

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ

เซ็นเซอร์ ในงานอุตสาหกรรม Industrial Sensors

ผู้แต่ง บุญธรรม ภัทราจารกุล

144.-

ซีเอ็ด

เซ็นเซอร์ในงานอุตสาหกรรม

โดย บุญธรรม ภัทราจารกุล

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย โดย บุญธรรม ภัทราจารกุล © พ.ศ. 2565

ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำการอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ
ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

บุญธรรม ภัทราจารกุล.

เซ็นเซอร์ในงานอุตสาหกรรม. --กรุงเทพฯ : ซีเ็ดยูเคชั่น, 2565.

468 หน้า.

1. อุปกรณ์ตรวจจับ. 2. ทรานสดิวเซอร์.

I. ชื่อเรื่อง.

621.381536

Barcode (e-book) : 9786160845309

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย



บริษัท ซีเ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

เลขที่ 1858/87-90 ถนนเพชรตัด แขวงบางนาใต้ เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260 โทรศัพท์ 0-2826-8000

หากมีคำแนะนำหรือติชม สามารถติดต่อได้ที่ comment@se-ed.com

20127-2008 เซ็นเซอร์ในงานอุตสาหกรรม

1 - 3 - 2

(Industrial Sensors)

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการทำงานและลักษณะสมบัติของเซ็นเซอร์ในงานอุตสาหกรรม
2. มีทักษะเกี่ยวกับการเลือกใช้งาน วัด ทดสอบและบำรุงรักษาเซ็นเซอร์ในงานอุตสาหกรรม
3. มีเจตคติและกิริยาสำนึกที่ดีในการทำงานด้วยความรับผิดชอบ รอบคอบปลอดภัย

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานและลักษณะสมบัติของเซ็นเซอร์ในงานอุตสาหกรรม
2. วัดและทดสอบเซ็นเซอร์ในงานอุตสาหกรรม
3. เลือกใช้งานเซ็นเซอร์ในงานอุตสาหกรรม

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการทำงานพื้นฐานโครงสร้างของเซ็นเซอร์ในงานอุตสาหกรรม แบบแอนะล็อกและดิจิทัล สัญญาณมาตรฐาน ตัวตรวจจับตำแหน่ง ความเร็ว ลิมิตสวิตช์ พร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์ โพเทนชิโอมิเตอร์ เอ็นโค้ดเดอร์ เทคโคเจนเนอเรเตอร์ อุลตราโซนิกส์ แอลวีดีที สเตนเกจ โหลดเซล เทอร์มิสเตอร์ อาร์ทีดีและเทอร์โมคัปเปิล



คำนำ

ระบบการวัดจะประกอบด้วยเซ็นเซอร์ (Sensors) หรือตัวตรวจรู้ และทรานสดิวเซอร์ (Transducers) หรือตัวแปลง และตัวกระตุ้น (Actuators) ซึ่งปัจจุบันจะมีอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้มากมายหลายแบบในการเลือกใช้งาน จึงค่อนข้างยากที่นักออกแบบระบบเมคคาทรอนิกส์จะเลือกใช้เซ็นเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์และตัวกระตุ้นที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานต่างๆ ตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องเรียนรู้หลักการทำงานของเซ็นเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ที่ใช้กันทั่วไป

เซ็นเซอร์ คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณทางฟิสิกส์ และเปลี่ยนสัญญาณอินพุตที่เป็นปริมาณทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณแบบแอนะล็อกหรือแบบดิจิทัลที่สัมพันธ์กับปริมาณที่ตรวจวัด เช่น แรงดันไฟฟ้า ความจุ ความเหนียวนำ และความต้านทาน เป็นต้น เซ็นเซอร์มีส่วนร่วมนอย่างมากในกระบวนการผลิตอัตโนมัติที่ทันสมัย ลดความต้องการแรงงานที่มีทักษะและมีประสบการณ์ เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับปัญหาที่เกิดขึ้นในสายการผลิต และหยุดสายการผลิตได้โดยอัตโนมัติ ตลอดจนการตรวจสอบกระบวนการผลิตให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ มีความถูกต้อง และมีความแม่นยำสูง

ทรานสดิวเซอร์ คืออุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลงสัญญาณปริมาณทางฟิสิกส์ที่ไม่ใช่ทางไฟฟ้า เช่น อุณหภูมิ แสง เสียง ไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน ความจุ ในระบบการตรวจวัดอาจใช้ทรานสดิวเซอร์แทนเซ็นเซอร์ ดังนั้นเซ็นเซอร์ก็คือทรานสดิวเซอร์

วิชาเซ็นเซอร์ในงานอุตสาหกรรม เป็นการศึกษาการทำงานของเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ชนิดต่างๆ ซึ่งเนื้อหาวิชาในหนังสือ **เซ็นเซอร์ในงานอุตสาหกรรม** รหัส

วิชา 20127-2008 เล่มนี้ เรียบเรียงขึ้นตามคำอธิบายรายวิชา ในระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ ประเภทอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา มีเนื้อหาที่ตรงและครบถ้วนตามหลักสูตรพร้อมใบงาน

หากหนังสือเล่มนี้มีข้อผิดพลาดหรือมีคำแนะนำใดๆ กรุณาติดต่อมายังผู้เขียนได้โดยตรงที่ boontham_patraja@yahoo.com เพื่อที่ผู้เขียนจะได้นำคำแนะนำเหล่านั้นมาปรับปรุงหรือเพิ่มเติมในการเขียนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะให้ความรู้และเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านทุกท่าน และขออุทิศความดี ความสมบูรณ์ ของหนังสือเล่มนี้ให้แก่ บิดามารดาผู้ให้กำเนิดและเป็นครูคนแรกที่เคารพรักเทิดทูนอย่างสูงยิ่ง และครูอาจารย์ผู้ประศาสน์วิชาทุกๆ ท่าน

บุญธรรม ภัทราจารุกุล

ดาวน์โหลดแผนการสอนและเฉลยได้ที่ <https://download.se-ed.com>



สารบัญ

บทที่ 1 เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ (Sensors and Transducers).....	1
1.1 เซ็นเซอร์ (Sensors).....	2
1.2 ทรานสดิวเซอร์ (Transducers).....	6
1.3 ตัวกระตุ้น (Actuators).....	14
1.4 สัญลักษณ์ของเซ็นเซอร์ (Symbol of Sensors)	17
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1.....	18
บทที่ 2 ลิ้มิตสวิตช์ (Limit Switch)	19
2.1 สวิตช์ไฟฟ้า (Switches)	20
2.2 รีเลย์ (Relay).....	23
2.3 หลักการทำงานของลิ้มิตสวิตช์ (Working Principle of Limit Switch) ..	24
2.4 โครงสร้างและการทำงานของลิ้มิตสวิตช์ (Construction and Operating of Limit Switch)	24
2.5 สัญลักษณ์ของลิ้มิตสวิตช์ (Symbol of Limit Switch)	26
2.6 ชนิดของตัวกระตุ้น (Type of Limit Switch Actuators).....	27
2.7 การออกแบบและติดตั้งเซ็นเซอร์และตัวตาม (Design and Mounting Limit Switch and Cam)	29
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2.....	34
ใบงานที่ 2.1 การกลับทางหมุนของดีซีมอเตอร์ด้วยสวิตช์ DPDT วงจรที่ 1	36
ใบงานที่ 2.2 การกลับทางหมุนของดีซีมอเตอร์ด้วยสวิตช์ DPDT วงจรที่ 2	42
ใบงานที่ 2.3 การกลับทางหมุนของดีซีมอเตอร์ด้วยลิ้มิตสวิตช์.....	47

บทที่ 3 พร็อกซิมิตีเซ็นเซอร์ (Proximity Sensors)	54
3.1 เซ็นเซอร์เหนี่ยวนำ (Inductive Sensor).....	55
3.2 เซ็นเซอร์เก็บประจุ (Capacitive Sensor)	66
3.3 การออกแบบพร็อกซิมิตีเซ็นเซอร์ (Design of Proximity Sensors)	74
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3.....	78
ใบงานที่ 3.1 การต่อสายไฟใช้งานเซ็นเซอร์เหนี่ยวนำชนิด PNP-NO และชนิด NPN-NO.....	79
ใบงานที่ 3.2 การต่อสายไฟใช้งานเซ็นเซอร์เก็บประจุชนิด PNP-NO และชนิด NPN-NO.....	85
ใบงานที่ 3.3 การทดสอบหาเซ็นเซอร์ชนิด PNP หรือ NPN ด้วยมัลติมิเตอร์	91
ใบงานที่ 3.4 การปรับตั้งความไวของเซ็นเซอร์เก็บประจุ.....	94
บทที่ 4 โฟโตอิเล็กทริกเซ็นเซอร์ (Photoelectric Sensors)	97
4.1 ส่วนประกอบของโฟโตอิเล็กทริกเซ็นเซอร์ (Element of Photoelectric Sensor).....	98
4.2 โฟโตอิเล็กทริกเซ็นเซอร์ (Photo Electric Sensors).....	102
4.3 เซ็นเซอร์แสงแบบ Light On และ Dark On.....	108
4.4 ข้อดีและข้อเสียของทรานซิสเตอร์เซ็นเซอร์แสง	110
4.5 การประยุกต์ใช้งานของเซ็นเซอร์แสง (Applications of Photoelectric Sensors)	110
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4.....	111
ใบงานที่ 4.1 การใช้งานเซ็นเซอร์แบบลำแสงผ่านตลอด.....	112
ใบงานที่ 4.2 การใช้งานเซ็นเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกับแผ่นสะท้อน ..	117
ใบงานที่ 4.3 การใช้งานเซ็นเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกับวัตถุ.....	122
ใบงานที่ 4.4 การหาฮิสเตอร์ซิสของเซ็นเซอร์แบบลำแสง สะท้อนกับวัตถุ.....	128

บทที่ 5 อุลตราโซนิกเซ็นเซอร์ (Ultrasonic Sensor).....133

5.1 ชนิดของอุลตราโซนิกเซ็นเซอร์ (Type of Ultrasonic Sensors).....134

5.2 ข้อดีและข้อเสียของอุลตราโซนิกเซ็นเซอร์

(Advantages and Disadvantages of Ultrasonic Sensors)138

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5.....140

ใบงานที่ 5.1 การใช้งานบอร์ด Arduino.....141

ใบงานที่ 5.2 การใช้งานจอ LCD 16X2 กับบอร์ด Arduino149

ใบงานที่ 5.3 การวัดระยะทางด้วยอุลตราโซนิกเซ็นเซอร์โมดูล

HC-SR04.....160

ใบงานที่ 5.4 การวัดระยะทางด้วยเซ็นเซอร์โมดูล HC-SR04

แสดงผลบนจอ LCD 16X2171

ใบงานที่ 5.5 การตรวจจับวัตถุด้วยอุลตราโซนิกเซ็นเซอร์

แบบสะท้อนกลับ.....180

ใบงานที่ 5.6 การตรวจจับวัตถุด้วยอุลตราโซนิกเซ็นเซอร์

แบบผ่านตลอด193

บทที่ 6 โปเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometers).....198

6.1 วงจรไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Circuit)199

6.2 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Divider)200

6.3 โปเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometers).....204

6.4 โปเทนชิโอมิเตอร์ทรานสดิวเซอร์ (Potentiometer Transducers)205

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 6.....208

ใบงานที่ 6.1 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยบอร์ด Arduino.....210

ใบงานที่ 6.2 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยโปเทนชิโอมิเตอร์

และบอร์ด Arduino218

ใบงานที่ 6.3 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยโปเทนชิโอมิเตอร์

และบอร์ด Arduino แสดงผลบนจอ LCD225

ใบงานที่ 6.4 การควบคุมตำแหน่งของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ด้วยโพเทนชิโอมิเตอร์.....	231
ใบงานที่ 6.5 การควบคุมความเร็วรอบของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ด้วยโพเทนชิโอมิเตอร์.....	242
บทที่ 7 แอลวีดีที (Linear Variable Differential Transformer; LVDT) ...	250
7.1 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)	251
7.2 แอลวีดีที	252
7.3 ข้อดีและข้อเสียของแอลวีดีที	256
7.4 การปรับปรุงสัญญาณ (Signal Conditioning)	256
7.5 การต่อแอลวีดีที (Wire Connection of LVDT)	257
7.6 แอลวีดีทีแบบดีซี (DC LVDT).....	260
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 7.....	261
ใบงานที่ 7.1 การปรับค่าชดเชยสายโพรบ (Probe) ของออสซิลโลสโคป	262
ใบงานที่ 7.2 การใช้ออสซิลโลสโคปวัดไฟฟ้ากระแสสลับ	264
ใบงานที่ 7.3 การตรวจจับตำแหน่งด้วยแอลวีดีที	268
บทที่ 8 สเตรนเกจและโหลดเซลล์ (Strain Gauges and Load Cell)	283
8.1 สเตรนเกจ (Strain Gauges).....	284
8.2 โหลดเซลล์ (Load Cell).....	297
แบบฝึกหัดบทที่ 8.....	306
ใบงานที่ 8.1 การใช้โมดูลสเตรนเกจวัดความเครียด.....	307
ใบงานที่ 8.2 การสอบเทียบเครื่องชั่งสเตรนเกจโหลดเซลล์	313
ใบงานที่ 8.3 การใช้เครื่องชั่งสเตรนเกจโหลดเซลล์.....	327

