บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำเอาระบบอัตโนมัติมาใช้มากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการผลิต ตัวอย่างเช่น การนำเอาระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมในระบบการผลิต และการนำเอาเครื่องจักรกลอัตโนมัติมาช่วยในการผลิตและตรวจสอบคุณภาพ เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้จะช่วยให้มีประโยชน์ในด้านต่างๆมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นแรงงานคนจะประหยัดมากขึ้นและคุณภาพของผลผลิตซึ่งจะผลิตสินค้าทำใหม่เข้าสู่ตลาดผู้บริโภคเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันรวมทั้งเป็นการสร้างภาพลักษณ์ในการเป็นผู้ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้เกิดความเชื่อมั่นแก่ลูกค้าและผู้บริโภคอันที่จะได้รับสินค้าที่มีคุณภาพทัดเทียมกับผู้ประกอบการชั้นนำอื่นๆทั่วโลก

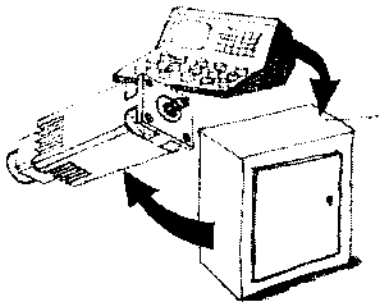
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงงานในเรื่องนี้ ส่วนมากจะเป็นทฤษฎีทางด้าน CNC เป็นส่วนมาก และเครื่องจักรกลที่ใช้ในการทำโครงงานนี้ก็คือ เครื่องกัด และเครื่องกลึง ดังนั้นจึงขอกล่าวทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 การทำงานของเครื่องจักรกล NC

หลักการทำงานของเครื่องจักรกล NCหรือCNC จะคล้ายคลึงกับเครื่องจักรกลทั่วไป กล่าวคือโดยพื้นฐานเบื้องต้นแล้วเครื่องจักรกล NC ก็จะทำงานผลิตชิ้นงานเหมือนกับเครื่องจักรกลทั่วๆไป เพียงแต่ว่าระบบควบคุม NC ของเครื่องจะทำงานในขั้นตอนต่างๆแทนช่างควบคุมเครื่อง แต่ก่อนที่เครื่องจักร NC จะสามารถทำงานได้นั้น จะต้องป้อนโปรแกรมเข้าไปในระบบควบคุมก่อน

เมื่อระบบควบคุมอ่านโปรแกรมที่ป้อนเข้าไปแล้ว ก็จะนำไปควบคุมเครื่องให้เครื่องจักรทำงาน แต่เครื่องจักรกล NC ไม่มีมือสำหรับหมุน ดังนั้น แท่นเลื่อนต่างๆ จะต้องมีมอเตอร์ป้อน (feed motor) ประกอบอยู่

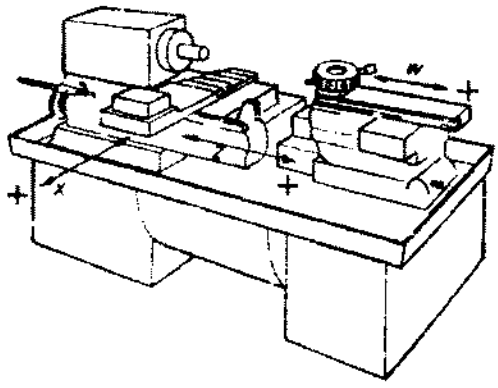
เมื่อระบบควบคุมอ่านโปรแกรมแล้ว ก็จะเปลี่ยนรหัสโปรแกรมนั้นให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อไปควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน แต่เนื่องจากสัญญาณที่ออกมาจากระบบควบคุมมีน้อยดังนั้นจึงต้องส่งสัญญาณนี้เข้าไปในภาคขยายสัญญาณของระบบขับ (drive amplified) และส่งต่อไปยังมอเตอร์ป้อนของแนวแกนที่ต้องการเคลื่อนที่



รูปที่ 2.1 การส่งสัญญาณควบคุมการทำงานของมอเตอร์

2.2 เครื่องกลึง NC (NC Turning Machines)

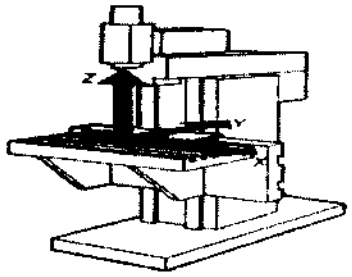
เครื่องกลึง NC ส่วนใหญ่จะมีแนวแกนการเคลื่อนที่ 2 - 3 แกน ลักษณะการออกแบบส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับชนิดของการเครื่องกลึง ดังรูป 2.2



รูปที่ 2.2 เครื่องกลึงยันศูนย์ NC

2.3 เครื่องกัด NC (NC Milling Machines)

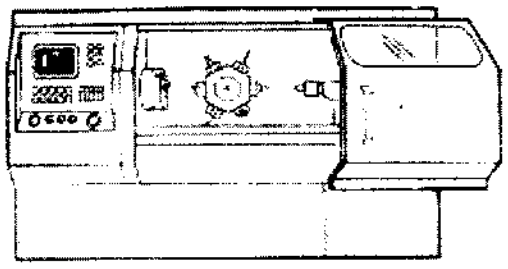
เครื่องกัด NC เป็นเครื่องจักรกลประเภทหนึ่งที่มีขอบข่ายการทำงานค่อนข้างกว้าง กล่าวคือ นอกจากจะสามารถทำงานกัดเช่นเดียวกับเครื่องกัดทั่วไปแล้ว ยังสามารถทำงานอื่นๆ เช่น เจาะรู ทำเกลียว คว้านรูได้อีกด้วย โดยทั่วไปเครื่องกัด NC จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เครื่องกัด NC เพลาแกนตั้งกับแกนนอน ซึ่งขึ้นอยู่กับการวางตำแหน่งของเพลาหัวเครื่อง เครื่องกัด NCจะมีแนวแกนการควบคุมตั้งแต่ 3 แกน 4 แกน 5 แกน และมากกว่า ดังรูป 2.3



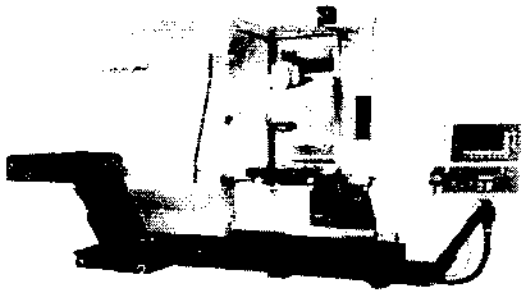
รูปที่ 2.3 เครื่องกัด NC แบบ 3 แกน

2.4 องค์ประกอบของเครื่องจักรที่ควบคุมได้

องค์ประกอบหรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล ที่ทำหน้าที่เคลื่อนที่เข้าตัดเฉือนชิ้นงาน และองค์ประกอบอื่นๆที่ช่วยเสริมการทำงานตัดเฉือนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จะถูกควบคุมโดยโปรแกรม NC ด้วยวิธีการควบคุมแบบต่างๆกัน



รูปที่ 2.4 เครื่องกลึง CNC



รูปที่ 2.5 เครื่องกัด CNC

ช่างชำนาญงานที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล NCหรือ CNC จะต้องคุ้นเคยกับหน้าที่การทำงาน และขีดจำกัดในการทำงานของเครื่องจักรกล CNC นั้นเป็นอย่างดี ดังนั้นสิ่งที่จำเป็นที่ช่างต้องรู้ว่าองค์ประกอบส่วนใดของเครื่องจักรกล CNC ที่สามารถควบคุมได้ และมีวิธีการควบคุมอย่างไร องค์ประกอบของเครื่องจักรกล NC และ CNC ที่สามารถควบคุมได้ ได้แก่

- แนวแกนป้อน (Feed axes)
- การขับป้อน (Feed drives)
- อุปกรณ์วัดขนาด (Measuring devices)
- อุปกรณ์เปลี่ยนเครื่องมือตัด (Tool changers)
- แนวแกนหมุนและแนวแกนป้อนอื่นๆ

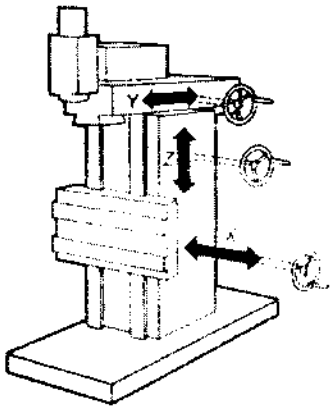
จะขอกล่าวถึงองค์ประกอบข้างต้นที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการทำโครงงานครั้งนี้เพียงเท่านั้น ซึ่งได้แก่

2.4.1 แนวแกนป้อน (Feed axes)

ในการกล่าวถึงเครื่องจักรกล CNC บ่อยครั้งที่เราจะได้ยินคำว่า แนวแกน (axes) ซึ่งหมายถึงแนวการเคลื่อนที่ขององค์ประกอบของเครื่องจักรกล

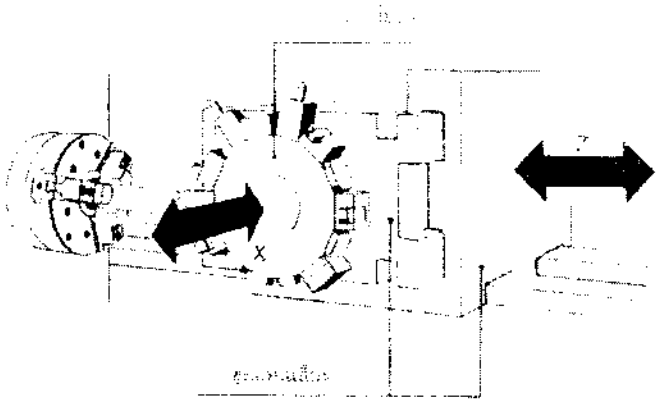
สำหรับเครื่องจักรกลทั่วๆไป การเคลื่อนที่ในแนวแกนต่างๆ จะเกิดการหมุนมือหมุนหรือโยกคันโยกป้อนอัตโนมัติ (Feed levers)

เครื่องจักรกล CNC จะมีแนวแกนป้อนรวมกันอยู่หลายแนวแกน ทำให้สามารถตัดชิ้นงานให้เป็นรูปทรงต่างๆ ที่ต้องการได้ การกำหนดแนวแกนต่างๆ ของเครื่องจักรกล CNC จะกำหนดตามมาตรฐานสากล ซึ่งจะกำหนดแนวแกนเหล่านี้โดยใช้ตัวอักษร x , y และ z ดังรูป 2.6



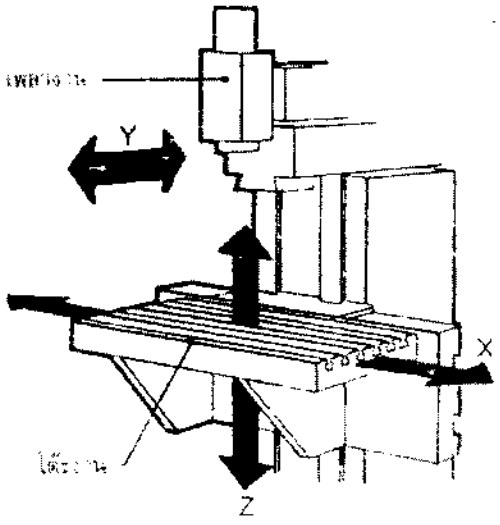
รูปที่ 2.6 แท่งเลื่อนแบบ 3 แกน

เครื่องกลึงจะมีแนวแกนป้อนอยู่ 2 แนวแกน คือ x และ y ทั้งสองแกนจะอยู่ที่แท่นเลื่อน ซึ่งมีอุปกรณ์ลำเลียงเครื่องมือ ติดตั้งอยู่ลักษณะเช่นนี้ทำให้สามารถกลึงงานที่มีรูปทรงต่างๆกันได้ตามต้องการ



รูปที่ 2.7 เครื่องกลึง CNC แบบ 2 แกน

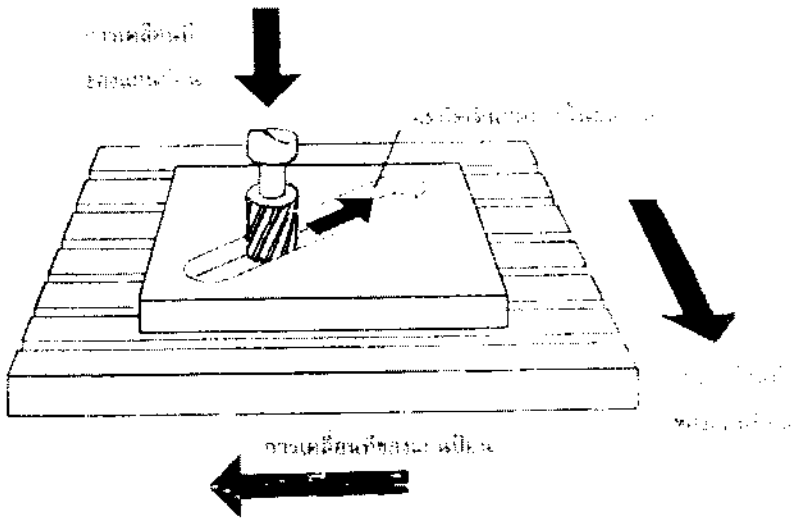
สำหรับเครื่องกัดจะมีแนวแกนป้อนอยู่ 3 แนวแกน คือ x,y,z ส่วนเครื่องกัดที่ต้องทำงานกับ
รูปทรงที่ซับซ้อนมากขึ้นก็จะมีจำนวนแนวแกนป้อนเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 2.8 เครื่องกัด CNC แบบ 3 แกน

2.4.2 การขับป้อน (Feed drives)

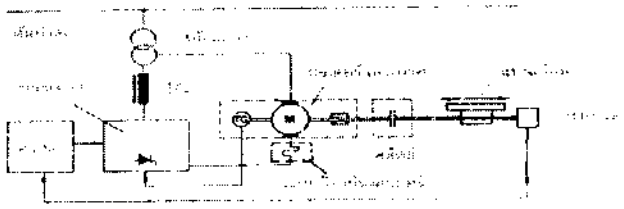
การเคลื่อนที่เรียงลำดับกันหรือพร้อมๆกันอย่างต่อเนื่องของแนวแกนป้อน จะทำให้เกิดการตัดเฉือนของเครื่องมือในชิ้นงานดังรูป 2.9



