเก็บประจุ (Capacitive Sensor)
- แอลวีดีที (Linear Variable Differential Transformer; LVDT)
- ออปติคัลเอ็นโคเดอร์ (Optical Encoders)

## 2. เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วและการเคลื่อนที่ (Velocity and Motion) ได้แก่

- อินครีเมนตอลเอ็นโคเดอร์ (Incremental Encoder)
- เทคโคลูเจนเนอเรเตอร์ (Tachogenerator)

## 3. เซ็นเซอร์ตรวจวัดแรง (Force Sensor)

- สเตรนเกจโหลดเซล (Strain Gauge Load Cell)

## 4. เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor)

- อาร์ทีดี (Resistance Temperature Detectors; RTD)
- เทอร์มิสเตอร์ (Thermistors)
- เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouples)

## 1.2 ทรานส์ดิวเซอร์ (Transducers)

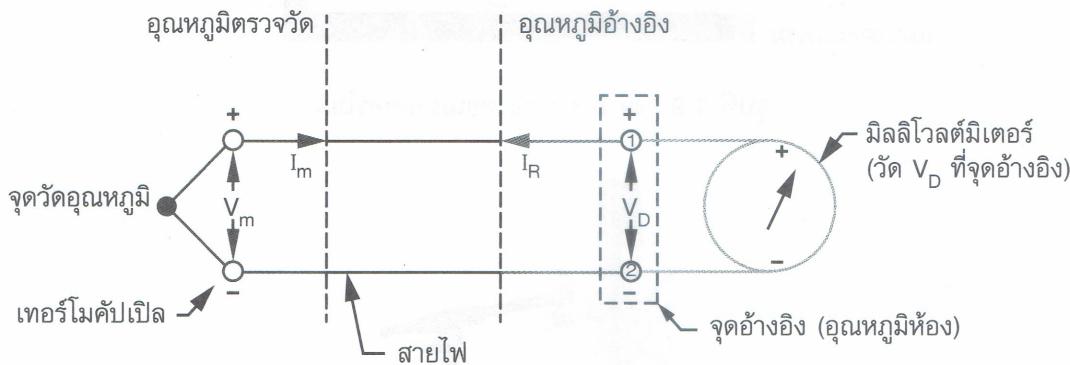
ทรานส์ดิวเซอร์ คืออุปกรณ์ที่ตรวจจับปริมาณทางฟิสิกส์ที่ไม่ใช่ไฟฟ้า เช่น อุณหภูมิ แสง และเสียง และแปลงไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน และความชื้น ทรานส์ดิวเซอร์ถูกใช้ในชีวิตประจำวัน ในระบบการตรวจวัดอาจใช้ทรานส์ดิวเซอร์แทนเซ็นเซอร์ ดังนั้นเซ็นเซอร์ก็คือ ทรานส์ดิวเซอร์

ทรานส์ดิวเซอร์มี 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ **ส่วนตรวจจับ (Sensing Element)** ซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณทางฟิสิกส์และการตอบสนอง โดยจะเป็นส่วนหนึ่งของเซ็นเซอร์ และ **ส่วนแปลงสัญญาณ (Transduction Element)** โดยที่เอาต์พุตของส่วนตรวจจับจะถูกส่งผ่านไปยังส่วนแปลงสัญญาณ ส่วนแปลงสัญญาณนี้จะทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณที่ไม่ใช่ไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าด้วยสัดส่วนตรง ทรานส์ดิวเซอร์จึงทำหน้าที่ทั้งตรวจจับและแปลงสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 โครงสร้างของทรานส์ดิวเซอร์

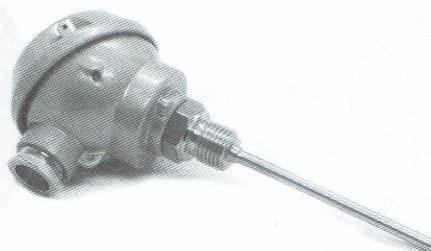
ตัวอย่างที่ดีที่สุดของทรานส์ดิวเซอร์คือ เทอร์โมคัปเปิล ซึ่งจะสร้างแรงดันไฟฟ้าออ กมา เองเมื่อได้รับความร้อนที่จุดเชื่อมต่อของโลหะต่างชนิด ดังแสดงในรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 วงจรเอาต์พุตของเทอร์โมคัปเปิล

