บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ Programmable Logic Controller (PLC)

PLC เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด-สเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) การออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานแล้ว PLC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกกว่า Solid-State Digital Logic Elements เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจแบบลอจิก PLC ใช้สำหรับความคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกกว่า Hard-Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด-สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

2.1.1 ชนิดของพีแอลซี

สามารถจำแนก PLC ตามโครงสร้างภายนอกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. PLC ชนิดบล็อก (Block Type PLCs)

PLC ประเภทนี้ จะรวมส่วนประกอบทั้งหมดของ PLC อยู่ในบล็อกเดียวกัน ไม่ว่าจะเป็นตัวประมวลผล หน่วยความจา ภาคอินพุต/เอาต์พุต และแหล่งจ่ายไฟ ในกรณีที่ท่านต้องการเพิ่มจำนวนอินพุต/เอาต์พุต สามารถใช้หน่วยขยายอินพุต/เอาต์พุต(Expansion I/O Units) เพื่อเพิ่มจานวนอินพุต/เอาต์พุตได้โดยการต่อเข้าที่ พอร์ตขยายอินพุต/เอาต์พุต (Expansion I/O Unit Connector) สามารถแสดงตัวอย่าง PLC แบบ Block Type ให้เห็นดังภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1 แสดงชนิดของ PLC แบบ Block Type

สามารถยกตัวอย่างข้อดีข้อเสียของ PLC แบบ Block Type ดังนี้

ข้อดี

1. มีขนาดเล็กสามารถติดตั้งได้ง่าย
2. สามารถใช้งานแทนวงจรรีเลย์ได้
3. มีฟังก์ชันพิเศษ เช่น ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์

ข้อเสีย

1. การเพิ่มจานวนอินพุต/เอาต์พุตสามารถเพิ่มได้น้อยกว่า PLC ชนิดโมดูล
2. เมื่ออินพุต/เอาต์พุตเสียจุดใดจุดหนึ่งต้องนา PLC ออกไปทั้งชุดทำให้ระบบและฟังก์ชันอื่นๆหยุด ทำงานชั่วระยะเวลาหนึ่ง
3. มีฟังก์ชันให้เลือกใช้งานน้อยกว่า PLCชนิดโมดูล

2. PLC ชนิดโมดูล (Modular Type PLCs) หรือแร็ค (Rack Type PLCs)

PLC ชนิดนี้ ส่วนประกอบแต่ละส่วนสามารถแยกออกจากกันเป็นโมดูล (Modules) เช่น ภาคอินพุต/เอาต์พุต จะอยู่ในส่วนของโมดูลอินพุต/เอาต์พุต (Input / Output Units) ซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้ว่าจะใช้โมดูลขนาดกี่อินพุต/เอาต์พุต ซึ่งมีให้เลือกใช้งานหลายรูปแบบ อาจจะใช้เป็นอินพุตอย่างเดียวขนาด

8 /16 จุด หรือ เป็นเอาต์พุตอย่างเดียวขนาด 4/8/12/16 จุด ขึ้นอยู่กับรุ่นของ PLC ด้วย ในส่วนของตัวประมวลผลและหน่วยความจำจะรวมอยู่ในซีพียูโมดูล (CPU Unit) สามารถเปลี่ยนขนาดของ CPU Unit ให้เหมาะสมตามความต้องการใช้งาน เช่น PLC รุ่นC200Hα จะมี CPU ให้เลือกใช้งานหลาย

รุ่นเช่นรุ่น C200HE-CPU11E จะมีความแตกต่างกับ PLC รุ่น C200HX-CPU65 (ทั้งสองรุ่นเป็น PLC ตระกูล C200Hαเหมือนกัน) ตรงขนาดความจุของโปรแกรม การเพิ่มจานวนอินพุต/เอาต์พุต เป็นต้น

ส่วนประกอบต่างๆของ PLC ชนิดโมดูล ที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น เมื่อต้องการใช้งาน จะถูกนำมาต่อร่วมกันบางรุ่นใช้ เป็นคอนเนคเตอร์ ในการเชื่อมต่อ กันระหว่างยูนิต เช่น รุ่น CQM1/CQM1H หรือ CJ1M/H/G แต่บางรุ่นใช้ Backplane ในการรวมยูนิตต่างๆเข้าด้วยกันเพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ สามารถยกตัวอย่างPLC ชนิดโมดูล ให้เห็นดังภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2 แสดงชนิดของ PLC ชนิดโมดูล

สามารถยกตัวอย่างข้อดีข้อเสียของ PLC แบบ Module ดังนี้

ข้อดี

1. เพิ่มขยายระบบได้ง่ายเพียงแค่ติดตั้ง
2. สามารถขยายจานวนอินพุต/เอาต์พุต ได้มากกว่าแบบ Block Type
3. อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตเสียจุดใดจุดหนึ่ง สามารถถอดเฉพาะโมดูลนั้นไปซ่อม ทาให้ระบบสามารถทาการต่อไปได้
4. มียูนิตและรูปแบบการติดต่อสื่อสารให้ เลือกใช้งานมากกว่าแบบ Block Type

ข้อเสีย

1. ราคาแพงเมื่อเทียบกับ PLC เมื่อเทียบกับ Block Type

2.1.2 โครงสร้างของ PLC

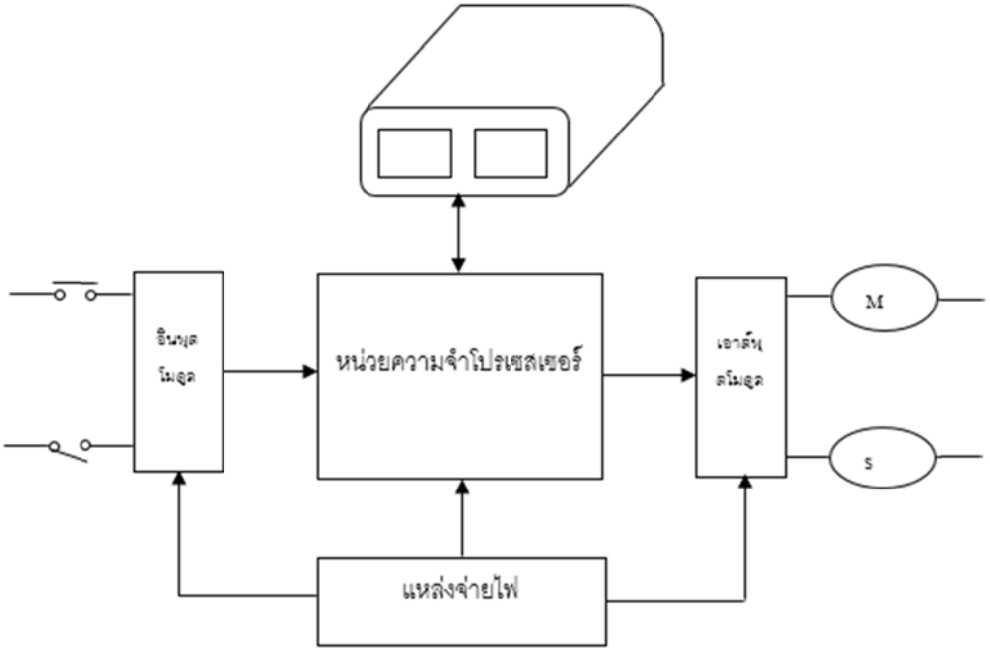
PLC เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม PLC ประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรม PLC ขนาดเล็ก ส่วนประกอบทั้งหมดของ PLC จะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็นส่วนประกอบย่อย ๆ ได้

หน่วยความจำของ PLC ประกอบด้วย หน่วยความจำชนิด RAM และ ROM หน่วยความจำชนิด RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ส่วน ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ ROM ย่อมาจาก Read Only Memory สามารถโปรแกรมได้แต่ลบไม่ได้ ถ้าชำรุดแล้วซ่อมไม่ได้

1. RAM (Random Access Memory) หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็ก ๆ ต่อไว้เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและเขียนโปรแกรมลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก จึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมบ่อย ๆ

2. EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิด EPROM นี้จะต้องเครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเลตหรือตากแดดร้อนๆ นาน ๆ มีข้อดีตรงที่โปรแกรมจะไม่สูญหายแม้ไฟดับ จึงเหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนโปรแกรม

3. EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิดนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม โดยใช้วิธีการทางไฟฟ้าเหมือนกับ RAM นอกจากนั้นก็ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟเมื่อไฟดับ ราคาจะแพงกว่า แต่จะรวมคุณสมบัติที่ดีของทั้ง RAM และ EPROM เอาไว้ด้วย



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของ PLC

2.1.3 ส่วนประกอบของ (PLC)