รูปที่ 2.9 การเคลื่อนที่ตัดเฉือนของเครื่องมือตัด

การขับป้อนจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อน ในขณะตัดเฉือนแท่นเลื่อนอาจพาให้ชิ้นงานเคลื่อนที่หรือดมตัดเคลื่อนที่ก็ได้

ระบบขับป้อนโดยทั่วไปจะใช้มอเตอร์กระแสตรงในการขับหมุนและควบคุมการทำงานด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอก มอเตอร์ชนิดนี้จะสามารถหมุนและเบรคได้ทั้งสองทิศทาง ขณะตัดเฉือนชิ้นงาน การเคลื่อนที่ป้อนจะต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและสามารถต้านแรงกระทำจากภายนอกได้ ด้วยเหตุนี้ระบบขับป้อนจึงต้องได้รับการออกแบบให้มีความแข็งแกร่งสูง มีการเคลื่อนที่คงที่และสม่ำเสมอ สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนอัตราป้อนได้อย่างรวดเร็ว ปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้ระบบขับป้อนสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็คือ การเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบขับป้อนให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องจักร และการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ดังรูป 2.10



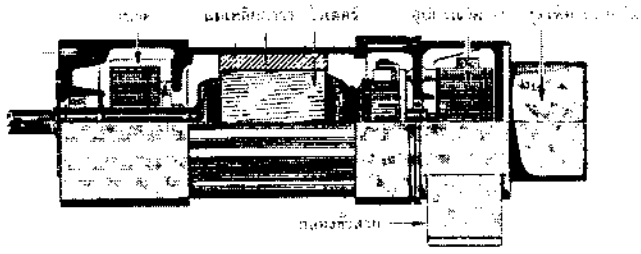
รูปที่ 2.10 ไดอะแกรมระบบขับป้อน

2.5 มอเตอร์

เครื่องจักรกล NCสมัยใหม่จะออกแบบใช้ระบบขับป้อนแบบเซอร์โว (servo drives) ทำให้สามารถปรับอัตราป้อนและความเร็วรอบได้โดยไม่มีขีดจำกัดของขั้นความเร็วและอัตราป้อน มอเตอร์ที่ใช้ในระบบขับป้อนโดยทั่วไปจะมีอยู่ 3 ชนิด ด้วยกันคือ

ก. มอเตอร์กระแสตรง (DC motors)

ลักษณะสร้างของมอเตอร์กระแสตรงจะใช้เป็นแม่เหล็กถาวรที่มี 4,6 หรือ 8 ขั้ว ประกอบด้วยระบบเบรค (Brake) แกนมอเตอร์ (Rotor) อุปกรณ์วัดรอบ (Tachogenerator) และอุปกรณ์วัด (Measuring box) ดังรูป 2.11



รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรง

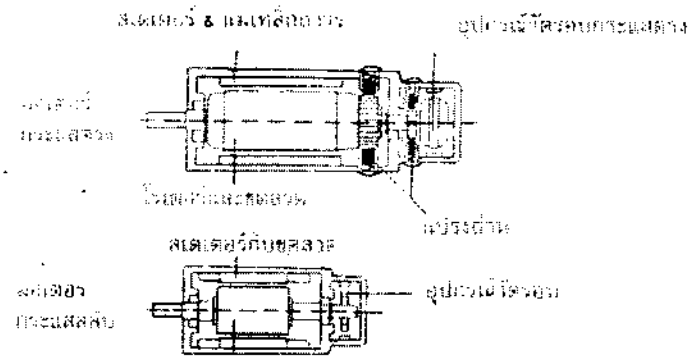
การใช้มอเตอร์กระแสตรง ทำให้สามารถปรับอัตราป้อนได้ละเอียดและมีวงจรควบคุมที่ไม่ซับซ้อน แต่มีข้อเสียคือ ตรงที่มอเตอร์ชนิดนี้ต้องใช้แปรงถ่าน ซึ่งจะต้องคอยทำความสะอาดและเปลี่ยนเมื่อแปรงถ่านหมด นอกจากนี้แปรงถ่านยังทำให้แกนมอเตอร์สึกหรอ อันเป็นผลทำให้กำลังมอเตอร์ลดลง ข้อเสียอีกประการหนึ่งก็คือ หากต้องการกำลังขับสูง มอเตอร์ก็จะมีขนาดใหญ่ด้วย และเมื่อใช้ความเร็วรอบสูงๆจะทำให้แรงบิดลดลง ดังนั้นจึงมักใช้กับเครื่องจักรกล NC ขนาดเล็กและขนาดกลาง

ข. มอเตอร์แบบเป็นขั้น (Stepping motors)

เป็นมอเตอร์ที่ทำงานแบบต่อเนื่องโดยการแปลงคลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้าไปในระบบให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงมุม การหมุนในแต่ละมุมหรือขั้นที่เปลี่ยนไป 1 ขั้น จะเท่ากับ 1 คลื่นสัญญาณ ดังนั้น ตำแหน่งของเพลาจะถูกกำหนดโดยคลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้าไปในระบบและความเร็วในการหมุนของเพลาจะวัดเป็นจำนวนขั้นต่อวินาที (steps/second) ซึ่งจะเท่ากับความถี่ของคลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้าในระบบที่วัดเป็นจำนวนคลื่นสัญญาณต่อวินาที (pulses/second) ความเที่ยงตรงของระบบจะขึ้นอยู่กับความสามารถของมอเตอร์ในการแบ่งขั้นการหมุนตามจำนวนคลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้าในระบบ แรงบิดของมอเตอร์ชนิดนี้จะลดลงเมื่อความเร็วในการหมุนแบ่งเพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงเหมาะสำหรับเครื่องจักรกลเล็กๆที่ไม่ต้องใช้กำลังขับมาก

ค. มอเตอร์กระแสสลับ (Alternate – current motors)

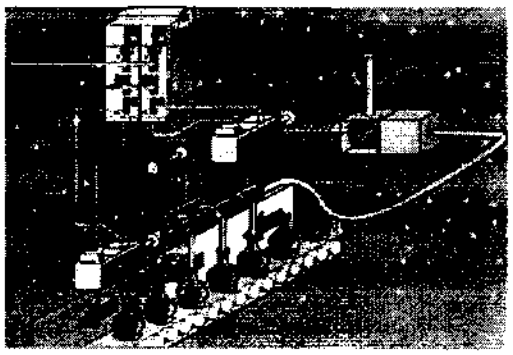
ส่วนมากจะเป็นมอเตอร์แบบ Synchronous motor ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้คือ ไม่ต้องใช้แปรงถ่าน ทำให้สามารถลดงานบำรุงรักษาได้มากและมอเตอร์ขนาดเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์กระแสตรง จะสามารถให้แรงบิดได้ดีกว่าและมีขนาดเล็กกว่า ส่วนข้อเสียของมอเตอร์แบบนี้คือ วงจรควบคุมจะมีความซับซ้อนมากกว่าวงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง ดัง



รูปที่ 2.12 การเปรียบเทียบลักษณะสร้างและขนาดของมอเตอร์กระแสตรงกับมอเตอร์กระแสสลับ แบบ 3 เฟส

2.6 ระบบขับเคลื่อนเซอร์โว(Servo Drive System)

เครื่องจักรอัตโนมัติและเครื่องจักรในกระบวนการผลิตมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ดังตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่2.13 การประยุกต์ใช้เซอร์โวมอเตอร์กับระบบ Bottle Filling

เครื่องบรรจุภัณฑ์ (Bagging or Packaging)

เครื่องเติมหรือบรรจุขวด (Bottle Filling)

เครน (Crane)

เครื่องพิมพ์ต่างๆ (Offset Printing)

เครื่องซีเอ็นซี (CNC machine)

หุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robot)

เครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมยาง (Rubber Machine)

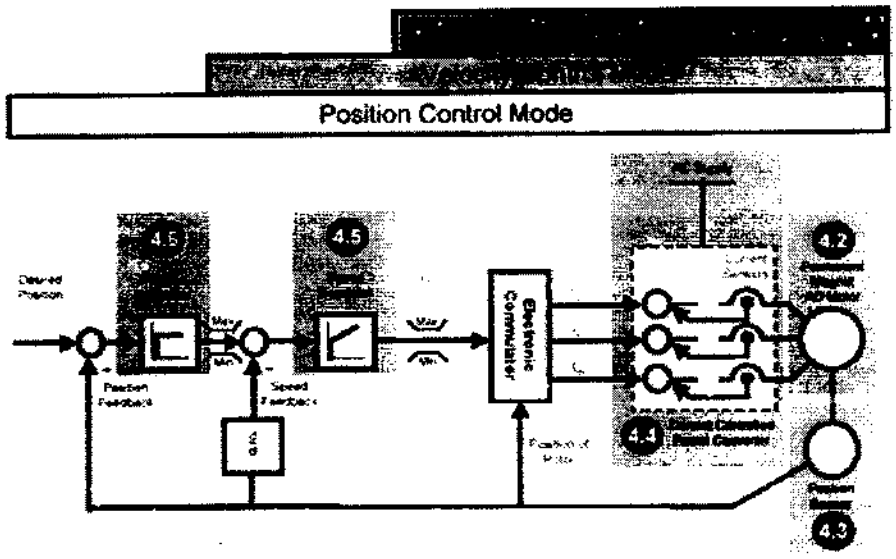
เครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมกระดาษ (Paper Rolling Mill)

ข้อดีของระบบไดนามิกส์(ระบบเซอร์โว)

1. ควบคุมความเร็ว (Speed Control)
2. ควบคุมแรงบิด (Torque Control)
3. ควบคุมตำแหน่ง (Position Control)
4. ควบคุมอัตราเร่ง (Velocity Control)

2.6.1 โครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โว

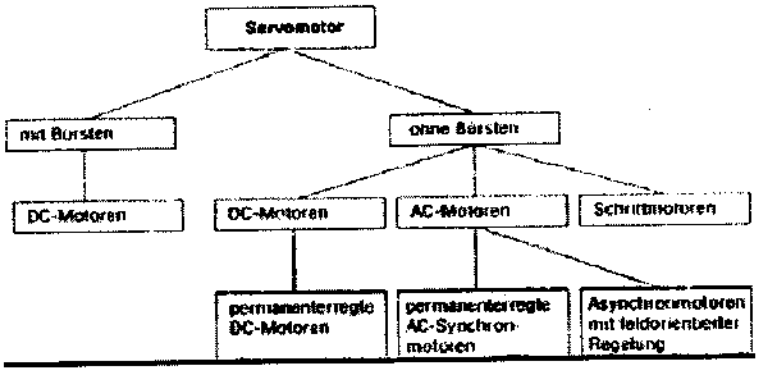
ระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จะเป็นระบบควบคุมแบบลูปปิด(Closed loop control) ประกอบด้วย 3 โหมดการควบคุมคือโหมดการควบคุมแรงบิด (Torque Control Mode) ซึ่งอยู่วงรอบหรือลูปในสุดโหมดการควบคุมอัตราเร่ง (Velocity Control Mode) และโหมดการควบคุมตำแหน่ง(Position Control Mode) ซึ่งอยู่ลูปด้านนอกสุด โดยมีอุปกรณ์ที่สำคัญๆดังรูป



รูปที่ 2.14 โครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โว

2.6.2 การแยกประเภทของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ที่มีใช้ในงานทั่วไปจะมีทั้งดีซีและเอซีเซอร์โว ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา DC Servo Motor จะมีการใช้งานมากกว่า โดยเฉพาะเครื่องจักรรุ่นเก่าๆ เนื่องจากช่วงที่ผ่านมาการควบคุมกระแสกระแสสูงๆนั้นจะต้องใช้ SCRs แต่ปัจจุบันทรานซิสเตอร์ได้พัฒนาขึ้นมาให้มีขีดความสามารถในการควบคุมกระแสสูงเพิ่มขึ้น และใช้งานได้ที่ความถี่สูงๆ ดังนั้นจึงทำให้เอซีเซอร์โวได้ถูกนำมาใช้งานมากขึ้นโดยเฉพาะเครื่องจักรรุ่นใหม่ล้วนแล้วแต่ใช้เอซีเซอร์โว



รูปที่ 2.15 ประเภทของเซอร์โวมอเตอร์

2.6.3 ประเภทของ เซอร์โวมอเตอร์

-เซอร์โวมอเตอร์ชนิดที่มีแปรงถ่าน (Brush Type = mit Bursten)

-ชนิดนี้ที่สเตเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวร ส่วนโรเตอร์ยังใช้แปรงถ่านและคอมมิวเตอร์เรียง-กระแสเข้าสู่ขดลวดอาร์เมเจอร์ เหมือนกับดีซีมอเตอร์ทั่วไป

-เซอร์โวมอเตอร์ชนิดที่ไม่มีแปรงถ่าน (Brushless Type =Ohne Bursten)

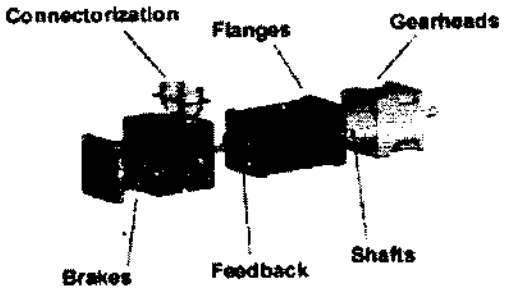
-เซอร์โวมอเตอร์ในกลุ่มนี้ประกอบด้วยดีซีเซอร์โว (dc brushless servo' โรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร)

-เอซีเซอร์โว (AC Servo) ซึ่งมีทั้งแบบซิงโครนัสเซอร์โว

-อะซิงโครนัสเซอร์โว (การนำอินดัคชั่นมอเตอร์มาใช้ทำเป็นระบบขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์)และ สเต็ปปิง เซอร์โวมอเตอร์