บทที่ 9 เอ็นโค้ดเดอร์และเทคโคเจนเนอเรเตอร์**(Encoder and Tachogenerator)335**

9.1 โรตารีเอ็นโค้ดเดอร์แบบแสง (Optical Rotary Encoders)336

9.2 เทคโคเจนเนอเรเตอร์ (Tachogenerator)343

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 9.....346

ใบงานที่ 9.1 การวัดความเร็วรอบด้วยเซ็นเซอร์อินฟราเรดโมดูล347

ใบงานที่ 9.2 การวัดความเร็วรอบด้วยเซ็นเซอร์ฮอลล์เอฟเฟกต์.....355

ใบงานที่ 9.3 การวัดความเร็วรอบด้วยอินครีเมนตอลเอ็นโค้ดเดอร์.....365

ใบงานที่ 9.4 การวัดความเร็วรอบด้วยดิซีเทคโคเจนเนอเรเตอร์.....375

บทที่ 10 เทอร์มิสเตอร์ อาร์ทีดี และเทอร์โมคัปเปิล**(Thermistor RTD and Thermocouple)383**

10.1 อุณหภูมิ (Temperature).....384

10.2 เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)387

10.3 อาร์ทีดี (Resistance Temperature Detector; RTD).....391

10.4 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)396

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 10.....408

ใบงานที่ 10.1 การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC410

ใบงานที่ 10.2 การวัดอุณหภูมิด้วยอาร์ทีดี 2 สาย.....415

 ใบงานที่ 10.3 การวัดอุณหภูมิด้วยอาร์ทีดี 2 สาย
 และโมดูล MAX31865423 ใบงานที่ 10.4 การวัดอุณหภูมิด้วยอาร์ทีดี 3 สาย
 และโมดูล SBWZ.....431 ใบงานที่ 10.5 การวัดอุณหภูมิด้วยอาร์ทีดี 3 สาย
 และโมดูล MAX31865438 ใบงานที่ 10.6 การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิล
 และโมดูล MAX6675K.....449**บรรณานุกรม457**



เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ (Sensors and Transducers)

สาระสำคัญ

การวัดเป็นระบบย่อยที่สำคัญของระบบเมคคาทรอนิกส์ การวัดเป็นหน้าที่หลักของการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานะของระบบและป้อนข้อมูลนั้นให้กับระบบเพื่อควบคุมระบบทั้งหมด ระบบการวัดประกอบด้วยเซ็นเซอร์ (Sensors) หรือตัวตรวจรู้ ทรานสดิวเซอร์ (Transducers) หรือตัวแปลง และตัวกระตุ้น (Actuators) ซึ่งนักออกแบบระบบเมคคาทรอนิกส์จะเลือกใช้เซ็นเซอร์ ทรานสดิวเซอร์ และตัวกระตุ้นที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานต่างๆ ตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องเรียนรู้หลักการทำงานของเซ็นเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ที่ใช้กันทั่วไป

จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้

1. มีความรู้ความเข้าใจชนิดของเซ็นเซอร์และการทำงาน
2. มีความรู้ความเข้าใจชนิดของทรานสดิวเซอร์และการทำงาน
3. มีความรู้ความเข้าใจชนิดของตัวกระตุ้นและการทำงาน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

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

เนื้อหาสาระ

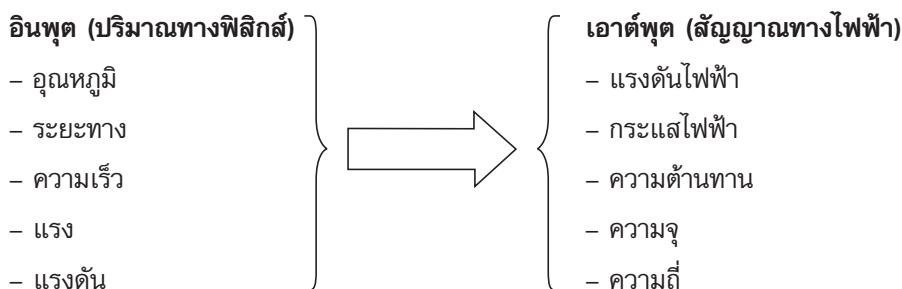
ศึกษาหลักการทำงานของเซ็นเซอร์ ทรานสดิวเซอร์ และตัวกระตุ้นชนิดต่างๆ

การวัดเป็นระบบย่อยที่สำคัญของระบบเมคคาทรอนิกส์ การวัดเป็นหน้าที่หลักของการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานะของระบบและป้อนข้อมูลนั้นให้กับระบบเพื่อควบคุมระบบทั้งหมด

ระบบการวัดประกอบด้วยเซ็นเซอร์ (Sensors) หรือตัวตรวจรู้ และทรานสดิวเซอร์ (Transducers) หรือตัวแปลง และตัวกระตุ้น (Actuators) ซึ่งปัจจุบันมีอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้มากมายหลายแบบในการเลือกใช้งานจึงค่อนข้างยากที่นักออกแบบระบบเมคคาทรอนิกส์จะเลือกใช้เซ็นเซอร์ หรือทรานสดิวเซอร์ และตัวกระตุ้นที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานต่างๆ ตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องเรียนรู้หลักการทำงานของเซ็นเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ที่ใช้กันทั่วไป

1.1 เซ็นเซอร์ (Sensors)

เซ็นเซอร์ คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณทางฟิสิกส์ และเปลี่ยนสัญญาณอินพุตที่เป็นปริมาณทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณแบบแอนะล็อกหรือแบบดิจิทัลที่สัมพันธ์กับปริมาณที่ตรวจวัด เช่น แรงดันไฟฟ้า ความจุ ความเหนียวนำ และความต้านทาน เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 อินพุตและเอาต์พุตของเซ็นเซอร์

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการผลิต ทำให้เซ็นเซอร์มีส่วนร่วมอย่างมากในการเปลี่ยนกระบวนการผลิตแบบเดิมให้เป็นกระบวนการผลิตที่ทันสมัย โดยใช้เป็นสวิตช์เพื่อดำเนินการผลิตโดยอัตโนมัติหรือเป็นระบบอัตโนมัติมากขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องมีคนคอยเฝ้าดูแลตรวจสอบและควบคุมกระบวนการ ลดความต้องการแรงงานที่มีทักษะและมีประสบการณ์

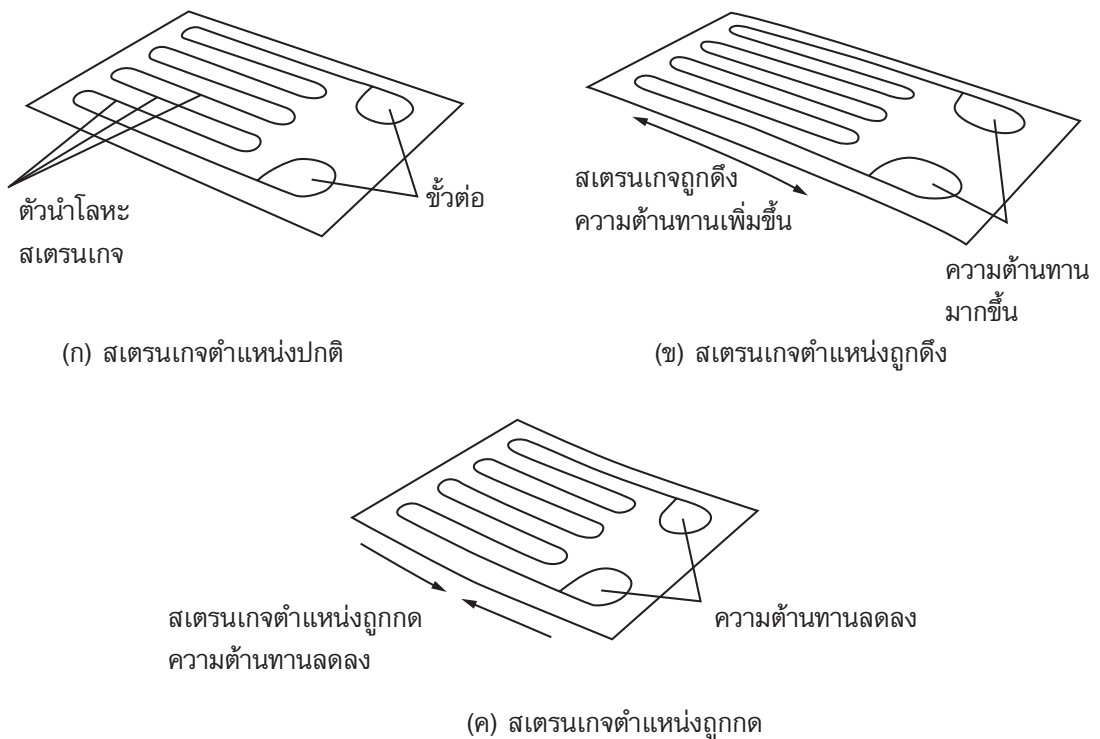
เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับปัญหาที่เกิดขึ้นในสายการผลิตและหยุดสายการผลิตได้โดยอัตโนมัติ ตลอดจนการตรวจสอบกระบวนการผลิตให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ มีความถูกต้อง และมีความแม่นยำสูง หรือในบ้าน เซ็นเซอร์สามารถใช้เป็นอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยในการตรวจจับการปิด-เปิดหน้าต่างหรือประตู

1.1.1 การแบ่งประเภทของเซ็นเซอร์ (Classification of Sensors)

เซ็นเซอร์กับการใช้งานในระบบเมคคาทรอนิกส์และการผลิต สามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ สอดคล้องกับหน้าที่การทำงาน เช่น การตรวจวัด ขอบเขตการใช้งาน หลักการแปลงสัญญาณ การใช้กำลังงานในการตรวจวัด ได้แก่

1. เซ็นเซอร์แบบแอคทีฟและเซ็นเซอร์แบบพาสซีฟ (Active Sensors and Passive Sensors)

1. เซ็นเซอร์แบบแอคทีฟ (Active Sensors) เซ็นเซอร์แบบนี้ต้องใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกให้กับเซ็นเซอร์เรียกว่า สัญญาณกระตุ้น ซึ่งเมื่อเซ็นเซอร์ทำงานตอบสนองต่อผลลัพธ์ภายนอกจะเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานหรือกระแสไฟฟ้า หรือแรงดันไฟฟ้า หรือความถี่ออกมา เมื่อสมบัติเปลี่ยนไปตามการตอบสนองต่อผลลัพธ์ภายนอก ตัวอย่างเช่น สเตรนเกจ (Strain Gauge) ซึ่งเกิดการเสียรูป จะทำให้ความต้านทานภายในตัวสเตรนเกจเกิดการเปลี่ยนแปลง ความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงนี้จะถูกนำไปใช้ในการตรวจวัด ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 สเตรนเกจ



หมายเหตุ

ในทางปฏิบัติเมื่อมีการใช้งานเซ็นเซอร์แบบนี้ จะต้องมีการใช้อิเล็กทรอนิกส์เพื่อขยายสัญญาณเอาต์พุตให้มีช่วงแรงดันไฟฟ้าที่ถูกต้อง

2. เซ็นเซอร์แบบพาสซีฟ (Passive Sensors) เซ็นเซอร์แบบนี้ไม่ต้องการกำลังงานไฟฟ้าจากภายนอกหรือแรงดันไฟฟ้ากระตุ้นให้กับเซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์แบบพาสซีฟจะสร้างสัญญาณเอาต์พุตออกมาเองเมื่อมีการกระตุ้นจากภายนอก ตัวอย่างเช่น เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ที่สร้างแรงดันไฟฟ้าออกมา เมื่อสัมผัสกับความร้อน เซ็นเซอร์แบบพาสซีฟจะเปลี่ยนสมบัติทางฟิสิกส์ เช่น ความต้านทาน ความจุ หรือความเหนียว นำ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 เทอร์โมคัปเปิล

2. เซ็นเซอร์แบบแอนะล็อกและเซ็นเซอร์แบบดิจิทัล (Analog and Digital Sensors)

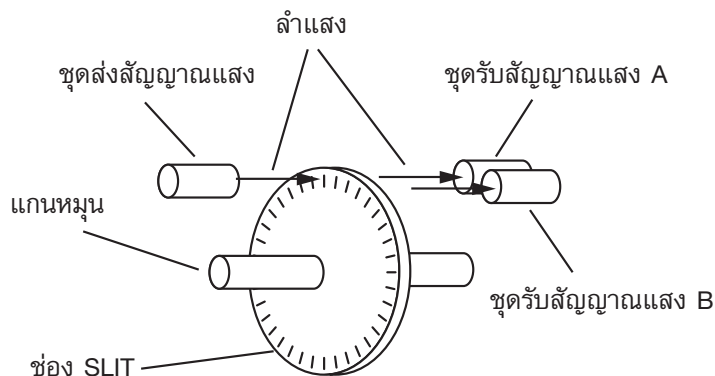
เซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจวัดปริมาณทางกายภาพ เช่น เคมี แรงดัน อุณหภูมิ ตำแหน่ง แรง ความร้อน การปรากฏตัว การไหล แสง เสียง ความเร็ว และแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถแบ่งออกเป็นเซ็นเซอร์แบบแอนะล็อกและแบบดิจิทัล

