



## พร็อกซีมิตี้เซ็นเซอร์ (Proximity Sensors)

### สาระสำคัญ

พร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์คือ เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุภายในระบบวิภาคติเฉพาะของเซ็นเซอร์ โดยใช้ สนามแม่เหล็กไฟฟ้า แสง และเสียง ซึ่งแต่ละชนิดจะเหมาะสมกับการใช้งานและสภาพแวดล้อมที่ เผาฯเจาะจง โดยจะผลิตสัญญาณเอาต์พุต 2 ตำแหน่งเท่านั้นคือ สัญญาณอน-อฟ (ON-OFF) โดยเมื่อมีวัตถุเข้ามาอยู่ใกล้เซ็นเซอร์ในระยะตรวจจับ ใช้ในการตรวจจับตำแหน่ง ระดับ ขนาด และรูปร่างของชิ้นงาน นับจำนวนของชิ้นงาน โดยไม่สัมผัสกับชิ้นงาน จึงมีความทนทาน และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ได้รับความนิยมในการใช้งานแทนลิมิตสวิตช์

### จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้

1. มีความรู้ความเข้าใจส่วนประกอบและการทำงานของพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์หนี่ยวนำ
2. มีความรู้ความเข้าใจส่วนประกอบและการทำงานของพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์เก็บประจุ
3. มีความรู้ความเข้าใจการติดตั้งพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์หนี่ยวนำ
4. มีความรู้ความเข้าใจการติดตั้งพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์เก็บประจุ

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายส่วนประกอบและการทำงานของพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์หนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง
2. อธิบายส่วนประกอบและการทำงานของพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์เก็บประจุได้อย่างถูกต้อง
3. อธิบายวิธีการติดตั้งพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์หนี่ยวนำได้อย่างถูกต้อง
4. อธิบายวิธีการติดตั้งพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์เก็บประจุได้อย่างถูกต้อง
5. ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติตามใบงานได้ถูกต้องมีความปลอดภัยและสำเร็จภายในเวลาที่กำหนด อย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

### เนื้อหาสาระ

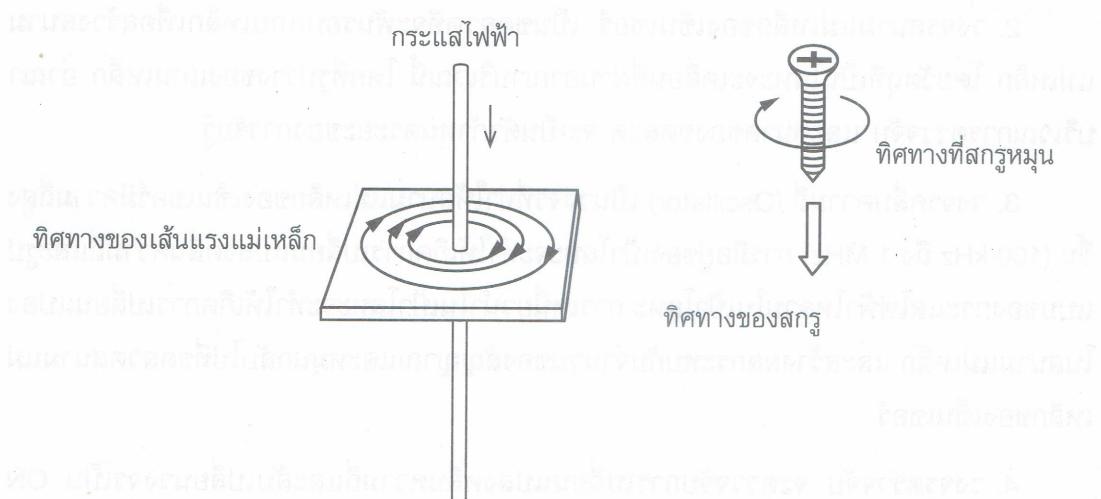
ศึกษาถึงชนิดของพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์ ส่วนประกอบและการทำงานของพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์ หนี่ยวนำและพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์เก็บประจุ และปฏิบัติตามใบงาน

พร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์คือ เซ็นเซอร์ที่สามารถตรวจจับวัตถุที่อยู่ใกล้ๆ ภายในระยะที่กำหนด เนพาะของเซ็นเซอร์โดยไม่มีการสัมผัสกับวัตถุใดๆ ด้วยสنانมแม่เหล็กไฟฟ้า แสง และเสียง ซึ่งแต่ละชนิดจะเหมาะสมกับการใช้งานและสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง การทำงานของพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์จะผลิตสัญญาณเอาต์พุต 2 ตำแหน่งเท่านั้นคือ สัญญาณอน–อฟ (ON–OFF) โดยเมื่อมีวัตถุเข้ามาอยู่ใกล้เซ็นเซอร์ในระยะตรวจจับ เซ็นเซอร์จะต่อสัญญาณเอาต์พุต และเมื่อวัตถุอยู่ไกลออกไปหรือไม่มีวัตถุ เซ็นเซอร์จะตัดสัญญาณเอาต์พุต

พร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์จะมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่บรรจุอยู่ภายในและถูกซีลป้องกันไว้อย่างสมบูรณ์ จึงสามารถป้องกันฝุ่น ละออง และความชื้นได้อย่างคงทนถาวร เชือก็ได้ นิยมใช้งานกันมากในกระบวนการผลิตในโรงงาน และระบบความปลอดภัย

### 3.1 เซ็นเซอร์เหนี่ยวนำ (Inductive Sensor)

เซ็นเซอร์เหนี่ยวนำเป็นเซ็นเซอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวด จากกฎสกรูเกลี่ยวของแอมเปร์ เมื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปในเส้นลวดตัวนำ สนามแม่เหล็กรอบๆ ตัวนำจะเกิดขึ้นในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ซึ่งเซ็นเซอร์แบบเหนี่ยวนำใช้ตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.1



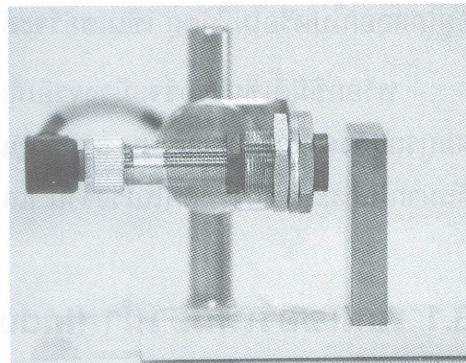
รูปที่ 3.1 เปรียบเทียบเส้นแรงแม่เหล็กกับกฎสกรูเกลี่ยวขวา

เซ็นเซอร์เหนี่ยวนำจะมีความถี่ในการเปิด-ปิดงานต่อวินาที โดยจะมีช่วงความเร็วตั้งแต่ 10 ถึง 20 Hz AC หรือ 500 Hz ถึง 5 kHz DC เนื่องจากข้อจำกัดของสนามแม่เหล็ก เซ็นเซอร์

เห็นได้ชัดว่ามีระยะตรวจจับค่อนข้างแคบตั้งแต่เศษส่วนของมิลลิเมตรถึง 60 มิลลิเมตร โดยเฉลี่ย โดยการออกแบบเซ็นเซอร์เห็นได้ชัดว่ามีระยะตรวจจับยาวขึ้นเป็นพิเศษ

### 3.1.1 ส่วนประกอบของเซ็นเซอร์เห็นได้ชัด (Components of Inductive Sensor)

เพื่อให้เหมาะสมกับขอบเขตของเครื่องจักร อุตสาหกรรม รูปแบบทางเรขาคณิตของเครื่องจักร อุตสาหกรรม ขอบเขตของการตรวจจับ และการติดตั้ง เซ็นเซอร์เห็นได้ชัดมีแบบท่อglm และแบบลีฟเลี่ยมผินผ้าให้เลือกใช้งาน ซึ่งเซ็นเซอร์แบบท่อglm จะได้รับความนิยมมากที่สุด มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 3-40 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เซ็นเซอร์ชนิดเห็นได้ชัด

ส่วนประกอบหลักของเซ็นเซอร์เห็นได้ชัด ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ประกอบด้วย

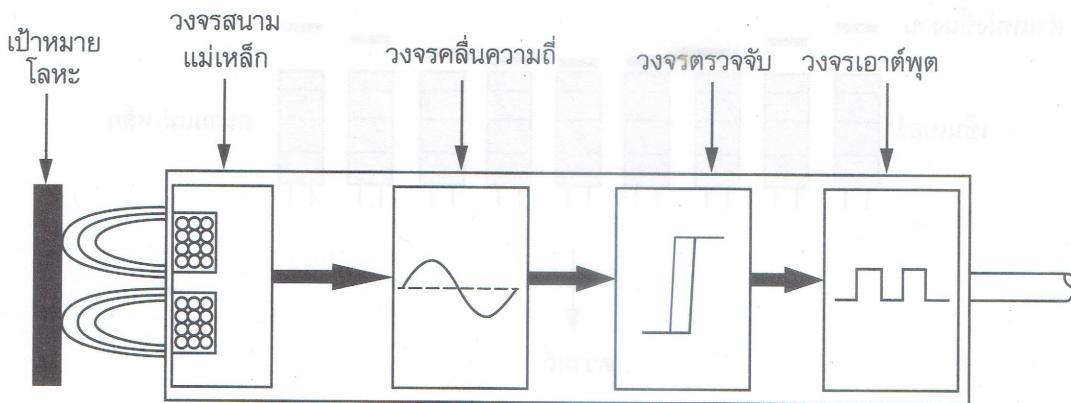
1. วัตถุที่เป็นโลหะหรือเป้าหมายเข้าสู่อ่านบริเวณการตรวจจับ

2. วงจรสนามแม่เหล็กของเซ็นเซอร์ เป็นชุดลวดที่จะพันรอบแกนเหล็กเพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก โดยวัตถุที่เป็นโลหะจะเคลื่อนที่ผ่านอ่านบริเวณนี้ โดยที่รูปร่างของแกนเหล็ก อาณาบริเวณการตรวจจับ และขนาดของชุดลวด จะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาของการรับรู้