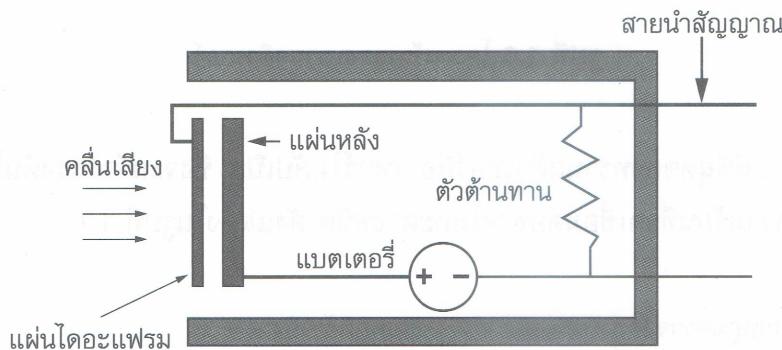
### 1.2.1 ตัวอย่างของทรานส์ดิวเซอร์ (Examples of Transducers) ได้แก่

**1. เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)** คือเช็นเซอร์ที่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิ แล้วผลิตแรงดันไฟฟ้าตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และจะเป็นทรานส์ดิวเซอร์ เมื่อเปลี่ยนพลังงานความร้อนไปเป็นพลังงานไฟฟ้าตามค่าอุณหภูมิต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 เทอร์โมคัปเปิล

**2. ไมโครโฟน (Microphone)** เป็นอุปกรณ์ที่รับเสียงจากลักษณะทางไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 1.9 และรูปที่ 1.10

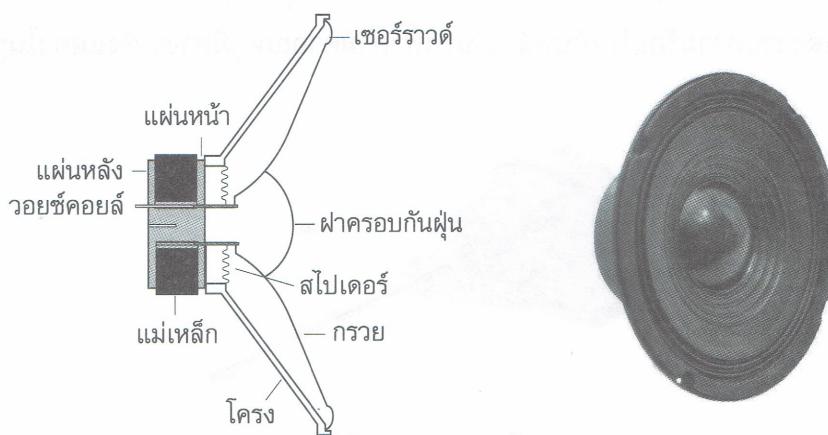


รูปที่ 1.9 วงจรภายในของค้อนเดนเซอร์ไมค์



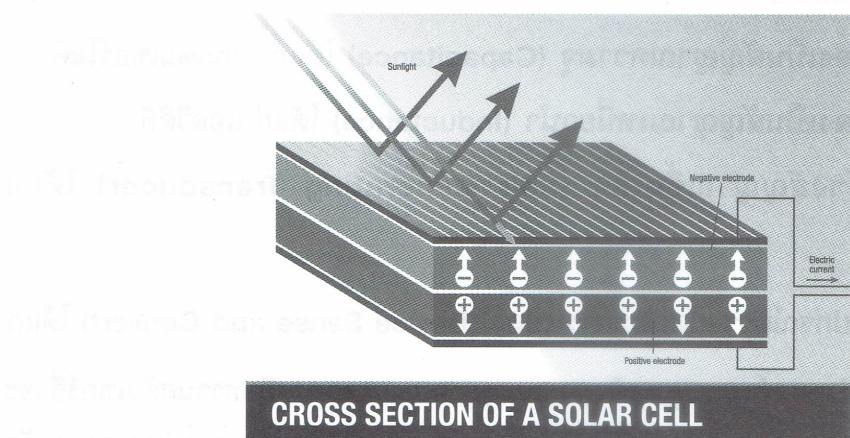
รูปที่ 1.10 ค้อนเดนเซอร์ไมค์

**3. ลำโพง (Speaker)** เป็นอุปกรณ์กำเนิดเสียง โดยการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับมา จากไมโครโฟนเป็นพลังงานเสียงตามลักษณะทางไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 1.11



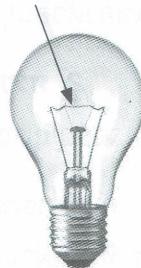
รูปที่ 1.11 ลำโพงไนามิก

**4. เชลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)** เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จับพลังงานแสงแดดแล้วเปลี่ยนไปเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง ดังแสดงในรูปที่ 1.12