PLC แบ่งออกได้ 3 ส่วนด้วยกันคือ

ส่วนที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (Control Processing Unit: CPU)

ส่วนที่เป็นอินพุต/เอาต์พุต (Input Output: I/O)

ส่วนที่เป็นอุปกรณ์การโปรแกรม (Programming Device)

2.1.4 Central Processing Unit (CPU)

CPU เป็นส่วนมันสมองของระบบ ภายใน CPU จะประกอบไปด้วยวงจร Logic Gate ชนิดต่าง ๆ หลายชนิด และมี Microprocessor – Based ใช้สำหรับแทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ (Relay) เคาน์เตอร์ (Counter) ไทเมอร์ (Timer) และซีเควนเซอร์ (Sequencers) เพื่อให้ผู้ใช้ได้ออกแบบใช้วงจรรีเลย์ แลดเดอร์ ลอจิก (Relay Ladder Logic) เข้าไปได้

CPU จะยอมรับ (Read) อินพุต เดต้า (Input Data) จากอุปกรณ์ให้สัญญาณ (Sensing Device) ต่าง ๆ จากนั้นจะปฏิบัติการและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ และส่งข้อมูลที่เหมาะสมถูกต้องไปยังอุปกรณ์ควบคุม (Control Device) แหล่งของกระแสไฟฟ้าตรง

(DC Current) สำหรับใช้สร้างโวลต์ต่ำ (Low Level Voltage) ซึ่งใช้โดยโปรเซสเซอร์ (Processor) และไอโอ โมดูล (I/O Modules) และแหล่งจ่ายไฟนี้จะเก็บไว้ที่ CPU หรือแยกออกไปติดตั้งที่จุดอื่นก็ได้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแต่ละราย

2.1.5 ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit)

ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit) จะต่อร่วมกับชุดควบคุมเพื่อรับสภาวะและสัญญาณต่าง ๆ เช่น หน่วยอินพุตรับสัญญาณหรือสภาวะแล้วส่งไปยัง CPU เพื่อประมวล เมื่อ CPU ประมวลผลแล้วจะส่งให้ส่วนของเอาต์พุต เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้

สัญญาณอินพุตจากภายนอกที่เป็นสวิตช์และตัวตรวจจับชนิดต่าง ๆ จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมถูกต้อง ไม่ว่าจะเป็น AC หรือ DC เพื่อส่งให้ CPU ดังนั้น สัญญาณเหล่านี้จึงต้องมีความถูกต้องไม่เช่นนั้นแล้ว CPU จะเสียหายได้

สัญญาณอินพุตที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังนี้

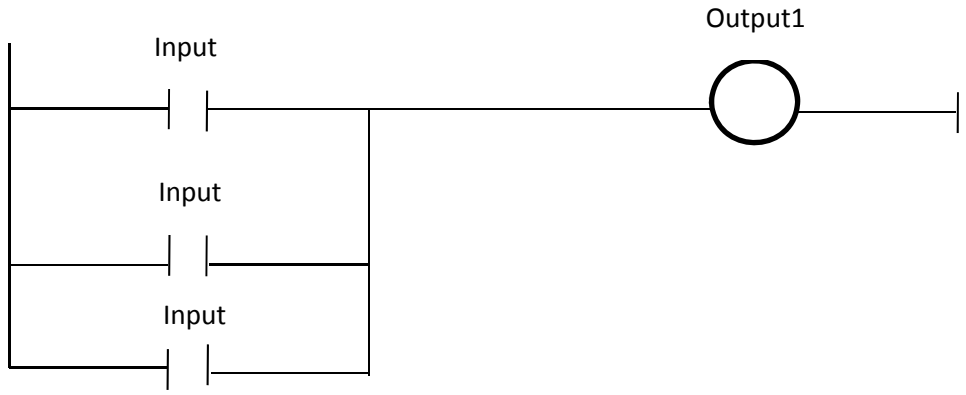
1. ทำให้สัญญาณเข้า ได้ระดับที่เหมาะสมกับ PLC
2. การส่งสัญญาณระหว่างอินพุตกับ CPU จะติดต่อกันด้วยลำแสง ซึ่งอาศัยอุปกรณ์ประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์ เพื่อต้องการแยกสัญญาณ (Isolate) ทางไฟฟ้าให้ออกจากกัน เป็นการป้องกนไม่ให้ CPU เสียหายเมื่ออินพุตเกิดลัดวงจร
3. หน้าสัมผัสจะต้องไม่สั่นสะเทือน (Contact Chattering)

ในส่วนของเอาต์พุต จะทำหน้าที่รับค่าสภาวะที่ได้จากการประมวลผลของ CPU แล้วนำค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ทำงาน เช่น รีเลย์ โซลีนอยด์ หรือหลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว ยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ออกจากอุปกรณ์เอาต์พุต โดยปกติเอาต์พุตนี้จะมีความสามารถขับโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 1-2 แอมแปร์ แต่ถ้าโหลดต้องการกระแสไฟฟ้ามากกว่านี้ จะต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์ขับอื่นเพื่อขยายให้รับกระแสไฟฟ้ามากขึ้น เช่น รีเลย์ หรือคอนแทคเตอร์ เป็นต้น

2.1.6 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมให้กับ PLC

PLC แต่ละยี่ห้อจะใช้ภาษาในการเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้ PLC ทางานตามความต้องการแตกต่างกัน ซึ่งตามมาตรฐาน IEC1131-3 ได้แบ่งมาตรฐานภาษาต่างๆออกเป็น 5 แบบคือ

1. Ladder Diagram



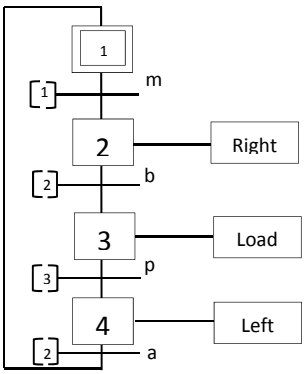
ภาพที่ 2.4 Ladder Diagram

2. Structure Text Language

```
Structure Text Language

        If %I1.0 THEN

        %Q2.1 := TRUE

        ELSE
```

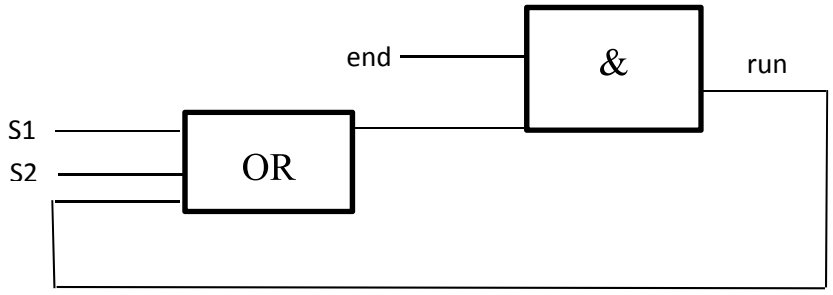
ภาพที่ 2.5 Structure Text Language

3. Sequential Function Chart (GRAFCET)



ภาพที่ 2.6 Sequential Function Chart (GRAFCET)

4. Function Block Diagram Language



ภาพที่ 2.7 Function Block Diagram Language

5. Instruction List Language

```
LD %M12          %M12
AND %I1.0        %I1.0
ANDN %I1.1       %I1.1
OR %M10          %M10
ST %Q2.0         %Q2.0
```

ภาพที่ 2.8 Instruction List Language

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด

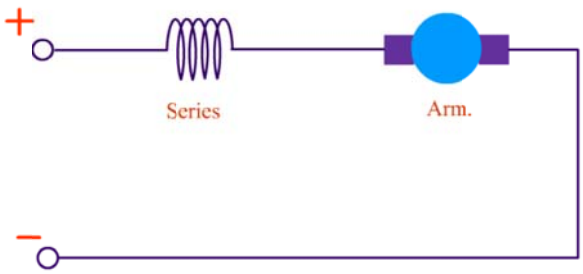
2.2.1 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

เมื่อมีการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดในสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กซึ่งมีสัดส่วนของแรงขึ้นกับกระแสแรงของสนามแม่เหล็ก โดยแรงจะเกิดขึ้นเป็นมุมฉากกับกระแสและสนามแม่เหล็ก ขณะที่ทิศทางของแรงกลับตรงกันข้ามกัน ถ้าหากกระแสของสนามแม่เหล็กไหลย้อนกลับจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแส และ สนามแม่เหล็กเป็นผลทำให้ทิศทางของแรงเปลี่ยนไป ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้มอเตอร์กระแสตรงกลับทิศทางการหมุนได้