3. วงจรคลื่นความถี่ (Oscillator) เป็นวงจรที่ทำให้สนามแม่เหล็กของเซ็นเซอร์มีความถี่สูงขึ้น (100 kHz ถึง 1 MHz) การมีอยู่ของเป้าโลหะจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคลื่นความถี่และรูปแบบของกระแสไฟฟ้าให้วนในเป้าโลหะ การเห็นได้ชัดในเป้าโลหะจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสนามแม่เหล็ก และสร้างผลกระทบกับจำนวนของสัญญาณและหมุนกลับไปที่ชุดลวดสนามแม่เหล็กของเซ็นเซอร์

4. วงจรตรวจจับ จะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงคลื่นความถี่และลับเปลี่ยนวงจรเป็น ON เล้าส่งสัญญาณไปยังวงจรเอาต์พุต

5. วงจรเอาต์พุตของเซ็นเซอร์จะร่วงจรนี้จะทำงานจนกระทั่งเป้าหมายโลหะเคลื่อนที่ออกจากอาณาบริเวณตรวจจับ เมื่อวงจรกำเนิดคลื่นความถี่เพิ่มขึ้นจนถึงจุดปรับตั้ง วงจรตรวจจับจะลับเปลี่ยนเป็น OFF วงจรเอาต์พุตจะกลับคืนสู่สภาพปกติ

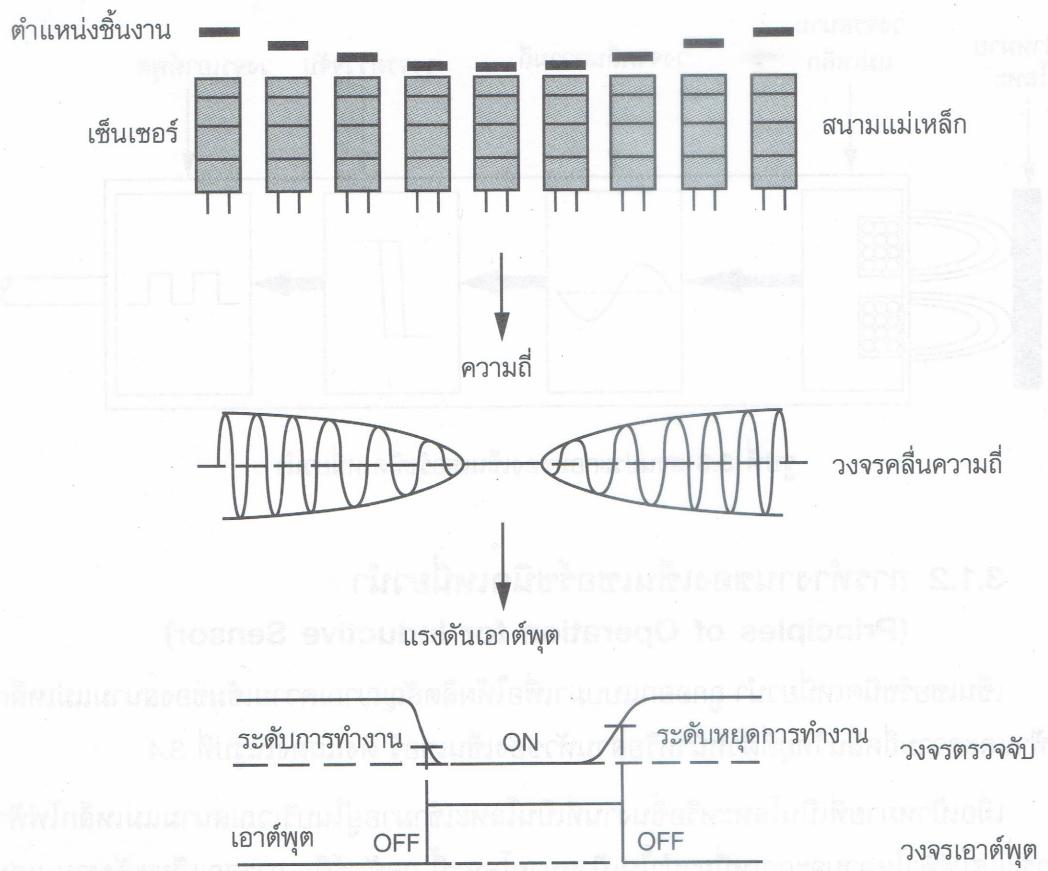


รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของเซ็นเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำ

### 3.1.2 การทำงานของเซ็นเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำ (Principles of Operation for Inductive Sensor)

เซ็นเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำ ถูกออกแบบมาเพื่อให้ผลิตสัญญาณความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและความถี่คลื่นวิทยุที่ผิวน้ำหรือล่วงหัวของเซ็นเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.4

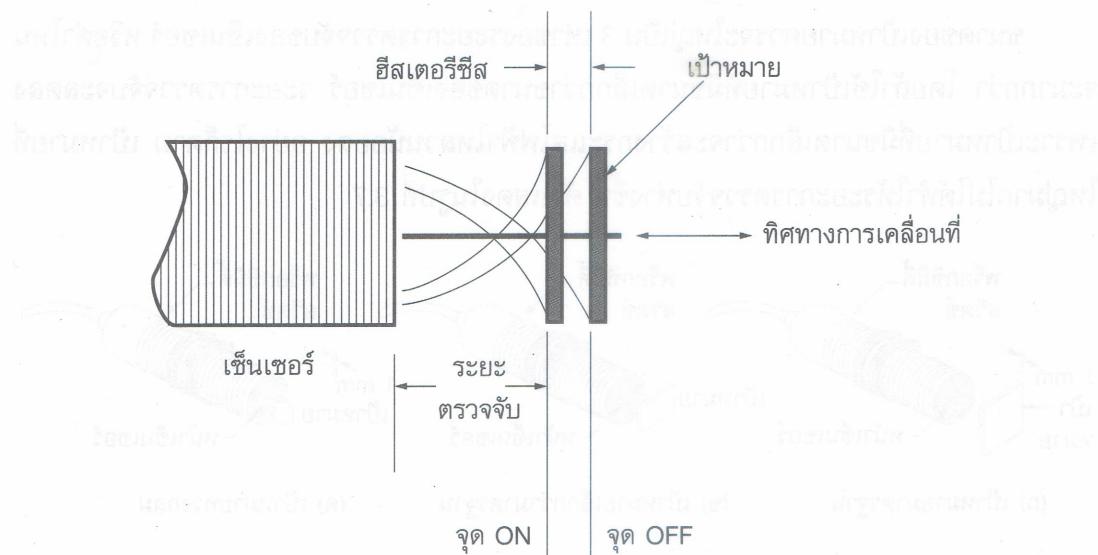
เมื่อเป้าหมายที่เป็นโลหะหรือชิ้นงานที่เป็นโลหะเข้ามาอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้ กระแสไฟฟ้าไหลวนจะถูกเหนี่ยวนำในเป้าหมายโลหะนี้ ผลลัพธ์คือ การสูญเสียพลังงาน และความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะลดน้อยลง จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทำให้คลื่นความถี่ลดลงไปจนถึงศูนย์ วงจรตรวจจับในเซ็นเซอร์จะรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงความเข้มของสนามแม่เหล็ก และส่งสัญญาณการเปลี่ยนสถานะไปให้กับวงจรเอาต์พุตเป็น ON และเมื่อเป้าหมายโลหะออกจากบริเวณตรวจจับ วงจรคลื่นความถี่จะเริ่มต้นสร้างความถี่ใหม่อีกครั้งหนึ่ง และส่งสัญญาณการเปลี่ยนสถานะไปให้กับวงจรเอาต์พุตเป็น OFF สถานะดังกล่าวในข้างต้นจะถูกแยกแยะได้ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ภายใน ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การทำงานของเช็นเชอร์ชนิดเหนี่ยวนำ

### 3.1.3 ไฮสเตอเรซิส (Hysteresis)

ไฮสเตอเรซิสในทางวิศวกรรมคือ ความแตกต่างระหว่างจุด ON และจุด OFF ของเช็นเชอร์ ถ้าหากจุด ON และจุด OFF อยู่ในจุดเดียวกัน จะเกิดการเปลี่ยนวงจร ON – OFF – ON – OFF อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดเสียงดังจีกแจ็กอยู่ตลอดเวลา ด้วยไฮสเตอเรซิสจุด ON และจุด OFF จะต้องมีระยะห่างต่างกันเล็กน้อยจากผิวหน้าเซ็นเซอร์เพื่อช่วยป้องกันเสียงดัง เมื่อเปลี่ยนลักษณะจากจุด ON และจุด OFF ดังแสดงในรูปที่ 3.5

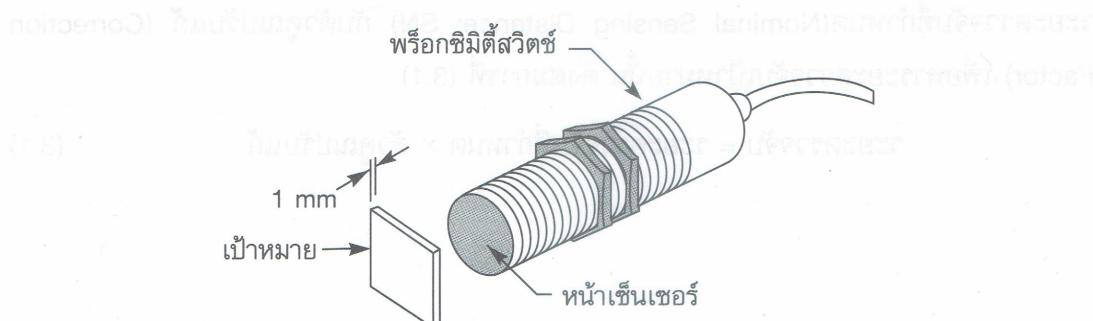


รูปที่ 3.5 อิลเตอร์วิชส์คือความแตกต่างระหว่างจุด ON และจุด OFF

### 3.1.4 การออกแบบเป้าหมายสำหรับเซ็นเซอร์เหนี่ยวนำ (Design Target for Inductive Sensors)

ข้อสำคัญที่ควรพิจารณาในการเลือกใช้และออกแบบวัสดุเป้าหมายสำหรับเซ็นเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำให้มีประสิทธิภาพในการตรวจจับ ได้แก่