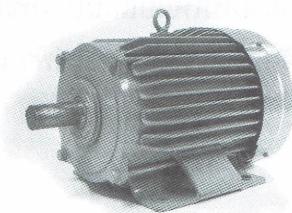
รูปที่ 1.12 การทำงานของเชลล์แสงอาทิตย์

**5. หลอดไส้ (Incandescent Light Lamp)** เป็นหลอดไฟฟ้าที่ผลิตแสงด้วยการให้ความร้อนของกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำจนร้อนที่อุณหภูมิสูงและเกิดการเรืองแสง ดังนั้นหลอดไส้จึงเป็นทรานสิเดวเซอร์ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงและความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 1.13



รูปที่ 1.13 หลอดไส้

**6. มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor)** คือทรานสิเดวเซอร์ เพราะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกลหรือการเคลื่อนที่ ดังแสดงในรูปที่ 1.14



รูปที่ 1.14 มอเตอร์ไฟฟ้า

### 1.2.2 การแบ่งประเภทของทรานสิเดวเซอร์ (Classifications of Transducer)

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าคือ ทรานสิเดวเซอร์ จะมีหลายชนิด เนื่องจากอินพุตจะมีค่าพารามิเตอร์ทางฟิสิกส์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ทรานสิเดวเซอร์ประเภทต่างๆ เพื่อการตรวจวัดให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ การแบ่งประเภทของทรานสิเดวเซอร์เพื่อการใช้งานในระบบเมคคาทรอนิกส์และการผลิต สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

## 1. แบ่งตามการแปลงสัญญาณทางไฟฟ้า (Transduction Signal) ได้แก่

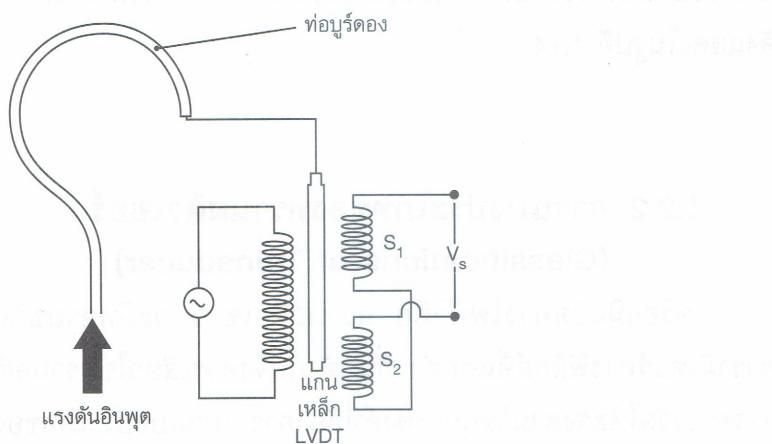
1. การแปลงเป็นสัญญาณความต้านทาน (Resistance) ได้แก่ โพเทนซิโอมิเตอร์ สเตرنเกจ และเทอร์มิสเตอร์
2. การแปลงเป็นสัญญาณความจุ (Capacitance) ได้แก่ คอนเดนเซอร์ไมค์
3. การแปลงเป็นสัญญาณเหนี่ยวนำ (Inductance) ได้แก่ แอลวีดีที
4. การสร้างสัญญาณขึ้นเอง (Self Generating Transducer) ได้แก่ เทอร์โมคัปเปิล

## 2. แบ่งตามอุปกรณ์ตรวจวัดและการแปลง (Device Sense and Convert) ได้แก่

1. ทรานส์ดิวเซอร์แบบปฐมภูมิ (Primary Transducer) คือทรานส์ดิวเซอร์ซึ่งจะทำการตรวจวัดและแปลงค่าการตรวจวัดที่ได้ให้เป็นเอาต์พุตทางพิลิกส์ต่างๆ เช่น การกระจัดความเครียด เป็นต้น และเอาต์พุตในรูปแบบต่างๆ เหล่านี้ จะถูกส่งไปให้เป็นอินพุตของทรานส์ดิวเซอร์ตัวอื่นๆ