สนามแม่เหล็กของมอเตอร์ส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวรซึ่งจะถูกยึดติดกับแผ่นเหล็กหรือ เหล็กกล้า โดยปกติส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ยึดอยู่กับที่ และ ขดลวดเหนี่ยวนำจะพันอยู่กับส่วนที่เป็นแกนหมุนของมอเตอร์

2.2.2 คุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรง

ในการอธิบายคุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรงให้ละเอียดนั้นต้องพิจารณาแรงดันที่ป้อนและความต้านทานของโรเตอร์ด้วย วงจรภายในของมอเตอร์เขียนได้ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 วงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรง

โดยสมมติให้ทุ่นโรเตอร์ไม่มีความต้านทานอยู่เลย อนุกรมกับความต้านทานซึ่งในที่นี้ก็คือความต้านทานของขดลวดนั่นเอง แรงดันที่ขั้วต่อสายของมอเตอร์ก็คือผลบวกระหว่างแรงดันที่ทุ่นโรเตอร์ (V_A) และ แรงดันตกคร่อมความต้านทานขดลวด (V_R)

แรงดัน V_A ถูกเรียกว่า แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำป้อนกลับ (Back emf) ซึ่งเกิดขึ้นในโรเตอร์ขณะที่หมุนแรงดันที่เกิดขึ้นนี้เป็นไปตากกฎของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของตัวนำในสนามแม่เหล็ก สัมพันธ์กับแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำแม่เหล็ก และ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของ

แรงดัน V_A ถูกเรียกว่า แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำป้อนกลับ (Back emf) ซึ่งเกิดขึ้นในโรเตอร์ขณะที่หมุนแรงดันที่เกิดขึ้นนี้เป็นไปตากกฎของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของตัวนำในสนามแม่เหล็ก สัมพันธ์กับแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำแม่เหล็ก และ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวนำ แรงดันที่เกิดขึ้นจะมีขั้วตรงกันข้ามกับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ และ แปรผันตรงกับความเร็วในการหมุน ผลบวกของแรงดันที่ทุ่นโรเตอร์ (V_A) และแรงดันตกคร่อมขดลวด (V_R) ต้องเท่ากับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ (V)

$$V = V_A + V_R \qquad (2\text{-}1)$$

เมื่อพิจารณาตั้งแต่มอเตอร์หยุดนิ่ง ความเร็วมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น $V_A = 0$, $V_R = V$ กระแสที่ไหลในมอเตอร์หาได้จาก

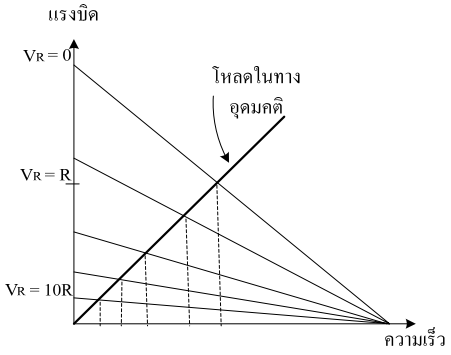
$$I = V_R / R \qquad (2\text{-}2)$$

เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนจะมีความเร็ว และ V_A เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามความเร็ว V_R ซึ่งมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่าง V_A และ V จะเริ่มลดลงกระแส I ก็จะเริ่มลดลงเช่นกันขณะที่มอเตอร์ยังมีความเร่งอยู่ ความเร็วจะเพิ่มขึ้น แรงบิดจะลดลงจนกว่าจะถึงจุดซึ่งแรงบิดจองมอเตอร์รับภาระโหลดได้สมดุลพอดี ขณะที่มอเตอร์ไม่มีโหลด และ หมุนอย่างอิสระจะมีเพียงค่าความฝืดของแบริ่ง และ แรงต้านอากาศทำให้ V_A เกือบเท่ากับค่า V

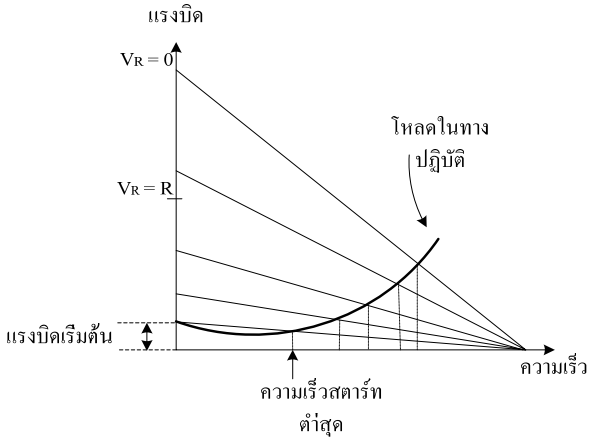
2.2.3 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์

- การควบคุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้

เป็นรูปแบบพื้นฐานที่สุดของการควบคุมมอเตอร์คือ ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้อนุกรมกับมอเตอร์ โดยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ การบังคับแบบนี้ไม่มีประสิทธิภาพเพราะกำลังไฟสูญเสียไปในตัวความต้านทาน มักนิยมใช้กับมอเตอร์ตัวเล็กๆ การบังคับแบบนี้ให้คุณสมบัติการสตาร์ทดี (ให้แรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ) แต่จะให้ความเร็วสูงมากเมื่อมอเตอร์อยู่ในภาวะที่มีโหลดน้อยๆ ดังนั้นการบังคับแบบนี้มีประโยชน์เฉพาะภาวะที่แรงต้านคงที่ เช่น การบังคับความเร็วของเครื่องจักรเย็บผ้า เป็นต้น



ก. โหลดในอุดมคติ



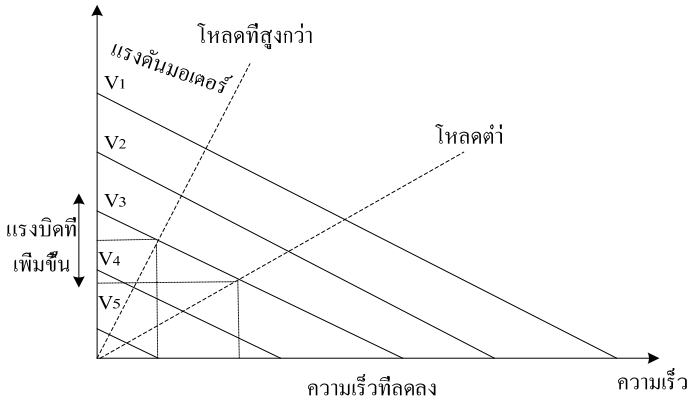
ข. โหลดในทางปฏิบัติ

ภาพที่ 2.10 วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรม

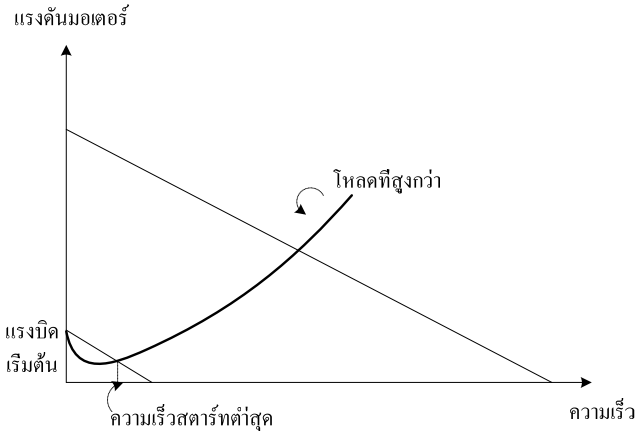
และกราฟแสดงคุณสมบัติ

- การควบคุมด้วยวิธีเปลี่ยนค่าแรงดัน

วิธีการนี้ดีกว่าวิธีการแรกแต่จะซับซ้อนกว่าต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ที่ทีอัตราขยายกำลังสูง และ มอเตอร์จะถูกป้อนด้วยแรงดันที่เปลี่ยนแปลงค่าได้ จากแหล่งจ่ายที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ ข้อดีของการควบคุมวิธีนี้คือ ถ้าความเร็วลดลงจากผลของแรงบิด แรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาระดับความเร็ว ส่วนข้อเสียจากการควบคุมวิธีนี้คือ เมื่อมอเตอร์มีความเร็วต่ำแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะมีค่าต่ำเช่นกัน