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



รูปที่ 1.4 เทอร์โมมิเตอร์

2. เซ็นเซอร์แบบดิจิทัล (Digital Sensors) จะผลิตสัญญาณเอาต์พุตในรูปแบบของลอจิก 1 หรือลอจิก 0 (ON หรือ OFF) ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลหรือแรงดันไฟฟ้าแบบไม่ต่อเนื่องตามปริมาณที่ตรวจวัดได้ ซึ่งอาจจะส่งออกมาเป็นบิตเดียว (Bit) หรือหลายบิต หรือไบต์เดียว (Byte) ตัวอย่างเช่น เซ็นเซอร์โรตารีเอ็นโค้ดเดอร์ (Rotary Encoder Sensor) ซึ่งเมื่อแผ่นจานหมุน แสงที่ลอดผ่านรูเจาะได้จะอยู่ในสภาวะลอจิก 1 หรือ ON และเมื่อแสงไม่สามารถลอดผ่านรูเจาะได้จะอยู่ในสภาวะลอจิก 0 หรือ OFF ดังแสดงในรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 เซ็นเซอร์โรตารีเอ็นโค้ดเดอร์

3. แบ่งตามปรากฏการณ์ทางกายภาพ (Physical Phenomenon) ได้แก่

1. เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ การกระจัดและตำแหน่ง (Displacement, Position and Proximity Sensors) ได้แก่

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

2. เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วและการเคลื่อนที่ (Velocity and Motion) ได้แก่

- อินครีเมนตอลเอ็นโค้ดเดอร์ (Incremental Encoder)
- เทคโคเจนเนอเรเตอร์ (Tachogenerator)

3. เซ็นเซอร์ตรวจวัดแรง (Force Sensor)

- สเตรนเกจโหลดเซลล์ (Strain Gauge Load Cell)

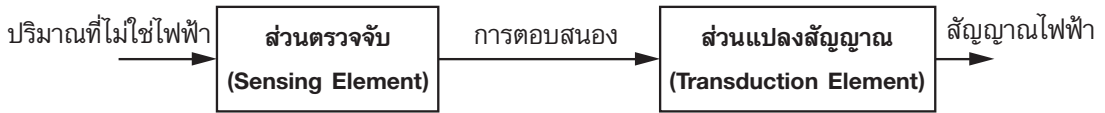
4. เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor)

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

1.2 ทรานสดิวเซอร์ (Transducers)

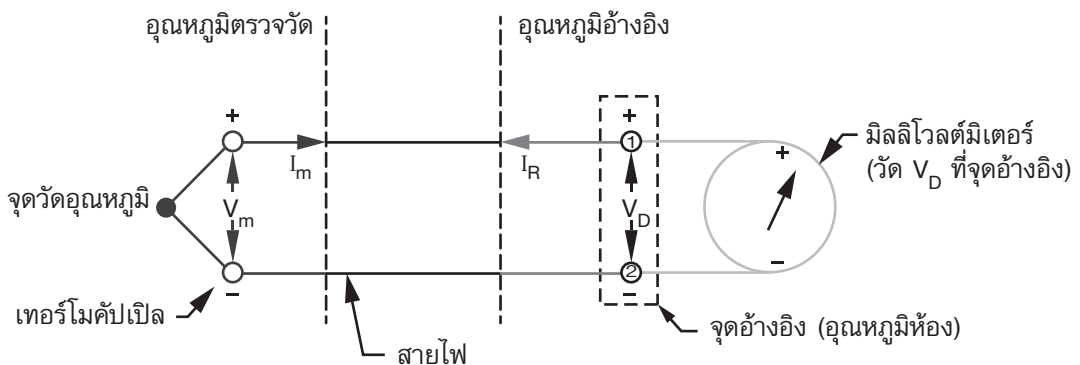
ทรานสดิวเซอร์ คืออุปกรณ์ที่ตรวจจับปริมาณทางฟิสิกส์ที่ไม่ใช่ทางไฟฟ้า เช่น อุณหภูมิ แสง และเสียง แล้วแปลงไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน และความจุ ทรานสดิวเซอร์ถูกใช้ในชีวิตประจำวัน ในระบบการตรวจวัดอาจใช้ทรานสดิวเซอร์แทนเซ็นเซอร์ ดังนั้นเซ็นเซอร์ก็คือ ทรานสดิวเซอร์

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



รูปที่ 1.6 โครงสร้างของทรานสดิวเซอร์

ตัวอย่างที่ดีที่สุดของทรานสดิวเซอร์คือ เทอร์โมคัปเปิล ซึ่งจะสร้างแรงดันไฟฟ้าออกมาเองเมื่อได้รับความร้อนที่จุดเชื่อมต่อของโลหะต่างชนิด ดังแสดงในรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 วงจรเอาต์พุตของเทอร์โมคัปเปิล

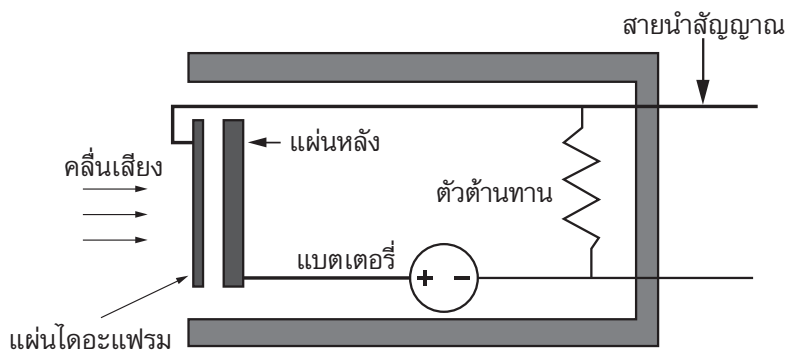
1.2.1 ตัวอย่างของทรานสดิวเซอร์ (Examples of Transducers) ได้แก่

1. เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) คือเซ็นเซอร์ที่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แล้วผลิตแรงดันไฟฟ้าตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และจะเป็นทรานสดิวเซอร์เมื่อเปลี่ยนพลังงานความร้อนไปเป็นพลังงานไฟฟ้าตามค่าอุณหภูมิต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 เทอร์โมคัปเปิล

2. ไมโครโฟน (Microphone) เป็นอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ที่เปลี่ยนคลื่นเสียงไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 1.9 และรูปที่ 1.10

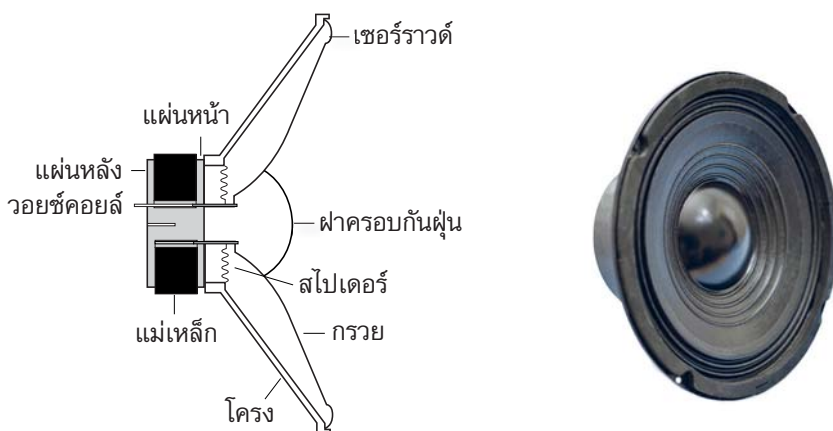


รูปที่ 1.9 วงจรภายในของคอนเดนเซอร์ไมค์



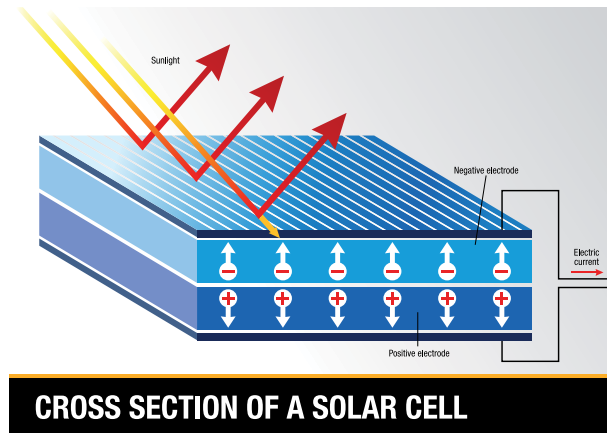
รูปที่ 1.10 คอนเดนเซอร์ไมค์

3. ลำโพง (Speaker) เป็นอุปกรณ์กำเนิดเสียง โดยการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับมาจากไมโครโฟนเป็นพลังงานเสียงตามสัญญาณทางไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 ลำโพงไดนามิก

4. เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จับพลังงานแสงแดดแล้วเปลี่ยนไปเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง ดังแสดงในรูปที่ 1.12



รูปที่ 1.12 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

5. หลอดไส้ (Incandescent Light Lamp) เป็นหลอดไฟฟ้าที่ผลิตแสงด้วยการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำจนร้อนที่อุณหภูมิสูงและเกิดการเรืองแสง ดังนั้นหลอดไส้จึงเป็นทรานสดิวเซอร์ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงและความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 1.13



รูปที่ 1.13 หลอดไส้

6. มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) คือทรานสดิวเซอร์ เพราะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกลหรือการเคลื่อนที่ ดังแสดงในรูปที่ 1.14



รูปที่ 1.14 มอเตอร์ไฟฟ้า

1.2.2 การแบ่งประเภทของทรานสดิวเซอร์ (Classifications of Transducer)

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าคือ ทรานสดิวเซอร์ จะมีหลายชนิด เนื่องจากอินพุตจะมีค่าพารามิเตอร์ทางฟิสิกส์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ทรานสดิวเซอร์ประเภทต่างๆ เพื่อการตรวจวัดให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ การแบ่งประเภทของทรานสดิวเซอร์เพื่อการใช้งานในระบบเมคคาทรอนิกส์และการผลิต สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. แบ่งตามการแปลงสัญญาณทางไฟฟ้า (Transduction Signal) ได้แก่

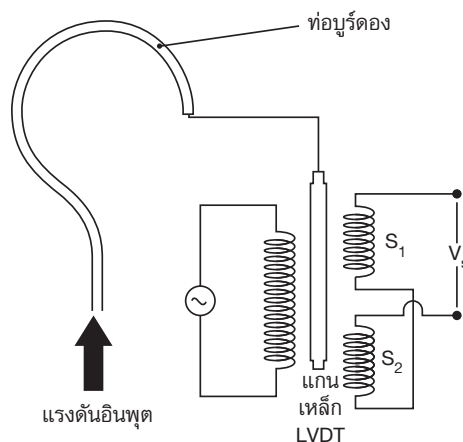
1. การแปลงเป็นสัญญาณความต้านทาน (Resistance) ได้แก่ โฟเทนซิโอมิเตอร์ สเตรนเกจ และเทอร์มิสเตอร์
2. การแปลงเป็นสัญญาณความจุ (Capacitance) ได้แก่ คอนเดนเซอร์โมค
3. การแปลงเป็นสัญญาณเหนี่ยวนำ (Inductance) ได้แก่ แอลวีดีที
4. การสร้างสัญญาณขึ้นเอง (Self Generating Transducer) ได้แก่ เทอร์โมคัปเปิล

2. แบ่งตามอุปกรณ์ตรวจวัดและการแปลง (Device Sense and Convert) ได้แก่

1. **ทรานสดิวเซอร์แบบปฐมภูมิ (Primary Transducer)** คือทรานสดิวเซอร์ซึ่งจะทำการตรวจวัดและแปลงค่าการตรวจวัดที่ได้ให้เป็นเอาต์พุตทางฟิสิกส์ต่างๆ เช่น การกระจัด ความเครียด เป็นต้น และเอาต์พุตในรูปแบบต่างๆ เหล่านี้ จะถูกส่งไปให้เป็นอินพุตของทรานสดิวเซอร์ตัวอื่นๆ

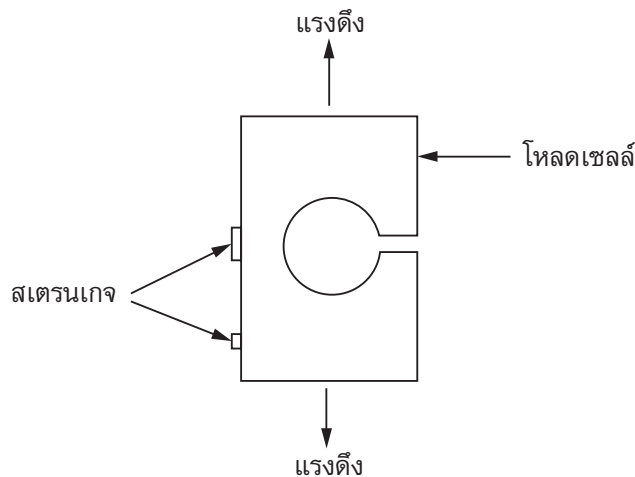
2. **ทรานสดิวเซอร์แบบทุติยภูมิ (Secondary Transducer)** คือทรานสดิวเซอร์ซึ่งแปลงสัญญาณเอาต์พุตทางฟิสิกส์ของทรานสดิวเซอร์แบบปฐมภูมิให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