**1. ขนาดของเป้าหมาย (Target Size)** ความหนาของเป้าหมายไม่ส่งผลกระทบต่อระยะการตรวจจับมากนัก อย่างไรก็ตาม เป้าหมายที่เป็นโลหะออกกลุ่มเหล็กที่บางสามารถทำให้ระยะการตรวจจับได้มากขึ้น เนื่องจากสามารถสร้างกระแสไฟฟ้าให้วนทึบลงด้าน ขนาดของวัสดุเป้าหมายมาตรฐานสำหรับเซ็นเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำคือ แผ่นเหล็กเหนี่ยวนำปั๊มเหลี่ยมจั๊วสหนา 1 มิลลิเมตร ที่มีความยาวด้านเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของผิวน้ำเซ็นเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เป้าหมายมาตรฐานสำหรับเซ็นเซอร์เหนี่ยวนำ

ขนาดของเป้าหมายควรจะใหญ่เป็น 3 เท่าของระยะการตรวจจับของเช็นเชอร์ หรือค่าไหนจะมากกว่า โดยถ้าใช้เป้าหมายที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดของเช็นเชอร์ ระยะการตรวจจับจะลดลง เพราะเป้าหมายที่มีขนาดเล็กกว่าจะสร้างกระแสไฟฟ้าให้วนน้อยลง อย่างไรก็ตาม เป้าหมายที่ใหญ่มากไม่ได้ทำให้ระยะการตรวจจับห่างขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ขนาดของเป้าหมายที่มีผลต่อการตรวจจับของเช็นเชอร์

**2. รูปร่างของเป้าหมาย (Target Shape)** รูปร่างของเป้าหมายจะมีผลกระทบต่อระยะการตรวจจับ วัตถุเป้าหมายทรงกลม หรือวัตถุที่มีพื้นผิวขรุขระ อาจจะมีผลกระทบบั้นถั่งการทำงานของเช็นเชอร์ และอาจจะต้องใช้ระยะการตรวจจับใกล้ๆ การใช้เช็นเชอร์ขนาดใหญ่หรือเช็นเชอร์ที่มีระยะการตรวจจับกว้างจะสามารถลดผลกระทบนี้ได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.7 (ค)

**3. ชนิดของวัสดุเป้าหมาย (Target Material)** เช็นเชอร์เนี่ยนำมาใช้ตรวจจับเป้าหมายที่เป็นโลหะได้ทุกชนิด แต่จะทำงานได้ดีที่สุดกับโลหะเหล็กโดยทั่วไป ถ้าเป้าหมายเป็นโลหะนอกกลุ่มเหล็ก วัสดุเป้าหมายเหล่านี้จะต้องติดตั้งอยู่ใกล้กว่าโลหะเหล็ก เพื่อให้เช็นเชอร์สามารถตรวจจับได้

เพื่อหาระยะตรวจจับสำหรับโลหะชนิดต่างๆ ที่ไม่ใช่เหล็กหนี่ယามาตรฐาน ผู้ผลิตได้กำหนดตัวคูณปรับแก้เพื่อให้เช็นเชอร์สามารถตรวจจับเป้าหมายได้ ถ้าใช้วัสดุชนิดใดชนิดหนึ่ง ให้คูณระยะตรวจจับที่กำหนด(Nominal Sensing Distance; SN) กับตัวคูณปรับแก้ (Correction Factor) เพื่อหาระยะตรวจจับเป้าหมายนั้น ดังสมการที่ (3.1)

$$\text{ระยะตรวจจับ} = \text{ระยะตรวจจับที่กำหนด} \times \text{ตัวคูณปรับแก้} \quad (3.1)$$

### ตารางที่ 3.1 ตัวคูณปรับแก้ของวัสดุเป้าหมายชนิดต่างๆ

ชนิดของวัสดุเป้าหมาย	ตัวคูณปรับแก้ (Correction Factor)
เหล็กหนีบ	1
เหล็กกล้าไร้สนิม	0.85
ทองเหลือง	0.50
อะลูมิเนียม	0.45
ทองแดง	0.40

**ตัวอย่างที่ 3.1** ถ้านำเช็นเซอร์หนีบนำที่มีระยะตรวจจับที่กำหนด 20 mm ไปตรวจจับวัสดุทองแดง จะต้องติดตั้งเช็นเซอร์ห่างจากเป้าหมายทองแดงเท่าไร

#### วิธีทำ

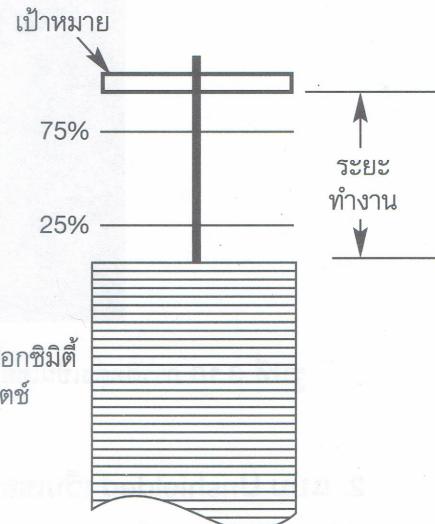
$$\text{ระยะตรวจจับ} = \text{ระยะตรวจจับที่กำหนด} \times \text{ตัวคูณปรับแก้}$$

$$= 20 \text{ mm} \times 0.40$$

$$\text{ระยะตรวจจับ} = 8 \text{ mm}$$

ตอบ

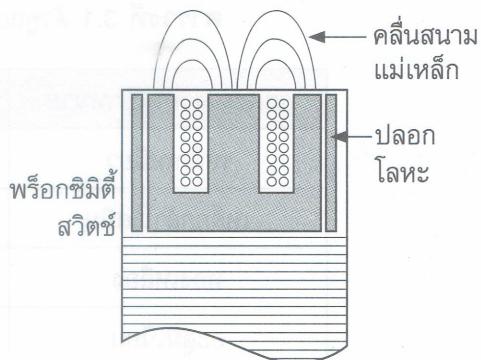
**4. การเข้าหาของเป้าหมาย (Target Approach)** เป้าหมายจะสามารถเคลื่อนที่เข้าหาเช็นเซอร์ได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ การเคลื่อนที่เข้าหาผิวน้ำเช็นเซอร์ตรงๆ หรือเข้าหาแบบแกน ด้วยวิธีการนี้จะต้องระวังป้องกันเช็นเซอร์โดยเป้าหมายจะเข้าใกล้เช็นเซอร์ได้ไม่เกิน 25% ของระยะตรวจจับ และการเคลื่อนที่เข้าหาทางด้านข้างเข้าสู่แกนกลางของบริเวณการตรวจจับ เป้าหมายจะต้องเคลื่อนที่ผ่านไม่เกิน 75% ของระยะตรวจจับจากผิวน้ำของเช็นเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.8



**รูปที่ 3.8** เป้าหมายจะเข้าหาเช็นเซอร์แบบแกนได้ไม่เกิน 25% ของระยะตรวจจับ และเข้าหาทางด้านข้างได้ไม่เกิน 75% ของระยะตรวจจับ

### 3.1.5 การชีลด์ (Shielding)

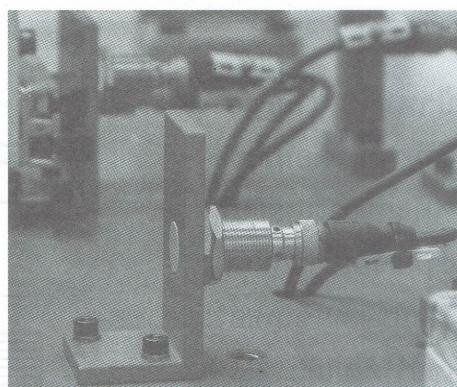
เชื้นเชอร์ชนิดเหนี่ยวนำจะมี 2 แบบ ได้แก่  
แบบ Shielded และแบบ Unshielded



รูปที่ 3.9 เชื้นเชอร์แบบ Shielded จะมีโลหะล้อมรอบแกนแม่เหล็กและชด漉ัด

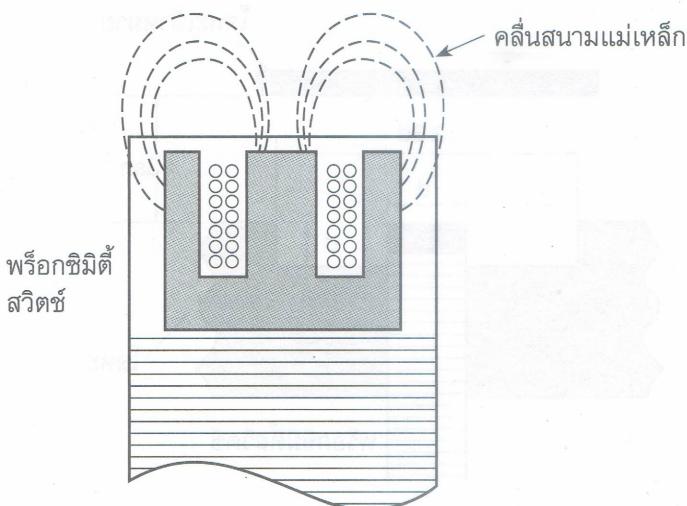
**1. แบบ Shielding** สนามแม่เหล็กไฟฟ้าของเชื้นเชอร์ชนิดเหนี่ยวนำจะแผ่กระจายเล็ດลอดออกทางด้านข้างของผิวหน้าตรวจจับของเชื้นเชอร์เพื่อเน้นความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผิวหน้าของเชื้นเชอร์ จะทำการชีลด์หรือการป้องกันโดยการใช้วัตถุที่เป็นตัวนำมานบังหรือหุ้มรอบๆ ชุด漉ัดสนามแม่เหล็กไว้ เพื่อลดการแผ่กระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แต่มีทิศทางที่แน่นอน เชื้นเชอร์แบบนี้นิยมใช้ตรวจจับวัตถุที่ต้องการความแม่นยำสูง ดังแสดงในรูปที่ 3.9

การติดตั้งเชื้นเชอร์แบบ Shielded สามารถติดตั้งแบบหัวฝังจม (Flush) เข้าไปในอุปกรณ์จับยึดที่เป็นโลหะ โดยไม่มีผลต่อระบบการตรวจจับและผลกระทบทางด้านข้าง ดังแสดงในรูปที่ 3.10