2.6.4 ส่วนประกอบของเอซีเซอร์โวมอเตอร์

ระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์โดยทั่วไปจะต้องใช้งานในระบบ closed loop เท่านั้น ไม่สามารถเลือกให้เป็น open Loop หรือ closed loop เหมือนกันระบบเอซีไดรฟ์ เซอร์โวมอเตอร์ไม่สามารถควบคุมการทำงานได้ดีหากไม่มีสัญญาณจาก encoder ป้อนกลับไปยังชุดขับเคลื่อนเซอร์โว (Servo drive) ระบบจำเป็นต้องใช้ Encoder เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องในระบบควบคุมเสมอ เสมือนกับเป็นของคู่กันระหว่างเซอร์โวมอเตอร์และEncoder ขาดซึ่งกันและกันไม่ได้ จึงทำให้บริษัทผู้ผลิตออกแบบคิดสร้างเซอร์โวมอเตอร์และEncoderรวมไว้เป็นตัวเดียวกัน จึงทำให้ลักษณะโครงสร้างโดยรวมของเซอร์โวมอเตอร์ที่เราพบเห็นในเชิงพานิชย์ทั่วไป จึงมีลักษณะเป็นแพคเกจ(package) ซึ่งประกอบด้วยเซอร์โวมอเตอร์และEncoder (ติดอยู่ที่ส่วนท้ายของมอเตอร์) รวมไว้เป็นชุดเดียวกัน ดังรูป



รูปที่ 2.16 ชุดเอซีเซอร์โวมอเตอร์

Shafts= แกนเหลาของมอเตอร์

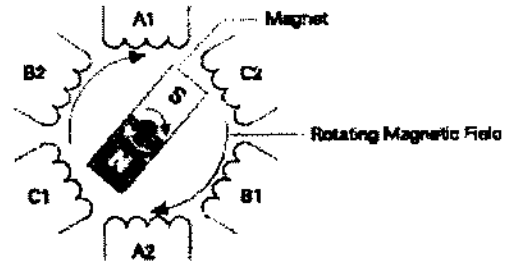
Flanges= หน้าแปลนสำหรับติดตั้งมอเตอร์

Feed back= อุปกรณ์แปลกลับ เช่น encoder

Connectorization = ขั้วต่อสายไฟเข้ามอเตอร์และขั้วต่อสายไฟสำหรับencoder

Breakes= เบรค

โครงสร้างของ AC servo Motor จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ สเตเตอร์และโรเตอร์ ซึ่งคล้ายกับมอเตอร์ 3 เฟสทั่ว ๆ ไป โดยสเตเตอร์จะประกอบด้วยขดลวด 3 ชุดที่สมดุลย์ ขดลวดภายในจะต่อเป็นแบบสตาร์ (Star หรือ WYE) และมีสายต่อมาที่ขั้วต่อสายด้านนอก 3 เส้น (จุดนิวทรอลจะอยู่ด้านใน) ส่วนโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร(Permanent Magnet) ไม่มีขดลวดพัน,ไม่มีคอมมิวเตเตอร์ และไม่มีแปรง (Brushless)

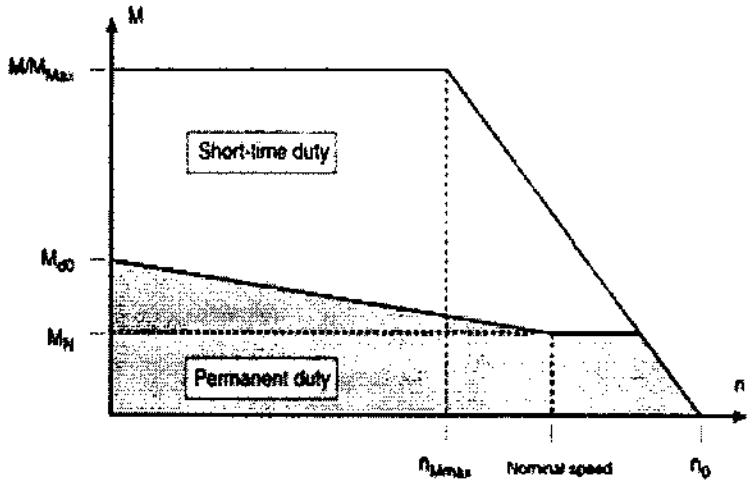


รูปที่ 2.17 โครงสร้างของ AC servo Motor

จากลักษณะโครงสร้างของโรเตอร์และหลักการทำงาน (เมื่อป้อนไฟ 3 เฟสเข้าขดลวด จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุน และส่งผลให้โรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวรวิ่งตาม) ดังที่กล่าวมาจึงทำให้มอเตอร์ชนิดนี้มีชื่อเรียกขานแตกต่างกันไป เช่น Permanent Magnet Synchronous Motor,PMSM) , AC Servo motor, AC Brushless,

2.6.5 ความแตกต่างของเซอร์โวมอเตอร์กับมอเตอร์ชนิดอื่นๆ

เซอร์โวมอเตอร์ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อประยุกต์ใช้กับงานที่มีการควบคุมตำแหน่ง (Position Control)เป็นหลัก ซึ่งต้องการคุณสมบัติการตอบสนองด้านไดนามิคส์สูง(high dynamics response) ต้องการความละเอียดและความแม่นยำสูงในการควบคุมสูง
ในทางปฏิบัติเพื่อให้ได้มาซึ่งคุณสมบัติดังกล่าว ผู้ผลิตจึงได้พยายามออกแบบให้โรเตอร์มีเส้นผ่าศูนย์กลางและรัศมีเล็กๆ รวมถึงการทำให้โรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร เพื่อเป็นการลดแรงเฉื่อยของโรเตอร์(Rotor moment of inertia) และชดเชยแรงบิดหรือทอร์คที่หายไปเนื่องจากโรเตอร์มีขนาดเล็กลงด้วยการเพิ่มความยาวโรเตอร์ ดังนั้นรูปร่างโครงสร้างทางกายของเซอร์โวมอเตอร์ ที่เราพบเห็นทั่วไปจึงมีลักษณะผอมบางและมีความยาวมากกว่ามอเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป นอกจากนั้นยังมีแรงบิดสูงกว่ามอเตอร์ทั่วไปอีกด้วย



รูปที่ 2.18 กราฟแสดงคุณสมบัติด้านความแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์

ตารางที่2.1 ตารางระบบควบคุมแบบลูปปิด (Closed loop control)

ระบบควบคุมแบบลูปปิด (Closed loop control)

ระบบไฟฟ้า	ระบบไดนามิคส์(ระบบเซอร์โว)	ระบบกระบวนการ(Process)
โวลท์เตจและกระแสเร็คกูเลเตอร์	ควบคุมความเร็ว (Speed Control)	ควบคุมอุณหภูมิ(Temp. Control)
ฟีดแบ็คแอมปลิไฟเออร์	ควบคุมแรงบิด (Torque Control)	ควบคุมแรงดัน(Pressure Control)
	ควบคุมตำแหน่ง (Position Control)	ควบคุมการไหล(Flow Control)
	ควบคุมอัตราเร่ง (Velocity Control)	ควบคุมความหนาแน่น (density Control)

2.7 การจัดการในระบบ NC

2.7.1 วิธีการจัดเตรียมโปรแกรม

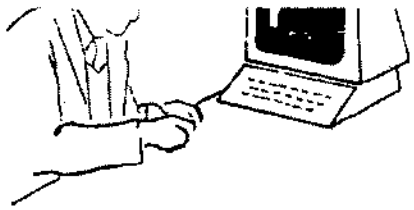
การจัดเตรียมโปรแกรม NC มีวิธีการที่แตกต่างกันหลายวิธีขึ้นอยู่กับการจัดการเกี่ยวกับวิธีการทำโปรแกรมของแต่ละบริษัท และอุปกรณ์ที่ใช้ช่วยในการประมวลผลข้อมูล

1. การจัดเตรียมโปรแกรมในฝ่ายวางแผนและโรงงาน

การจัดเตรียมโปรแกรมนั้นมีวิธีการที่แตกต่างกันอยู่ 2 วิธี คือ การจัดเตรียมโปรแกรมจากฝ่ายวางแผนกับการจัดเตรียมโปรแกรมในโรงงาน ซึ่งขึ้นอยู่ว่าการทำโปรแกรมนั้นกระที่ไหน ทั้งสองวิธีนี้ต่างก็มีข้อพิจารณาในการเลือกใช้ต่างๆกัน

การพิจารณาเลือกใช้วิธีการทำโปรแกรมจากฝ่ายวางแผน มีข้อพิจารณาดังนี้ คือ

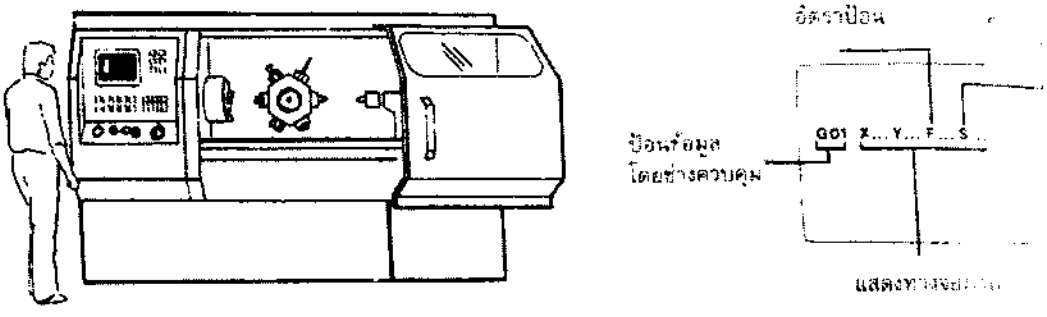
- ระบบ CNC ที่ใช้อยู่มีความซับซ้อนมาก
- ชิ้นงานมีรูปทรงเรขาคณิตมีความซับซ้อนและยุ่งยากในการทำโปรแกรม
- มีเครื่องจักรกล CNC ที่คล้ายคลึงกันเป็นจำนวนมากในโรงงาน
- บุคลากรในโรงงานมีความสามารถไม่เพียงพอ
- สามารถหาระบบช่วยในการทำโปรแกรมได้



รูปที่ 2.19 การทำโปรแกรมในฝ่ายวางแผน

ส่วนการพิจารณาเลือกใช้วิธีการทำโปรแกรมในโรงงานจะมีข้อพิจารณาเลือกใช้ดังนี้

- เครื่องจักรกล CNC ที่ใช้สามารถควบคุมการทำงานได้ง่าย
- ชิ้นงานมีรูปทรงเรขาคณิตคล้ายคลึงกัน
- ในโรงงานมีเครื่องจักรกล CNC จำนวนน้อย
- บุคลากรในโรงงานมีความสามารถสูงเพียงพอ
- การแก้ไขข้อผิดพลาดและการปรับปรุงโปรแกรมสามารถทำได้รวดเร็ว



รูปที่ 2.20 การโปรแกรมในโรงงานโดยมีการช่วยนำ

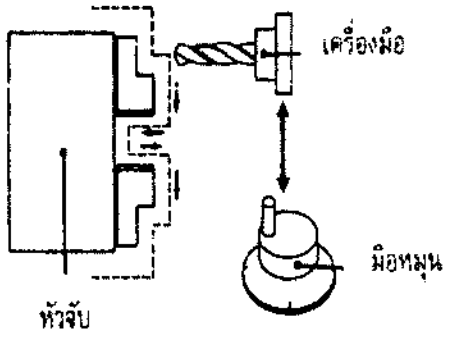
เครื่องจักรกล CNC ส่วนมากจะออกแบบไว้สำหรับการทำโปรแกรมในโรงงานซึ่งก็มีความแตกต่างในการควบคุมมากเช่นกัน เพื่อช่วยช่างควบคุมเครื่องในโรงงานในการทำโปรแกรม NC ดังนั้น ระบบ CNC ที่มีการแนะนำช่างควบคุมนี้ บนจอภาพจะแสดงหน้าที่การทำงานที่สามารถเลือกใช้ได้เป็นขั้นๆหรืออย่างต่อเนื่องในทุกสภาวะ และเมื่อป้อนโปรแกรมจอภาพไม่เพียงแต่แสดงคำสั่งที่ป้อนเข้าไปเท่านั้น แต่ยังแสดงเงื่อนไขเสริม เช่น ค่าโคออดิเนตที่ต้องใช้ อัตราป้อนเป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีสิ่งที่จะช่วยช่างควบคุมเครื่องเกี่ยวกับการทำโปรแกรม NC อีก คือ หมวดการทำงานที่เรียกว่า การปฏิบัติย้อนหลัง (play back) และการสอนงาน (teach – in)

ในการตัดเฉือนชิ้นงานบางลักษณะอาจเกี่ยวข้องกับขั้นตอนบางขั้นตอนที่ไม่สะดวกในการโปรแกรมด้วยค่าโคออดิเนต เช่น การกัดลดขนาดในเบ้าที่มีรูปทรงซับซ้อน เป็นต้น สำหรับในกรณีเช่นนี้จะมีวิธีการปฏิบัติย้อนหลังช่วยในการทำโปรแกรมโดยที่เส้นทางเดินของมีดกัดจะได้จากการควบคุมการทำงานด้วยมือควบคุม ระบบควบคุมจะจดจำเส้นทางนี้ไว้ได้โดยการป้อนเก็บข้อมูลทีละขั้นตอน ด้วยแป้นพิมพ์เมื่อเสร็จแล้ว เส้นทางเดินของมีดกัดที่ได้ก็จะกลายเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม NC และสามารถปรับให้เคลื่อนที่ด้วยอัตราป้อนที่ต้องการได้

นอกจากนี้เครื่องจักรกล CNC ส่วนมากยังมีหมวดการทำงานที่เรียกว่าการสอนงาน (teach – in) ซึ่งสามารถใช้ได้เมื่อต้องการปรับตั้งจุดศูนย์และการจำกัดพื้นที่ทำงาน โดยการเลื่อนเครื่องมือให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ และป้อนเก็บบันทึกข้อมูลนั้นโดยตรง

วิธีสอนงานนี้มีการใช้บ่อยครั้งมากเพื่อกำหนดพื้นที่ทำงานที่สัมพันธ์กับอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน เช่นบริเวณพื้นที่ที่เครื่องมือจะต้องไม่เคลื่อนที่เข้าไป เพราะอาจเกิดการปะทะหรือชนกับอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