ก. ความเร็วลดลงจากผลแรงบิด



ข. ความเร็วสตาร์ต่ำแรงดันมอเตอร์ต่ำลง

ภาพที่ 2.11 การควบคุมความเร็วโดยเปลี่ยนค่าแรงดัน

- การควบคุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้

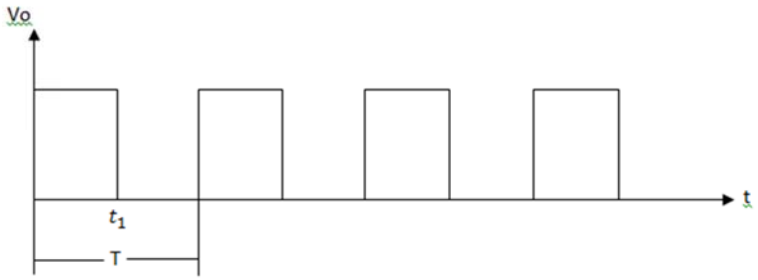
การควบคุมแบบนี้สามารถขับดีซีมอเตอร์ได้ความเร็ว 10 : 1 และให้การเร็คกูเลทที่ดีกว่ากระแสถูกปล่อยให้ฟิลด์คงที่ ผลของคุณสมบัติ ความเร็วและแรงบิดได้รับการปรับปรุงดีขึ้นกว่าการบังคับด้วยความต้านทานที่ปรับค่าได้ และให้การเร็คกูเลทความเร็วคงที่ได้ดีขึ้นตลอดช่วงความเร็วที่กว้างกว่า

- การควบคุมแบบ PWM (Pulse Width Modulation)

Pulse width modulation (PWM) คือ เทคนิคสำหรับควบคุมวงจรทางด้านฮาร์ดแวร์โดยใช้สัญญาณเอาท์พุตแบบดิจิตอลของไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม

<u>การทำงานของสัญญาณ PWM</u>

ถ้า Power Supply มี 9V และ duty cycle = $\frac{t_1}{T}$ เป็น 10% จะได้เอาท์พุต 0.9V



ภาพที่ 2.12 แสดงสัญญาณ PWM

<u>ทำไมถึงใช้ PWM ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์</u>

มีหลายเหตุผลว่าทำไม PWM ถึงถูกเลือกใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เช่น :

- PWM ง่ายในการอินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และ ใช้เพียงแค่เอาท์พุตสัญญาณเดียวในการควบคุมความเร็ว
- PWM มีประสิทธิภาพ คือ Power Supply จะจ่ายกำลังได้เต็มที่ทั้ง on และ off (Full on and Full off)
- PWM ทำให้ได้ค่า ทอร์ค และ ความเร็วสูงสุดของมอเตอร์ เป็นเพราะ Power Supply จะจ่ายกำลังได้เต็มที่ทั้ง on และ off (Full on and Full off)

2.3 สเต็ปมอเตอร์ (Stepping Motor)

สเต็ปมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่ขับเครื่องด้วยพัลส์ลักษณะการขับเคลื่อน จะหมุนรอบแกนได้ 360 องศา มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง แต่มีลักษณะเป็นสเต็ป โดยแต่ละสเต็ปจะขับเคลื่อนได้ 1,1.5,1.8 หรือ 2 องศาแล้วแต่ละโครงสร้างของมอเตอร์ลักษณะที่นำมอเตอร์ไปใช้จะเป็นงานที่ต้องการตำแหน่งแม่นยำ เช่น ระบบขับเคลื่อนหัวแม่พิมพ์ในเครื่องพิมพ์(Printer)ระบบขับเคลื่อนหัวอ่านในเครื่องอ่านบันทึกเหล็กระบบขับเคลื่อนตำแหน่งของปากกาใน X-Y Ploter เป็นต้น

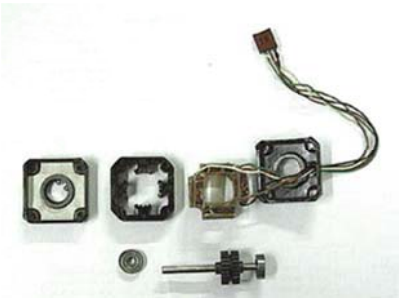
2.3.1 ชนิดและโครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์

สเต็ปมอเตอร์มีลักษณะดังภาพที่ 2.13 – ภาพที่ 2.15

ภาพที่ 2.13 สเต็ปมอเตอร์แบบมีสาย 5 เส้น

ภาพที่ 2.14 สเต็ปมอเตอร์แบบมีสาย 6 เส้น

ภาพที่ 2.15 สเต็ปมอเตอร์หลายแบบไบโพลาร์



ภาพที่ 2.16 โครงสร้างสเต็ปมอเตอร์

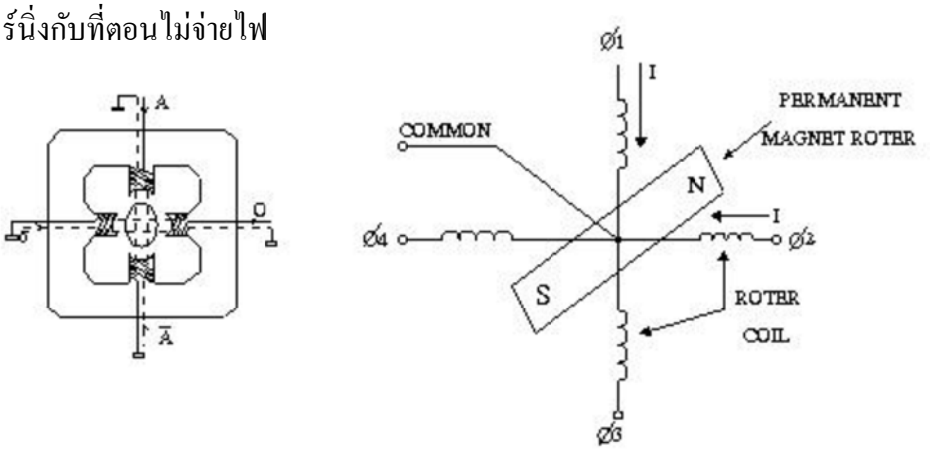
2.3.2 สเต็ปมอเตอร์ที่พบในปัจจุบันมี 3 ลักษณะดังนี้

1. แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet-PM) สเต็ปมอเตอร์แบบ PM จะมีสเตเตอร์ (Stator) ที่พันขดลวดไว้หลายๆโพล โดยมีโรเตอร์(Rotor) เป็นรูปทรงกระบอกฟันเลื่อยและโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร เพื่อป้อนไฟกระแสตรงให้กับขดสเตเตอร์จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้าผลักต่อโรเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนมอเตอร์แบบ PM จะเกิดแรงฉุดยึดให้โรเตอร์หยุดอยู่กับที่แม้จะไม่ได้ป้อนไฟเข้าขดลวด

2. แบบแปรค่ารีลักแตนซ์ (Variable Reluctance - VR) สเต็ปมอเตอร์แบบ VR จะมีการหมุนโรเตอร์ได้อย่างอิสระแม้จะไม่ได้จ่ายไฟให้โรเตอร์ทำจากสารเฟอร์โรแมกเนติกกำลังอ่อน มีลักษณะเป็นฟันเลื่อย รูปทรงกระบอกโดยจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนโพลในสเตเตอร์แรงบิดที่เกิดขึ้นจะไปหมุนโรเตอร์ไปในเส้นทางของอำนาจแม่เหล็กที่มีค่ารีลักแตนท์ต่ำที่สุด ตำแหน่งที่จะเกิดแน่นอนและมีเสถียรภาพแต่จะเกิดขึ้นได้หลายๆ จุดดังนั้นเมื่อป้อนไฟเข้าขดลวดต่างๆ ในมอเตอร์แตกต่างขดกันไป ก็ทำให้

มอเตอร์หมุนไปตำแหน่งต่างๆ กัน โรเตอร์ของ VR จะมีความเฉื่อยของโรเตอร์น้อยจึงมีความเร็วรอบสูงกว่ามอเตอร์แบบ PM

3. แบบผสม (Hybrid-H) สเต็ปมอเตอร์แบบ H จะเป็นลูกผสมของ VR กับ PM โดยจะมีสเตเตอร์คล้ายกับที่ใช้ใน VR โรเตอร์มีหมวกหุ้มปลายซึ่งมีลักษณะของสารแม่เหล็กที่มีกำลังสูง โดยการควบคุมขนาดรูปร่างของหมวกแม่เหล็กอย่างดีทำให้ได้มุมการหมุนและครั้งน้อยและแม่นยำ ข้อดีก็คือให้แรงบิดสูงและมีขนาดกะทัดรัดและให้แรงฉุดยึดโรเตอร์นิ่งกับที่ตอนไม่จ่ายไฟ