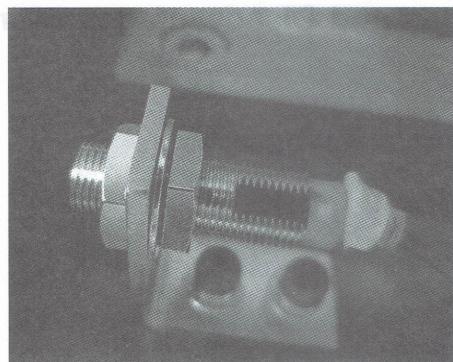


รูปที่ 3.10 การติดตั้งเชื้นเชอร์แบบ Shielded เข้าไปในอุปกรณ์จับยึดแบบฝังจม

**2. แบบ Unshielded** เชื้นเชอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบนี้ สนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะแผ่กระจายออกทางด้านผิวหน้าและเล็ดลอดออกทางด้านข้างของผิวหน้าตรวจจับของเชื้นเชอร์ ทำให้มีระบบการตรวจจับกว้าง เชื้นเชอร์แบบนี้จะตรวจจับวัตถุได้ใกลกว่าแบบ Shielded ดังแสดงในรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.11 โครงสร้างของเซ็นเซอร์แบบ Unshielded จะไม่มีโลหะล้อมรอบแกนแม่เหล็กและชุดลวด

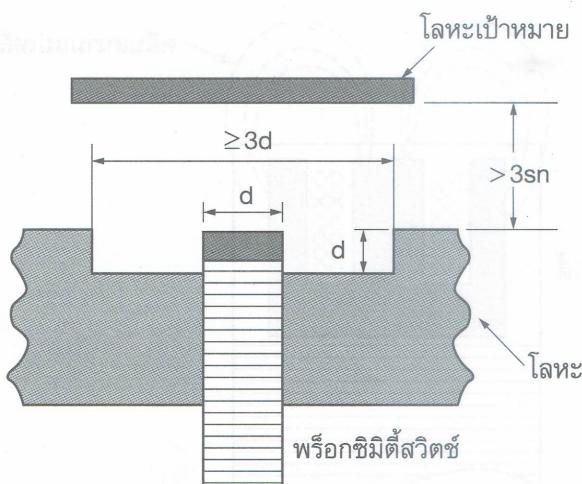


รูปที่ 3.12 การติดตั้งเซ็นเซอร์แบบ Unshielded

การติดตั้งเซ็นเซอร์แบบ Unshielded เซ็นเซอร์แบบ Unshielded จะมีสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกไปทั้งทางด้านหน้าและทางด้านข้างของผิวน้ำเซ็นเซอร์ ดังนั้นจึงต้องติดตั้งแบบไม่ฝังจม (Non Flush) อยู่ในโลหะ เพราะจะทำให้สามารถตรวจจับโลหะที่ยืดและจะเกิดการทำงานต่อเนื่อง จึงต้องการพื้นที่บริเวณรอบๆ ผิวน้ำเซ็นเซอร์ที่ปราศจากโลหะให้เพียงพอ

ซึ่งตามมาตรฐานกำหนดให้โลหะที่อยู่ในพื้นที่บริเวณรอบๆ เซ็นเซอร์จะต้องปราศจากโลหะไม่น้อยกว่า 3 เท่าของขนาดของเซ็นเซอร์ และโลหะตรงข้ามกับผิวน้ำตรวจจับจะต้องห่างไม่น้อยกว่า 3 เท่าของระยะตรวจจับที่กำหนดของเซ็นเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.13

สำหรับเซ็นเซอร์ที่ต้องติดตั้งในโลหะ แนะนำให้ติดตั้งโดยใช้แม่เหล็กดูด แต่ต้องติดตั้งให้ตั้งตระหง่านและต้องห่างจากผิวน้ำเซ็นเซอร์อย่างน้อย 3 เท่าของระยะตรวจจับ



รูปที่ 3.13 การติดตั้งเซ็นเซอร์แบบ Unshielded และระยะปลอดโลหะ

### 3.1.6 ข้อดีและข้อเสียของเซ็นเซอร์เหนี่ยวนำ (Advantages and Disadvantages of Inductive Sensor)

#### ข้อดี คือ

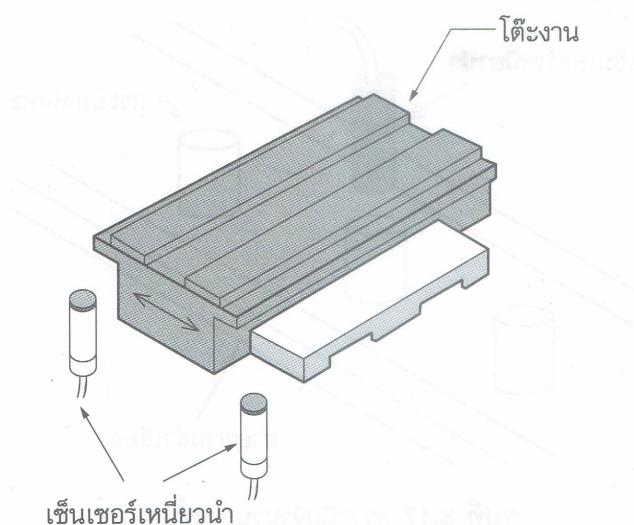
- สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่รุนแรงได้ดี
- มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน
- ติดตั้งได้ง่าย
- มีประสิทธิภาพสูง
- มีอัตราการสวิตช์สูงมาก

#### ข้อเสีย คือ

- ช่วงการตรวจจับของเซ็นเซอร์จะขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะที่จะตรวจจับ รูปร่าง ขนาด และการออกแบบขนาดของชุดลวด
- ตรวจจับเฉพาะวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น

### 3.1.7 การประยุกต์ใช้งานของเซ็นเซอร์เหนี่ยวนำ

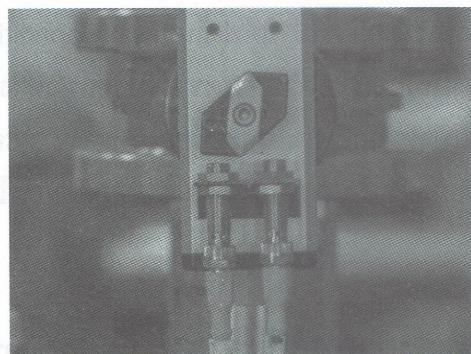
เซ็นเซอร์ชนิดนี้นิยมใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของชิ้นส่วนเครื่องจักร ตรวจจับขนาด การประกอบ รูปร่างของชิ้นงาน และนับจำนวนของชิ้นงาน เป็นต้น โดยไม่สัมผัสกับชิ้นงาน ทำให้เซ็นเซอร์ไม่เกิดการลึกหรือ จึงมีความทนทานและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน นิยมในการใช้งานแทนลิมิตสวิตช์ ซึ่งเป็นสวิตช์แบบกลไก ดังแสดงในรูปที่ 3.14 ถึงรูปที่ 3.17



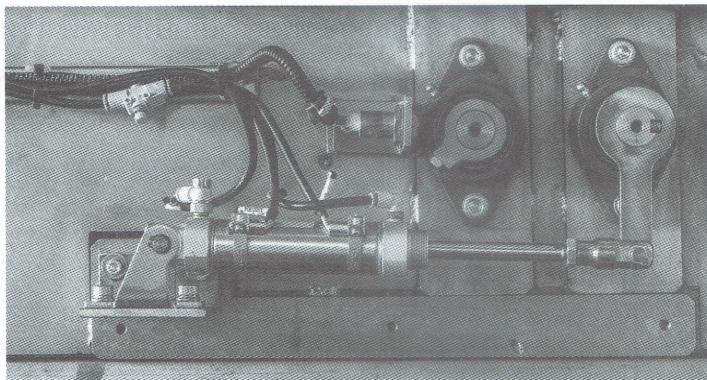
รูปที่ 3.14 ตรวจจับตำแหน่งของเครื่องเลื่อน

ก่อนจะเริ่มต้นการทดสอบ ให้ตรวจสอบว่า สายไฟสัญญาณที่นำเข้ามาอยู่ในห้องแม่ข่ายน้ำได้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่ต้องการติดตั้งแล้ว

สำหรับการติดตั้งเซ็นเซอร์ในเครื่องเลื่อน ให้ใช้ไขควงขนาด 10 มม. ในการ拧紧 แต่ไม่ควร拧紧过度 以免损坏内部零件。在安装时，请使用 10 mm 的扭力扳手拧紧，但不要拧得太紧，以免损坏内部零件。



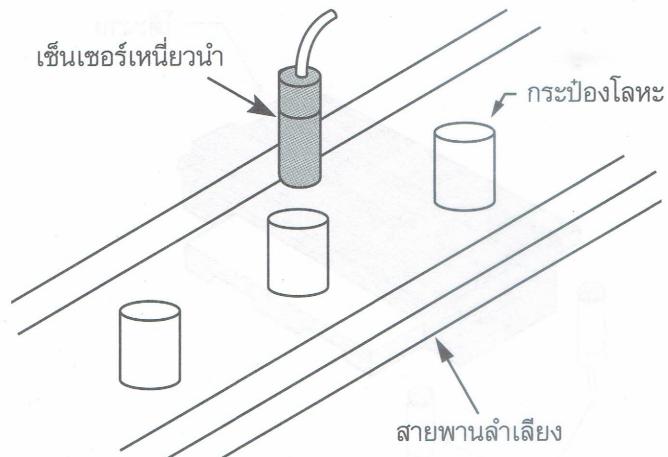
ให้แนบชุดเซ็นเซอร์ที่ต้องการติดตั้งลงบนผู้ติดตั้ง แล้วใช้ไขควงขนาด 10 มม. ในการ拧紧 แต่ไม่ควร拧紧过度 以免损坏内部零件。在安装时，请将传感器组件放在待安装的位置上，然后使用 10 mm 的扭力扳手拧紧，但不要拧得太紧，以免损坏内部零件。



รูปที่ 3.15 ตรวจจับตำแหน่งการเปิด–ปิดของวาล์วน้ำ

ก่อนจะเริ่มต้นการทดสอบ ให้ตรวจสอบว่า สายไฟสัญญาณที่นำเข้ามาอยู่ในห้องแม่ข่ายน้ำได้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่ต้องการติดตั้งแล้ว