ตัวอย่างเช่น ในกรณีของการวัดแรงดันท่อบูร์ดอง (Bourdon Tube) จะตรวจวัดแรงดันต่างๆ ที่ไหลผ่านเข้าไปในท่อบูร์ดอง โดยท่อบูร์ดองด้านปลายอิสระจะแปลงแรงดันให้เป็นระยะขจัด ท่อบูร์ดองจึงเป็นทรานสดิวเซอร์แบบปฐมภูมิ และระยะขจัดของด้านปลายอิสระจะถูกส่งถ่ายไปให้กับแกนเหล็กของทรานสดิวเซอร์แอลวีดีทีให้เคลื่อนที่ แล้วแอลวีดีทีจะเปลี่ยนระยะขจัดเป็นแรงดันทางไฟฟ้า แอลวีดีทีจึงเป็นทรานสดิวเซอร์แบบทุติยภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 1.15



รูปที่ 1.15 ท่อแบบบูร์ดองเป็นทรานสดิวเซอร์แบบปฐมภูมิ และแอลวีดีทีเป็นทรานสดิวเซอร์แบบทุติยภูมิ

ตัวอย่างเช่น เมื่อโหลดเซลล์ (Load Cells) ได้รับแรงกดหรือแรงดึง จะเกิดการเปลี่ยนรูปร่างที่เหมาะสม เซลล์โหลดจึงเป็นทรานสดิวเซอร์แบบปฏิกิริยา และการเปลี่ยนรูปร่างของโหลดเซลล์จะทำให้สเตรนเกจเสียรูป จนเกิดการเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนตรงกับความเครียด สเตรนเกจจึงเป็นทรานสดิวเซอร์แบบทุติยภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 1.16



รูปที่ 1.16 โหลดเซลล์เป็นทรานสดิวเซอร์แบบปฏิกิริยา และสเตรนเกจเป็นทรานสดิวเซอร์แบบทุติยภูมิ

3. แบ่งตามชนิดการใช้พลังงาน (Self Generated or Externally Powered) ได้แก่

1. ทรานสดิวเซอร์แบบแอคทีฟ (Active Transducer) คือทรานสดิวเซอร์ที่สามารถผลิตสัญญาณเอาต์พุตในรูปของแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้า ไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอก ตัวอย่างเช่น เทอร์โมคัปเปิล

2. ทรานสดิวเซอร์แบบพาสซีฟ (Passive Transducer) คือทรานสดิวเซอร์ที่ไม่สามารถทำงานได้หากไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากภายนอก และจะผลิตสัญญาณเอาต์พุตในรูปของพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ ตัวอย่างเช่น ไมโครโฟน และลำโพง

4. แบ่งตามชนิดของสัญญาณที่แปลง (Type of Output Signal) ได้แก่

1. ทรานสดิวเซอร์แบบแอนะล็อก (Analog Transducer) คือทรานสดิวเซอร์ที่เปลี่ยนปริมาณอินพุตเป็นเอาต์พุตอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ตัวอย่างเช่น สเตรนเกจ แอลวีดีที เทอร์โมคัปเปิล และเทอร์มิสเตอร์

2. ทรานสดิวเซอร์แบบดิจิทัล (Digital Transducer) คือทรานสดิวเซอร์ที่เปลี่ยนปริมาณอินพุตให้เป็นเอาต์พุตในรูปของสัญญาณพัลส์ หรือในรูปของลอจิก 1 หรือลอจิก 0 (ON หรือ OFF) ตัวอย่างเช่น โฟโตเซลล์ (Photocells) และระบบแสง

5. แบ่งตามวิธีการแปลง (Transduction Method) ได้แก่

1. ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) ดังที่กล่าวมาก่อนหน้านี้คือ การแปลงปริมาณทางกายภาพให้เป็นปริมาณทางไฟฟ้า

2. ทรานสดิวเซอร์ผกผัน (Inverse Transducer) คือทรานสดิวเซอร์ที่แปลงปริมาณทางไฟฟ้าให้เป็นปริมาณทางกายภาพที่ไม่ใช่ไฟฟ้า เช่น ผลึกเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Crystal) ที่จะเปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นปริมาณทางกายภาพคือ การสั่นสะเทือนทางกล

1.2.3 ข้อดีและข้อเสียของทรานสดิวเซอร์ทางกล

(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 ข้อดีและข้อเสียของทรานสดิวเซอร์ทางไฟฟ้า

(Advantages and Disadvantages of Electrical Transducer)

ข้อดี คือ

1. สามารถขยายสัญญาณเอาต์พุตหรือลดทอนลงระดับใดก็ได้
2. สามารถแสดงสัญญาณเอาต์พุตและบันทึกข้อมูลจากระยะไกลได้
3. อุปกรณ์มีขนาดกะทัดรัด

4. สามารถควบคุมด้วยกำลังงานที่ต่ำมากๆ ได้
5. แรงเสียดทานและแรงเฉื่อยของมวลจะน้อยที่สุด
6. เป็นการตรวจวัดแบบไม่สัมผัส

ข้อเสีย คือ

1. อุปกรณ์มีราคาแพง
2. ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอก
3. มีการตอบสนองต่อสัญญาณรบกวนจากภายนอก

1.2.5 ตัวอย่างคุณลักษณะเฉพาะของทรานสดิวเซอร์

ทรานสดิวเซอร์วัดแรงดันแบบสเตรนเกจ

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 : $- 50^{\circ}\text{C}$ to $+ 120^{\circ}\text{C}$ When Operating

Thermal Zero Shift : 0.030% Full Range Output / $^{\circ}\text{C}$

จากคุณลักษณะเฉพาะของทรานสดิวเซอร์วัดแรงดันแบบสเตรนเกจ หมายความว่า

- ย่านวัดของทรานสดิวเซอร์สามารถใช้วัดแรงดันระหว่าง 50 ถึง 1,000 kPa หรือ 2,000 ถึง 60,000 kPa
- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5V DC หรือ AC rms สำหรับให้ทำงาน
- ให้เอาต์พุตเต็มย่านวัด 40 mV เมื่อแรงดันย่านวัดต่ำสุด 1,000 kPa และย่านวัดสูงสุด 60,000 kPa
- ความไม่เป็นเชิงเส้นและฮิสเทอรีซิส มีค่าผิดพลาด $\pm 0.5\%$ ของเอาต์พุตเต็มย่านวัด เช่น ± 5 kPa ของ 1,000 kPa ของย่านวัดต่ำสุด และ ± 300 kPa ของ 60,000 ของย่านวัดสูงสุด
- ทรานสดิวเซอร์สามารถใช้งานระหว่างอุณหภูมิ $- 50^{\circ}\text{C}$ ถึง $+ 120^{\circ}\text{C}$

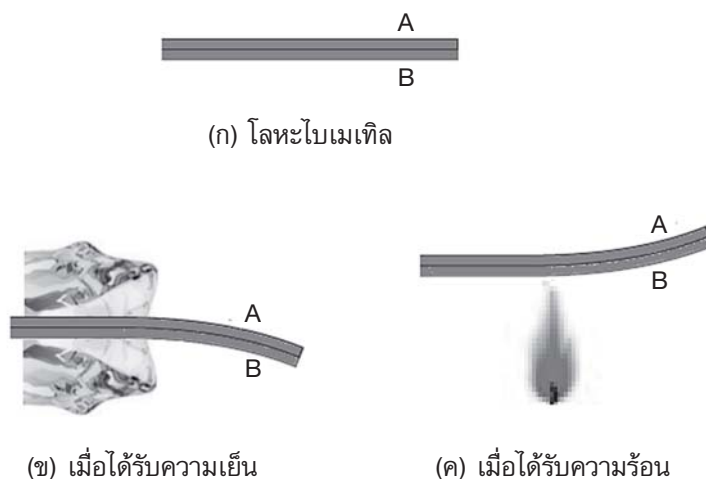
- เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 1°C เอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์สำหรับอินพุต 0 จะเปลี่ยนไป 0.030% ของ 1,000 kPa = 0.3 kPa ของย่านวัดต่ำสุด และ 0.030% ของ 60,000 kPa = 18 kPa ของย่านวัดสูงสุด

1.3 ตัวกระตุ้น (Actuator)

ตัวกระตุ้นคือ อุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานรูปแบบต่างๆ ให้เป็นการเคลื่อนที่หรือพลังงานกล ดังนั้นตัวกระตุ้นก็คือ ทรานสดิวเซอร์แบบเฉพาะเจาะจง

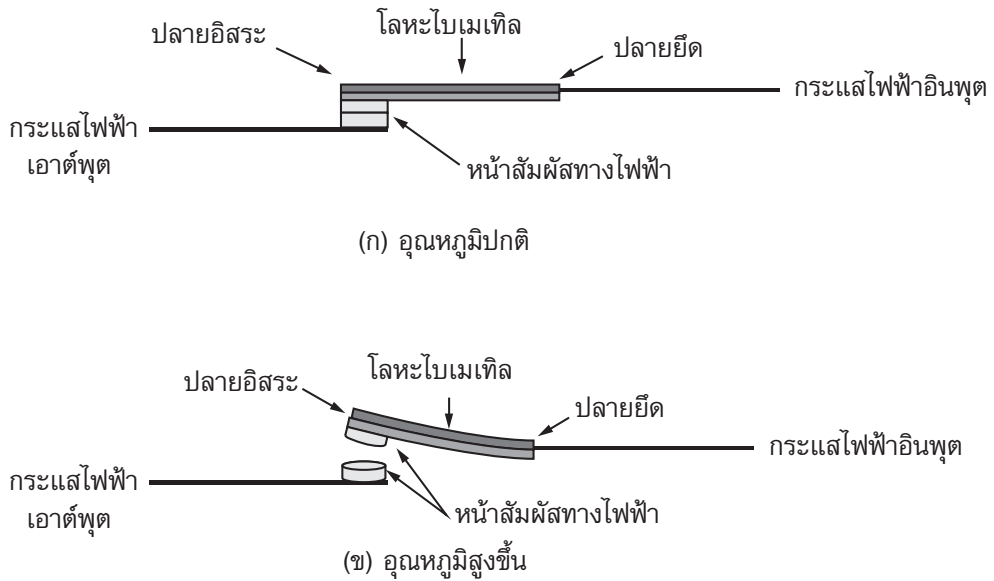
1.3.1 ตัวกระตุ้นทางความร้อน (Thermal Actuators)

ตัวกระตุ้นความร้อนชนิดหนึ่งคือ แถบโลหะไบเมทัลลิก (Bimetallic Strip) ที่มีโลหะ 2 ชนิด ประกบติดกันแนบสนิท อุปกรณ์นี้จะเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นการเคลื่อนที่โดยตรง โดยเป็นผลจากการขยายตัวทางความร้อน จากการที่โลหะทั้งสองจะมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวไม่เท่ากันเมื่อได้รับความร้อน ดังนั้นเมื่อโลหะไบเมทัลลิกได้รับความร้อนหรือความเย็น จะทำให้โลหะไบเมทัลลิกเกิดการโก่งงอ ดังแสดงในรูปที่ 1.17



รูปที่ 1.17 การขยายตัวของโลหะไบเมทัลลิก

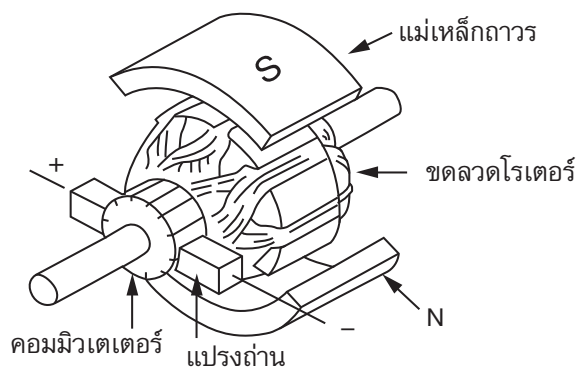
แถบโลหะไบเมทัลลิกใช้ประโยชน์จากการขยายตัวทางความร้อนเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ คือ เทอร์โมสแตตที่มีการติดตั้งหน้าสัมผัสอยู่กับที่ และหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ที่ปลายของแถบโลหะไบเมทัลลิกใช้ในการตัด-ต่อวงจรไฟฟ้า เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.18



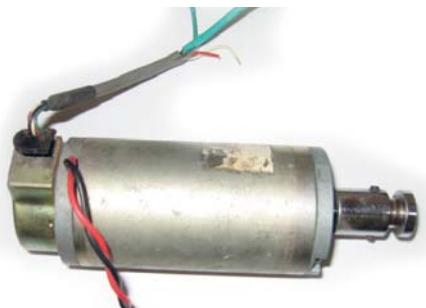
รูปที่ 1.18 การทำงานของโลหะไบเมทัลลิกในการตัด-ต่อวงจรไฟฟ้า