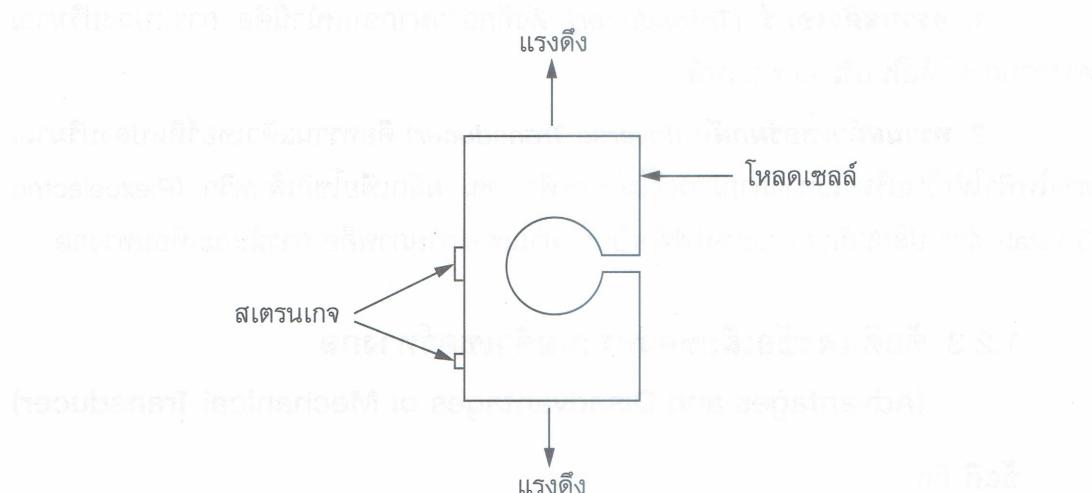
2. ทรานส์ดิวเซอร์แบบทุติยภูมิ (Secondary Transducer) คือทรานส์ดิวเซอร์ซึ่งแปลงสัญญาณเอาต์พุตทางพิลิกส์ของทรานส์ดิวเซอร์แบบปฐมภูมิให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

ตัวอย่างเช่น ในกรณีของการวัดแรงดันท่อบูร์ดอง (Bourdon Tube) จะตรวจวัดแรงดันต่างๆ ที่ให้ผ่านเข้าไปในท่อบูร์ดอง โดยท่อบูร์ดองด้านปลายอิสระจะแปลงแรงดันให้เป็นระยะชัด ท่อบูร์ดองจึงเป็นทรานส์ดิวเซอร์แบบปฐมภูมิ และระยะนี้จะดัดของด้านปลายอิสระจะถูกส่งถ่ายไปให้กับแกนเหล็กของทรานส์ดิวเซอร์แอลวีดีที่ให้เคลื่อนที่ แล้วแอลวีดีที่จะเปลี่ยนระยะนี้จะดัดเป็นแรงดันทางไฟฟ้า แอลวีดีที่จึงเป็นทรานส์ดิวเซอร์แบบทุติยภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 1.15



รูปที่ 1.15 ท่อแบบบูร์ดองเป็นทรานส์ดิวเซอร์แบบปฐมภูมิ และแอลวีดีที่เป็นทรานส์ดิวเซอร์แบบทุติยภูมิ

ตัวอย่างเช่น เมื่อโหลดเซลล์ (Load Cells) ได้รับแรงกดหรือแรงดึง จะเกิดการเปลี่ยนรูปอย่างเหมาะสม เซลล์โหลดจึงเป็นทรานสิวเซอร์แบบปฐมภูมิ และการเปลี่ยนรูปของโหลดเซลล์จะทำให้สเตรนเกจเสียรูป จนเกิดการเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนตรงกับความเครียด สเตรนเกจจึงเป็นทรานสิวเซอร์แบบทุติยภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 1.16



รูปที่ 1.16 โหลดเซลล์เป็นทรานสิวเซอร์แบบปฐมภูมิ และสเตรนเกจเป็นทรานสิวเซอร์แบบทุติยภูมิ

### 3. แบ่งตามชนิดการใช้พลังงาน (Self Generated or Externally Powered) ได้แก่

**1. ทรานสิวเซอร์แบบแยกทีฟ (Active Transducer)** คือทรานสิวเซอร์ที่สามารถผลิตสัญญาณเอาต์พุตในรูปของแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้า ไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอก ตัวอย่างเช่น เทอร์โมคัปเปิล

**2. ทรานสิวเซอร์แบบพาสซีฟ (Passive Transducer)** คือทรานสิวเซอร์ที่ไม่สามารถทำงานได้หากไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากภายนอก และจะผลิตสัญญาณเอาต์พุตในรูปของพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ ตัวอย่างเช่น ไมโครโฟน และลำโพง

### 4. แบ่งตามชนิดของสัญญาณที่แปลง (Type of Output Signal) ได้แก่

**1. ทรานสิวเซอร์แบบแอนะล็อก (Analog Transducer)** คือทรานสิวเซอร์ที่เปลี่ยนปริมาณอินพุตเป็นเอาต์พุตอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ตัวอย่างเช่น สเตรนเกจ แอลวีดีที เทอร์โมคัปเปิล และเทอร์มิสเตอร์