สำหรับการติดตั้งเซ็นเซอร์ในเครื่องเลื่อน ให้ใช้ไขควงขนาด 10 มม. ในการ拧紧 แต่ไม่ควร拧紧过度 以免损坏内部零件。在安装时，请使用 10 mm 的扭力扳手拧紧，但不要拧得太紧，以免损坏内部零件。



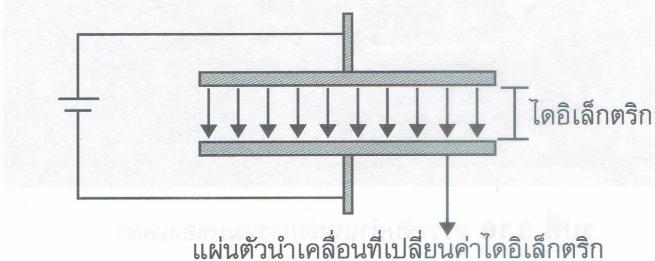
รูปที่ 3.17 ตรวจจับจำนวนของชิ้นงาน

## 3.2 เข็นเซอร์เก็บประจุ (Capacitive Sensor)

เข็นเซอร์เก็บประจุ หรือเรียกว่า คากาซิตีฟเข็นเซอร์ (Capacitive Sensor) เข็นเซอร์ชนิดนี้จะทำงานคล้ายกับเข็นเซอร์เหนี่ยววน แต่วิธีการตรวจจับจะแตกต่างกันมาก เข็นเซอร์เก็บประจุสามารถตรวจจับชิ้นงานหรือเป้าหมายที่เป็นโลหะหรือโลหะ เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการควบคุมระดับน้ำ และสำหรับตรวจจับวัตถุที่เป็นผงหรือเป็นเม็ด ตรวจวัดการไหล ตรวจวัดระดับของเหลว และตรวจวัดความหนา

### 3.2.1 การทำงานของตัวเก็บประจุ (Operation of Capacitor)

ตัวเก็บประจุหรือคอนเดนเซอร์ ประกอบด้วยแผ่นตัวนำ 2 แผ่นที่ถูกวางคู่ด้วยอัตราส่วนที่เรียกว่า ไดอิเล็กตริก (Dielectric) เมื่อมีประจุไฟฟ้าต่างขั้วกันเกิดขึ้นบนผิวน้ำของแผ่นตัวนำ จะเกิดสนามไฟฟ้าเหนี่ยววนขึ้น ทำให้เกิดพลังงานศักย์หรือการเก็บประจุไฟฟ้าไว้ระหว่างแผ่นตัวนำ 2 แผ่นที่วางขานกัน การเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ จะเป็นตัวกำหนดขนาดของการเก็บประจุ ดังแสดงในรูปที่ 3.18



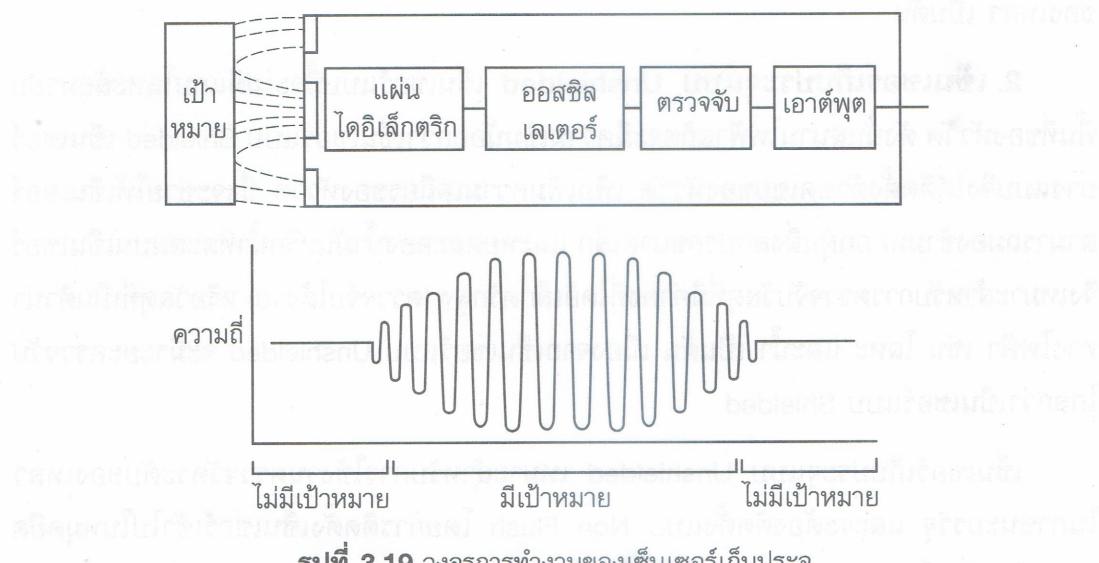
รูปที่ 3.18 การเก็บประจุโดยการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ

### 3.2.2 การทำงานของเซ็นเซอร์เก็บประจุ (Operation of Capacitive Sensor)

เซ็นเซอร์เก็บประจุจะประกอบด้วยหัววัดประจุไฟฟ้า (แผ่นไดอิเล็กตริก) วงจรอสซิลเลเตอร์ วงจรตรวจจับ และวงจรเอาต์พุต เซ็นเซอร์ถูกออกแบบมาให้ทำงานโดยการสร้างสนามไฟฟ้าสถิต และตรวจจับการเปลี่ยนแปลงในสนามนี้ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อเป้าหมายเข้าหาผิวน้ำตรวจจับของเซ็นเซอร์

ในการณ์ที่ไม่มีเป้าหมาย วงจรอสซิลเลเตอร์จะไม่ทำงาน วงจรเอาต์พุตจะส่งสัญญาณเป็น OFF และเมื่อมีเป้าหมายเข้ามาใกล้ จะเพิ่มความจุของระบบที่หัวของเซ็นเซอร์ เกิดสนามไฟฟ้าสถิตจนเปลี่ยนแปลงค่าความจุไฟฟ้าในวงจรอสซิลเลเตอร์ วงจรอสซิลเลเตอร์จะเริ่มต้นเกิดการออลซิลเลตจนความถี่ถึงค่าระดับสูงสุดจะส่งผลไปให้วงจรตรวจจับ และส่งไปให้วงจรเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงสัญญาณเป็น ON

เมื่อเป้าหมายเคลื่อนที่ออกจากเซ็นเซอร์ สนามไฟฟ้าสถิตจะลดลง ความถี่ของการออลซิลเลตจะลดลง และส่งผลไปให้วงจรตรวจจับ และส่งไปให้วงจรเอาต์พุตเปลี่ยนสัญญาณเป็น OFF ตามเดิม ดังแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 วงจรการทำงานของเซ็นเซอร์เก็บประจุ

ความจุของระบบที่หัวของเซ็นเซอร์จะถูกกำหนดโดยขนาดของเป้าหมาย ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของเป้าหมายและระยะห่างจากหัวของเซ็นเซอร์ โดยค่าความจุจะเพิ่มขึ้นเมื่อเป้าหมายมีขนาดใหญ่ขึ้นและค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของเป้าหมายมากขึ้น และถ้าระยะห่างระหว่างเป้าหมายและหัวของเซ็นเซอร์สั้นลง เป้าหมายจะเพิ่มความจุมากขึ้น

### 3.2.3 เซ็นเซอร์เก็บประจุแบบ Shielded และแบบ Unshielded (Shielded and Unshielded Capacitive Sensors)

1. เซ็นเซอร์เก็บประจุแบบ Shielded จะมีແບບໂລහຮອບฯ ส່ວນຫວັດ ທີ່ຈະທຳໃຫ້ມືຖຸທາງຕຽບຈັບຂອງສນາມໄຟຟ້າສົດທາງດ້ານໜ້າຂອງເຊື້ນເຊົ່ວມາກກ່າວທາງດ້ານຂ້າງ ສິ່ງພລໃຫ້ເກີດຄວາມເຂັ້ມຂອງສນາມໄຟຟ້າສົດມາກຂຶ້ນ ແລະມີຄວາມໄວມາກກ່າວເຊື້ນເຊົ່ວມາກປະຈຸບັດ ແຕ່ມີຮະຍະຕຽບຈັບຕໍ່າ

ເຊື້ນເຊົ່ວມາກປະຈຸບັດ Shielded ແມ່ນທີ່ສຸດສໍາຫຼັບການຕຽບຈັບວັດຖຸທີ່ມີຄ່າຄົງທີ່ໄດ້ອີເລັກຕົກຕໍ່າ (ທຳໃຫ້ຕຽບຈັບໄດ້ຍາກ) ເນື່ອຈາກສນາມໄຟຟ້າສົດທີ່ມີຄວາມເຂັ້ມສູງ ທີ່ຈະຫ່ວຍໃຫ້ສາມາດຕຽບຈັບເປົ້າໝາຍທີ່ເຊື້ນເຊົ່ວມາກປະຈຸບັດ Unshielded ໄນສາມາດຕຽບຈັບ ແຕ່ເຊື້ນເຊົ່ວມາກປະຈຸບັດນີ້ຈະມີຄວາມໄວເພີ່ມຂຶ້ນເລັກນ້ອຍຕ່ອງການຕຽບຈັບຈາກກາລະສົມຂອງລິ້ງສກປຽກຫຼືຄວາມຂຶ້ນບັນພິວຫຳຂອງເຊື້ນເຊົ່ວມາກ

ເຊື້ນເຊົ່ວມາກປະຈຸບັດ Shielded ສາມາດຕິດຕັ້ງແບບຝຶກຈົບຢຶດທີ່ເປັນໂລຫະແລະວັດຖຸອື່ນໆ ໂດຍໄມ່ມີຜລຕ່ອງການຕຽບຈັບຈາກວັດພັນັງດັ່ງ ແມ່ນສໍາຫຼັບການຕຽບຈັບວັດຖຸທີ່ເປັນຂອງແຂັງທັງໝາດຫຼືວັດຖຸທີ່ໄມ່ເປັນຕ້ວນໜ້າໄຟຟ້າ ເຊັ່ນ ພ ກຣະດາ່າ ໄນ ເມື່ດພລາສຕິກ ແລະຂອງເຫຼວ ເປັນດັ່ນ