ก. โครงสร้างขดลวด ข. ทิศทางของกระแส

ภาพที่ 2.17 มอเตอร์สเต็ปเปอร์แบบ Hybrid-H

2.3.3 คุณสมบัติเด่นของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

- มุมในการหมุน (rotation angle) มีค่าตามสัดส่วนของจำนวนของพัลส์อินพุตที่ใช้ขับมอเตอร์
- ความเร็วในการหมุน (rotation speed) มีค่าตามสัดส่วนและสัมพันธ์กับความถี่ของสัญญาณพัลส์อินพุตที่ใช้ขับมอเตอร์
- ใช้ในการควบคุมตำแหน่งแบบระบบเปิดที่มีความแม่นยำสูง โดยไม่มีต้องใช้สัญญาณป้อนกลับของการกำหนดตำแหน่ง
- ไม่มีความผิดพลาดสะสมของการกำหนดตำแหน่ง
- เหมาะกับงานที่ต้องการกลไกเคลื่อนที่ความเร็วต่ำแรงบิดสูง โดยไม่ต้องใช้ระบบเฟืองทดรอบเพิ่มเติม
- สามารถกำเนิดและรักษาแรงบิดได้ในทันทีที่มอเตอร์ถูกกระตุ้นให้ทำงาน

- สามารถรักษาสภาวะการหมุนของแกนได้โดยไม่ทำให้มอเตอร์เสียหาย
- ไม่มีแปลงถ่านทำให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน
- มีลูกปืนความเที่ยงตรงสูง เพื่อช่วยการหมุนของแกนมีความแม่นยำ

2.4 บอลสกรู (Ball Screw)

บอลสกรูเป็นรางเลื่อนที่ตัวขับเคลื่อนเชิงเส้นทางกลเปลี่ยนการเคลื่อนที่เชิงมุมเป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้นที่มีแรงเสียดทานน้อยมาก โดยเพลาเกลียวมีลักษณะเป็นร่องเฉียง ทำหน้าที่เป็นสกรูสำหรับให้ลูกปืนที่ทำหน้าที่เหมือนกับน็อตเคลื่อนที่ไปมาภายในร่องเฉียงนี้ด้วยความแม่นยำรวมทั้งมีความสามารถในการใช้งานหรือทนต่อแรงเบียดสูงๆ ดังนั้นบอลสกรูจึงสามารถทำงานโดยมีแรงเสียดทานภายในต่ำ บอลสกรูมีความทนทานต่อการใช้งาน จึงเหมาะสำหรับทำรางเลื่อนที่ต้องการความแม่นยำสูง โดยส่วนประกอบของลูกทำหน้าที่เสมือนกับน็อต ในขณะที่เกลียวในเพลาทำหน้าที่เป็นสกรูการทำงานบอลแบริ่งจะเคลื่อนที่ภายในเสมือนนัต บอลนัตจะอยู่ภายในร่องเฉียงของเพลา และหมุนเวียนอยู่ภายในร่องเกลียว ลูกปืนจะเลื่อนไปในทิศทางหนึ่งตามร่องเกลียวด้วยภาระแนวแกน เมื่อบอลนัตหมุนเวียนถึงปลายด้านหนึ่งของนัต พวกมันจะหมุนกลับไปยังปลายอีกด้านหนึ่ง บอลนัตจะสามารถหมุนเวียนอย่างต่อเนื่อง ถ้าบอลนัตไม่ได้มีกลไกการหมุนเวียนกลับไปมาบอลนัตจะแตกออกจากปลายด้านหนึ่งเมื่อมันเคลื่อนถึงจุดช่วงสุดท้ายของนัต ด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาวิธีการหมุนเวียนบอลนัตได้หลายวิธีที่แตกต่างกัน บอลนัตที่อยู่ภายนอกจะเคลื่อนที่ภายในท่อยึดนอกเสื้อบอลสกรู เพื่อนำทางให้บอลนัตเคลื่อนที่หมุนอยู่ภายในท่อ และจะถูกแทนที่กลับลงไปในร่องเกลียว

ภาพที่ 2.18 บอลสกรู (Ball Screw)

2.4.1 บอลสกรู (Ball Screw)

Ball Screw เป็นระบบขับเคลื่อน (Drive) แบบหนึ่งในระบบขับเคลื่อนประเภทเครื่องกล (Mechanic) โดยมีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ เพลาเกลียว (Shaft) และ ตลับลูกปืน (Nut) ซึ่งมีเม็ดลูกปืนกลม (Ball) เป็นตัวรับน้ำหนักและลดแรงเสียดทาน Ball Screw มีส่วนดีกว่า Drive แบบอื่นๆ คือสามารถผลิตตามความต้องการได้ การใช้งานก็มีส่วนประกอบน้อยไม่สลับซับซ้อน และมีความแข็งแรงทนทานกว่าระบบอื่นๆ

สามารถแบ่ง Ball Screw ออกเป็น 2 ชนิดหลักๆคือ

- **Ball Screw แบบรีด (Rolled Ball Screw)**

ผลิตโดยการรีดเพลาออกมาเป็นเกลียว ซึ่งสามารถผลิตได้ความละเอียด หรือค่าความผิดเพี้ยน (Lead Error) ในระดับหนึ่งและจะสะสมไปตามความยาว และจำนวนครั้งที่รีด ข้อสังเกต คือ ที่สันของเพลาเกลียวจะมีร่องเล็กๆ และสีจะหมองกว่า Ball Screw ชนิดนี้เหมาะสำหรับการส่งกำลังหรือไม่ต้องการความเที่ยงตรงสูงโดยจะมีราคาถูกกว่าและผลิตได้เร็วกว่า

- **Ball Screw แบบเจียร (Grounded or Precision Ball Screw)**

ผลิตโดยการนำเพลาที่ชุบแข็งแล้ว (Case Hardening) มาเจียรทางวิ่ง โดยสามารถควบคุมการเจียรให้ได้ความละเอียดตามความต้องการ ซึ่งค่าความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้น จะอยู่ในช่วงหนึ่ง และไม่สะสมเหมือนกับแบบรีด ทำให้เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดสูง เช่น เครื่อง CNC/NC และต้องสั่งผลิตทุกครั้ง

2.5 สายพานลำเลียง (Conveyor Belt)

สายพานลำเลียง ประกอบด้วยแผ่นของสายพานที่มีลักษณะเชื่อมเป็นวง หมุนรอบล้อสายพานหรือพลูเลย์ 2 ตัว หรือมากกว่า 2 ตัว โดยที่พลูเลย์ 1 ตัวหรือทั้ง 2 ตัวเป็นตัวขับเคลื่อน ทำหน้าที่ขับเคลื่อนให้สายพานและสิ่งของหรือวัสดุบนสายพานเคลื่อนไปข้างหน้า

2.5.1 การพัฒนาสายพานลำเลียง

จากขบวนการปฏิบัติอุตสาหกรรม ทำให้เกิดความต้องการใช้เครื่องจักรสามารถขนถ่ายสินค้าหรือวัสดุได้ครั้งละจำนวนมาก สายพานลำเลียงจึงถือกำเนิดขึ้นเพื่อลดเวลาและประหยัดพลังงานในการขนส่งสิ่งของต่างๆ ซึ่งในช่วงแรกการพัฒนาสายพานลำเลียงทำโดยการใช้ฝ้าย (Cotton) เสริมแรงในสายพานยาง และการใช้งานของสายพานก็จะลำเลียงวัสดุที่มีน้ำหนักเบา เช่น แป้ง เมล็ดพืช ต่อมาจึงได้พัฒนาสายพานให้มีความกว้างมากขึ้น ความแข็งแรงสูงขึ้น ปรับเปลี่ยนโครงสร้างและวัสดุที่ใช้เพิ่มความสามารถในการใช้งานของสายพานให้สูงขึ้น เช่น การใช้สายพานลำเลียงลวดสลิงในงานเหมือง

2.5.2 ชนิดของสายพานลำเลียง

1. สายพานลำเลียงแบบธรรมดา (Conventional Conveyor Belt)
2. สายพานลำเลียงลวดสลิง (Steel Cord Conveyor Belt)

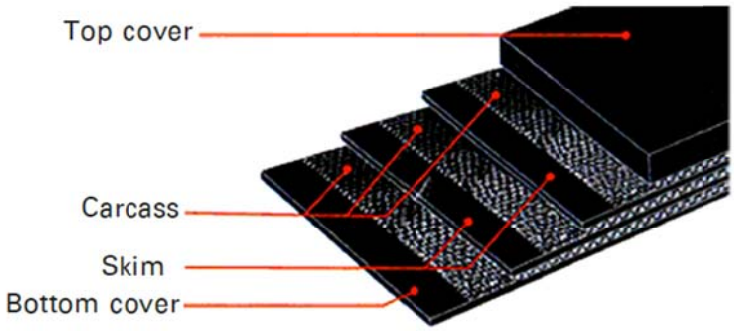
- **สายพานลำเลียงแบบธรรมดา**

1. ยางผิวบนหรือชั้นยางหุ้มด้านบน (Top Cover) มีหน้าที่รองรับวัสดุขนถ่ายและป้องกันความเสียหายของชั้นผ้าใบรับแรงจากการสัมผัสกับวัสดุที่ลำเลียง เช่น แรงกระแทก การเจาะทะลุ น้ำมัน ความร้อน ซึ่งการเลือกใช้ชนิดของยางผิวบนขึ้นอยู่กับความ เหมาะสมของการใช้งาน เช่น ยางอีพีดีเอ็มสำหรับสายพานที่ต้องการทนความร้อนสูงเป็นพิเศษ ยางไนไทรล์สำหรับสายพานที่ต้อง สัมผัสกับน้ำมัน