**2. ทรานส์ดิวเซอร์แบบดิจิทัล (Digital Transducer)** คือทรานส์ดิวเซอร์ที่เปลี่ยนปริมาณอินพุตให้เป็นเอาต์พุตในรูปของลัญญาณพัลส์ หรือในรูปของโลจิก 1 หรือโลจิก 0 (ON หรือ OFF) ตัวอย่างเช่น โฟโต้เซลล์ (Photocells) และระบบแสง

### 5. แบ่งตามวิธีการแปลง (Transduction Method) ได้แก่

**1. ทรานส์ดิวเซอร์ (Transducer)** ดังที่กล่าวมาก่อนหน้านี้คือ การแปลงปริมาณทางกายภาพให้เป็นปริมาณทางไฟฟ้า

**2. ทรานส์ดิวเซอร์ผกผัน (Inverse Transducer)** คือทรานส์ดิวเซอร์ที่แปลงปริมาณทางไฟฟ้าให้เป็นปริมาณทางกายภาพที่ไม่ใช่ไฟฟ้า เช่น ผลึกเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Crystal) ที่จะเปลี่ยนลัญญาณทางไฟฟ้าเป็นปริมาณทางกายภาพคือ การสั่นสะเทือนทางกล

#### 1.2.3 ข้อดีและข้อเสียของทรานส์ดิวเซอร์ทางกล

##### (Advantages and Disadvantages of Mechanical Transducer)

###### ข้อดี คือ

1. มีความแม่นยำสูงในการทำงาน
2. มีความทนทาน
3. มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างต่ำ
4. ทำงานโดยไม่มีแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก

###### ข้อเสีย คือ

1. มีการตอบสนองต่อความถี่ต่ำ
2. ต้องใช้แรงมากเพื่อเอาชนะแรงเสียดทาน
3. ไม่สามารถใช้ร่วมกับรีโมตคอนโทรล

#### 1.2.4 ข้อดีและข้อเสียของทรานส์ดิวเซอร์ไฟฟ้า

##### (Advantages and Disadvantages of Electrical Transducer)

###### ข้อดี คือ

1. สามารถขยายลัญญาณเอาต์พุตหรือลดทอนลงระดับได้
2. สามารถแสดงลัญญาณเอาต์พุตและบันทึกข้อมูลจากระยะไกลได้
3. อุปกรณ์มีขนาดกะทัดรัด

4. สามารถควบคุมด้วยกำลังงานที่ต่ำมากๆ ได้
5. แรงเสียดทานและแรงเฉียบของมวลจะน้อยที่สุด
6. เป็นการตรวจวัดแบบไม่ล้มผัล

### ข้อเสีย คือ

1. อุปกรณ์มีราคาแพง
2. ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอก
3. มีการตอบสนองต่ออัณูมานรับกวนจากภายนอก

#### **1.2.5 ตัวอย่างคุณลักษณะเฉพาะของทรานสิเดวเซอร์**

ทรานสิเดวเซอร์วัดแรงดันแบบสเตรนเกจ

Range : 50 to 1,000 kPa, 2,000 to 60,000 kPa

Supply Voltage : 5 V DC or AC rms

Full Range Output : 40 mV

Non-linearity and Hysteresis :  $\pm 0.5\%$  Full Range Output

Temperature Range : – 50 °C to + 120 °C When Operating

Thermal Zero Shift : 0.030 % Full Range Output / °C

จากคุณลักษณะเฉพาะของทรานสิเดวเซอร์วัดแรงดันแบบสเตรนเกจ หมายความว่า

- ย่านวัดของทรานสิเดวเซอร์สามารถใช้วัดแรงดันระหว่าง 50 ถึง 1,000 kPa หรือ 2,000 ถึง 60,000 kPa
- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5V DC หรือ AC rms สำหรับให้ทำงาน
- ให้อาต์พูตเต็มย่านวัด 40 mV เมื่อแรงดันย่านวัดต่ำสุด 1,000 kPa และย่านวัดสูงสุด 60,000 kPa
- ความไม่เป็นเชิงเส้นและยีสเตรีซีส มีค่าผิดพลาด  $\pm 0.5\%$  ของอาต์พูตเต็มย่านวัด เช่น  $\pm 5$  kPa ของ 1,000 kPa ของย่านวัดต่ำสุด และ  $\pm 300$  kPa ของ 60,000 ของย่านวัดสูงสุด
- ทรานสิเดวเซอร์สามารถใช้งานระหว่างอุณหภูมิ – 50 °C ถึง + 120 °C