2. เຊື້ນເຊົ່ວມາກປະຈຸບັດ Unshielded ເຊື້ນເຊົ່ວມາກປະຈຸບັດນີ້ຈະໄມ່ມີແບບໂລຫະລ້ວມຮອບພື້ນທີ່ຂອງຫວັດ ດັ່ງນັ້ນສນາມໄຟຟ້າສົດຈະມີຄວາມເຂັ້ມນ້ອຍກ່າວເຊື້ນເຊົ່ວມາກປະຈຸບັດ Shielded ເຊື້ນເຊົ່ວມາກປະຈຸບັດ ຈຶ່ງໄດ້ຕິດຕັ້ງຕັ້ງຕ້ອງຫວັດ ເພື່ອເພີ່ມຄວາມເສົ່າຍຂອງຫວັດ ທີ່ຈະຫ່ວຍໃຫ້ເຊື້ນເຊົ່ວມາກປະຈຸບັດ ສາມາດຄອນຂ້າມໝອກຝູນລິ້ງສກປຽກນາດເລັກ ແລະຫຍດລະອອນນ້ຳມັນຫຼືນ້ຳທີ່ລະສົມບັນເຊື້ນເຊົ່ວມາກປະຈຸບັດ ຈຶ່ງແມ່ນສໍາຫຼັບການຕຽບຈັບວັດຖຸທີ່ມີຄ່າຄົງທີ່ໄດ້ອີເລັກຕົກສູງ (ຕຽບຈັບໄດ້ຍ່າຍ) ຫຼືວັດຖຸທີ່ເປັນຕ້ວນໜ້າໄຟຟ້າ ເຊັ່ນ ໂລ້າ ແລະນ້ຳ ເປັນດັ່ນ ເນື່ອຈາກເຊື້ນເຊົ່ວມາກປະຈຸບັດ Unshielded ຈະມີຮະຍະຕຽບຈັບໄກລກວ່າເຊື້ນເຊົ່ວມາກປະຈຸບັດ Shielded

ເຊື້ນເຊົ່ວມາກປະຈຸບັດ Unshielded ແມ່ນສໍາຫຼັບການໃໝ່ງານຕຽບຈັບຮັບຂອງເຫຼວໃນການນະບຽງ ແລະຈະຕ້ອງຕິດຕັ້ງແບບ Non Flush ໂດຍການຕິດຕັ້ງເຊື້ນເຊົ່ວມາກເຂົ້າໄປໃນໜຸດຍືດພລາສຕິກ ທີ່ເປັນອຸປະກອນເສົ່າມີທີ່ອົກແບບມາສໍາຫຼັບການໃໝ່ງານຕຽບຈັບຮັບຂອງເຫຼວ ແລະນໍາໜຸດຍືດພລາສຕິກຕິດຕັ້ງເຂົ້າໄປໃນຮູ່ພັນຂອງການນະບຽງ ແລະເຊື້ນເຊົ່ວມາກຈະຄູກສອດເຂົ້າໄປໃນຮູ່ຂອງໜຸດຍືດ ທີ່ເປັນໜຸດຍືດຈະເປັນທັງປລິກສໍາຫຼັບງູ້ແລະຕິດຕັ້ງເຊື້ນເຊົ່ວມາກ ເຊື້ນເຊົ່ວມາກຈະຕຽບຈັບຂອງເຫຼວໃນການນະບຽງຜ່ານພັນັງຂອງໜຸດຍືດເຊື້ນເຊົ່ວມາກ ໂດຍສາມາດຄອດເຊື້ນເຊົ່ວມາກອາມໄດ້ໂດຍໄມ່ຕ້ອງເປີດຮູ່ຂອງການນະບຽງ

### 3.2.4 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric Constants)

ความไวในการตรวจจับของเซ็นเซอร์เก็บประจุจะขึ้นอยู่กับค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของวัสดุ เป้าหมายที่ตรวจพบ โดยเซ็นเซอร์เก็บประจุจะตรวจจับวัสดุเป้าหมายที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสูง ได้ดีกว่าวัสดุเป้าหมายที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกต่ำ

จากตารางที่ 3.2 จะเห็นว่าวัสดุที่เป็นของเหลวโดยทั่วไปจะมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสูงกว่า เม็ดพีวีซี (PVC) เซ็นเซอร์เก็บประจุจึงนิยมใช้ในการตรวจวัดระดับของเหลว เนื่องจากความไว ของเซ็นเซอร์เก็บประจุที่มีต่อวัสดุเป้าหมายที่เป็นของเหลว

ตารางที่ 3.2 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของวัสดุชนิดต่างๆ

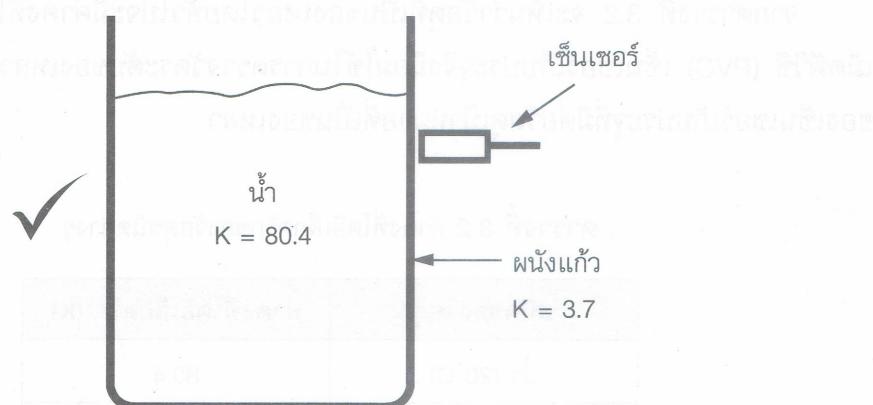
ชนิดของวัสดุ	ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (K)
น้ำ ( $20^{\circ}\text{C}$ )	80.4
น้ำ ( $25^{\circ}\text{C}$ )	78.5
แอลกอฮอล์	25.8
แก้ว	3.7
PVC	3.4
อากาศ	1

1. สมบัติของค่าคงที่ไดอิเล็กตริก จากตารางที่ 3.2 วัสดุทั่วไปที่นิยมใช้ทำภาชนะบรรจุ จะต้องยอมให้เซ็นเซอร์มองผ่านภาชนะบรรจุจนเห็นวัสดุที่อยู่ภายในได้ ซึ่งแก้วและพลาสติก จะมีความเหมาะสมสำหรับทำภาชนะบรรจุ เนื่องจากมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ต่ำมาก จึงมีความไว ต่ำสำหรับเซ็นเซอร์เก็บประจุ

วัสดุที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสูง สามารถตรวจพบได้ในระยะทางที่ใกลกว่าวัสดุที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกต่ำกว่า ดังนั้นวัสดุเป้าหมายที่จะตรวจจับในภาชนะบรรจุ จะต้องมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริก มากกว่าภาชนะบรรจุ และเพื่อความแม่นในการทำงานที่แน่นอน ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของวัสดุ เป้าหมายควรจะมีค่าเป็น 2 เท่าของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของภาชนะบรรจุ

2. การประยุกต์ใช้งานการตรวจวัดระดับน้ำในภาชนะแก้ว ซึ่งน้ำเป็นวัสดุเป้าหมาย ที่มีค่าไดอิเล็กตริกสูงกว่าภาชนะแก้ว ดังนั้นความหนาของแก้วจึงไม่มีความสำคัญ แต่ถ้าค่า

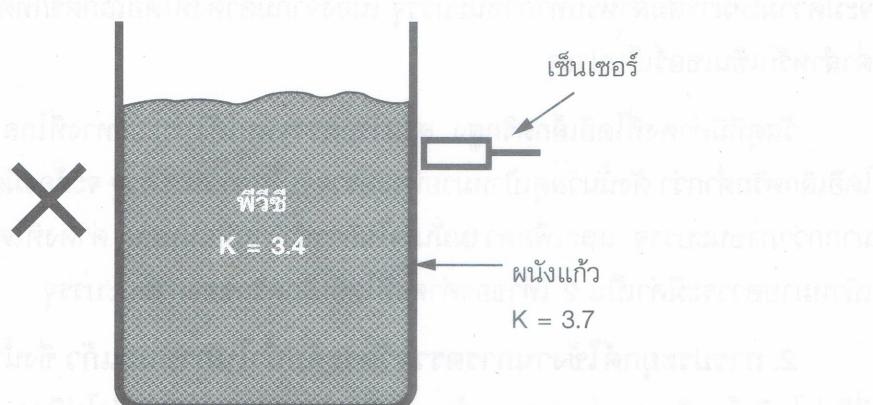
ไดอิเล็กตริกทั้ง 2 ค่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก จะต้องพิจารณาความหนาของภาชนะแก้ว จากตารางที่ 3.2 ค่าไดอิเล็กตริกของน้ำเท่ากับ 80.4 และค่าไดอิเล็กตริกของแก้วเท่ากับ 3.7 น้ำมีค่าไดอิเล็กตริกมากกว่าแก้ว 20 เท่า ดังนั้นจึงตรวจจับน้ำโดยที่จะไม่ตรวจจับแก้ว ดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 เข็นเชอร์สามารถตรวจจับน้ำที่อยู่ภายในภาชนะแก้วได้

ถ้าค่าไดอิเล็กตริกของวัตถุที่อยู่ภายในภาชนะที่บรรจุมีค่าน้อยกว่าหรือใกล้เคียงกับค่าไดอิเล็กตริกของภาชนะที่บรรจุ เข็นเชอร์จะไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่อยู่ภายในภาชนะที่บรรจุได้

การตรวจวัดระดับเม็ดพีวีซีในภาชนะแก้ว จากตารางที่ 3.2 ค่าไดอิเล็กตริกของพีวีซีเท่ากับ 3.4 และค่าไดอิเล็กตริกของแก้วเท่ากับ 3.7 ซึ่งค่าไดอิเล็กตริกของเม็ดพีวีซีน้อยกว่าค่าไดอิเล็กตริกของแก้ว ทำให้เข็นเชอร์ไม่สามารถตรวจจับเม็ดพีวีซีที่อยู่ภายในภาชนะแก้วได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 เข็นเชอร์ไม่สามารถตรวจจับเม็ดพีวีซีที่อยู่ภายในภาชนะแก้ว