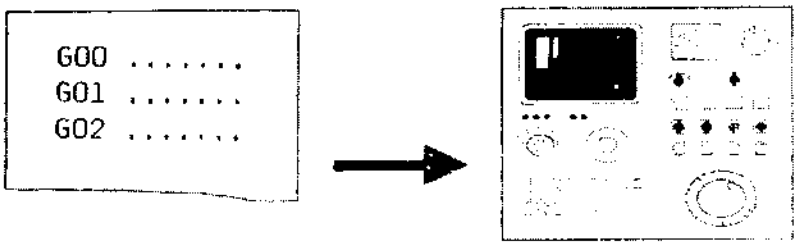


รูปที่ 2.21 การตั้งพื้นที่ทำงานด้วยวิธีสอนงาน

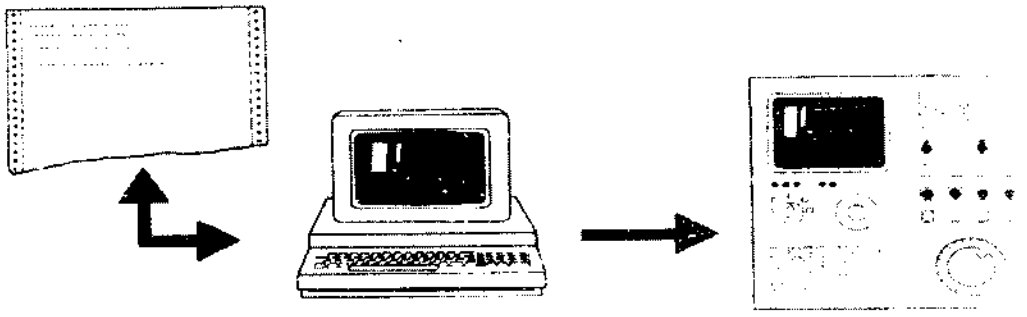
2.7.2 การโปรแกรมด้วยมือและการโปรแกรมด้วยคอมพิวเตอร์

การจัดทำโปรแกรม NC มีวิธีการทำที่สามารถทำได้อยู่ 2 วิธี คือ

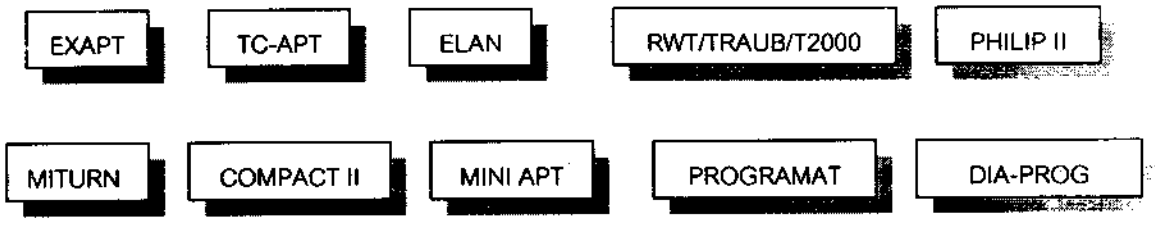
- การจัดทำด้วยมือ
- การจัดทำด้วยคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.22 การจัดทำโปรแกรมด้วยมือ



รูปที่ 2.23 การจัดทำโปรแกรมด้วยคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.24 ภาษาโปรแกรม NC ระดับสูง

2.8 ภาษาโปรแกรมเอ็นซี

ภาษาโปรแกรมของระบบควบคุมจะเป็นกฎที่ใช้ในการกำหนดว่าโปรแกรมบล็อกใดบ้างที่จะต้องเขียนขึ้นสำหรับโปรแกรมเอ็นซีรายละเอียดของภาษาโปรแกรมที่ใช้ในระบบควบคุมซีเอ็นซีจะมีการกำหนดเป็นมาตรฐานโปรแกรมบล็อกจะประกอบด้วยจำนวนคำ (Words) หลายคำรวมกัน คำเหล่านี้จะประกอบขึ้นจากตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ตัวเลขรวมกัน

คำที่ใช้ในโปรแกรมบล็อกอาจจะทำหน้าที่เป็นคำสั่ง หรือเป็นเงื่อนไขเสริมสำหรับการทำงานก็ได้ขึ้นอยู่กับตัวอักษรและตัวเลขที่กำกับอยู่ ตัวอักษรคำสั่งที่มีความสำคัญมาก คือ G คำสั่ง G (G00 – G99) ส่วนมากจะเป็นคำสั่งที่ใช้เกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ

ส่วนอักษรที่ใช้สำหรับเงื่อนไขเสริมที่สำคัญได้แก่

X , Y , Z	:	ข้อมูลโคออดิเนท
F	:	อัตราป้อน
S	:	ความเร็วรอบของเพลางาน

เมื่อโปรแกรมเอ็นซีถูกป้อนเข้าไปในระบบควบคุมแล้ว ระบบควบคุมจะทำการตรวจสอบว่าการเขียนโปรแกรมนั้นเป็นไปตามกฎทั่วไปที่ใช้หรือไม่ส่วนการป้อนข้อมูลโคออดิเนทที่ไม่ถูกต้องโดยช่างเขียนโปรแกรมการตรวจสอบจะพบได้เมื่อโปรแกรมทำงานแล้ว

ตารางที่2.2 มาตรฐานตัวอักษร A – Z ของเยอรมัน (DIN 66025)

ตัวอักษร	ลักษณะสำคัญ
A	การหมุนรอบแกน x
B	การหมุนรอบแกน y
C	การหมุนรอบแกน z
D	หมายเลขการชดเชยขนาดเครื่องมือ
E	อัตราป้อนรอง
F	อัตราป้อน
G	คำสั่งการเคลื่อนที่
H	(ไม่มีการกำหนด)
I	พารามิเตอร์ของการแทนที่ หรือ ระยะพิตของเกลียวที่ขนานกับแกน X
J	พารามิเตอร์ของการแทนที่ หรือ ระยะพิตของเกลียวที่ขนานกับแกน y
K	พารามิเตอร์ของการแทนที่ หรือ ระยะพิตของเกลียวที่ขนานกับแกน z

ตารางที่2.2(ต่อ) มาตรฐานตัวอักษร A – Z ของเยอรมัน (DIN 66025)

L	(ไม่มีการกำหนด)
M	การทำงานเสริม
N	หมายเลขบล็อก
O	(ไม่มีการกำหนด)
P	การเคลื่อนทีขนานกับแกน x แนวที่ 3
R	เคลื่อนที่เร็วในแกน Z หรือการเคลื่อนที่ขนานกับแกน Z แนวที่ 3
S	ความเร็วรอบของเพลางาน
T	เครื่องมือ
U	การเคลื่อนที่ขนานกับแกน X แนวที่ 2
V	การเคลื่อนที่ขนานกับแกน Y แนวที่ 2
W	การเคลื่อนที่ขนานกับแกน Z แนวที่ 2
X	การเคลื่อนที่ในแนวแกน X
Y	การเคลื่อนที่ในแนวแกน Y
Z	การเคลื่อนที่ในแนวแกน Z

ภาษาโปรแกรมเอ็นซีเป็นมาตรฐานสากลตาม DIN 66025 การสร้างโปรแกรมสำหรับเครื่องจักรกลที่ควบคุมด้วยตัวเลข ซึ่งมีรายละเอียดตรงกันกับมาตรฐานสากล คือ ISO/DIS 6983 และ ISO/DP 6983 เครื่องจักรที่ควบคุมด้วยตัวเลข

2.9 คำสั่งสำคัญในโปรแกรมเอ็นซี

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงคำสั่งสำคัญๆที่ใช้กันเป็นมาตรฐานในภาษาโปรแกรมสำหรับระบบควบคุมเอ็นซี คำสั่งสำคัญเหล่านี้ได้แก่

G00 : การเคลื่อนที่เร็ว

G01 : การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงตามค่าอัตราป้อน

G02 : การเคลื่อนที่แนวเส้นโค้งตามเข็มนาฬิกา

G03 : การเคลื่อนที่แนวเส้นโค้งทวนเข็มนาฬิกา

ถึงแม้ว่าผู้ผลิตระบบควบคุมเอ็นซีจะไม่ยึดมาตรฐานสากลในการใช้คำสั่งต่างๆ ก็ตาม กล่าวคือไม่ใช้คำสั่ง G00 , G01 , G02 และ G03 ก็จะต้องมีคำสั่งอื่นๆ ที่ทำให้เกิดผลเช่นเดียวกันกับ

คำสั่งดังกล่าว ซึ่งคำสั่งเหล่านี้อาจใช้อักษรที่แตกต่างออกไป หรือใช้เป็นสัญลักษณ์ในแป้นพิมพ์แทนก็ได้

ข้อมูลโคออดิเนทที่ใช้เป็นเงื่อนไขเสริม นอกเหนือจากคำสั่งที่กล่าวมาข้างต้นแล้วยังสามารถป้อนข้อมูลด้วยวิธีการต่างๆกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของระบบควบคุม

- ป้อนข้อมูลเป็นแบบการให้ขนาดสมบูรณ์
- ป้อนข้อมูลเป็นแบบการให้ขนาดต่อเนื่อง
- ป้อนข้อมูลเป็นแบบมุมเสริม
- ป้อนข้อมูลบางส่วนเป็นโพลาร์โคออดิเนท

ด้วยเหตุผลที่ต้องการให้ระบบควบคุมซีเอ็นซีทำงานได้ง่ายจึงมีคำสั่งในโปรแกรมจำนวนหลายคำที่สามารถใช้ได้อย่างต่อเนื่อง จนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงคำสั่งนั้นใหม่ กล่าวคือ คำสั่งเหล่านี้จะเป็นคำสั่งที่คงอยู่ในโปรแกรม และมีผลทำงานได้ตลอดไปหลังจากที่ป้อนโปรแกรมเข้าไปแล้ว จนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงคำสั่งใหม่หรือเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขเสริมใหม่

2.9.1 คำสั่งการเคลื่อนที่เร็ว (Rapid traverse) : G00

คำสั่งที่ใช้ในการทำงานแบบเคลื่อนที่เร็ว จะกำหนดในโปรแกรมด้วยคำสั่ง G00 คำสั่งนี้จะใช้ในการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ เช่น มีดกัด มีดกลึง เป็นต้น ไปยังจุดเป้าหมายด้วยอัตราการเคลื่อนที่เร็วของเครื่องเมื่อใช้คำสั่งนี้จะต้องมีเงื่อนไขเสริม คือ จุดโคออดิเนทของจุดเป้าหมายที่ต้องการเคลื่อนเครื่องมือไป

โดยทั่วไปเส้นทางเดินของเครื่องมือ จะต่อเป็นเส้นตรงระหว่างจุดเริ่มต้นที่เรียกใช้คำสั่ง G00 กับจุดเป้าหมายที่กำหนดค่าโคออดิเนทไว้แล้ว

การเคลื่อนที่เร็วเป็นคำสั่งที่ใช้เฉพาะในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ คือ เครื่องมือต่างๆจะต้องไม่สัมผัสกับชิ้นงาน

2.9.2 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงตามค่าอัตราป้อน (Straight – line at feedrate) : G01

การเคลื่อนที่ คือ เส้นทางเดินของจุดปลายเครื่องมือในงานกลึง และเส้นทางเดินของจุดศูนย์กลางมีดกัดในงานกัด

ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ คำสั่งที่ใช้สำหรับการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงตามค่าอัตราป้อนที่ใช้ จะต้องใช้คำสั่งโปรแกรม คือ G01 ซึ่งจำเป็นต้องมี เงื่อนไขเสริมการทำงานดังนี้

- ค่าโคออดิเนทของจุดเป้าหมาย
- อัตราป้อน
- ความเร็วรอบของเพลางาน หรือ ความเร็วตัด

เมื่อใช้คำสั่ง G01 เครื่องมือจะเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง ไปยังจุดเป้าหมายด้วยความเร็วตามค่าอัตราป้อนที่เลือกใช้ อัตราป้อนจะเป็นตัวกำหนดความเร็วที่ชิ้นงานถูกตัดเฉือนออก การเลือกใช้อัตราป้อนจะขึ้นอยู่กับเครื่องมือ(รูปทรงเรขาคณิตของจุดปลายเครื่องมือ วัสดุทำเครื่องมือ) วัสดุชิ้นงานที่ทำการเฉือน ผิวสำเร็จของชิ้นงาน ที่ต้องการ อัตราการขับเคลื่อน และความแข็งแกร่งของเครื่องจักรกล

การใช้คำสั่งการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงตามค่าอัตราป้อนนี้ ในระบบควบคุมส่วนมากจะสามารถป้อนข้อมูลของตำแหน่งจุดเป้าหมายได้หลายแบบ เช่นเดียวกับการให้ขนาดแบบชิ้นงาน จะสามารถใช้การให้ขนาดแบบสัมบูรณ์หรือแบบต่อเนื่องก็ได้ ด้วยเหตุผลนี้การป้อนตำแหน่งจุดเป้าหมายในระบบซีเอ็นซีจึงสามารถเลือกใช้เป็นแบบสัมบูรณ์หรือแบบต่อเนื่องก็ได้ แต่ก่อนอื่นระบบควบคุมจะต้องรู้ว่าข้อมูลที่ป้อนนั้นเป็นแบบสัมบูรณ์หรือแบบต่อเนื่องเสียก่อน

ถ้าป้อนคำสั่ง G90 ในโปรแกรม ค่าโคออดิเนทของจุดเป้าหมายในคำสั่งการเคลื่อนที่ทั้งหมดที่ป้อนข้อมูลต่อมา จะถูกระบบควบคุมอ่านค่าเป็นการให้ขนาดแบบสัมบูรณ์ และทันทีที่ป้อนคำสั่ง G91 เข้าไปในโปรแกรม ระบบควบคุมก็จะเปลี่ยนการให้ขนาดเป็นแบบต่อเนื่อง

ระบบควบคุมส่วนมากจะอ่านค่าโคออดิเนท X,Y,Z เป็นค่าโคออดิเนทแบบสัมบูรณ์โดยอัตโนมัติ คือมีคำสั่ง G90 คงอยู่ในระบบความจำของระบบควบคุม ซึ่งในระบบนี้ค่าของ U, V ,W จะใช้เป็นค่าโคออดิเนทแบบต่อเนื่อง

2.9.3 การเคลื่อนที่แนวส่วนโค้งตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา : G02 /G03

คำสั่งการเคลื่อนที่แนวส่วนโค้งที่กำหนดเป็นมาตรฐาน จะมีลักษณะการเคลื่อนที่ต่างกันระหว่างคำสั่ง G02 กับ G03 ซึ่งอยู่กับทิศทางการหมุน