2. ชั้นผ้าใบรับแรง (Carcass) มีหน้าที่เป็นแกนรับแรงดึงของสายพานทั้งเส้นและช่วยกระจายแรงดึงของสายพานระหว่างการลำเลียงวัสดุ วัสดุที่นิยมใช้ได้แก่ ฝ้าย เรยอน โพลิเอสเทอร์ ไนลอน และเหล็กกล้า

3. ชั้นยางประสานผ้าใบ (Skim Rubber) มีหน้าที่ประสานแต่ละชั้นเข้าด้วยกัน

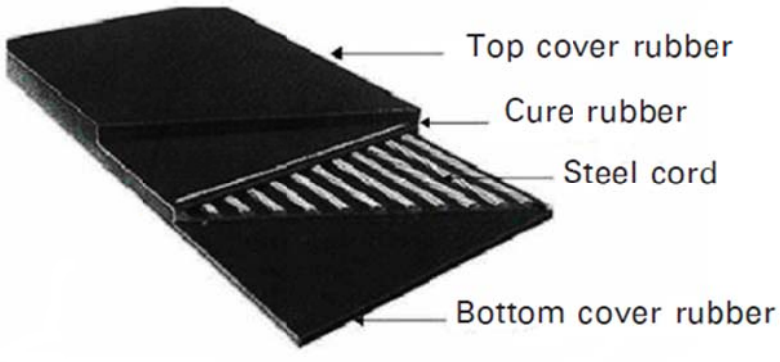
4. ยางผิวล่างหรือชั้นยางหุ้มด้านล่าง(Bottom cover) มีหน้าที่ป้องกันความเสียหายของชั้นผ้าใบรับแรงจากการเสียดสีกับ ลูกกลิ้ง(Idler) และพูลเลย์ (Pulley) ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีความหนาเท่ากับยางผิวบนเนื่องจากไม่ได้รับภาระหนักเหมือนยางผิวบน



ภาพที่ 2.19 ส่วนประกอบของสายพานลำเลียงธรรมดา

- **สายพานลำเลียงลวดสลิง**

ประกอบด้วยชั้นโครงสร้างคล้ายกับสายพานลำเลียงแบบธรรมดา แต่มีชั้นของเส้นลวดรับแรง (Steel Cord) ทำหน้าที่เป็นแกนรับแรงดึงของสายพานทั้งเส้นแทนชั้นของผ้าใบรับแรง



ภาพที่ 2.20 ส่วนประกอบของสายพานลำเลียงลวดสลิง

2.5.3 การต่อสายพาน (Belt Splice)

สามารถทำได้ 3 วิธีได้แก่

1. การต่อร้อน (vulcanized splice) เป็นวิธีที่ทำให้รอยต่อของสายพานมีความแข็งแรงมากที่สุด และให้ความต่อเนื่องของรอยต่ออย่างสม่ำเสมอ โดยใช้เครื่องมือที่มีแรงดันและความร้อนเข้ามาช่วย
2. การต่อเย็น จะใช้กาว (adhesive) เป็นตัวหลักในการต่อ
3. การต่อกิ๊บ ใช้ในกรณีที่มีความเร่งด่วนในการใช่งาน เนื่องจากวิธีนี้ใช้เวลาน้อยกว่าการต่อร้อนและการต่อเย็น

2.5.4 ความหนาของสายพานลำเลียง

สำหรับการเลือกใช้ความหนาของสายพานลำเลียงนั้น ทางเราจะดูชนิดของวัสดุที่จะลำเลียงเป็นหลัก ดังเช่นว่า วัสดุที่ลำเลียงนั้นมีลักษณะรูปร่าง เป็นอย่างไรบ้าง มีมุมแหลม หรือว่ามุมที่มีความคม ของชิ้นงาน ที่จะเป็นอันตรายต่อสายพานขณะลำเลียงหรือไม่ แต่ดูคุณสมบัติของชิ้นงานเป็นเกณฑ์ เพื่อเลือกชนิดและความหนาของสายพานลำเลียงตามความเหมาะสม ประเด็นสำหรับการเลือกความหนาของสายพานลำเลียง

1. ชนิดของชิ้นงานที่จำลำเลียงบนสายพาน มีลักษณะรูปร่างเป็นอย่างไรบ้าง มีความคม หรือว่ามุมที่จะเป็นอันตรายต่อสายพานหรือไม่
2. ขนาดของชิ้นงาน ขนาดใหญ่มากน้อยแค่ไหน ความกว้างเท่าไหร่ ความยาวเท่าไหร่
3. ความเร็วสำหรับการขนถ่ายชิ้นงาน จะมีความเร็วแค่ไหน จะใช้ความหนาเท่าไหร่ถึงจะเหมาะสมสำหรับการใช้ลำเลียง
4. ชนิดของผิวยาง จะดูว่า ผิวยางที่จะลำเลียงใช้สำหรับงานอะไร งานกัดกร่อนหรือเปล่า งานที่ต้องการความสะอาดหรือเปล่าสภาวะการใช้งาน ใช้งานที่อุณหภูมิสูงหรือเปล่า ถ้าหากว่าอุณหภูมิสูงขึ้น ความหนาของสายพานลำเลียงจะเพิ่มสูงขึ้นด้วย

2.6 พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensor)

พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensor) หรือ พร็อกซิมิตี้สวิตซ์(Proximity Switch) คือ เซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอก โดยลักษณะของการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง เสียง และ สัญญาณลม ส่วนการนำเซนเซอร์ประเภทนี้ไปใช้งานนั้น ส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับ ตำแหน่ง ระดับ ขนาด และรูปร่าง ซึ่งโดยปกติแล้วจะนำมาใช้แทนลิมิตสวิตซ์ (Limit Switch) เนื่องด้วยสาเหตุของอายุการใช้งานและความเร็วในการตรวจจับวัตถุเป้าหมาย ทำได้ดีกว่าอุปกรณ์ประเภทสวิตซ์ซึ่งอาศัยหน้าสัมผัสทางกล

ภาพที่ 2.21 พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensor)

2.6.1 คุณสมบัติเด่นของพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensor)

- สามารถตรวจจับได้โดยไม่มีการสัมผัส
- สามารถใช้งานได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เลวร้าย
- ตรวจจับด้วยความแม่นยำ
- ตอบสนองต่อการทำงานได้รวดเร็วกว่า
- สามารถแยกการตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะ อโลหะและแม่เหล็กได้
- อายุการใช้งานยาวนาน
- จะมีระยะการตรวจจับวัตถุ โดยทั่ว ๆไป อยู่ระหว่าง 4-40 mm ขึ้นอยู่กับขนาด และชนิดของ Sensors

2.6.2 ประเภทของพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์

1. เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor) เป็นเซนเซอร์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีผลต่อชิ้นงานหรือวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น หรือเรียกกันทางภาษาเทคนิคว่า “ อินดั๊กตีฟเซนเซอร์ ” ข้อเด่นของเซนเซอร์ชนิดนี้ คือ ทนทานสามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง (Wide Temperature Ranges) สามารถทำงานในสภาวะที่มีการรบกวนทางแสง (Optical) และเสียง (Acoustic) ซึ่งเทียบเท่ากับชนิดเก็บประจุ

ภาพที่ 2.22 เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor)

2. เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ (Capacitive Sensor) โครงสร้างพื้นฐานของ Capacitive Proximity Switch จะมีลักษณะคล้ายกับแบบอินดั๊กตีฟเซนเซอร์ จะมีส่วนต่างกันที่หัวตรวจจับ (Active Electrode) ซึ่งจะใช้ หลักการเปลี่ยนแปลงของค่าคาปาซิแตนซ์ จะสร้างสนามไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic) มาแทนที่จะเป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจึงทำให้ คาปาซิตีฟพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ นี้สามารถที่จะตรวจจับวัตถุที่เป็นทั้งโลหะและอโลหะได้ ซึ่งถือเป็นข้อได้เปรียบของเซนเซอร์ประเภทนี้

ภาพที่ 2.23 เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ (Capacitive Sensor)

2.7 ตัวตรวจจับสี (Color Sensors)