## หมายเหตุ

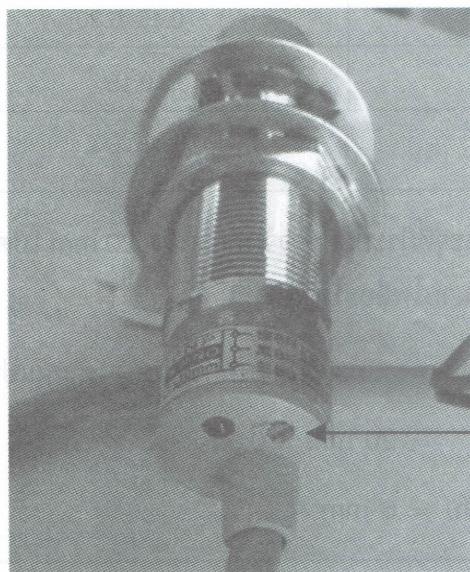


เนื่องจากเซ็นเซอร์ชนิดเก็บประจุสามารถตรวจจับวัสดุที่เป็นโลหะ และ非โลหะ จึงต้องเก็บรักษาเซ็นเซอร์ไว้ให้ห่างจากวัสดุที่ไม่ใช่ เป้าหมาย เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เซ็นเซอร์เสียหาย ด้วยเหตุผลนี้ หากเป้าหมายที่เป็นโลหะควรใช้เซ็นเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำจะดีที่สุด

### 3.2.5 การหาระยะตรวจจับของเซ็นเซอร์เก็บประจุ (Finding Detection Distance of Capacitor Sensor)

เซ็นเซอร์เก็บประจุสามารถตรวจจับวัสดุเป้าหมายที่เป็นโลหะและ非โลหะ แต่ระยะในการตรวจจับที่กำหนด (Sensing Range Distance; SN) ของเซ็นเซอร์เก็บประจุจะแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของวัสดุเป้าหมาย

ซึ่งสามารถรับค่าความไวในการตรวจจับวัสดุที่กำหนดของเซ็นเซอร์เก็บประจุ โดยการใช้ไขควงพลาสติกขันหรือคลายสกรูขนาดเล็กๆ ที่ด้านหลังของเซ็นเซอร์ (ขันเข้าคือ เพิ่มระยะตรวจจับ คลายออกคือ ลดระยะตรวจจับ) จนเอาต์พุตแสดงสถานะ ON เมื่อมีวัสดุอยู่ในระยะตรวจจับที่กำหนดของเซ็นเซอร์เก็บประจุ และปรับให้อเอต์พุตแสดงสถานะ OFF เมื่อวัสดุอยู่ห่างจากระยะตรวจจับที่กำหนด โดยต้องคำนึงถึงค่าฮีสเตอเรอีซีสของเซ็นเซอร์ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 สกรูปรับค่าความไวในการตรวจจับตามที่กำหนดของเซ็นเซอร์เก็บประจุ

ตารางที่ 3.3 เป็นตัวคูณปรับแก้ของวัสดุเป้าหมายชนิดต่างๆ เพื่อหาระยะตรวจจับที่กำหนดของเชิ้นเชอร์เก็บประจุ

ตารางที่ 3.3 ตัวคูณปรับแก้ของวัสดุเป้าหมายชนิดต่างๆ

ชนิดของวัสดุเป้าหมาย	ตัวคูณปรับแก้ (Correction Factor)
โลหะ/น้ำ	1
ไม้เปียก	0.6–0.85
ไม้แห้ง	0.10–0.40
แก้ว	0.20–0.55
ยาง	0.15–0.90
แอลกอฮอล์	0.85
อีพอกซี่	0.15–0.35
เมล็ดพืช	0.15–0.30
แป้ง	0.05
ไนлон	0.20–0.30
โพลีอะมีด	0.30
เกลือ	0.35
ทราย	0.15–0.30
น้ำตาล	0.15

ตัวอย่างที่ 3.2 ถ้านำเชิ้นเชอร์เก็บประจุที่มีระยะตรวจจับที่กำหนด 20 mm ไปตรวจจับโพลีอะมีด จะต้องติดตั้งเชิ้นเชอร์ห่างจากเป้าหมายโพลีอะมีดเท่าไร

วิธีทำ

$$\text{ระยะตรวจจับ} = \text{ระยะตรวจจับที่กำหนด} \times \text{ตัวคูณปรับแก้}$$

$$= 20 \text{ mm} \times 0.30$$

$$\text{ระยะตรวจจับ} = 6 \text{ mm}$$

ตอบ

### 3.2.6 ข้อดีและข้อเสียของเซ็นเซอร์เก็บประจุ (Advantages and Disadvantages of Capacitive Sensor)

#### ข้อดี คือ

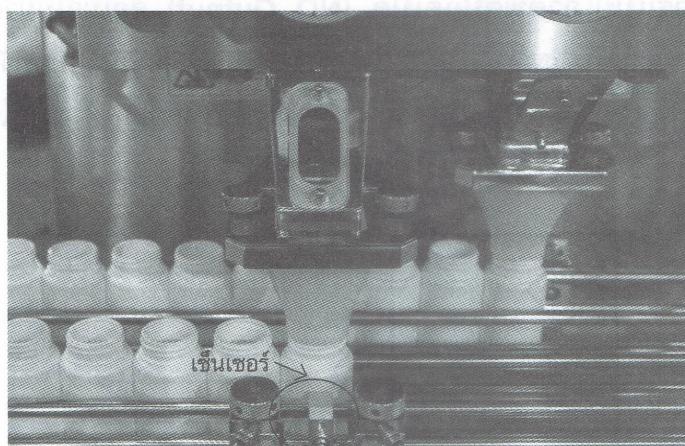
1. สามารถตรวจจับเฉพาะวัตถุที่เป็นโลหะและ非โลหะ
2. สามารถตรวจจับวัตถุผ่านผนังภาชนะบรรจุได้
3. สามารถตรวจจับวัตถุและของเหลวที่มีความหนาแน่นสูงได้
4. มีราคาถูก
5. มีความไวในการตรวจจับสูง

#### ข้อเสีย คือ

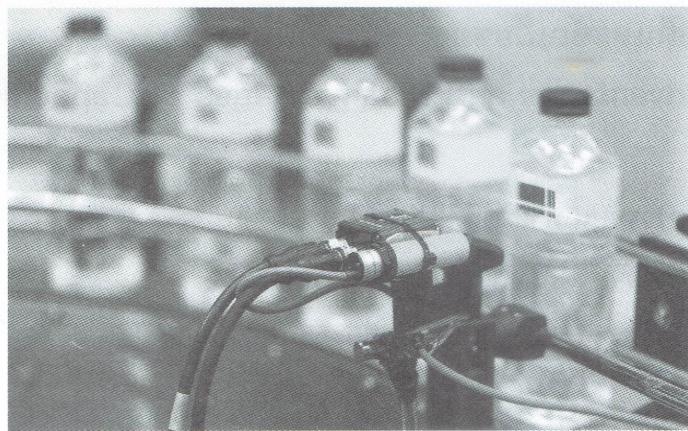
1. มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และอื่นๆ ซึ่งจะส่งผลต่อสมรรถนะของการตรวจจับ
2. การตรวจวัดความจุเป็นเรื่องยากเมื่อเทียบกับการตรวจวัดความด้านทัน
3. เซ็นเซอร์เก็บประจุมีความถูกต้องแม่นยำอยกว่าเซ็นเซอร์เหนี่ยวนำ

### 3.2.7 การประยุกต์ใช้งานของเซ็นเซอร์เก็บประจุ

เซ็นเซอร์ชนิดนี้นิยมใช้ในการตรวจจับระดับหรือการบรรจุวัสดุ非โลหะที่เป็นผง เป็นเม็ด หรือของเหลว โดยไม่สัมผัสกับชิ้นงาน ทำให้เซ็นเซอร์ไม่เกิดการสึกหรอ มีความทนทาน และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน เช่นเดียวกับเซ็นเซอร์เหนี่ยวนำ ตัวอย่างบางส่วนของการใช้งานที่สำคัญ เช่น สำหรับเซ็นเซอร์เก็บประจุ ตั้งแสดงในรูปที่ 3.23 และรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.23 เซ็นเซอร์เก็บประจุตรวจจับการบรรจุยา เพราะสามารถตรวจจับผ่านผนังขวดได้



รูปที่ 3.24 เซ็นเซอร์เก็บประจุตรวจจับการบรรจุภัณฑ์ในขวดพลาสติก

### 3.3 การออกแบบพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์

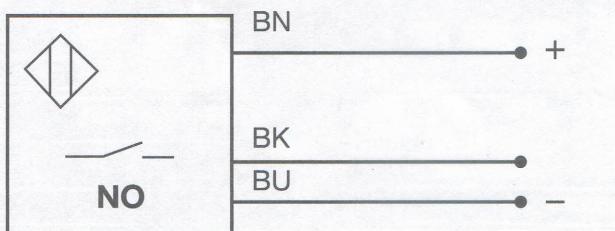
#### (Design of Proximity Sensors)

พร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าหรืออินพุตเป็นกระแสตรงหรือกระแสสลับ แต่โดยทั่วไปนิยมกระแสตรงขนาด 6–36 โวลต์ ซึ่งจะมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานมากกว่ากระแสสลับ แต่ถ้าลดเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถใช้เซ็นเซอร์ที่ใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสสลับได้ แต่ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษในการต่อสายไฟให้ถูกต้อง

พร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์ทุกชนิดส่วนใหญ่จะใช้สารกึ่งตัวนำเป็นส่วนประกอบ ที่ใช้ภายในเซ็นเซอร์ ได้แก่ ทรานซิสเตอร์ เพื่อเปลี่ยนเอาต์พุตของเซ็นเซอร์เมื่อตรวจจับวัตถุ

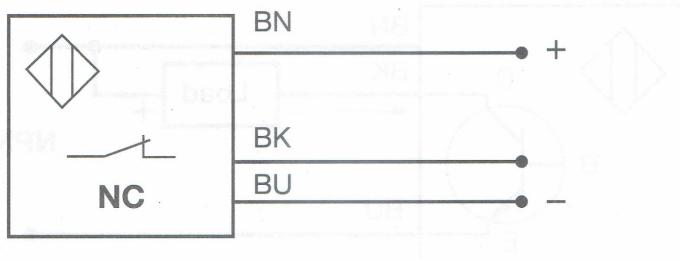
##### 3.3.1 เอาต์พุตแบบปกติเปิดหรือแบบปกติปิด (NO or NC Output)