การใช้คำสั่งการเคลื่อนที่แนวส่วนโค้งตามเข็มนาฬิกา (G02) และคำสั่งการเคลื่อนที่แนวส่วนโค้งทวนเข็มนาฬิกา (G03) จำเป็นต้องใช้ข้อมูลหรือเงื่อนไขเสริมดังนี้ :

- ค่าโคออดิเนทของจุดเป้าหมาย
- ข้อมูลของขนาดรัศมีหรือจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง
- อัตราป้อน
- ความเร็วรอบของเพลางาน หรือความเร็วตัด

โดยทั่วไปจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งมักจะป้อนข้อมูลเป็นการให้ขนาดแบบต่อเนื่องที่สัมพันธ์กับจุดเริ่มต้นโดยใช้อักษร I, J, และ K สำหรับระยะห่างในทิศทางของแนวแกน X, Y และ Z

I = ระยะห่างจากจุดเริ่มต้นของส่วนโค้งถึงจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งในแนวแกน X

J = ระยะห่างจากจุดเริ่มต้นของส่วนโค้งถึงจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งในแนวแกน Y

K = ระยะห่างจากจุดเริ่มต้นของส่วนโค้งถึงจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งในแนวแกน Z

การพิจารณาว่าเครื่องมือนั้นจะเคลื่อนที่ในทิศทางตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาจะขึ้นอยู่กับทิศทางของแนวแกนที่ 3 ของระนาบการตัดเฉือนของรูปนั้น โดยใช้หลักของกฎมือขวาซึ่งจะมองจากทิศทางของแนวแกนที่ 3 ที่เป็นลบเสมอ

ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งอาจอยู่ด้านซ้าย หรือด้านขวาของจุดเริ่มต้นก็ได้ ดังนั้น การบอกค่าของ I, J และ K จึงต้องมีเครื่องหมายกำกับด้วย การพิจารณาเครื่องหมายนั้นมีหลักการง่ายๆ คือ เริ่มมองจากจุดเริ่มต้นไปหาจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งในทิศทางที่ขนานกับแนวแกนที่ต้องการหาค่า ถ้าทิศทางที่มองไปนั้นตรงกับทิศทางของแนวแกนที่ต้องการหาค่าที่เป็นบวก ค่าของ I, J และ K ก็จะเป็นรบวกด้วย แต่ถ้าตรงกับทิศทางของแนวแกนที่ต้องการหาค่าที่เป็นลบ ค่าของ I , J และ K ก็จะเป็นลบด้วย

2.10 คำสั่งการเขียนโปรแกรมการชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูป

ในการเขียนโปรแกรมงานกัดที่ต้องการชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูป จะมีคำสั่งให้เลือกใช้ตามลักษณะการเคลื่อนที่เดินกัดอยู่ 2 คำสั่ง คือ คำสั่ง G41 กับคำสั่ง G42 สำหรับการเรียกใช้โปรแกรมการชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูป และใช้คำสั่ง G40 เพื่อยกเลิกการชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูป

กฎในการพิจารณาเลือกใช้คำสั่งการชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูปมีดังนี้

G41 ใช้เมื่อมีดกัดอยู่ทางด้านซ้ายของขอบงาน เมื่อมองตามทิศทางการเคลื่อนที่เดินกัดของมีดกัด

G42 ใช้เมื่อมีดกัดอยู่ทางด้านขวาของขอบงาน เมื่อมองตามทิศทางการเคลื่อนที่เดินกัดของมีดกัด

ข้อควรระวังในการใช้โปรแกรมการชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูปก็คือ การชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูปด้วยคำสั่ง G41 และ G42 นี้ จะใช้ได้เฉพาะกับจุดโคออดิเนทที่อยู่บนระนาบ (Plane) เดียวกันเท่านั้น คือ ระนาบ X/Y หรือ Y/Z หรือ X/Z เช่น เมื่อเขียนโปรแกรมการทำงานอยู่บนระนาบของ X/Y การชดเชยขนาดจะกระทำได้เฉพาะแกน X และ Y เท่านั้น ส่วนในแนวแกน Z ที่ใช้เป็นแนวแกนในการป้อนความลึก จะไม่สามารถใช้ค่าชดเชยขนาดจาก

ป 15
152
.4
ท1570
2544

4740413

สำนักหอสมุด

คำสั่งนี้ได้ จะต้องแยกแยกการชดเชยขนาดไว้ในขั้นตอนก่อนหน้าที่จะมีการชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูป

คำสั่ง G40 , G41 และ G42 จะเป็นคำสั่งที่คงอยู่ในโปรแกรมตลอด หลังจากที่ได้ ก.ค. 2547 โปรแกรมเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องจักรกลแล้ว

2.11 องค์ประกอบของคำสั่ง G41/G42

เมื่อใช้คำสั่ง G41 และ G42 ระบบควบคุมจะถามหาข้อมูลต่างๆที่จำเป็นต้องในการชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูป ข้อมูลต่างๆที่จำเป็นต้องป้อนให้กับระบบควบคุมมีดังนี้

Dg = หมายเลขการชดเชยขนาดมีดกัด (Tool compensation number)

G4 = คำสั่งการเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน

A+.. = ระยะเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน

X.. = จุดเริ่มต้นกัดขอบรูปของชิ้นงานในแนวแกน X

Y.. = จุดเริ่มต้นกัดขอบรูปของชิ้นงานในแนวแกน Y

G0.. = ความเร็วในการเคลื่อนที่ไปยังจุดเริ่มต้นเข้าหาชิ้นงาน

G6.. = คำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่ตามเส้นขอบรูป

M6.. = การควบคุมอัตราป้อนตามเส้นขอบรูป

ความหมายของข้อมูลแต่ละตัวที่กล่าวมาข้างต้น สามารถจะแยกกล่าวได้ดังนี้

Dg+ : หมายเลขการชดเชยขนาดมีดกัด

รัศมีของมีดกัดจะถูกบันทึกเก็บไว้ภายใต้หมายเลขการชดเชยขนาดมีดกัดที่เลือกใช้ รัศมีของมีดกัดจะถูกนำมาใช้ เป็นค่าในการชดเชยขนาดของมีดกัด หมายเลขการชดเชยขนาดมีดกัดจะมีให้เลือกใช้ได้ทั้งหมด 100 หมายเลข คือตั้งแต่หมายเลข D00 – D99 ทำให้สามารถเก็บบันทึกค่าในการชดเชยขนาดมีดกัดได้ถึง100 ค่า และเรียกออกมาใช้ ในการชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูปตามหมายเลขการชดเชยขนาด Dg+ ที่ป้อนไว้ในโปรแกรม

G4.. : คำสั่งการเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน

คำสั่งการเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดลักษณะ การเคลื่อนที่เข้ากัดชิ้นงานที่จุดเริ่มต้นของขอบรูป ภายหลังจากที่คำสั่งการชดเชยขนาดมีดกัดตามเส้นขอบรูป ถูกเรียกออกมาใช้งานแล้ว

ลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานมีให้เลือกใช้ได้ 3 ลักษณะด้วยกันคือ

- เคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานแบบขนานกับเส้นขอบรูป
- เคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานแบบครึ่งวงกลม

- เคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานแบบ ¼ ของวงกลม

การใช้คำสั่งการเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน ทำให้สามารถเขียนโปรแกรมการเคลื่อนที่ของมีดกัดเข้ากัดชิ้นงานที่มีขอบรูปเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งได้ง่าย และช่วยป้องกันไม่ให้เกิดรอยมีดกัดบนผิวงาน

G45 : การเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานแบบขนานกับเส้นขอบรูป

เมื่อใช้คำสั่ง G45 มีดกัดจะเคลื่อนที่เร็วหรือเคลื่อนที่ตามค่าอัตราป้อนไปยังจุดเริ่มเข้าหาชิ้นงาน ที่จุดนี้จะเริ่มป้อนกัดลึกเข้าไปในผิวงานของชิ้นงานโดยอัตโนมัติ
การเคลื่อนที่เร็วจะใช้คำสั่ง G00 และการเคลื่อนที่ตามค่าอัตราป้อน (F) ใช้คำสั่ง G01

จากนั้นมีดกัดจะเคลื่อนที่เดินกัดเข้าชิ้นงานในทิศทางที่ขนานกับขอบรูปด้วยความเร็วตามค่าอัตราป้อนที่โปรแกรมไว้ ระยะห่างระหว่างจุดเริ่มต้นเข้าหาชิ้นงานกับขอบรูปจะเท่ากับรัศมีของมีดกัด ซึ่งก็คือ ค่าชดเชยขนาดมีดกัดที่โปรแกรมไว้ (Dg)นั่นเอง

G46 : การเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานแบบครึ่งวงกลม

เมื่อใช้คำสั่ง G46 มีดกัดจะเคลื่อนที่ไปยังจุดเริ่มต้นเข้าหาชิ้นงานแบบเคลื่อนที่เร็วหรือตามค่าอัตราป้อนที่โปรแกรมไว้

การเคลื่อนที่เร็วจะใช้คำสั่ง G00 และการเคลื่อนที่ตามค่าอัตราป้อนจะใช้คำสั่ง G01เมื่อป้อนกัดลึกจนถึงความลึกที่โปรแกรมไว้แล้ว มีดกัดจะเดินกัดเข้าหาชิ้นงานในแนวครึ่งวงกลมด้วยความเร็วตามค่าอัตราป้อนที่ใช้ระบบควบคุมจะชดเชยขนาดของรัศมีของมีดกัด ตามค่าที่โปรแกรมไว้ในหมายเลขของการชดเชยขนาด (Dg+)

G47 : การเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานแบบ 1/4 ของวงกลม

เมื่อใช้คำสั่ง G47 มีดกัดจะเคลื่อนที่ไปยังจุดเริ่มต้นเข้าหาชิ้นงาน แบบเคลื่อนที่เร็วเมื่อใช้คำสั่ง G00 ประกอบ และจะเคลื่อนที่ตามค่าอัตราป้อนเมื่อใช้คำสั่ง G01 ประกอบในโปรแกรม เมื่อสิ้นสุดการป้อนความลึก มีดกัดจะเคลื่อนที่เข้าหาขอบรูปของชิ้นงานในแนว ¼ ของวงกลมด้วย ความเร็วตามค่าอัตราป้อนที่ใช้ ไปยังจุดเริ่มต้นกัดชิ้นงานที่โปรแกรมไว้ โดยที่ระบบควบคุมจะทำการชดเชยขนาดรัศมีของมีดกัดตามค่าชดเชยขนาดมีดกัดที่โปรแกรมไว้ในหมายเลขการชดเชยขนาด Dg+ โดยอัตโนมัติ

G0.. : ความเร็วในการเคลื่อนที่ไปยังจุดเริ่มต้นเข้าหาชิ้นงาน

คำสั่ง G0.. ในโปรแกรมการชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูป จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ไปยังจุดเริ่มต้นเข้าหาชิ้นงาน กล่าวคือ

G00 : เป็นการเคลื่อนที่เร็วไปยังจุดเริ่มต้นเข้าหาชิ้นงาน

G01 : เป็นการเคลื่อนที่ตามค่าอัตราป้อนไปยังจุดเริ่มต้นเข้าหาชิ้นงาน

เลือกใช้ได้ 3 ลักษณะคือ

G60 : หยุดเคลื่อนที่ชั่วคราว

เมื่อใช้คำสั่ง G60 ประกอบในคำสั่งการชดเชยขนาดมีดกัดตามเส้นขอบรูป เมื่อมีดกัดเคลื่อนที่กัดขอบรูปตรงมุมด้านใน มีดกัดจะเคลื่อนที่ไปยังจุดศูนย์กลางของรัศมีมุมด้านในและหยุดชั่วขณะหนึ่งแล้วจึงเคลื่อนที่เดินกัดต่อไป ดังนั้น คำสั่ง G60 จะใช้สำหรับงานกัดมุมด้านในของขอบรูปให้ได้ขนาดสำเร็จและมีผิวงานเรียบ

G61 : เคลื่อนที่กัดรัศมีมุมด้านในโดยอัตโนมัติ

เมื่อใช้คำสั่ง G61 มีดกัดจะเคลื่อนที่เดินกัดเป็นรัศมีตรงรอยต่อของมุมด้านใน โดยเคลื่อนที่เป็นรัศมีที่โตกว่ารัศมีที่ต้องการโดยอัตโนมัติ เพื่อป้องกันไม่ให้มีดกัดดูดเข้าไปตรงมุมของชิ้นงาน ซึ่งจะทำให้ขนาดรัศมีที่ได้โตเกินไปหรือเลยขนาดไป สำหรับมีดกัดขนาดรัศมี 4 มม. และเล็กกว่ารัศมีการเคลื่อนที่จะเท่ากับ 0.4 มม. ส่วนมีดกัดที่มีขนาดรัศมีโตกว่า 4 มม. รัศมีการเคลื่อนที่จะเท่ากับ 10% ของรัศมีมีดกัด

การเคลื่อนที่ของมีดกัดลักษณะเช่นนี้ จะทำให้รัศมีรอยกัดที่ขอบรูปของชิ้นงานมีขนาดรัศมีโตกว่าค่าที่โปรแกรมไว้ ดังนั้น คำสั่ง G61 จึงใช้สำหรับงานกัดหยาบของขอบรูปส่วนที่เป็นรัศมีด้านในเพื่อป้องกันไม่ให้ขอบรูปเสียขนาด

G64 : เคลื่อนที่กัดต่อเนื่องสม่ำเสมอตลอดรอยต่อของขอบรูป

เมื่อต้องการให้มีดกัดเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องผ่านรอยต่อของขอบรูป เช่น งานกัดขอบรูปที่เป็นส่วนโค้งต่อกัน เป็นต้น ควรใช้คำสั่ง G64 เพราะการเคลื่อนที่ของมีดกัดจะไม่หยุดระหว่างรอยต่อของแต่ละบล็อก

M6 : การควบคุมอัตราป้อนตามเส้นขอบรูป

ในขณะที่มีดกัดเคลื่อนที่เดินกัดขอบรูปของชิ้นงานที่มีรัศมีโค้งภายนอกและภายในจะทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่เดินกัดที่รัศมีด้านในและด้านนอกต่างกัน ซึ่งจะมีผลทำให้คุณภาพของผิวงานที่ได้แตกต่างกันด้วย ดังนั้น ในคำสั่งการชดเชยขนาดมีดกัดตามเส้นขอบรูป จึงได้จัดเตรียมคำสั่งช่วยในการควบคุมอัตราป้อนในการเคลื่อนที่ของมีดกัดไว้ ซึ่งมีให้เลือกใช้ได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