1.3.2 ตัวกระตุ้นทางไฟฟ้า (Electrical Actuators)

ตัวกระตุ้นทางไฟฟ้า ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะทำงานโดยมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดและสร้างสนามแม่เหล็กรอบๆ ขดลวด โดยขดลวดจะพันรอบๆ เฟลาของมอเตอร์ และวางอยู่ระหว่างขั้วของแม่เหล็กถาวรขนาดใหญ่หรือแม่เหล็กไฟฟ้า ความสัมพันธ์ของสนามแม่เหล็กทั้งสองทำให้แกนเฟลาของมอเตอร์หมุน โดยที่มอเตอร์ไฟฟ้าจะเป็นทั้งทรานสดิวเซอร์และตัวกระตุ้น เนื่องจากจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานแม่เหล็ก แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานกลหรือการเคลื่อนที่ ดังแสดงในรูปที่ 1.19 และรูปที่ 1.20



รูปที่ 1.19 ดีไซน์มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร



รูปที่ 1.20 มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวกระตุ้นทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลหรือการเคลื่อนที่

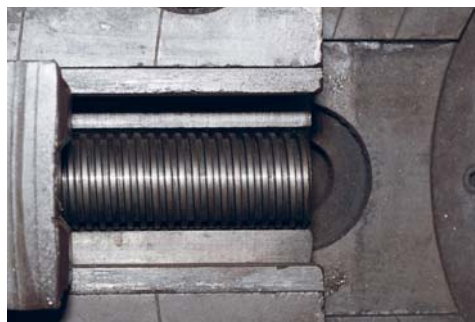
1.3.3 ตัวกระตุ้นทางกล (Mechanical Actuators)

ตัวกระตุ้นทางกลเชิงเส้น จะทำหน้าที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่เชิงมุมไปเป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น การทำงานของตัวกระตุ้นทางกลจะขึ้นอยู่กับการผสมผสานของชิ้นส่วนทางกลของโครงสร้าง ได้แก่ ก้านต่อ (Linkages), ลูกเบี้ยว (Cams), เฟือง (Gears), แร็คและพีนีออน (Rack and Pinion) และเพลา (Shaft) เป็นต้น

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



รูปที่ 1.21 บอลสกรู

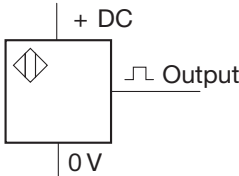
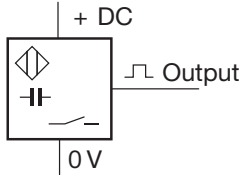
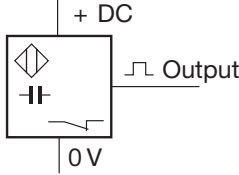
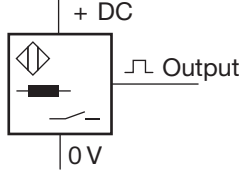
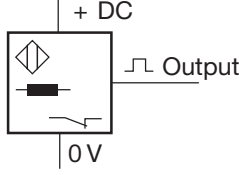
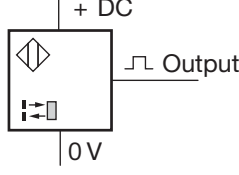


รูปที่ 1.22 ลีดสกรูในเครื่องกลึง



รูปที่ 1.23 แม่แรงใช้ลีดสกรู

1.4 สัญลักษณ์ของเซ็นเซอร์ (Symbol of Sensors)

ชนิดของเซ็นเซอร์	สัญลักษณ์
	
เซ็นเซอร์เก็บประจุ NO	
เซ็นเซอร์เก็บประจุ NC	
เซ็นเซอร์เหนี่ยวนำ NO	
เซ็นเซอร์เหนี่ยวนำ NC	
เซ็นเซอร์แสงแบบตรวจจับโดยตรง	



แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1

1. เซ็นเซอร์คืออะไร
2. ปริมาณทางฟิสิกส์ที่เซ็นเซอร์ตรวจวัดได้แก่อะไร
3. เอาต์พุตออกจากเซ็นเซอร์ได้แก่อะไร
4. เซ็นเซอร์แบบแอคทีฟและเซ็นเซอร์แบบพาสซีฟแตกต่างกันอย่างไร
5. เซ็นเซอร์แบบแอนะล็อกและเซ็นเซอร์แบบดิจิทัลแตกต่างกันอย่างไร
6. ทรานสดิวเซอร์คืออะไร
7. ทรานสดิวเซอร์มี 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่อะไร
8. ทรานสดิวเซอร์แบบป้อนภูมิและทรานสดิวเซอร์แบบหุติภูมิ แตกต่างกันอย่างไร
9. ทรานสดิวเซอร์แบบแอคทีฟและทรานสดิวเซอร์แบบพาสซีฟ แตกต่างกันอย่างไร
10. ทรานสดิวเซอร์แบบแอนะล็อกและทรานสดิวเซอร์แบบดิจิทัล แตกต่างกันอย่างไร
11. ตัวกระตุ้นคืออะไร
12. ตัวกระตุ้นทางความร้อนได้แก่อะไร
13. ตัวกระตุ้นทางไฟฟ้าได้แก่อะไร
14. ตัวกระตุ้นทางกลได้แก่อะไร
15. แกลโหละไบเมเทิลใช้ทำหน้าที่อะไร



ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch)

สาระสำคัญ

ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) หรือสวิตช์จำกัดระยะ คือเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่ง หรือ เซ็นเซอร์ทางกลที่ใช้ตัด-ต่อวงจรไฟฟ้าที่สำคัญมาก โดยอาศัยแรงกดจากภายนอก เช่น แรงกดจากการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนทางกล หรือแรงกดของวัตถุที่เคลื่อนที่มากัดให้ คันโยก หรือลูกกลิ้งเคลื่อนที่ เป็นผลให้หน้าสัมผัส (Contacts) ที่ต่ออยู่กับคันโยกหรือ ลูกกลิ้งเปิดหรือปิดวงจรไฟฟ้าตามจังหวะของแรงกด

จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้

1. มีความรู้ความเข้าใจชนิดของสวิตช์ไฟฟ้า
2. มีความรู้ความเข้าใจโครงสร้างและการทำงานของลิมิตสวิตช์
3. มีความรู้ความเข้าใจชนิดของตัวกระตุ้น
4. มีความรู้ความเข้าใจการออกแบบและติดตั้งเซ็นเซอร์และตัวตาม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายชนิดของสวิตช์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง
2. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของลิมิตสวิตช์ได้อย่างถูกต้อง
3. อธิบายชนิดของตัวกระตุ้นได้อย่างถูกต้อง
4. อธิบายการออกแบบและติดตั้งเซ็นเซอร์และตัวตามได้อย่างถูกต้อง
5. ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติตามใบงานได้ถูกต้องมีความปลอดภัยและสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

เนื้อหาสาระ

ศึกษาถึงชนิดของสวิตช์ไฟฟ้า โครงสร้างและการทำงานของลิมิตสวิตช์ชนิดของตัวกระตุ้น การออกแบบและติดตั้งเซ็นเซอร์และตัวตาม และปฏิบัติตามใบงาน

ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) หรือสวิตช์จำกัดระยะคือ เครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ใช้ตัด-ต่อวงจรไฟฟ้าที่สำคัญมาก เป็นสวิตช์ที่ทำงานทางกลโดยอาศัยแรงกดจากภายนอก เช่น แรงกดจากการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนทางกล หรือแรงกดของวัตถุที่เคลื่อนที่มากดให้คันโยกหรือลูกกลิ้งเคลื่อนที่ เป็นผลให้หน้าสัมผัส (Contacts) ที่ต่ออยู่กับคันโยกหรือลูกกลิ้งเปิดหรือปิดวงจรไฟฟ้าตามจังหวะของแรงกด

ลิมิตสวิตช์คือ เซ็นเซอร์ทางกลที่มีการประยุกต์ใช้ในการควบคุมเครื่องจักรที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบการควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมและงานประเภทต่างๆ เนื่องจากมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย ติดตั้งง่าย การทำงานมีความน่าเชื่อถือ มีความแม่นยำในการทำงานช้าๆ ไม่สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า และราคาถูกกว่าอุปกรณ์ตรวจจับชนิดอื่น ใช้กำหนดสถานะมีหรือไม่มีของวัตถุ การเคลื่อนที่ผ่านของวัตถุ ตำแหน่งของวัตถุ และจุดสิ้นสุดการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อเพื่อความปลอดภัย หรือเพื่อใช้นับจำนวนวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านจุด เช่น ระบบลำเลียง เครื่องส่งถ่ายกำลัง เครื่องบรรจุวัสดุ บันไดเลื่อน และอุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ เป็นต้น

2.1 สวิตช์ไฟฟ้า (Switches)

สวิตช์ไฟฟ้าที่ใช้ในการเปิด-ปิดวงจรไฟฟ้าต่างๆ อย่างน้อยจะต้องมี 2 ขั้วคือ ขั้วต่อหนึ่งสำหรับกระแสไฟฟ้าอินพุต และอีกขั้วต่อหนึ่งสำหรับกระแสไฟฟ้าเอาต์พุต และมีคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับสวิตช์ไฟฟ้าที่ควรเข้าใจในคำจำกัดความ ได้แก่

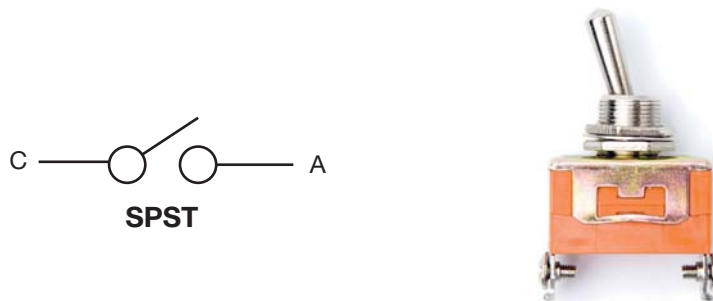
1. ขั้ว Pole คือขั้วอินพุตบนสวิตช์หรือขั้ว Common (C) ที่สามารถให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ตลอดเวลา และจำนวนของขั้ว Pole จะเป็นตัวกำหนดจำนวนของวงจรที่สวิตช์สามารถควบคุมได้ เช่น สวิตช์ที่มีขั้ว 1 Pole จะควบคุมได้แค่วงจรเดียว และสวิตช์ที่มีขั้ว 2 Pole จะควบคุมได้ 2 วงจร เป็นต้น

2. ขั้ว Throw คือขั้วเอาต์พุตบนสวิตช์ที่แต่ละขั้ว Pole สามารถควบคุมได้ และจำนวนของขั้ว Throw จะเป็นตัวกำหนดจำนวนของขั้วเอาต์พุตที่แต่ละขั้ว Pole สามารถควบคุมได้ เช่น สวิตช์ที่มีขั้ว 2 Throw แสดงว่าแต่ละขั้ว Pole จะสามารถควบคุมขั้ว Throw ได้ 2 ขั้ว Throw หนึ่ง เป็นต้น

สวิตช์ไฟฟ้าจะแบ่งเป็นชนิดต่างๆ ตามจำนวนขั้ว Pole และจำนวนขั้ว Throw โดยจำนวนขั้ว Pole จะบอกจำนวนวงจรไฟฟ้าที่จะทำการเปิด-ปิด และจำนวนขั้ว Throw จะบอกจำนวนหน้าสัมผัสของสวิตช์

2.1.1 สวิตช์ที่มี 1 Pole 1 Throw (Single Pole Single Throw; SPST)

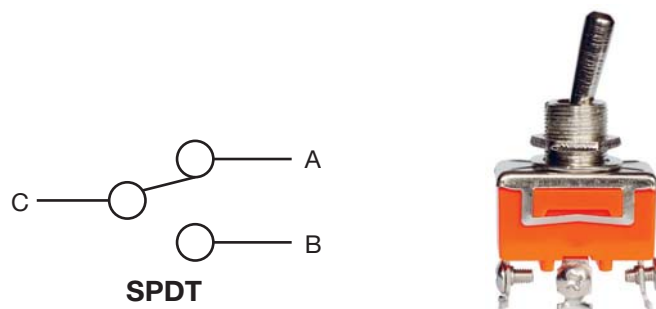
สวิตช์ที่มี 1 Pole 1 Throw หรือสวิตช์ไฟฟ้าชนิดทางเดียว ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ขา C คือขั้ว Common หรือขั้ว Pole และขา A คือขั้ว Throw และเป็นแบบปกติเปิด NO (Normal Open)



รูปที่ 2.1 สัญลักษณ์และสวิตช์ไฟฟ้าชนิดทางเดียว

2.1.2 สวิตช์ที่มี 1 Pole 2 Throw (Single Pole Double Throw; SPDT)

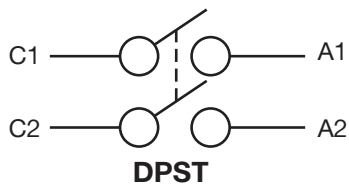
สวิตช์ที่มี 1 Pole 2 Throw หรือสวิตช์ไฟฟ้าชนิด 2 ทาง ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ขา C คือขั้ว Common หรือขั้ว Pole และขา A, B คือขั้ว Throw สวิตช์นี้จะมีหนึ่งคู่เป็นปกติเปิด NO และอีกหนึ่งคู่เป็นปกติปิด NC (Normal Close)