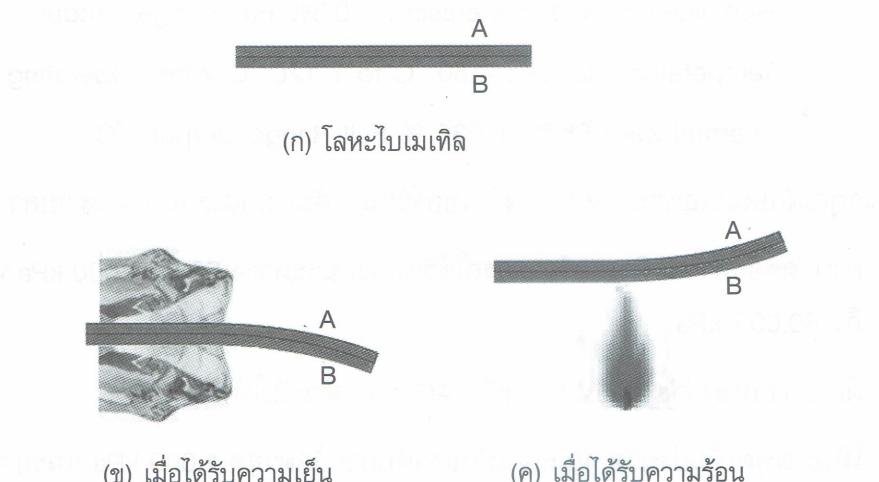
- เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป  $1^{\circ}\text{C}$  เอ้าต์พุตของทرانสดิวเซอร์สำหรับอินพุต 0 จะเปลี่ยนไป  $0.030\%$  ของ  $1,000 \text{ kPa} = 0.3 \text{ kPa}$  ของย่านวัดต่ำสุด และ  $0.030\%$  ของ  $60,000 \text{ kPa} = 18 \text{ kPa}$  ของย่านวัสดุสูงสุด

## 1.3 ตัวกระตุ้น (Actuator)

ตัวกระตุ้นคือ อุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานรูปแบบต่างๆ ให้เป็นการเคลื่อนที่หรือพลังงานกล ดังนั้นตัวกระตุ้นก็คือ ทرانสดิวเซอร์แบบเฉพาะเจาะจง

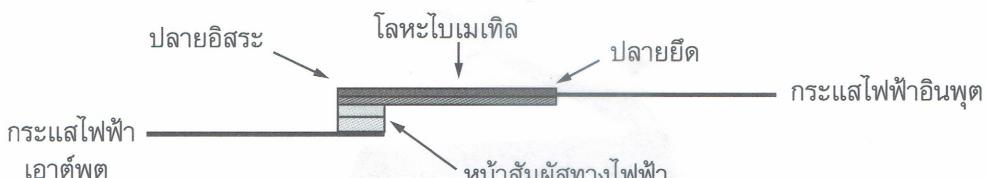
### 1.3.1 ตัวกระตุ้นทางความร้อน (Thermal Actuators)

ตัวกระตุ้นความร้อนชนิดหนึ่งคือ แผงโลหะใบเมเทล (Bimetallic Strip) ที่มีโลหะ 2 ชนิด ประยุกต์ติดกันแนบสนิท อุปกรณ์นี้จะเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นการเคลื่อนที่โดยตรง โดยเป็นผลจากการขยายตัวทางความร้อน จากการที่โลหะทั้งสองจะมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวไม่เท่ากันเมื่อได้รับความร้อน ดังนั้นมีแผงโลหะใบเมเทลได้รับความร้อนหรือความเย็น จะทำให้โลหะใบเมเทลเกิดการโก่งงอ ดังแสดงในรูปที่ 1.17



รูปที่ 1.17 การขยายตัวของโลหะใบเมเทล

แผงโลหะใบเมเทลใช้ประโยชน์จากการขยายตัวทางความร้อนเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ คือ เทอร์โมสตัตที่มีการติดตั้งหน้าสัมผัสอยู่กับที่ และหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ไปมาของแผงโลหะใบเมเทลใช้ในการตัด-ต่อวงจรไฟฟ้า เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.18