M60 : อัตราการป้อนที่ขอบคมตัดคงที่ตลอดเส้นขอบรูป

ในงานกัดที่ต้องการอัตราป้อนที่คงที่ตลอดตรงตำแหน่งขอบคมตัด ดังนั้น อัตราป้อนที่รัศมีด้านในจะต้องลดลงและอัตราป้อนที่รัศมีด้านนอกจะต้องเพิ่มขึ้น ลักษณะเช่นนี้จะต้องใช้คำสั่ง M60 ซึ่งเหมาะสำหรับงานกัดผิวสำเร็จที่ปลายด้านหน้าของคมมีดไม่สัมผัสหรือกัดชิ้นงาน คือ เดินกัดชิ้นงานด้วยคมด้านข้างของมีดกัดเท่านั้น

M61 : อัตราป้อนที่ขอบคมตัดคงที่ตลอดเส้นขอบรูป (โดยไม่เพิ่มอัตราป้อนที่รัศมีด้านนอก)

เมื่อใช้คำสั่ง M61 อัตราป้อนที่ขอบคมตัดขณะเดินกัดรัศมีด้านใน จะมีค่าคงที่ตลอด เช่นเดียวกับการใช้คำสั่ง M60 แต่เมื่อเดินกัดรัศมีด้านนอก อัตราป้อนจะไม่เพิ่มขึ้นและมีค่าคงที่ตลอด ซึ่งหมายความว่า อัตราป้อนที่ขอบคมตัดเมื่อเดินกัดรัศมีด้านนอกจะลดลง

M62 : อัตราป้อนที่แนวแกนของมีดกัดคงที่

เมื่อใช้คำสั่ง M62 อัตราป้อนที่แนวแกนหรือศูนย์กลางของมีดกัดจะมีค่าคงที่ตลอด ไม่ว่าจะเป็นงานกัดรัศมีด้านนอกหรือด้านในก็ตาม

การยกเลิกคำสั่งการชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูป : G40

คำสั่งการชดเชยขนาดมีดกัดตามเส้นขอบรูป G41/G42 เป็นคำสั่งที่มีผลต่อเนื่องถึงบล็อกอื่นๆที่เขียนตามหลังบล็อกที่ใช้คำสั่งการชดเชยขนาดมีดกัด ดังนั้น เมื่อสิ้นสุดการกัดชิ้นงานตามเส้นขอบรูปแล้ว จะต้องยกเลิกการใช้คำสั่งนี้ก่อนที่จะเลื่อนมีดกัดไปยังตำแหน่งอื่นๆ คำสั่งที่ใช้ในการยกเลิกการใช้คำสั่งการชดเชยขนาดมีดกัดตามเส้นขอบรูป คือ G40 ซึ่งจะประกอบไปด้วยคำสั่งการเคลื่อนที่ออกจากขอบรูปของชิ้นงานและระยะเลื่อนออกด้วย

2.12 โปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์ (PLC)

PLC เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด – สเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Function) การออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานแล้ว PLC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid – State Digital Logic Elements เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจแบบลอจิก PLC ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้าหรือที่เรียกว่า Hard – Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับ

การทำงานใหม่ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช่จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้PLC แล้ว การเปลี่ยนกระบวนการการผลิตหรือลำดับในการทำงานใหม่นั้น ทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด-สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่าและสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

การทำงานของ PLC

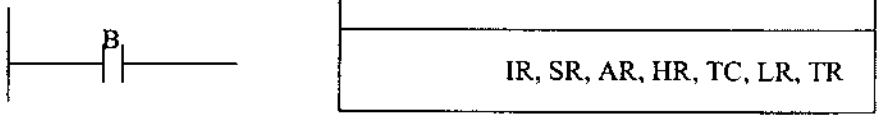
เครื่องจักรที่ควบคุมด้วย PLC จะมีความสามารถเขียนโปรแกรมการทำงานของเครื่องจักรแล้วมีความยืดหยุ่นในการเขียนโปรแกรม เช่น การเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพิ่มเติมก็สามารถกระทำได้ ซึ่งรวมถึงไทเมอร์ เคาน์เตอร์หรือคำสั่งพิเศษต่างๆ เช่น MOV Data และอื่นๆอีกมากมาย เพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ภายนอก ไม่ว่าจะเป็นมอเตอร์ โซลินอยด์ หลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการติดต่อสื่อสารกับ PLC กับคอมพิวเตอร์ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันหรืออาจจะติดต่อกับจอชนิดสัมผัสเพื่ออำนวยความสะดวกต่อสัญญา INPUT-OUTPUT ยิ่งกว่าไปนั้นการติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อให้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม PLC อีกทีหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ขีดความสามารถควบคุมสูงขึ้นอีก และต่อไปนี้จะได้กล่าวถึงการทำงานของ PLC โดยเริ่มจากตัวอย่างการควบคุมมอเตอร์กวนของเหลวในภาชนะโดยมีเงื่อนไขต่างๆ

มอเตอร์ไฟฟ้าจะหมุนได้เมื่อหน้าคอนแทคของเซนเซอร์อุณหภูมิและเซนเซอร์ความดันต่อกัน การต่อวงจรทำได้จากการใช้วงจรรีเลย์และการใช้ PLC ในกรณีของการใช้วงจรรีเลย์นั้นมอเตอร์ทำงานได้เมื่อสวิตซ์ของอุณหภูมิและความดันต่อกันหรือใช้สวิตซ์มือกดถูกกด แต่ถ้าใช้ PLC ทำงานเป็นการต่ออุปกรณ์ด้านอินพุต ซึ่งมีคอนแทคความดัน คอนแทคของอุณหภูมิ และคอนแทคของสวิตซ์กดปุ่มแบบมือกด ซึ่งต่อเข้าไปยังขั้วสัญญาณเข้าเป็นการต่ออุปกรณ์ทำงานเข้ากับขั้วสัญญาณออก

2.13 คำสั่งพื้นฐานของ PLC (OMRON)

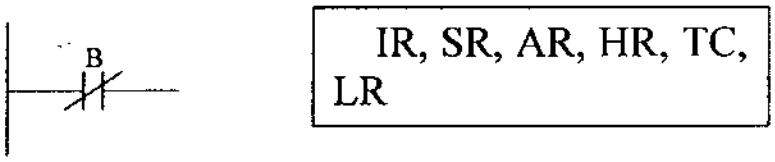
คำสั่งเหล่านี้ เป็นคำสั่งที่ใช้เขียนลงในโปรแกรม เพื่อสั่งงานแบบง่ายๆ ทั้งในรูปของแลดเดอร์ และนีมอนิก

2.13.1 คำสั่ง LOAD-LD



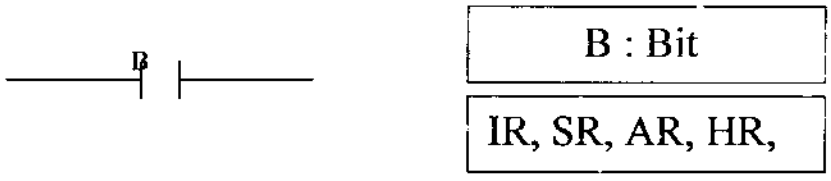
รูปที่ 2.25 คำสั่ง LOAD-LD

2.13.2 คำสั่ง LOAD NOT - LD NOT



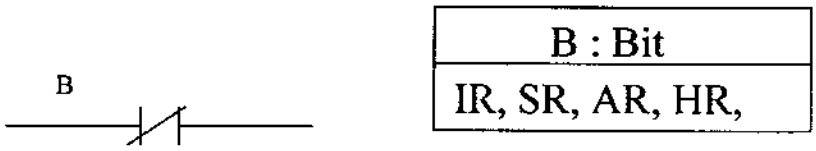
รูปที่ 2.26 คำสั่ง LOAD NOT – LD NOT

2.13.3 คำสั่ง AND - AND



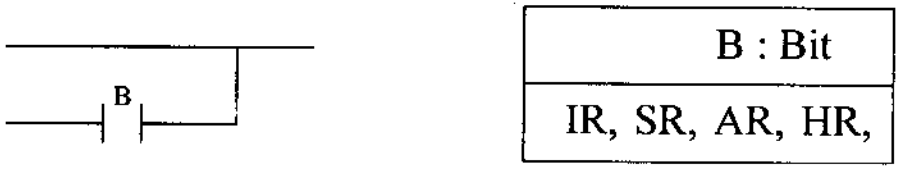
รูปที่ 2.27 คำสั่ง AND - AN

2.13.4 คำสั่ง AND NOT - AND NOT



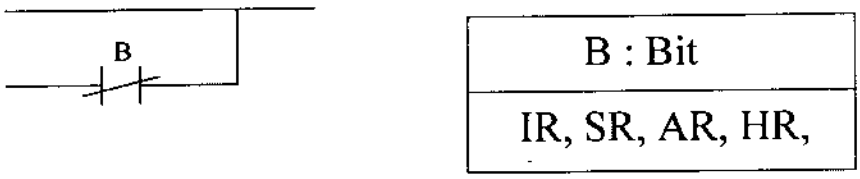
รูปที่ 2.28 คำสั่ง AND NOT – AND NOT

2.13.5 คำสั่ง OR - OR



รูปที่ 2.29 คำสั่ง OR - OR

2.13.6 คำสั่ง OR NOT - OR NOT



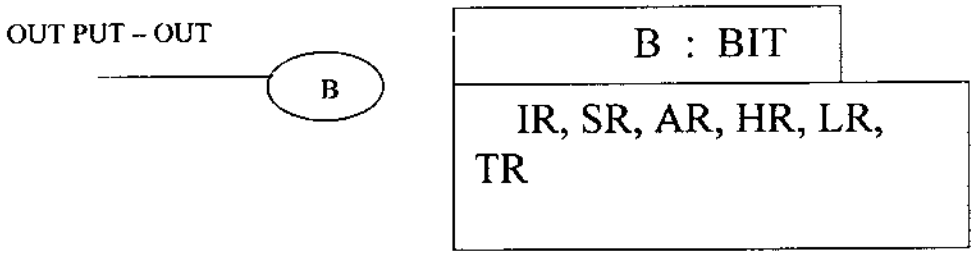
รูปที่ 2.30 คำสั่ง OR NOT – OR NOT

2.13.7 คำสั่ง OR LOAD - OR LD

เป็นคำสั่งที่ใช้รวมบล็อกเข้าด้วยกัน ซึ่งการใช้คำสั่งเพียง AND หรือ OR ไม่สามารถใช้ทำงานตามต้องการได้

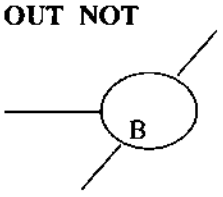
2.13.8 คำสั่ง OUTPUT และ OUTPUT NOT

เป็นคำสั่งที่สั่งให้ OUTPUT ภายนอกทำงานหรือไม่ทำงาน ถ้า B : ถูกกำหนดเป็น IR แต่ถ้า B: ถูกกำหนดเป็นอย่างอื่นจะเป็นเจ้าของรีเลย์ภายใน



รูปที่ 2.31 คำสั่ง OUTPUT AND OUTPUT NOT

2.13.9 คำสั่ง OUTPUT NOT - OUT NOT



รูปที่ 2.32 คำสั่ง OUTPUT NOT – OUT NOT

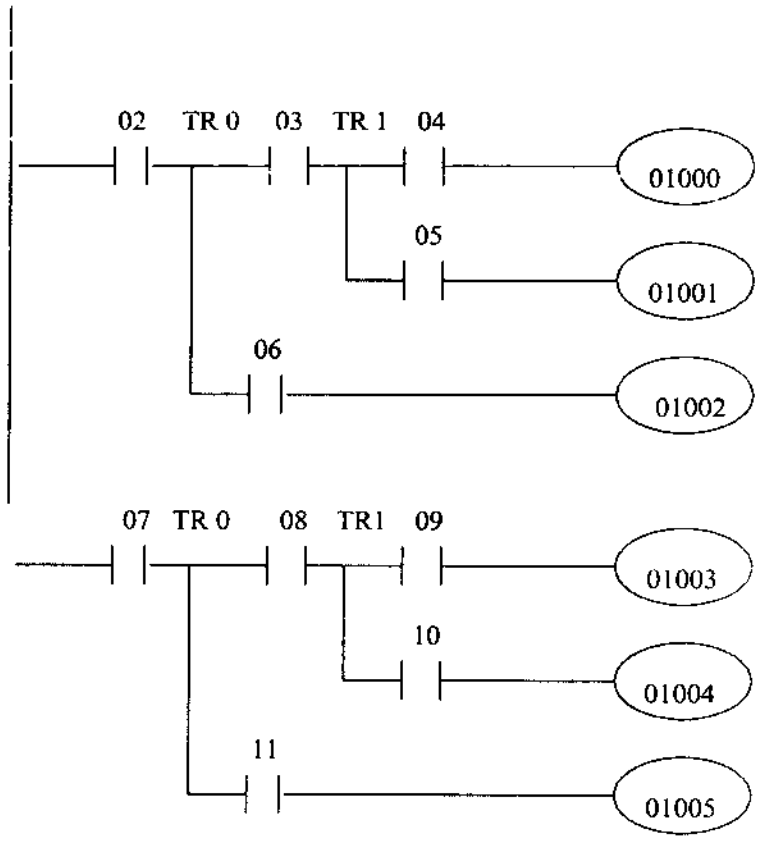
2.13.10 คำสั่ง END (FUN 01)

การเขียนโปรแกรมทุกครั้ง เมื่อสิ้นสุดการเขียนโปรแกรมแล้วจะต้องจบด้วยคำสั่ง END ถ้าไม่มีคำสั่ง END (FUN 01) เมื่อให้โปรแกรมทำงานจะมีข้อความ NO END INSTR แสดงขึ้น