รูปที่ 2.2 สัญลักษณ์และสวิตช์ไฟฟ้าชนิด 2 ทาง

2.1.3 สวิตช์ที่มี 2 Pole 1 Throw (Double Pole Single Throw; DPST)

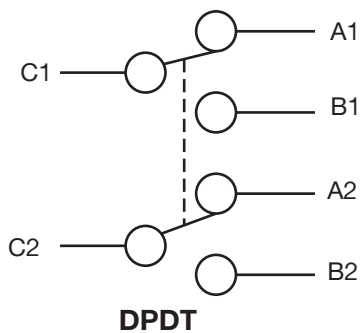
สวิตช์ที่มี 2 Pole 1 Throw หรือสวิตช์ไฟฟ้าชนิดเปิด-ปิดคู่ทางเดียว ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ขา C1, C2 คือขั้ว Common หรือขั้ว Pole และขา A1, A2 คือขั้ว Throw



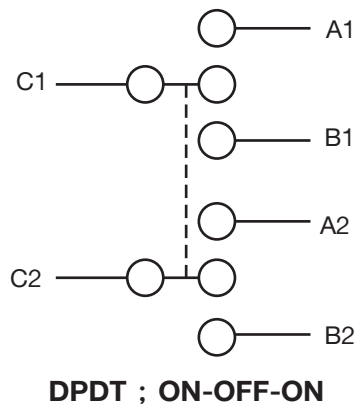
รูปที่ 2.3 สัญลักษณ์และสวิตช์ไฟฟ้าชนิดเปิด-ปิดคู่ทางเดียว

2.1.4 สวิตช์ที่มี 2 Pole 2 Throw (Double Pole Double Throw; DPDT)

สวิตช์ที่มี 2 Pole 2 Throw หรือสวิตช์ไฟฟ้าชนิดเปิด-ปิดคู่ 2 ทาง ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ขา C1, C2 คือขั้ว Common หรือขั้ว Pole และขา A1, B1, A2, B2 คือขั้ว Throw



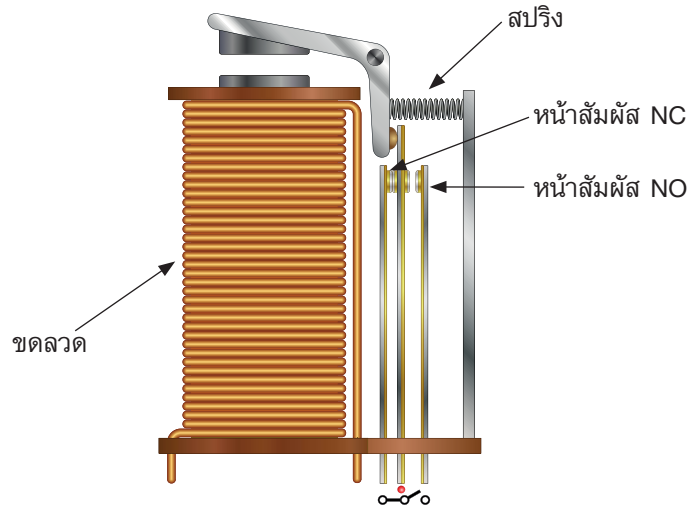
รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์และสวิตช์ไฟฟ้าชนิดเปิด-ปิดคู่ 2 ทาง



รูปที่ 2.5 สัญลักษณ์และสวิตช์ไฟฟ้าชนิดเปิด-ปิดคู่ 3 ทาง

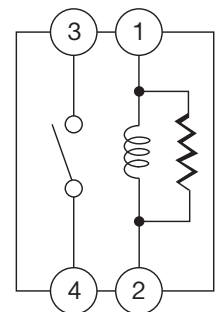
2.2 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรคล้ายกับสวิตช์ รีเลย์จะใช้แม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อให้กลไกหน้าสัมผัสทำงาน รีเลย์ประกอบด้วยขดลวดเส้นเล็กๆ พันรอบแกนเหล็กอ่อน และแกนอาร์มาเจอร์ติดตั้งอยู่กับก้ามปู มีลักษณะเป็นบานพับ มีสปริงยึดและมีหน้าสัมผัส 1 ชุดหรือมากกว่าติดตั้งอยู่ปลายด้านหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.6

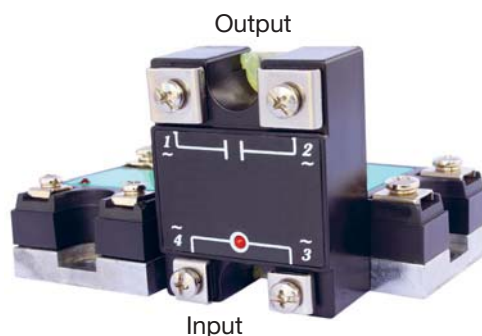


รูปที่ 2.6 โครงสร้างของรีเลย์

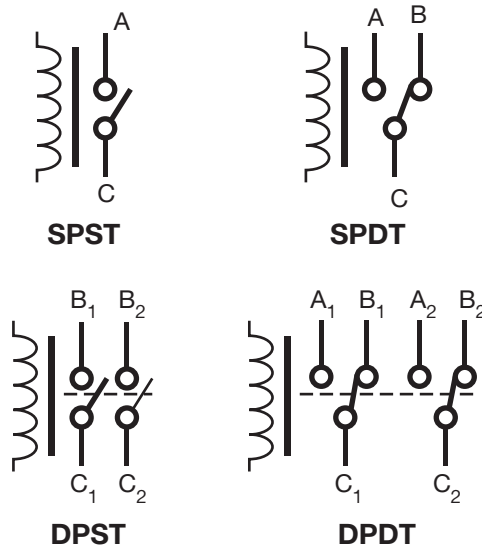
หลักการทำงาน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขา 1 และออกที่ขา 2 ของขดลวดเพียงเล็กน้อย จะทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กดึงดูดแกนอาร์มาเจอร์ ทำให้หน้าสัมผัส 4 มาติดกับหน้าสัมผัส 3 ทำให้กระแสไฟฟ้าจำนวนมากไหลผ่านหน้าสัมผัสของรีเลย์ไปยังโหลดโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 วงจรรีเลย์



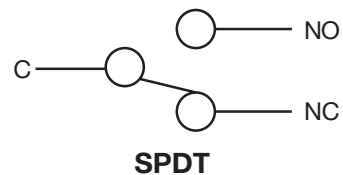
รูปที่ 2.8 รีเลย์ชนิดโซลิดสเตต (Solid State Relay : SSR) ใช้ควบคุมวงจรไฟฟ้าโดยไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนที่



รูปที่ 2.9 สัญลักษณ์วงจรของรีเลย์แบบต่างๆ

2.3 หลักการทำงานของลิมิตสวิตช์ (Working Principle of Limit Switch)

ลิมิตสวิตช์จะมีหลักการทำงานเหมือนกับสวิตช์ไฟฟ้าชนิด 2 ทาง (Single Pole Double Throw; SPDT) โดยจะมี 3 ขา ได้แก่ ขาอินพุตหรือขา COM เพียงขาเดียว และสามารถเชื่อมต่อหรือสลับขาระหว่างขาสัญญาณเอาต์พุต 2 ขา ได้แก่ ขา NO และขา NC โดยที่สวิตช์จะมีหนึ่งคู่เป็นปกติปิด NC และอีกหนึ่งคู่เป็นปกติเปิด NO ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 วงจรสวิตช์ไฟฟ้า 2 ทาง

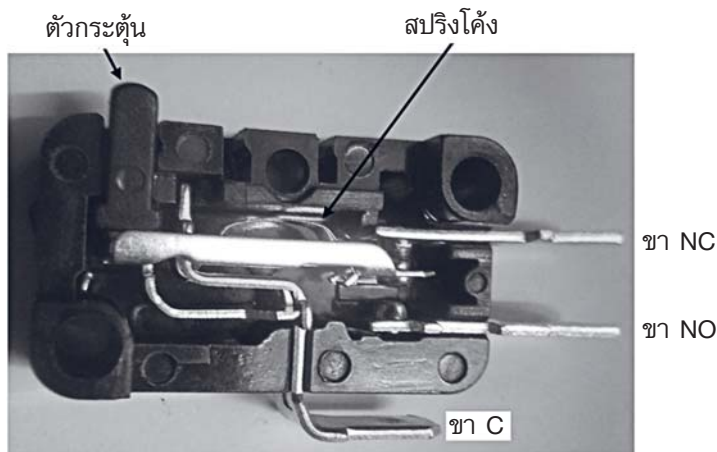
2.4 โครงสร้างและการทำงานของลิมิตสวิตช์ (Construction and Operating of Limit Switch)

ลิมิตสวิตช์เป็นอุปกรณ์เครื่องกลไฟฟ้าที่ประกอบด้วย ตัวกระตุ้นหรือตัวขับเคลื่อนทางกล (Actuator) ได้แก่ คานหรือคันโยก หรือลูกกลิ้ง ที่เชื่อมต่อกับชุดหน้าสัมผัส เมื่อมีแรงกดจากภายนอกมากระทำหรือมีวัตถุเคลื่อนที่เข้ามาสัมผัสกับตัวกระตุ้น จะทำให้ตัวกระตุ้นไปกดให้หน้าสัมผัสเคลื่อนที่ต่อหรือตัดวงจรไฟฟ้าของลิมิตสวิตช์ด้วยหน้าสัมผัสแบบปกติปิด NC หรือหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด NO

2.4.1 โครงสร้างของลิมิตสวิตช์ (Construction of Limit Switch)

โครงสร้างภายในของลิมิตสวิตช์ประกอบด้วย

1. หน้าสัมผัสแบบ NC และหน้าสัมผัสแบบ NO
2. ขา C ที่ต่อกับแผ่นโลหะตัวนำไฟฟ้า โดยที่ปลายอีกด้านหนึ่งจะเป็นหน้าสัมผัสทางไฟฟ้า
3. สปริงโค้ง (Curved Spring) เป็นสปริงรับแรงกดขนาดเล็กที่ถูกกดไว้ขณะถูกประกอบในตัวเสื้อ ดังนั้นสปริงจึงพยายามยืดตัว และจะเชื่อมต่อระหว่างแผ่นโลหะตัวนำไฟฟ้ากับขา C โดยตัวกระตุ้นจะกดบนแผ่นโลหะตัวนำไฟฟ้าใกล้กับจุดบานพับ ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในของลิมิตสวิตช์

2.4.2 การทำงานของลิมิตสวิตช์ (Operating of Limit Switch)

เมื่อตัวกระตุ้นไม่ได้ถูกกด สปริงโค้งจะดึงแผ่นโลหะตัวนำด้านหน้าสัมผัสทางไฟฟ้าให้ขึ้นไปด้านบนอยู่ในตำแหน่ง NC ดังแสดงในรูปที่ 2.11

เมื่อตัวกระตุ้นถูกกด แกนคันจะกดให้แผ่นโลหะตัวนำเลื่อนลง แรงดึงจากสปริงโค้งจะลดลงแบบอัตราเร่ง ยอมให้แผ่นโลหะตัวนำด้านหน้าสัมผัสทางไฟฟ้าเลื่อนลงไปในตำแหน่ง NO และจากการที่ลิมิตสวิตช์ถูกออกแบบมาเพื่อให้แผ่นโลหะตัวนำเลื่อนลงแบบอัตราเร่ง ทำให้การเลื่อนลงของแผ่นโลหะตัวนำเกิดเสียงดังคลิกที่ดังและชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 2.12

ในตำแหน่งที่แผ่นโลหะตัวนำถูกกดลง สปริงโค้งจะมีแรงดึงขึ้นบางส่วน หากตัวกระตุ้นถูกปล่อยออกแรงจากสปริงโค้งจะเพิ่มขึ้นจนสามารถดึงแผ่นโลหะตัวนำดังกล่าวกลับขึ้นด้านบนแบบ

อัตราเร่งจนหน้าสัมผัสทางไฟฟ้ากลับไปอยู่ในตำแหน่ง NC ดั้งเดิม เช่นเดียวกับการเลื่อนลงของแผ่นโลหะตัวนำ ซึ่งลิมิตสวิตช์ถูกออกแบบมาเพื่อให้สปริงโค้งมีความแข็งแรงพอที่จะขยับหน้าสัมผัสทางไฟฟ้าได้ แม้ว่าแผ่นโลหะตัวนำจะไม่ถูกกดด้วยตัวกระตุ้น



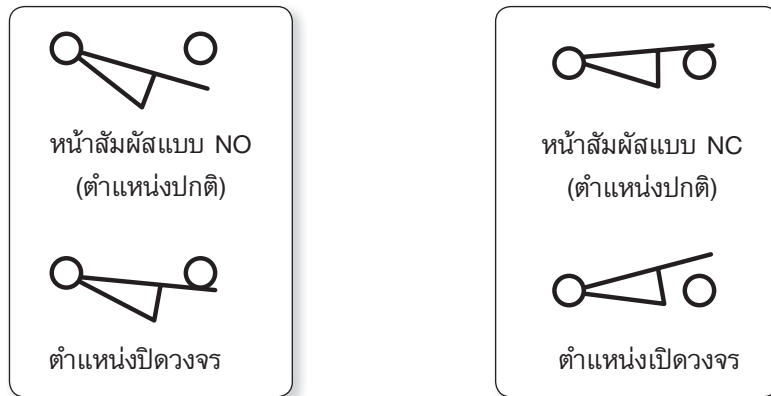
รูปที่ 2.12 ตัวกระตุ้นถูกกดหน้าสัมผัสอยู่ในตำแหน่ง NO