(ก) อุณหภูมิปกติ

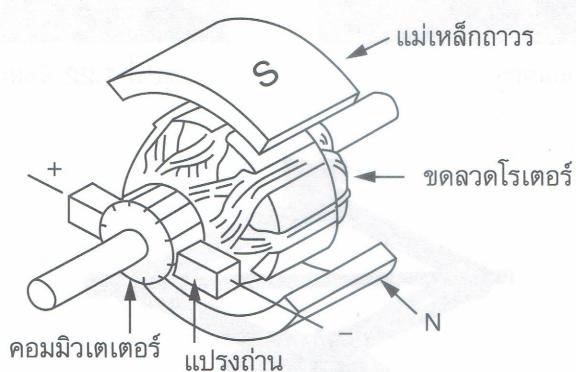


(ข) อุณหภูมิสูงขึ้น

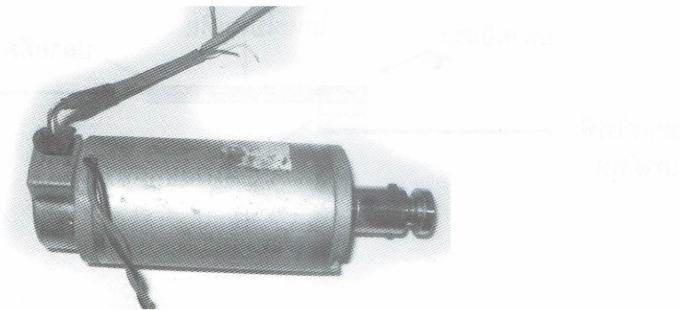
รูปที่ 1.18 การทำงานของโลหะใบเมเมติลในการตัด–ต่อวงจรไฟฟ้า

### 1.3.2 ตัวกระตุนทางไฟฟ้า (Electrical Actuators)

ตัวกระตุนทางไฟฟ้า ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะทำงานโดยมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านชุดลวดและสร้างสนามแม่เหล็กรอบๆ ชุดลวด โดยชุดลวดจะพันรอบๆ เพลาของมอเตอร์ และวางแผนอยู่ระหว่างช่วงของแม่เหล็กการวนไดญ์หรือแม่เหล็กไฟฟ้า ความล้มพ้นช่องสนามแม่เหล็กทั้งสองทำให้เกนเพลาของมอเตอร์หมุน โดยที่มอเตอร์ไฟฟ้าจะเป็นทั้งกรานสติวเชอร์และตัวกระตุน เนื่องจากจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานแม่เหล็ก และเปลี่ยนเป็นพลังงานกลหรือการเคลื่อนที่ ดังแสดงในรูปที่ 1.19 และรูปที่ 1.20



รูปที่ 1.19 ดีซีมอเตอร์แบบแม่เหล็กการ

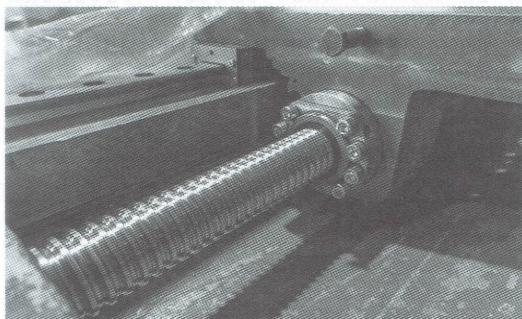


**รูปที่ 1.20** มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวกระตุนทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลหรือการเคลื่อนที่

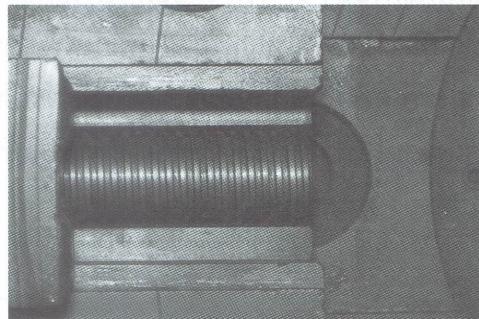
### 1.3.3 ตัวกระตุนทางกล (Mechanical Actuators)

ตัวกระตุนทางกลเชิงเลี้น จะทำหน้าที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่เชิงมุมไปเป็นการเคลื่อนที่เชิงเลี้น การทำงานของตัวกระตุนทางกลจะขึ้นอยู่กับการผสมผสานของชิ้นส่วนทางกลของโครงสร้างได้แก่ ก้านต่อ (Linkages), ลูกเบี้ยว (Cams), เพือง (Gears), แร็คและพีเนียน (Rack and Pinion) และเพลา (Shaft) เป็นต้น