1. เซ็นเซอร์แบบเอาต์พุตปกติเปิด (NO Output) คือเมื่อไม่มีวัตถุอยู่ในขอบเขตการตรวจจับ เอาต์พุตจะเปิด (NO Output) ไม่มีกระแสไฟไหลออก และเมื่อมีวัตถุอยู่ในขอบเขตการตรวจจับ เอาต์พุตจะปิด (NC Output) ให้กระแสไฟไหลออกได้ นิยมใช้ในการตรวจจับจำนวนการเริ่มทำงานของวงจร ดังแสดงในรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 เอาต์พุตปกติเปิด (NO Output)

2. เซ็นเซอร์แบบเอ้าต์พุตปกติปิด (NC Output) คือเมื่อไม่มีวัตถุอยู่ในขอบเขตการตรวจจับ เอ้าต์พุตจะปิด (NC Output) มีกระแสไฟไหลออก และเมื่อมีวัตถุอยู่ในขอบเขตการตรวจจับเอ้าต์พุตจะเปิด (NO Output) ไม่มีกระแสไฟไหลออก นิยมใช้ในการตัดวงจรการทำงานหรืองดจราบองกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.26

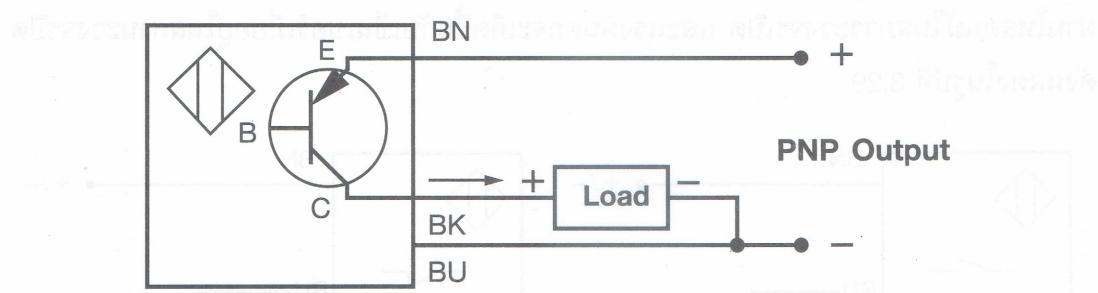


รูปที่ 3.26 เอ้าต์พุตปกติปิด (NC Output)

### 3.3.2 พร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์ชนิด NPN หรือ PNP(NPN or PNP Style)

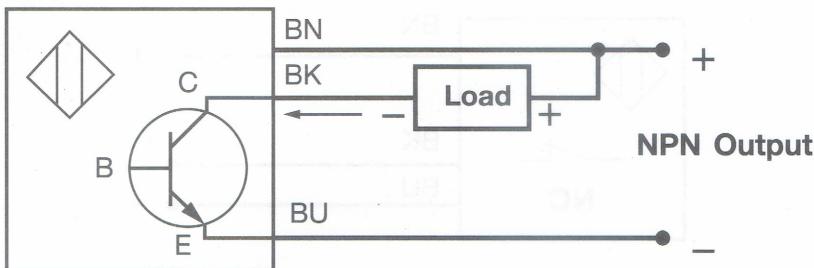
การเลือกใช้เซ็นเซอร์ชนิด NPN หรือ PNP จะขึ้นอยู่กับลักษณะของโหลดในวงจรของอุปกรณ์ที่จะใช้ เช่น หลอดไฟ รีเลย์ หรือพีแอลซี โดยเซ็นเซอร์ชนิด PNP จะนิยมใช้งานกันมากที่สุด

1. พร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์ชนิด PNP (PNP Style) เซ็นเซอร์ชนิด PNP โหลดจะต่อระหว่างเอ้าต์พุตของเซ็นเซอร์กับกราวด์ เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจพบวัตถุ เอ้าต์พุตจะ ON ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจากขัวบวกออกจากขาเอ้าต์พุตของเซ็นเซอร์ แล้วไปผ่านโหลด再到กลบグラวนด์ หรือเรียกเอ้าต์พุตแบบ Sourcing คือแหล่งจ่ายไฟต่อกับโหลด ดังแสดงในรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 เซ็นเซอร์ชนิด PNP โหลดจะต่อระหว่างเอ้าต์พุตกับกราวด์

2. พรีอคซิมิตี้เช็นเซอร์ชนิด NPN (NPN Style) เช็นเซอร์ชนิด NPN โดยจะต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟข้าบวกกับเอาต์พุตของเช็นเซอร์ เมื่อเช็นเซอร์ตรวจพบวัตถุ เอาต์พุตจะ ON ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลออกจากโหลดเข้าขาเอาต์พุตของเช็นเซอร์ไปผ่านทรานซิสเตอร์ลงกราวน์หรือเรียกเอาต์พุตแบบ Sinking คือ กราวด์ต่อกับโหลด ดังแสดงในรูปที่ 3.28



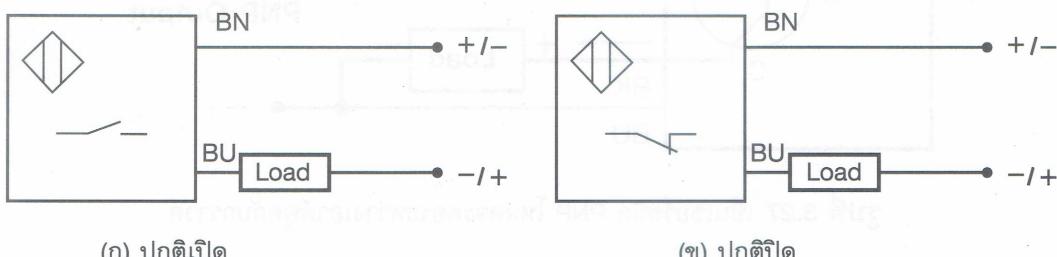
รูปที่ 3.28 เช็นเซอร์ชนิด NPN โดยจะต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟข้าบวกกับเอาต์พุต

### หมายเหตุ

ลีสายไฟมาตรฐานของเช็นเซอร์กำหนดให้สีน้ำตาล (Brown; BN) เป็นไฟบวก สีน้ำเงิน (Blue; BU) เป็นไฟลบ และสีดำ (Black; BK) เป็นเอาต์พุต

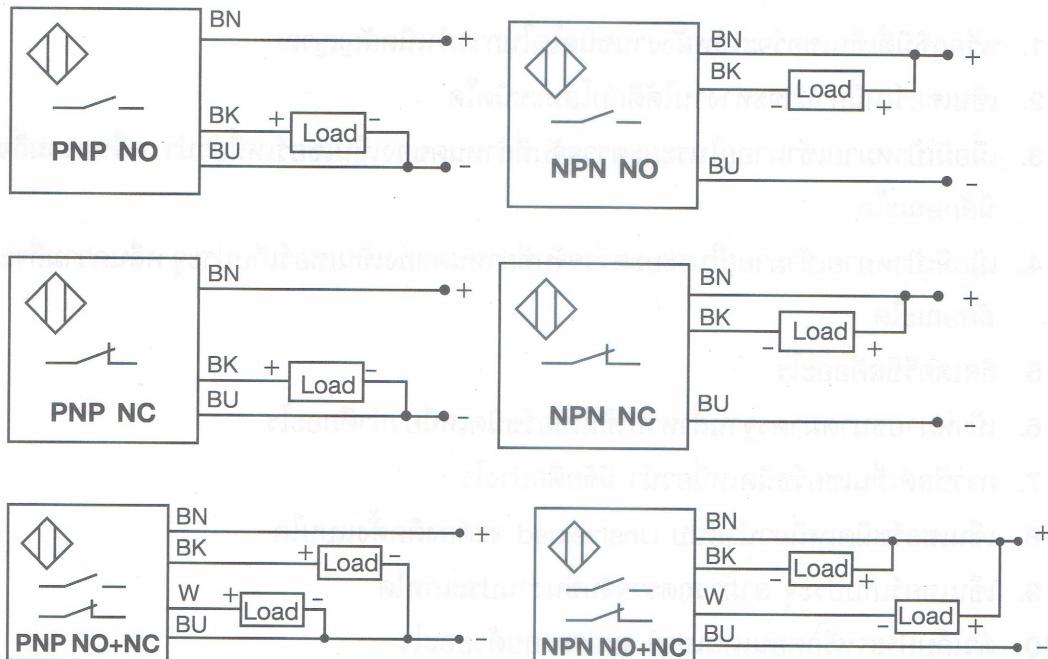
### 3.3.3 การออกแบบสายไฟ (Wiring Design)

1. แบบสายไฟ 2 เส้น (2 Wire) เช็นเซอร์แบบนี้จะมีเครื่องขยายสัญญาณเอาต์พุตแบบ NO หรือ NC ที่สามารถนำโหลดมาต่ออนุกรมกับสายไฟได้ ในระบบนี้กระแสไฟเหลือจะไหลผ่านโหลดแม้มีสภาวะว่างเปิด และแรงดันตกจะเกิดขึ้นกับเช็นเซอร์เมื่อยุ่งในสถานะว่างจริงๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 เช็นเซอร์แบบสายไฟ 2 เส้น

**2. แบบสายไฟ 3 เส้นและ 4 เส้น (3 & 4 Wire)** เช็นเซอร์แบบสายไฟ 3 เส้น จะมีเครื่องขยายสัญญาณเอาต์พุตแบบ NO หรือ NC และแบบสายไฟ 4 เส้นที่มีเอาต์พุตแบบ NO และ NC มีทั้งแบบ NPN และ PNP รุ่นมาตรฐานจะมีวงจรป้องกันการลัดวงจร เพื่อป้องกันเมื่อทำการต่อข้ามผิด และเมื่อไม่ได้ต่อสายไฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 การต่อใช้งานของเช็นเซอร์แบบสายไฟ 3 เส้นและ 4 เส้น

### หมายเหตุ

เอาต์พุตของเช็นเซอร์จะมีกระแสไฟฟ้าต่ำมาก ไม่สามารถนำไปใช้ในการควบคุมโหลดที่ใช้กระแสไฟฟ้าสูงๆ ได้