2.5 สัญลักษณ์ของลิมิตสวิตช์ (Symbol of Limit Switch)

หน้าสัมผัสของลิมิตสวิตช์ปกติจะมี 2 แบบ ได้แก่ แบบหน้าสัมผัสปกติปิดวงจร (Normally Closed; NC) และแบบหน้าสัมผัสปกติเปิดวงจร (Normally Open; NO) โดยสามารถเลือกใช้ในการต่อวงจรไฟฟ้าของลิมิตสวิตช์ในตำแหน่ง NO หรือตำแหน่ง NC ก่อนที่เครื่องจักรจะเริ่มทำงาน

สัญลักษณ์ของลิมิตสวิตช์แบบ NO แสดงในรูปที่ 2.13 ด้านบนซ้ายมือ สัญลักษณ์นี้แขนของหน้าสัมผัสจะอยู่ในตำแหน่งเปิดวงจร และอยู่ทางด้านล่างของขั้วต่อทางด้านขวามือของสวิตช์หรือทางด้านเอาต์พุต และเมื่ออยู่ในตำแหน่งปิด แขนสัมผัสของสวิตช์จะถูกเลื่อนไปติดกับขั้วต่อทางด้านขวามือของสวิตช์หรือทางด้านเอาต์พุต ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ด้านล่างซ้ายมือ

สัญลักษณ์ของลิมิตสวิตช์แบบ NC ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ด้านบนขวามือ สัญลักษณ์นี้แขนของหน้าสัมผัสจะอยู่ในตำแหน่งปิดวงจร และอยู่ทางด้านบนของขั้วต่อทางด้านขวามือของสวิตช์หรือทางด้านเอาต์พุต และเมื่ออยู่ในตำแหน่งเปิด แขนสัมผัสของสวิตช์จะถูกยกขึ้นอยู่สูงกว่าขั้วต่อทางด้านขวามือของสวิตช์หรือทางด้านเอาต์พุต ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ด้านล่างขวามือ



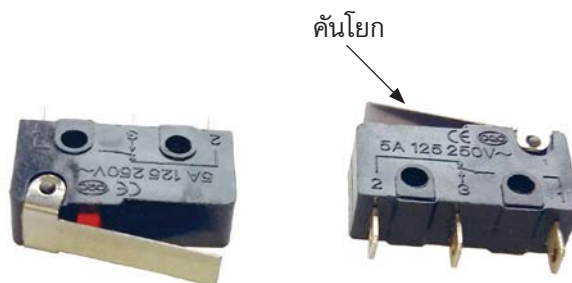
รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์ของลิ้มิตสวิตช์

2.6 ชนิดของตัวกระตุ้น (Type of Limit Switch Actuators)

ตัวสวิตช์ที่มีสัมผัสทางไฟฟ้าเพื่อกระตุ้นหรือลดกำลังวงจร หัวขับ หรือตัวกระตุ้นที่รวมเข้ากับแขนของคานหรือลูกสูบ ตัวกระตุ้นจะเคลื่อนที่เมื่อแรงจากภายนอกมากกระทำ การเคลื่อนที่นี้จะเปลี่ยนสถานะของการสัมผัสภายในตัวลิ้มิตสวิตช์ ตัวกระตุ้นที่นิยมใช้งานกันทั่วไปมีหลายชนิด ได้แก่

2.6.1 ตัวกระตุ้นแบบคั่นโยก (Lever Actuator)

ตัวกระตุ้นแบบนี้ คั่นโยกจะมีลักษณะเป็นแบบบานพับ เหมาะสำหรับการใช้งานที่ความเร็วต่ำและแรงกดจากตัวตามต่ำ ปลายคั่นโยกสามารถปรับเปลี่ยนรูปทรงได้หลากหลายให้สอดคล้องกับตัวตาม ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ตัวกระตุ้นแบบคั่นโยก

2.6.2 ตัวกระตุ้นแบบคันโยกและลูกกลิ้ง (Roller Lever Actuator)

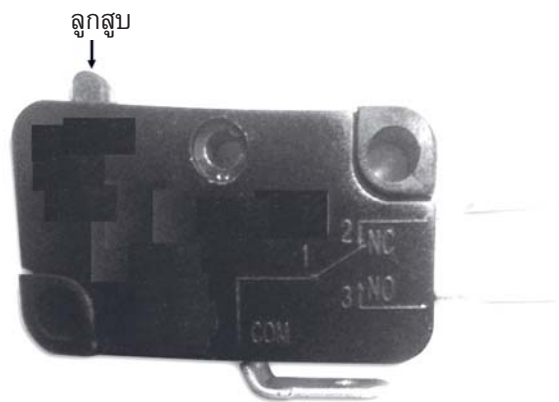
ตัวกระตุ้นแบบนี้ คันโยกจะมีลักษณะเป็นแบบบานพับ และมีลูกกลิ้งที่ปลายของคันโยกเหมาะสำหรับสำหรับการใช้งานที่มีแรงกดต่ำมาก ๆ กับลูกเบี้ยวความเร็วสูงตามที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ตัวกระตุ้นแบบคันโยกและลูกกลิ้ง

2.6.3 ตัวกระตุ้นแบบลูกสูบ (Pin Plunger Actuator)

ตัวกระตุ้นแบบนี้เหมาะสำหรับการควบคุมระยะสั้นหรือพื้นที่การติดตั้งที่ไม่สามารถใช้ตัวกระตุ้นแบบคันโยกหรือแบบคันโยกและลูกกลิ้ง แรงที่กระทำจะเป็นแรงตั้งฉากกับแกนลูกสูบ สลักเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ตัวกระตุ้นแบบลูกสูบ

2.6.4 ตัวกระตุ้นแบบลูกสูบ (Plunger Actuator)

ตัวกระตุ้นแบบนี้เหมาะสำหรับการควบคุมระยะสั้นหรือพื้นที่การติดตั้งที่ไม่สามารถใช้ตัวกระตุ้นแบบคันโยกหรือแบบคันโยกและลูกกลิ้ง แรงดันที่กระทำจะเป็นแรงตั้งฉากกับแกนลูกสูบเท่านั้น เช่น แรงดันจากกระบอกไฮดรอลิกส์หรือนิวเมติกส์สามารถตรวจจับตำแหน่งได้อย่างแม่นยำ ลูกสูบจะต้องติดตั้งสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของตัวตาม เพื่อไม่ให้ลูกสูบรับแรงกดเกินภาระ ดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ตัวกระตุ้นแบบลูกสูบ

2.6.5 ตัวกระตุ้นแบบลูกสูบและลูกกลิ้ง (Roller Plunger Actuator)

ตัวกระตุ้นแบบนี้เหมาะกับการใช้งานที่มีการสัมผัสแบบเลื่อน ซึ่งทำให้ลูกกลิ้งหมุนตัวตามให้ลูกสูบและลูกกลิ้งทำงาน อาจจะใช้ลูกเบี้ยว กระบอกสูบ หรือตัวตามแบบอื่นๆ ซึ่งมีความแม่นยำในการตรวจจับตำแหน่งสูง ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ตัวกระตุ้นแบบลูกสูบและลูกกลิ้ง

2.6.6 ตัวกระตุ้นแบบแขนและลูกกลิ้ง (Roller Arm Actuator)

ตัวกระตุ้นแบบนี้สามารถปรับความยาวของแขนลูกกลิ้งได้ตามที่ต้องการ ตัวตามให้แขนลูกกลิ้งทำงานอาจใช้ลูกเบี้ยว กระบอกสูบ หรือตัวตามแบบอื่นๆ ซึ่งมีความแม่นยำในการตรวจจับตำแหน่งสูงเช่นเดียวกับตัวกระตุ้นแบบลูกสูบและลูกกลิ้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.19



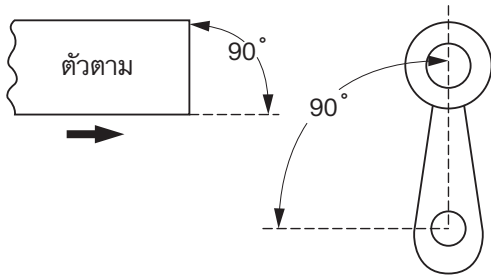
รูปที่ 2.19 ตัวกระตุ้นแบบแขนและลูกกลิ้ง

2.7 การออกแบบและติดตั้งลิ้มิตสวิตช์และตัวตาม (Design and Mounting Limit Switch and Cam)

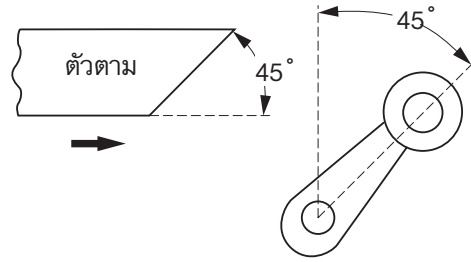
สิ่งสำคัญของการใช้งานลิ้มิตสวิตช์คือ การออกแบบตัวตาม (Cam or Dog) การเลือกใช้หรือการออกแบบตัวตามที่ไม่เหมาะสมอาจจะทำให้ลิ้มิตสวิตช์เสียหายได้

2.7.1 การออกแบบตัวตามสำหรับตัวกระตุ้นแบบคันโยก (Design of Cam for Lever Arm Actuators)

1. มุมของตัวตาม (Cam Angle) เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของลิ้มิตสวิตช์ สำหรับตัวกระตุ้นแบบคันโยก ควรให้แรงที่กระทำกับตัวตามเป็นมุมตั้งฉากกับแขนของคันโยก ตัวอย่างเช่น คันโยกมีมุมเคลื่อนที่ทำงาน 90 องศา ตัวตามก็ควรจะมียุม 90 องศา และถ้าคันโยกมีมุมเคลื่อนที่ทำงาน 45 องศา ตัวตามก็ควรจะมียุม 45 องศา เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.20



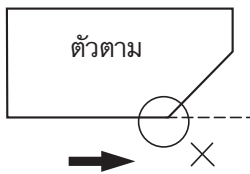
(ก) คั่นโยกและตัวตามมีมุม 90 องศา



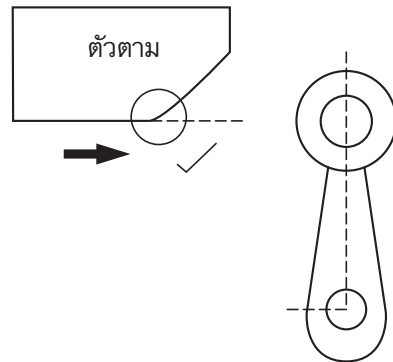
(ข) คั่นโยกและตัวตามมีมุม 45 องศา

รูปที่ 2.20 มุมของคั่นโยกและตัวตาม

2. รูปร่างของตัวตาม (Cam Shape) ตัวตามควรจะมีรูปร่างที่ไม่ทำให้ตัวกระตุ้นได้รับแรงแบบกระแทกรุนแรงหรือปลดปล่อยอย่างฉับพลันทันใด และควรออกแบบให้ตัวกระตุ้นสามารถเคลื่อนที่กลับได้อย่างอิสระ ดังแสดงในรูปที่ 2.21 และรูปที่ 2.22

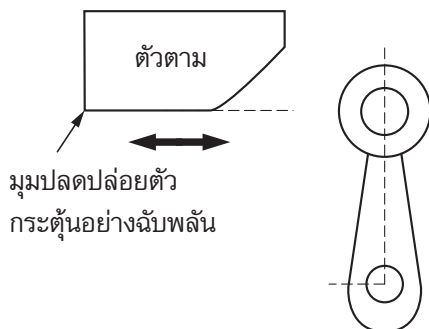


(ก) ตัวกระตุ้นได้รับแรงแบบกระแทก

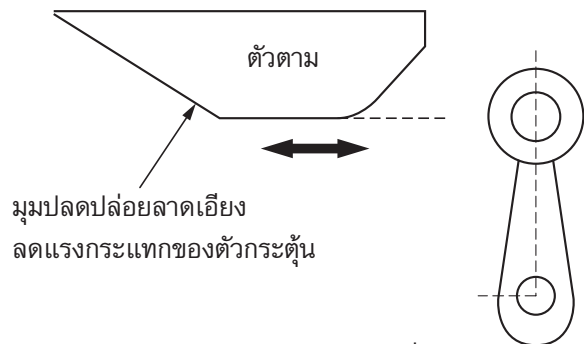


(ข) ตัวกระตุ้นได้รับแรงแบบนุ่มนวล

รูปที่ 2.21 มุมกระตุ้นของตัวตาม



(ก) มุมปลดปล่อยตัวกระตุ้นที่ผิด

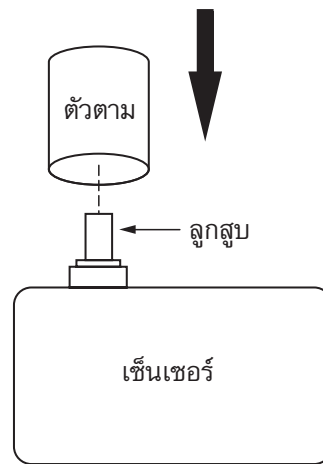


(ข) มุมปลดปล่อยตัวกระตุ้นที่ถูกต้อง

รูปที่ 2.22 มุมปลดปล่อยตัวกระตุ้นของตัวตาม

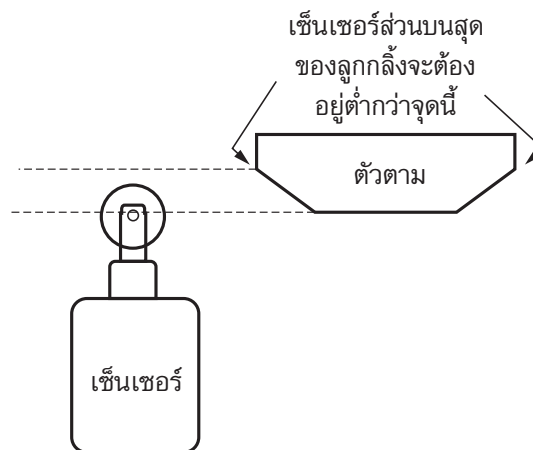
2.7.2 การออกแบบตัวตามสำหรับตัวกระตุ้นแบบลูกสูบ (Design of Cam for Plunger Actuators)