ตัวตรวจจับสี (Color Sensors) ได้มีการใช้งานกันมาอย่างยาวนานในไลน์ประกอบอุตสาหกรรม (Assembly Line) เพื่อทำการตรวจจับคุณสมบัติเฉพาะของชิ้นส่วนต่าง ๆ ซึ่งความท้าทายของเซนเซอร์สีจะอยู่ที่ความสามารถในการตรวจจับหรือแบ่งแยกชิ้นส่วนที่มีสีคล้ายคลึงกันหรือสีที่มีความสะท้อนแสงสูง เช่น ตัวอย่างของการเคลือบสีบนโลหะในอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์เป็นเรื่องยากที่จะทำการแยกเฉดสีระหว่างสีเทาและสีทองออกจากกัน ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์ ออฟติกและทางด้านซอฟต์แวร์ ทำให้ปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาเซนเซอร์สีให้มีความล้ำหน้ามากยิ่งขึ้น จนสามารถอ่านค่าความเข้มและค่าของสีได้ ด้วยความสามารถนี้ทำให้ผู้ควบคุมหรือผู้ปฏิบัติงานได้เห็นว่าสีไหนถูกตรวจจับและมีจำนวนสีเท่าไหร่ที่ปรากฏให้เห็น และเทคโนโลยีดังกล่าวยังสร้างให้เซนเซอร์มีความไวมากขึ้นจึงทำให้ไม่ต้องใช้แสงเงา (Luster)และลักษณะความแตกต่างของแต่ละเฉดสีเป็นตัวกำหนด และเดี๋ยวนี้กระบวนการต่าง ๆ ก็สามารถที่จะปรับตั้งได้ ทำให้สะดวกมากขึ้นแม้แต่ในอุตสาหกรรมที่มีความซับซ้อนรวมถึงทำให้ได้สีที่ถูกต้องแม่นยำด้วย

2.7.1 โปรแกรมความไวสี

แต่ละชนิดของเซนเซอร์สีจะมี LED สีขาวที่มีความเข้มสูงซึ่งปล่อยออกมารับแสงบนเป้า (Target) และแสงที่สะท้อนจากเป้าก็จะถูกวิเคราะห์ว่ามีส่วนประกอบของแสงสีแดง เขียว น้ำเงิน (RGB) และความเข้มของสีมากน้อยแค่ไหน ซึ่งคุณลักษณะนี้ถูกใช้เพื่อการทวนสอบชิ้นส่วนที่ปรากฏอยู่ ว่ามีความถูกต้องหรือไม่ รวมถึงความถูกต้องของการประกอบและควบคุมสีของสินค้าในไลน์การผลิต

การประยุกต์ใช้แต่ละชนิดของเซนเซอร์สี ผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรจะยึดเอาสีที่อยู่ด้านหน้าของเซนเซอร์เป็นหลัก แล้วทำการโปรแกรมเข้าไปให้ตรงกับรายละเอียดของสีที่ต้องการตรวจจับ ในระหว่างและหลังจากเสร็จกระบวนการแล้ว ผู้ปฏิบัติงานอาจจะแจ้งข้อผิดพลาดเกี่ยวกับความถูกต้องของสีว่ามีความมืดหรือสว่างไป แต่ยังคงอยู่ในมาตรฐานของคุณภาพที่ยังพอยอมรับได้ จากนั้นผู้ปฏิบัติงานจึงทำการโปรแกรมใหม่อีกครั้งให้ย่านของการเซนเซอร์มีความกว้างสูงกว่าหรือน้อยกว่าจุดตำแหน่ง (Set Point) เพื่อให้ได้ย่านการเซนเซอร์ที่ถูกต้องที่สุดตามความต้องการ ถ้าเซนเซอร์มีหลายช่อง (Channel) ก็สามารถทำการโปรแกรมให้จดจำสีได้หลายสี โดยแบ่งเป็นช่องละสี สัญญาณสำหรับแต่ช่องจะถูกแยกเตือนด้านเอาต์พุต ด้วยเทคโนโลยีนี้ทำให้สามารถระบุสีได้

โดยง่ายหรือสอดคล้องกัน อย่างเช่น การคัดเลือกหรือใช้เป็นฟังก์ชั่นเพื่อระบุชิ้นส่วน โดยใช้ค่าบรรทัดฐานการระบุว่าผ่านหรือไม่ผ่าน เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการอื่น ๆ ไม่ได้มีความง่ายเสมอไปในการตรวจจับ อาจจะด้วยข้อกำหนดบางประการ เช่น สีมีความเข้มไปหรือระยะการตรวจจับมีความลึกไป เป็นต้น ยุคใหม่ของเซนเซอร์สี จึงได้มีการออกแบบเพิ่มเติมให้มีเอาต์พุตสามส่วนเพื่อแสดงค่าของสี RGB ในการอ่านแต่ละสี ด้วยคุณประโยชน์ที่เพิ่มเติมเข้ามานี้ จึงช่วยให้การควบคุมการผลิตมีความเป็นอัจฉริยะมากขึ้น

ภาพที่ 2.24 เซนเซอร์สี ColorMax-1000 จากบริษัท EMX Industries ความเข้มของสีทางด้านเอาต์พุตและหน้าจออ่านค่าตามจำนวนเปอร์เซ็นต์ของย่านเซนเซอร์

ในทางปฏิบัติ เอาต์พุตของเซนเซอร์จะอ่านค่าสี RGB เป็นสัญญาณอะนาลอก ซึ่งสัญญาณอะนาลอกนี้จะมีความเหมาะสมมากกว่าในเรื่องของการสื่อสาร เนื่องจากถ้าอ่านค่าสัญญาณเป็นดิจิตอลสำหรับ 3 ช่องในทุก 150 μs แล้ว จะมีค่ามากเกินกว่าที่จะไหลผ่านได้ในแต่ละชนิดของโปรโตคอล ซึ่งเซนเซอร์สามารถที่จะแปลงสัญญาณดิบของ RGB เป็นสัญญาณอะนาลอกขนาด 10 บิต ที่เอาต์พุต 5 mV ในแต่ละ Step ของจำนวนทั้งหมด 1023 Step

2.7.2 กระบวนการที่มองไม่เห็น

เมื่อมีความบกพร่องของสีเกิดขึ้น ผู้ปฏิบัติงานจะมองที่กระบวนการและทำการเปลี่ยนอะไรก็ตามที่จำเป็น เพื่อนำมาซึ่งการย้อนหลังสีภายในสเป็ค ปัญหาคือวิศวกรไม่สามารถมองเห็นได้ในขณะปฏิบัติงาน ทำให้เกิดความบกพร่อง วิศวกรไม่รู้ว่าเกิดอะไรขึ้นและทำไม เช่น ในกระบวนการพ่นสีที่เกิดข้อผิดพลาดของหัวพ่นอุดตันทำให้สีที่พ่นน้อยเกินไป ชิ้นส่วนที่ได้จึงถูกคัดออกหรือกลายเป็นชิ้นส่วนล้าสมัย จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงการพิจารณาที่ความเข้มของแต่ละสี RGB ที่ทำการอ่าน ถ้าข้อมูลความเข้มของสีถูกป้อนเข้าสู่แผงหน้าจอควบคุม ผู้ปฏิบัติงานสามารถมองเห็นได้ และสามารถปฏิบัติแก้ไขได้ก่อนที่สัญญาณเตือนจะดังขึ้น

ตารางที่ 2.1 ความสอดคล้องของสีที่ใช้ความเข้มของการอ่านค่าสี RGB แต่ละตัว

		ส่วนประกอบของสี (% Full Scale)			Analog Output DC Voltage			Discrete Outputs (1=Match)		
ช่อง	ตัวอย่างสี	แดง	เขียว	น้ำเงิน	แดง	เขียว	น้ำเงิน	ช่อง 1	ช่อง 2	ช่อง 3
1	ส้ม	72.3	10.6	7.5	3.615	0.53	0.375	1	0	0
2	ฟ้าอ่อน	8.3	27.2	59.7	0.415	1.36	2.985	0	1	0
3	เขียวพรายน้ำ	33.8	78.8	59.8	1.690	3.940	2.990	0	0	1

ถ้าสาเหตุเกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงของสีซึ่งไม่ปรากฏให้เห็นหรือถ้าไม่มีหน้าจอในที่นั้น ๆ สัญญาณอะนาลอกของ RGB สามารถที่จะแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลและป้อนเข้าสู่ระบบรับข้อมูล (Data Acquisition System) เพื่อหาข้อสรุปและทำการวิเคราะห์ค่าที่ได้จากการอ่านของเซนเซอร์ ซึ่งเซนเซอร์บางตัวอาจจะมีโหมดการเก็บข้อมูล (Data-dump Mode) ที่ได้จากการอ่านค่าดิบเป็นสัญญาณดิจิตอลและทำการสื่อสารผ่านการเชื่อมต่อด้วยบัส RS-232