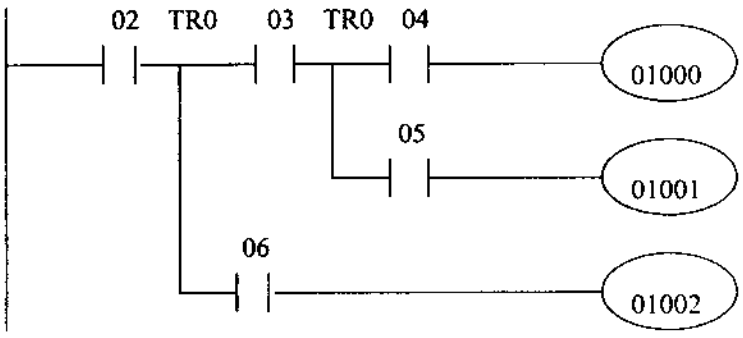
ถ้าไม่ได้ใส่คำสั่ง END (FUN 01) หลังจากป้อนโปรแกรมจบแล้วที่แป้นกดโปรแกรมจะแสดงข้อความ NO END INSTR แสดงว่าไม่มีคำสั่ง END โปรแกรมจะไม่สามารถทำงานได้ และหลอดไฟแสดงการทำงานผิดพลาดจะสว่างขึ้น

2.13.11 คำสั่ง TR (Temporary Memory Relay)

คำสั่งนี้ใช้กับแลดเดอร์ที่มีเอาต์พุต คอยล์ อยู่หลายสาขาโดยที่สาขาหนึ่งๆประกอบไปด้วยคำสั่ง TR นี้หลายตัว และคำสั่ง TR มีให้เรียกใช้ตั้งแต่ TR0 จนถึง TR7 ซึ่งในสาขาเดียวจะใช้ TR ซ้ำกันไม่ได้ แต่ถ้าเป็นสาขาใหญ่หลายสาขาจะได้ TR0 - TR7 ในสาขาใหญ่นั้นได้อีก



รูปที่ 2.33 แลดเดอร์ไดอะแกรมที่ใช้งานได้



รูปที่ 2.34 คำสั่ง TR ที่ใช้งานไม่ได้ (Temporary Memory Relay)

2.13.12 คำสั่ง Interlock and Interlock Clear - IL (02) and ILC (03)

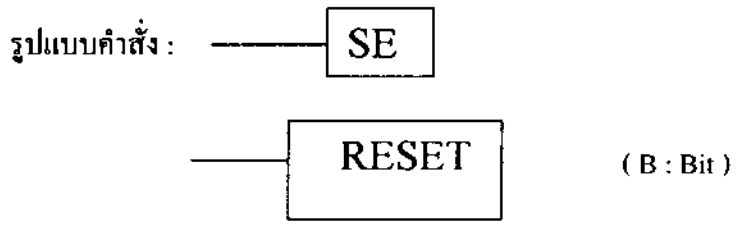
คำสั่ง IL และ ILC จะต้องใช้ร่วมกันคือ ถ้าเริ่มต้นมีการใช้คำสั่งด้วย IL เมื่อใดแล้ว ถ้าต้องการสิ้นสุดการทำงานต้องจบด้วย ILC เงื่อนไขของคำสั่งนั้น คอนแทคตรงหน้าส่วนของ IL มีสภาวะ " ON" จะทำให้โปรแกรมที่อยู่ระหว่าง IL และ ILC ทำงานเป็นปกติ แต่ถ้าคอนแทคตำแหน่งดังกล่าวมีสภาวะ "OFF" จะทำให้การทำงานของโปรแกรมระหว่าง IL และ ILC ไม่ทำงาน ในขณะเดียวกัน สัญญาณเอาต์พุต ในช่วงนั้นจะมีสภาวะ " OFF " ด้วย

2.13.13 คำสั่ง JMP (FUN 04) และ LME (FUN 05)

การใช้งานของคำสั่งนี้จะต้องใช้งานคู่กัน เงื่อนไขต่างๆ ที่อยู่ระหว่างคำสั่ง JMP และ JME จะมีเงื่อนไขการทำงานเป็นปกติ ในกรณีที่ชุดของคอนแทคตรงส่วนหน้าของ JMP มีสภาวะเป็น "ON" แต่ถ้าชุดคอนแทคดังกล่าวมีสภาวะเป็น "OFF" เมื่อใด OUTPUT , TIMER , COUNTER , KEEP ที่อยู่ระหว่างคำสั่งชุดคอนแทคดังกล่าวเอาไว้เช่นเดิม และจะมีการเปลี่ยนแปลงอีกครั้ง ถ้าชุดของคอนแทคมีสภาวะ "ON" สามารถใช้ JUMP 00 ได้หลายครั้งตามต้องการ แต่ JUMP 00 ถึง 99 สามารถใช้ได้เพียงครั้งเดียว

2.13.14 คำสั่ง SET และ RESET - SET - RSET

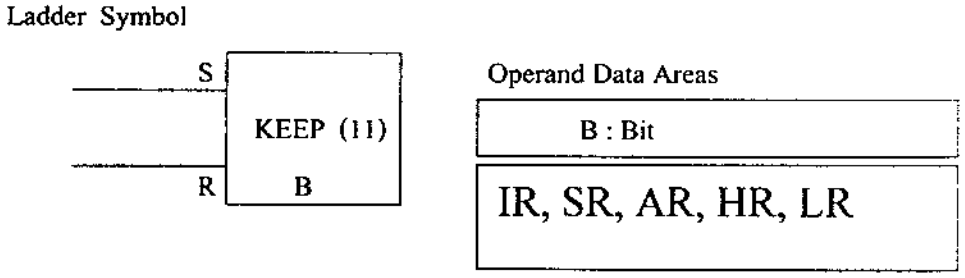
เป็นคำสั่งเมื่อมีสภาวะ "ON" แล้วจะยังคงค้างสภาวะ "ON" อยู่จนกว่าคำสั่ง RESET ที่ BIT เดียวกัน มีสภาวะ "ON" ถึงแม้ว่าอินพุตเลิกทำงานไปแล้วก็ตาม



รูปที่ 2.35 คำสั่ง SET และ RESET – SET - RSET

2.13.15 คำสั่ง KEEP - KEEP (11)

เหมือนกับคำสั่ง SET และ RESET เพียงแต่รวม SET และ RESET ให้อยู่ในตัวเดียวกัน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้โปรแกรมได้อย่างสะดวกตามความเหมาะสม

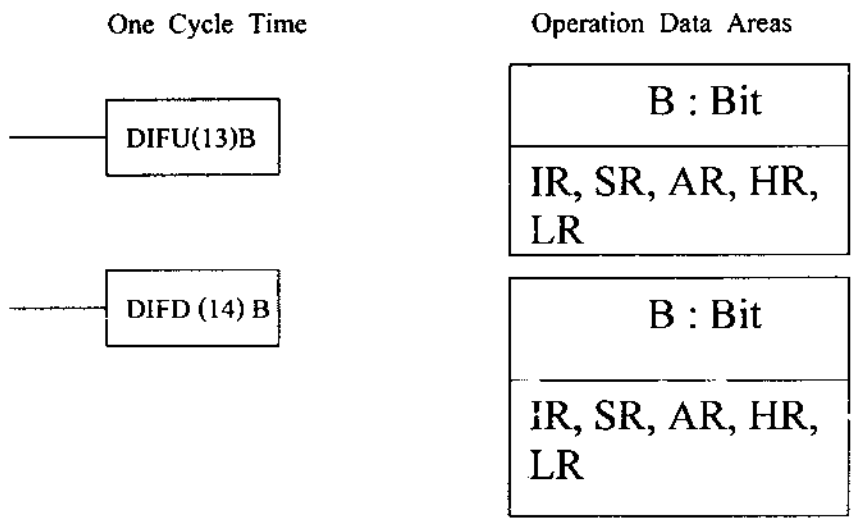


รูปที่ 2.36 คำสั่ง KEEP - KEEP

เมื่อ S ถูก SET "ON" ทำให้บิตที่ B ทำงานตลอดไปจนกว่า R จะถูก SET "ON" จึงทำให้บิต B เลิกทำงาน

2.13.16 คำสั่ง DIFFERENTIATE UP and DOWN -DIFU (13) , DIFD (14)

คำสั่ง DIFU (13) และ DIFD (14) เป็นคำสั่งที่ทำงานเพียงขอบขาขึ้นหรือขอบขาลงของอินพุตเท่านั้น และจะทำงานเพียงช่วงเท่านั้น



รูปที่ 2.37 คำสั่ง DIFFERENTIATE UP and DOWN - DIFU (13) , DIFD (14)

2.13.17 คำสั่ง Timer - TIM

รูปที่ 2.38 คำสั่ง Timer - TIM

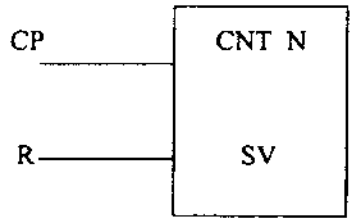
N = จำนวนไทเมอร์ (ใช้ได้ตั้งแต่หมายเลข 000 ถึง 127)

SV = Set Value (สามารถตั้งค่าเวลาได้ทั้ง BCD หรือเป็น Word ก็ได้) และสามารถตั้งค่าได้ตั้งแต่ 0 - 999.9 วินาที

เมื่ออินพุตมีสภาวะเป็น ON คำสั่ง TIM นี้จะเริ่มนับเวลาตามค่าที่ตั้งไว้ในไทเมอร์ เมื่อนับครบตามเวลาที่ตั้งไว้แล้ว เอาต์พุตของไทเมอร์ก็จะ ON แต่ถ้าอินพุตมีสภาวะเป็น OOF ก่อนที่ค่าเวลาของไทเมอร์จะนับถึง ค่าที่ถูกนับไว้ของไทเมอร์ในขณะนั้นจะถูกตั้งค่าใหม่เป็นศูนย์ทันที สามารถตั้งเวลาการนับได้ 0.1 วินาที ต่ำสุด

2.13.18 คำสั่ง Counter - CNT

เป็นคำสั่งที่ใช้นับจำนวนครั้งของสัญญาณอินพุตที่สภาวะ "ON" **ในแต่ละครั้ง** และการนับค่านั้น จะนับลงจากค่าที่ตั้งเอาไว้



รูปที่ 2.39 คำสั่ง Counter - CNT

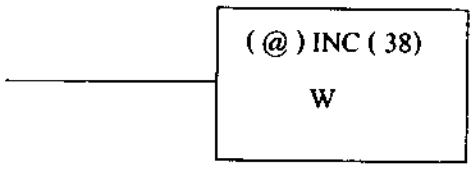
N = จำนวนหมายเลขของเคาน์เตอร์

SV = เป็น Set Value สามารถตั้งค่านับได้ 9999 ครั้ง หรือจะตั้งค่าเป็น Word ก็ได้

การทำงานคือ เมื่อขา CP "ON" ครบจำนวนครั้งตามที่ตั้งค่า (SET) ในเคาน์เตอร์ ทำให้เอาต์พุตของ CNT "ON" และจะทำงานไปจนกว่าขา R ของคำสั่ง CNT "ON" จึงทำให้เอาต์พุตของ CNT เลิกทำงาน

<u>หมายเหตุ</u> **พื้นที่ความจำ (Memory Area) ของไทเมอร์และเคาน์เตอร์ใช้พื้นที่เดียวกัน จึงใช้คำสั่งทั้งไทเมอร์และเคาน์เตอร์กับพื้นที่เดียวกันไม่ได้ ตัวอย่างเช่น ใช้คำสั่งไทเมอร์ นับเบอร์ 0 แล้ว จะใช้คำสั่งเคาน์เตอร์ ที่ นับเบอร์ 0 อีกไม่ได้ ต้องใช้นับเบอร์ 1 เป็นต้น**

2.13.19 คำสั่ง BCD Increment - INC (38)



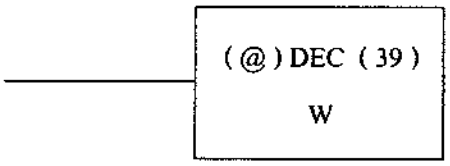
รูปที่ 2.40 คำสั่ง BCD Increment - INC (38)

W = Increment Word (BCD Value)

เมื่อคำสั่งนี้ทำงาน ค่า Data ใน W จะเพิ่มทีละหนึ่ง (บวกเข้าไปทีละหนึ่ง)

2.13.20 คำสั่ง BCD Decrement - DEC (39)

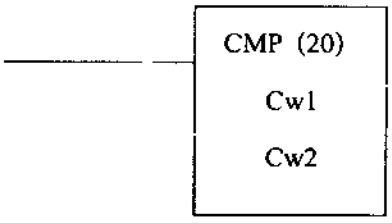
เหมือนกับคำสั่ง INC (38) แต่ตรงกันข้ามคือ ลดทีละ 1



W = Decrement Word (BCD Value)

รูปที่ 2.41 คำสั่ง BCD Decrement - DEC (39)

2.13.21 คำสั่ง Compare - CMP (20)



รูปที่ 2.42 คำสั่ง Compare - CMP (20)

CW1 = First Compare Word (หรือค่าคงที่)

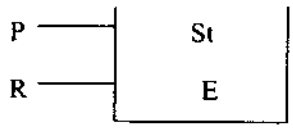
CW2 = Second Compare Word (หรือค่าคงที่)

เมื่อคำสั่งนี้ทำงาน ค่าของ CW1 และ CW2 จะถูกเปรียบเทียบกันโดยมีสภาวะ (Condition) ทำงานดังต่อไปนี้

GR Flag (SR 25505) จะ "ON" ถ้า CW1 > CW2

EQ Flag (SR 25506) จะ "ON" ถ้า CW1 = CW2

LE Flag (SR 25507) จะ "ON" ถ้า CW1 < CW2



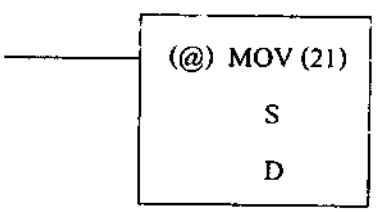
รูปที่2.43 **คำสั่ง** Shift Register - SFT (10)

St = Starting Word

E = End Word

ถ้าให้ P **มีสภาวะเป็น** ON **แต่ละครั้งการทำงานจะเลื่อน** Data **ทีละบิตจากบิต** 0 **ของ** Starting Word **ไปจนถึงบิต** 15 **ของ** End Word

2.13.23 คำสั่ง Move - MOV (21)



รูปที่2.44 **คำสั่ง** Move - MOV (21)

S = Source Word (**หรือค่าคงที่**)

D = Destination Word (**เวิร์ดที่ถูกย้าย**)

เมื่อคำสั่งนี้ทำงาน MOV (21) **จะย้ายข้อมูลจาก** S **ยังมีข้อมูลเดิมอยู่ สัญลักษณ์** @ **จะทำงาน** 1 Scan time