1. เมื่อติดตั้งลิมิตสวิตช์ ให้ตัวกระตุ้นแบบลูกสูบถูกผลักดันเข้าทางด้านข้างหรือทางด้านบน ตัวตามจะต้องติดตั้งให้อยู่ในแนวเดียวกันกับแกนของลูกสูบ ดังแสดงในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 ตัวตามติดตั้งให้อยู่ในแนวเดียวกันกับแกนของลูกสูบ

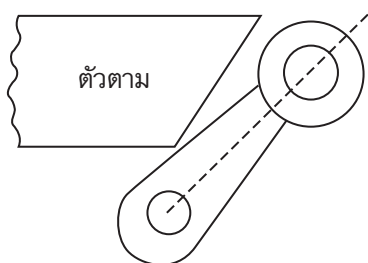
2. การติดตั้งตัวตาม ไม่ควรให้ห่างไกลเกินกว่าขอบเขตการทำงานของลิมิตสวิตช์ และไม่ให้เส้นของลิมิตสวิตช์ชนกับตัวตาม และให้ด้านบนสุดของตัวกระตุ้นแบบลูกสูบลูกกลิ้งอยู่ต่ำกว่าขอบบน ดังแสดงในรูปที่ 2.24



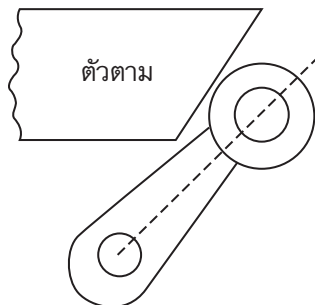
รูปที่ 2.24 การติดตั้งตัวตามให้เหมาะสมกับตัวกระตุ้นแบบลูกสูบลูกกลิ้ง

2.7.3 การติดตั้งลิมิตสวิตช์ (Mounting Limit Switch)

1. ไม่ควรติดตั้งตัวตามในตำแหน่งที่จะไปกระทบกับแขนลูกกลิ้งแทนที่จะกระทบกับลูกกลิ้งของลิมิตสวิตช์ ซึ่งจะทำให้แขนลูกกลิ้งผิดรูป แล้วทำให้การคืนกลับของลิมิตสวิตช์ผิดพลาด และลิมิตสวิตช์ควรจะติดตั้งอย่างแน่นหนา บำรุงรักษาได้ง่าย ดังแสดงในรูปที่ 2.25



(ก) การติดตั้งตัวตามผิด



(ข) การติดตั้งตัวตามที่ถูกต้อง

รูปที่ 2.25 วิธีการติดตั้งตัวตาม

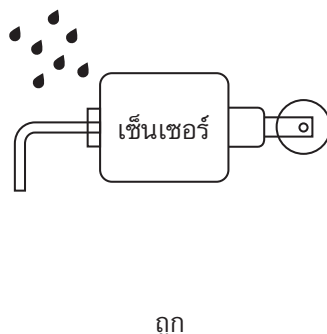
2. ถ้าติดตั้งลิมิตสวิตช์ในบริเวณที่อาจจะมีของไหล ควรจะติดตั้งลิมิตสวิตช์ให้ด้านหน้าหันลงด้านล่าง เพื่อป้องกันการรั่วซึมของของไหลผ่านซีลเข้าไปในตัวลิมิตสวิตช์ ดังแสดงในรูปที่ 2.26



ผิด



ถูก

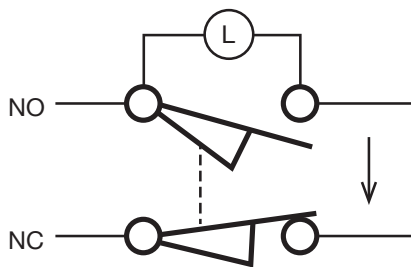


ถูก

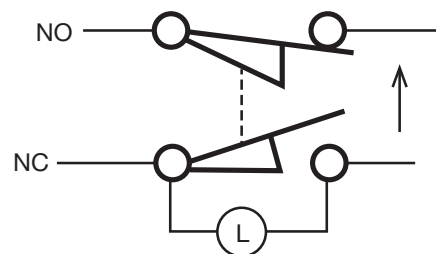
รูปที่ 2.26 การติดตั้งลิมิตสวิตช์ในตำแหน่งที่ถูกต้องและผิด

2.7.4 หลอดไฟแสดงสถานะ (Indicating Lights)

หลอดไฟแสดงสถานะจะช่วยให้ผู้ใช้งานลิ้มิตสวิตซ์สามารถมองเห็นสถานะของเอาต์พุตได้อย่างรวดเร็ว หลอดไฟแสดงสถานะอาจจะเป็นหลอดไฟ LED แบบ 12–230 VAC/DC หรือหลอดไฟนีออน 120 VAC หลอดไฟแสดงสถานะสามารถต่อวงจรแสดงสถานะการทำงานที่หน้าสัมผัส NO หรือหน้าสัมผัส NC และหลอดไฟจะติดสว่างเมื่อน้ำสัมผัสเปลี่ยนสถานะการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.27



(ก) หลอดไฟแสดงสถานะติดสว่าง
เมื่อน้ำสัมผัส NC ต่อวงจร



(ข) หลอดไฟแสดงสถานะติดสว่าง
เมื่อน้ำสัมผัส NO ต่อวงจร

รูปที่ 2.27 วงจรของหลอดไฟแสดงสถานะ



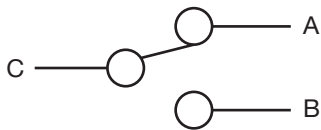
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

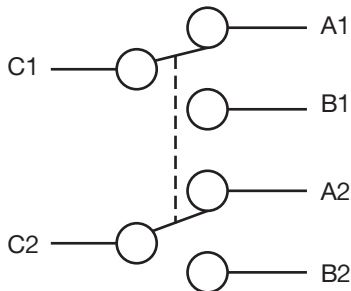
1. ลิ้มิตสวิตช์คืออะไร
2. สวิตช์ไฟฟ้าที่ใช้ในการเปิด-ปิดวงจรไฟฟ้าต่างๆ อย่างน้อยจะต้องมีกี่ขั้ว
3. ขั้ว Pole คือขั้วอะไร

ขั้ว Throw คือขั้วอะไร

4. จากรูปเป็นสัญลักษณ์ของสวิตช์ชนิดใด



5. จากรูปเป็นสัญลักษณ์ของสวิตช์ชนิดใด



6. อุปกรณ์ชนิดใดที่ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้าโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็ก
7. หลักการทำงานของรีเลย์คืออะไร
8. รีเลย์ชนิดใดไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนที่
9. ลิ้มิตสวิตช์จะมีหลักการทำงานเหมือนกับสวิตช์ไฟฟ้าชนิดใด
10. โดยทั่วไปลิ้มิตสวิตช์จะมีหน้าสัมผัสทางไฟฟ้า 2 แบบ ได้แก่อะไร

11. จงเขียนสัญลักษณ์หน้าสัมผัสของลิ้มตสวตซ์แบบ NO และแบบ NC
12. ตัวกระตุ้นแบบใด ที่สามารถปรับเปลี่ยนรูปทรงได้หลากหลาย
13. ตัวกระตุ้นแบบใด ที่สามารถปรับความยาวของแขนได้
14. เมื่อมีแรงของตัวตามที่กระทำกับแขนของคันโยก ควรจะออกแบบให้ตัวตามมีมุมอย่างไร
15. ตัวตามของตัวกระตุ้นแบบลูกสูบจะต้องติดตั้งในลักษณะใด
16. การติดตั้งลิ้มตสวตซ์ในบริเวณที่อาจจะมีของไหล ควรจะติดตั้งในลักษณะใด
17. หลอดไฟแสดงสถานะของลิ้มตสวตซ์ จะสามารถต่อวงจรแสดงสถานะอย่างไร
18. การติดตั้งลิ้มตสวตซ์และตัวตามในลักษณะใด ที่จะทำให้แขนลูกกลิ้งผิดรูป
19. ตัวกระตุ้นแบบใดที่มีความแม่นยำในการตรวจจับตำแหน่งสูง
20. ตัวตามควรจะมีรูปร่างแบบใด เพื่อให้ตัวกระตุ้นทำงานได้อย่างราบเรียบ

เซ็นเซอร์ในงานอุตสาหกรรม (Industrial Sensors)

หนังสือ เซ็นเซอร์ในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 20127-2008 เล่มนี้ เหมาะสำหรับนักเรียนระดับชั้น ประกาศนียบัตร (ปวช.) สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ และผู้ที่สนใจทั่วไปที่จะศึกษาหาความรู้ทางการวัด และการควบคุมระบบด้วยเซ็นเซอร์ เนื้อหาวิชาจะประกอบด้วย ลิ้มิตสวิตช์ พร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์ โพเทนชิโอมิเตอร์ เอ็นโค้ดเดอร์ เทคโคเจเนอเรเตอร์ อุลตราโซนิกส์ แอลวีดีที สเตนเกจ โหลดเซลล์ เทอร์มิสเตอร์ อาร์ทีดีเทอร์โมคัปเปิล และใบงานที่ใช้บอร์ด Arduino และโปรแกรมแบบ Open Source ที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้โดยเสรี ที่สามารถนำไปทดลองปฏิบัติงานได้จริง

ประวัติผู้เขียน

บุญธรรม ภัทราจารุกุล

ประวัติการศึกษา



- สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา
- สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาเครื่องกล จากมหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล นครราชสีมา
- สำเร็จการศึกษาระดับ ปวส. สาขาช่างยนต์ จากวิทยาลัยเทคนิคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน) นครราชสีมา

การทำงาน

- เคยรับราชการที่วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมาในตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) ทำหน้าที่เป็นหัวหน้าแผนกวิชา เมคคาทรอนิกส์ และสอนวิชาเมคคาทรอนิกส์เบื้องต้น เซ็นเซอร์และทรานส์ดิวเซอร์ การควบคุมอัตโนมัติ กรรมวิธีการผลิต (ระดับ ปวส.) กรรมวิธีการผลิต (ระดับ ปวช.) กลศาสตร์เครื่องกล ฯลฯ

ด้านการศึกษาอบรม

- ผ่านการศึกษาดูงานโครงการพัฒนาวิสัยทัศน์และศักยภาพของผู้บริหาร และครูในสถานศึกษาสู่สากล ณ ประเทศอิตาลี สมาพันธรัฐสวิส สาธารณรัฐออสเตรีย และสหพันธ์รัฐเยอรมนี เมื่อวันที่ 7-15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2551
- ผ่านการอบรมโครงการพัฒนาบุคลากรด้านเมคคาทรอนิกส์ ณ ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จัดโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ร่วมกับสำนักพัฒนาสมรรถนะครูและบุคลากรอาชีวศึกษา และบริษัท เฟสโต้ จำกัด เมื่อวันที่ 23 มีนาคม-11 เมษายน พ.ศ. 2552

หนังสือ	1 สี	จำนวน	458	หน้า
	2 สี	จำนวน		หน้า
	4 สี	จำนวน		หน้า
กระดาษ	ปอนด์			
ความหนา	กระดาษปก	230	แกรม	
	กระดาษเนื้อใน	70	แกรม	



www.se-ed.com



sbc.fans



SE-ED Publisher

พร้อมจำหน่ายในรูปแบบ

- | | |
|--|---|
| ☒ e-book (PDF) | ☐ audiobooks |
| ☐ e-book (EPUB) | ☐ audio CD / MP3 |
| ☒ ปกอ่อน | ☐ LARGE PRINT (ตัวอักษรขนาดใหญ่) |

ISBN 978-616-08-4530-9



9 786160 845309

144 บาท

คู่มือเรียน-สอบ/อาชีวศึกษา-
สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์