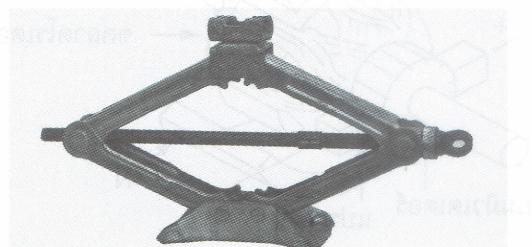
ตัวอย่างของตัวกระตุนทางกลเชิงเลี้น ได้แก่ บอลสกรู (Ball Screw), ลีดสกรู (Lead Screw) และแม่แรง (Screw Jack) ดังแสดงในรูปที่ 1.21 รูปที่ 1.22 และรูปที่ 1.23



**รูปที่ 1.21** บอลสกรู

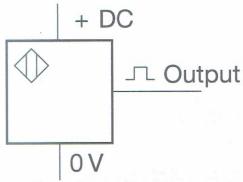
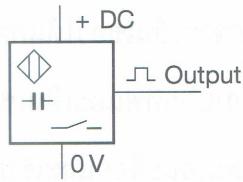
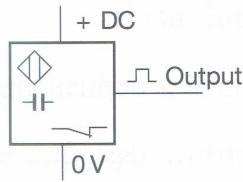
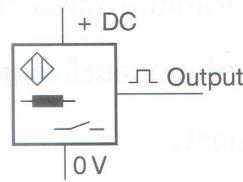
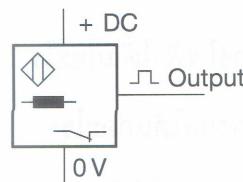
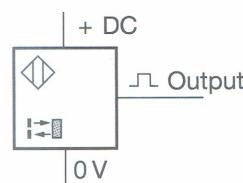


**รูปที่ 1.22** ลีดสกรูในเครื่องกลึง



**รูปที่ 1.23** แม่แรงใช้ลีดสกรู

## 1.4 สัญลักษณ์ของเซ็นเซอร์ (Symbol of Sensors)

ชนิดของเซ็นเซอร์	สัญลักษณ์
	
เซ็นเซอร์เก็บประจุ NO	
เซ็นเซอร์เก็บประจุ NC	
เซ็นเซอร์เหนี่ยววน้ำ NO	
เซ็นเซอร์เหนี่ยววน้ำ NC	
เซ็นเซอร์แสดงแบบตรวจจับโดยตรง	



## ແບບຟິກຫັດກໍາຍົບຖືກທີ່ 1

1. ເຊື້ນເຊົ່ວຄືອະໄຮ
2. ປົມານທາງພຶລິກລົງທີ່ເຊື້ນເຊົ່ວຕ່ວຈັດໄດ້ແກ່ອະໄຮ
3. ເຄົ່າຕຸພູດອອກຈາກເຊື້ນເຊົ່ວໄດ້ແກ່ອະໄຮ
4. ເຊື້ນເຊົ່ວແບບເອກທີຟແລະ ເຊື້ນເຊົ່ວແບບພາສີຟ ແຕກຕ່າງກັນອຍ່າງໄຮ
5. ເຊື້ນເຊົ່ວແບບແອນະລົກແລະ ເຊື້ນເຊົ່ວແບບດີຈິທັລ ແຕກຕ່າງກັນອຍ່າງໄຮ
6. ທຽນສດິວເຊົ່ວຄືອະໄຮ
7. ທຽນສດິວເຊົ່ວມີ 2 ອົງຄປະກອບຫລັກ ໄດ້ແກ່ອະໄຮ
8. ທຽນສດິວເຊົ່ວແບບປຸ່ມກຸມີ ແລະ ທຽນສດິວເຊົ່ວແບບທຸດິກຸມີ ແຕກຕ່າງກັນອຍ່າງໄຮ
9. ທຽນສດິວເຊົ່ວແບບເອກທີຟ ແລະ ທຽນສດິວເຊົ່ວແບບພາສີຟ ແຕກຕ່າງກັນອຍ່າງໄຮ
10. ທຽນສດິວເຊົ່ວແບບແອນະລົກ ແລະ ທຽນສດິວເຊົ່ວແບບດີຈິທັລ ແຕກຕ່າງກັນອຍ່າງໄຮ
11. ຕັກຮະຕຸນຄືອະໄຮ
12. ຕັກຮະຕຸນທາງຄວາມຮ້ອນໄດ້ແກ່ອະໄຮ
13. ຕັກຮະຕຸນທາງໄຟຟ້າໄດ້ແກ່ອະໄຮ
14. ຕັກຮະຕຸນທາງກລໄດ້ແກ່ອະໄຮ
15. ແກນໂລທະໄບເມເກີລໃຊ້ທຳນ້າທີ່ອະໄຮ