เซนเซอร์แบบใหม่จะมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนจากโปรแกรมในแต่ละส่วนประกอบของสี (RGB) ที่สร้างขึ้นเป็นลักษณะเฉพาะสี ในส่วนที่เพิ่มขึ้นนี้ ระยะของความคลาดเคลื่อนสามารถปรับค่าได้บนพื้นฐานแบบช่องต่อช่อง (Channel-by-Channel) ซึ่งทำให้ง่ายในการควบคุมกระบวนการต่าง ๆ ดังตัวอย่างเช่น ผู้ควบคุมสามารถที่จะตัดสินใจอ่านค่าแบบฉุกเฉินด้วยการแทนค่าสีที่สอดคล้องและถูกต้องในการปฏิบัติงาน เช่น มีการปรับตั้งค่าระดับของสีแดงให้ที่ต่ำกว่าย่านจริงของสีน้ำเงินและเขียว แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นจะต้องอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เป็นต้น

2.7.3 การประกอบชิ้นส่วน

การใช้งานในไลน์ประกอบชิ้นส่วน สามารถใช้ประโยชน์จากเซนเซอร์สีได้ เนื่องจากเซนเซอร์สีจะมีหน่วยความจำที่สามารถเก็บค่าสีไว้ได้หลากหลายสี ทำให้ระบบควบคุมสามารถที่จะระบุสีของชิ้นส่วนต่าง ๆ ซึ่งสัมพันธ์กับเซนเซอร์สีได้ ตัวอย่างเช่น ในไลน์ประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ ซัพพลายเออร์ต้องการที่จะแน่ใจว่าชิ้นส่วนของ ประตู, เบาะ, การเย็บ และคอนโซล มีความถูกต้องสอดคล้องกัน แม้ว่าแต่ละชิ้นส่วนจะมีสีที่ต่างจากเฉดสีเบจก็ตาม สีที่ถูกโปรแกรมไว้แต่ละสีภายในเซนเซอร์แต่ละช่อง 1, 2, 3 และ 4 จะแสดงค่าสีตามความแตกต่างของชิ้นส่วนที่ต้องการใช้ได้ ในขณะที่ทำการประกอบ เครื่องจักรก็จะทำการหยิบหรือคัดเอาชิ้นส่วนที่ถูกต้องตามคำสั่ง และถ้าสีมีความผิดแปลกไป ส่วนที่ควบคุมก็จะรู้ว่าชิ้นส่วนไหนไม่ถูกต้อง เป็นต้น

อีกหนึ่งตัวอย่างการใช้งานก็คือ ชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ใช้เป็นส่วนประกอบรถยนต์เพื่อให้ตรงตามสีภายในที่เป็นสีเบจ สีเทา หรือสีเงิน แต่ละกลุ่มชิ้นส่วนต้องมีสีที่สัมพันธ์กัน ดังนั้น เซนเซอร์จะต้องมีความสามารถที่จะเก็บค่าสีได้รวม 12 จำนวนสีด้วยกัน ด้วยความสามารถและต้นทุนที่ถูกลงของ ICs ยิ่งจะทำให้เซนเซอร์มีแนวโน้มที่จะสามารถจดจำค่าสีได้มากขึ้น ดังนั้น คุณสามารถที่จะทำการตั้งค่าการผลิตได้โดยไม่ต้องทำการโปรแกรมตัวเซนเซอร์ใหม่ จึงทำให้มีประสิทธิภาพสูงและเหมาะสำหรับการผลิตที่ต้องทำการเปลี่ยนค่าสีบ่อย ๆ

2.7.4 ความแม่นยำในการตั้งค่า

เมื่อมีแสงตกกระทบกับตำแหน่งใด (จุดร้อน : Hot Spots) ก็จะทำให้ตำแหน่งนั้นมีค่าความสว่างกว่าเดิม จึงอาจเป็นสาเหตุให้เซนเซอร์อ่านค่าสีผิดเพี้ยนไปจากค่าจริง เซนเซอร์สีบางตัวจะใช้ตัวเลือกในการตั้งค่าที่ถูกต้องเพื่อแก้ปัญหานี้ การตั้งค่าจะขึ้นอยู่กับค่าอัลกอริทึมภายในซอฟต์แวร์ของตัวเซนเซอร์ที่จะสามารถทำให้จุดร้อนนั้นหายไป ด้วยเหตุผลข้อนี้จึงทำให้เซนเซอร์จำเป็นต้องมีลำแสงตกกระทบที่กว้างและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของเซนเซอร์ต้องมีความไวเพื่อที่จะรักษาตำแหน่งของระยะการทำงานที่ถูกต้องไว้

2.7.5 การใช้งานในกระบวนการผลิต

ปัจจุบันคุณสามารถนำเซนเซอร์สีมาใช้กับการทำงานได้หลากหลาย เซนเซอร์สีปัจจุบันมีความทันสมัยของอุปกรณ์ความไวสีมากขึ้น มีระบบการทำงานแบบอัตโนมัติที่สามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสีโดยเซนเซอร์ที่อินพุต เพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างถูกต้อง ผู้ที่ทำการควบคุมสามารถที่จะทำการปรับได้ที่หน้างานหรือในกระบวนการ จากคุณสมบัติดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในสายการผลิตที่ต้องคำนึงถึงรายละเอียดของสีอย่างเคร่งครัด เช่น ในอุตสาหกรรมย้อมผ้า เครื่องแบบหรือผ้าที่ต้องใช้สีย้อมจะถูกกำหนดความถูกต้องของสีย้อมอย่างเคร่งครัด เช่นเดียวกับกระบวนการพิมพ์, กระบวนการฉีดแม่พิมพ์พลาสติก และระบบพ่นหรือเคลือบสี ที่ต้องคำนึงถึงคุณภาพของสีในกระบวนการผลิต

2.7.6 ย่านความกว้างของอุปกรณ์ความไวสี

หน้าที่ของเซนเซอร์สีก็คือ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อทำการทวนสอบเป้าหมายหรือวัตถุที่เฉพาะเจาะจงเพื่อให้มีความถูกต้องของสีที่ตรงกัน การสอบเทียบเซนเซอร์สีทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากด้วยเครื่องมือสอบเทียบซึ่งจะให้ค่าความถูกต้องแม่นยำในการวัดของสีที่ตรงกัน (ดังตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 การประเมินค่าของอุปกรณ์ความไวสี

อุปกรณ์	การแบ่งแยก	ตำแหน่งของการวัด	เอาต์พุต	ต้นทุน
เครื่องวัดค่าสี	หลายสี	ไม่จำกัด	ความเข้มสี	$2,000 - $25,000
ระบบทวนสอบสี	สีปรากฏต่อสายตา มีความจำ 50 สี	หลายตำแหน่ง	ผ่าน/ไม่ผ่าน ความเข้มสี	$5,000
เซนเซอร์สียุคใหม่	ระบุค่าสีจริง มีความจำ 15 สี	3 สี (RGB) ด้วยการควบคุมค่าของความคลาดเคลื่อน	ผ่าน/ไม่ผ่าน ความเข้มสี	$500 - $2,000
เซนเซอร์สี	สีที่เหมือนกัน มีความจำ 4 สี	3 สี (RGB)	ผ่าน/ไม่ผ่าน	$500 - $1,000
เครื่องตรวจจับสี	โดยหยาบๆ มีความจำ 1 สี	1	ผ่าน/ไม่ผ่าน	$300

ระบบการทวนสอบสีจะใช้การวัดค่าจากหลายจุดและสามารถแบ่งแยกระหว่างสีที่ปรากฏขึ้นต่อสายตาได้ ดังเช่น ระบบที่ถูกใช้สำหรับทวนสอบสีเช่นที่ใช้กับเซนเซอร์สี นอกจากนั้นระบบนี้ยังสามารถรายงานความคลาดเคลื่อนของสีในขั้นตอนสุดท้ายของการควบคุมคุณภาพได้อีกด้วย

ธรรมดาของเซนเซอร์สีจะถูกนำไปใช้กับอุตสาหกรรมที่ต้องการความเร็วในการทำงานสูง และใช้ทำการวัด 3 ค่า (แดง, เขียว, น้ำเงิน: RGB) เพื่อแบ่งแยกจำนวนของสีที่แตกต่างกัน ซึ่งปัจจุบันคุณสามารถใช้เซนเซอร์สียุคใหม่ที่มีความเร็วสูงกว่าในการใช้งานในราคาที่ไม่แพง และให้ประสิทธิภาพการทำงานที่คุ้มค่ากว่า