2.13.24 PLC มีข้อดีกว่าวงจรรีเลย์และคอนแทคเตอร์ดังนี้

1. ใช้เขียนโปรแกรมสร้างฟังก์ชั่นการทำงานแทนการใช้สายไฟฟ้า ทำให้สามารถลดจำนวนสายไฟลงได้

2. มีความยืดหยุ่นและแก้ไขได้ง่าย เหมาะสำหรับงานที่ต้องการการเปลี่ยนแปลงแก้ไขฟังก์ชั่นการทำงานอยู่ตลอดเวลา

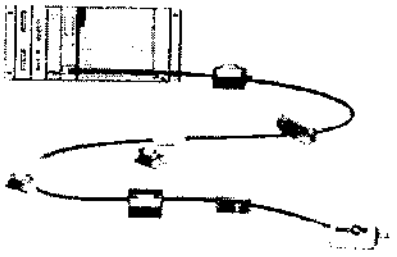
3. การดูแลรักษาและซ่อมบำรุงทำได้ง่าย

4. ราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้รีเลย์

ในช่วงแรกของการเริ่มต้นใช้ PLC นั้นอุปกรณ์ที่นำมาต่อใช้กับอินพุตและเอาท์พุตของ PLC จะไม่ค่อยมีความซับซ้อนมากนัก จะมีก็เฉพาะอุปกรณ์ง่ายๆ เช่น เซนเซอร์ หลอดไฟแสดงผล รีเลย์ และคอนแทคเตอร์

2.13.25 ระบบอัตโนมัติที่ใช้ PLC เมื่อ 10 ปีที่ผ่านมา

หลังจากนั้นอีกประมาณ 10 ปี กลไกทำงานของเครื่องจักรและกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมมีความเป็นระบบอัตโนมัติมากขึ้นทำให้ระบบจำเป็นต้องใช้จำนวนอินพุต และเอาท์พุท (I/O) เพิ่มขึ้นตามความซับซ้อนของระบบ ซึ่งหากพิจารณาโดยหลักการแล้ว ส่วนใหญ่จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจะมีเพียงค่าใช้จ่ายสำหรับ I/O Molule เท่านั้น แต่ในเรื่องของความเป็นจริงส่วนใหญ่จะลืมคิดถึงเวลาที่ใช้ในการเดินสายไฟเพิ่มเติม และองค์ประกอบอื่น ๆ โดยเฉพาะของอุปกรณ์สนามอัจฉริยะที่มีความซับซ้อน(complex intelligent field device) ที่ต้องใช้เวลาในการปรับตั้งพารามิเตอร์ผ่านทางซอฟแวร์



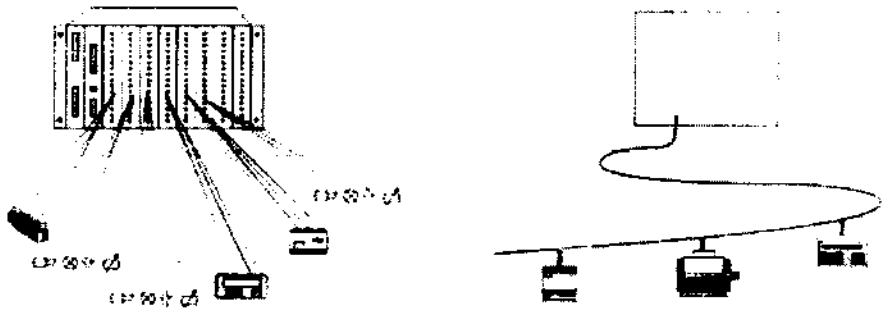
รูปที่2.45 ภาพระบบอัตโนมัติที่ใช้ PLC เมื่อ 10 ปีที่ผ่านมา

2.13.26 ระบบอัตโนมัติที่ใช้ PLC ในปัจจุบัน

ปัจจุบันระบบอัตโนมัติได้มีการพัฒนาและนำระบบฟิลด์บัส (Fieldbus System) เข้ามาใช้ในระบบอุตสาหกรรมมากขึ้น ซึ่งสามารถช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างมาก โดยสามารถลดทั้งเวลาในการติดตั้ง และเวลาในการเดินสายไฟ นอกจากนั้นยังช่วยประหยัดราคาค่าสายไฟที่ใช้ในระยะทางไกล ๆ ได้อีกด้วย เนื่องจากระบบ ฟิลด์บัส เทคโนโลยี เป็นระบบที่ใช้การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมโดยใช้สายเพียงเส้นเดียว (Single bus cable) ซึ่งช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้อย่างมาก นอกจากนั้นยังสามารถติดต่อรับส่งข้อมูลกับ อุปกรณ์สนามอัจฉริยะอย่างเช่น frequency converter หรือ encoder และอุปกรณ์อื่นๆ ที่มีการ์ด feild system รวมอยู่ได้อีกด้วย

ลักษณะของระบบปัจจุบัน host Controller board ใน PLC จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณอนุกรมไปยังอุปกรณ์แต่ละตัว โดยการ์ดอินพุท/เอาท์พุต(I/O card) ของ PLC จะเปลี่ยนตำแหน่งไปอยู่ที่ตัวอุปกรณ์ ซึ่งเป็นการกระจายศูนย์กลางการควบคุม ข้อมูลอนุกรมที่ส่งไปจาก host Controller board จะถูกแปลงเป็นข้อมูลขนานโดย การ์ดฟิล์ดบัสที่ตัวอุปกรณ์ ไปยังจุดใช้งาน ซึ่งจากข้อได้เปรียบดังกล่าวทำให้เกิดการยืดหยุ่นในระบบ ซึ่งหากต้องการต่ออุปกรณ์เพิ่มเติมเช่น Sensor หรือ Actuators ก็สามารถทำได้โดยต่อ Sensor หรือ Actuators ขนานออกไปได้เลยในระยะทางที่ไม่ไกล

ปัจจุบันอุตสาหกรรมสมัยใหม่ได้มีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงไปอีกขั้นหนึ่ง ระบบบัสได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในระบบออโตเมชั่น และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะเครื่องจักรกลใหม่ๆ ที่นำเข้าจากต่างประเทศ จะมี PLC และระบบบัสเป็นอุปกรณ์มาตรฐาน เกือบทั้งหมด



รูปที่2.46 อุปกรณ์ PLC ในปัจจุบัน

ตารางที่2.3 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้งาน PLC และระบบรีเลย์ในการควบคุม

ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้งาน PLC และระบบรีเลย์ในการควบคุม		
คุณลักษณะ	โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์(PLC)	รีเลย์ (Relays)
ราคาค่าใช้จ่าย(ต่อการทำงานที่มีการใช้รีเลย์มากกว่า 20 ตัวขึ้นไป)	ต่ำกว่า	สูงกว่า
ขนาดเมื่อทำการติดตั้ง	กระทัดรัด	มีขนาดใหญ่กว่า
ความเร็วในการปฏิบัติการ	มีความเร็วสูงกว่า	ช้ากว่า
ความทนทานต่อการรบกวนของสัญญาณไฟฟ้า	ดี	ดีมาก
การติดตั้ง	ง่ายในการติดตั้งและโปรแกรม	ใช้เวลามากกว่าในการ ออกแบบและติดตั้ง
ความสามารถในการปฏิบัติการฟังก์ชั่นที่มีซับซ้อน	สามารถกระทำได้	ไม่สามารถกระทำได้
ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงลำดับการควบคุม	สามารถกระทำได้ง่าย	สามารถกระทำได้ แต่ค่อนข้างยุ่งยาก
การซ่อมบำรุง และตรวจสอบแก้ไข	ไม่ต้องการการบำรุงรักษามาก และง่ายในการตรวจสอบแก้ไขใน กรณีที่เกิดปัญหาภายในระบบควบคุม	ต้องการการดูแลในส่วนของคอล์ย และหน้าสัมผัส และยากในการตรวจสอบและ แก้ไขในกรณีที่เกิดปัญหา

2.14 InterBUS

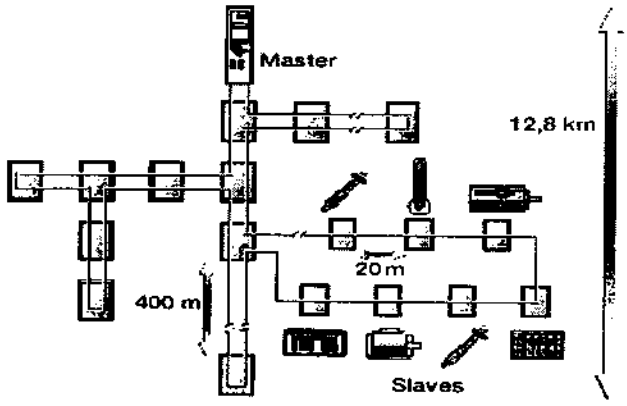
InterBUS คือระบบฟิลด์บัสที่นิยมใช้กันมากที่สุดระบบหนึ่ง เพื่อที่จะให้ได้เข้าใจและมองเห็นคุณประโยชน์ของ InterBUS จะขอกล่าวถึงหลักการพื้นฐานทางเทคนิคเสียก่อน โดยจะอธิบายกระบวนการทำงานของ InterBUS โดยย่อ ดังต่อไปนี้

ระบบฟิลด์บัสแบบ InterBUS

ระบบฟิลด์บัสแบบ InterBUS เป็นระบบบัสข้อมูลแบบเปิด (open system) ที่สามารถเชื่อมต่อได้กับอุปกรณ์รับส่งสัญญาณอินพุตเอาท์พุตและอุปกรณ์ภาคสนามที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในระบบควบคุมต่างๆ สามารถใช้สายเคเบิลรับส่งข้อมูลแบบบัสอนุกรมเพื่อเชื่อมต่อเครื่อข่ายระหว่างอุปกรณ์หลากหลายชนิด เช่น เซนเซอร์ แอคชูเอเตอร์ เครื่องจักร ส่วนประกอบอื่นๆ ในระบบควบคุมหน่วยการผลิตในโรงงาน และเชื่อมต่อกับระบบควบคุมในระดับบนได้แก่ห้องควบคุมการทำงานของระบบ (control room)

2.14.1 โครงสร้างของ InterBUS

InterBUS เป็นระบบบัสแบบวงแหวน (ring system) กล่าวคือ อุปกรณ์ทุกตัวเชื่อมต่อเป็นเส้นทางข้อมูลแบบปิด ไม่มีจุดปลายข้อมูลของอุปกรณ์ตัวใดแบบปล่อยลอย พิจารณารูปประกอบ



รูปที่2.47 The InterbusTopologie

เมื่ออุปกรณ์ในระบบได้รับข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์ตัวอื่น มันจะทำการขยายสัญญาณและส่งไปให้อุปกรณ์ตัวถัดไป ด้วยวิธีนี้จึงทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ในระยะทางไกล จุดเด่นที่แตกต่างไปจากระบบบัสวงแหวนแบบอื่นๆ คือ ข้อมูลทั้งหมดในระบบบัสจะเดินทางอยู่บนสายเคเบิลเพียง

คู่เดียวเท่านั้น ทำให้โครงสร้างการเชื่อต่อภายนอกดูเสมือนกับเป็นระบบบัสข้อมูลแบบ open-tree system สายเคเบิลหลักที่ต่อจากอุปกรณ์บัสมาสเตอร์สามารถต่อขยายเครือข่ายย่อยลงไปอีกได้ถึง 16 ระดับ ทำให้ระบบบัสชนิดนี้มีความยืดหยุ่นสูงในการปรับเปลี่ยนแก้ไขโครงสร้างของระบบ

2.14.2 ความยืดหยุ่นของโครงสร้างระบบ

InterBUS เป็นระบบรับส่งข้อมูลแบบ Master/Slave สามารถต่อพ่วงอุปกรณ์ได้ทั้งหมด 512 ตัวภายในเครือข่ายเดียวกัน โดยแบ่งได้เป็น 16 ระดับระบบบัสจะถูกระบุตำแหน่งจุดปลายของระบบโดยอัตโนมัติจากอุปกรณ์ตัวที่อยู่ปลายสุดของเครือข่ายหรือเครือข่ายย่อย

2.14.3 สรุปข้อกำหนดทางเทคนิคของ InterBUS

โครงสร้างเป็นระบบวงแหวนแบบแอคทีฟ (active ring) รับส่งข้อมูลแบบ Master/slave (fixed telegram length, deterministic) อุปกรณ์ต่อพ่วงระบบระยะไกล (remote bus device) ทำหน้าที่เป็นตัวขยายสัญญาณ (repeater) อยู่ในตัว อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล 500 KBPS รองรับอินพุตเอาท์พุตได้สูงสุด 4,096 จุด ระยะทางไกลสุดระหว่าง remote bus device เท่ากับ 400 เมตร 1,312.336 ฟุต) โดยมีระยะทางรวมทั้งหมดเท่ากับ 13 กิโลเมตร (8.078 ไมล์) ขอบเขตการใช้งาน ใช้เชื่อมต่อเซนเซอร์และแอคชูเอเตอร์เข้ากับระบบควบคุม เชื่อมต่อเครื่องจักรกับระบบผลิต ใช้ในงานระบบควบคุมกระบวนการผลิต

2.14.4 ความยืดหยุ่นในการแบ่งย่อยส่วนต่างๆ ของระบบ

เนื่องด้วยการเชื่อมต่อเป็นแบบจุดต่อจุด (point by point connection) จึงทำให้ไม่จำเป็นต้อง ใช้ความต้านทานต่อที่จุดปลายของระบบ (termination resistor) ระบบสามารถปรับเปลี่ยนได้อย่างยืดหยุ่นเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้โดยเพียงการเพิ่มเข้าหรือถอดออกอุปกรณ์จากระบบ

2.14.5 การกำหนดแอดเดรสของอุปกรณ์

สำหรับระบบอื่นๆ นั้น โดยทั่วไปจะกำหนดแอดเดรสอุปกรณ์ในระบบโดยการปรับตั้งดิพสวิตช์หรือสวิตช์หมุนบนอุปกรณ์นั้นๆ แต่ในระบบ InterBUS การกำหนดแอดเดรสจะทำโดยอัตโนมัติด้วยตัวระบบเอง ดังเช่นระบบ Plug and Play ของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องปรับตั้งสวิตช์ใดๆ เป็นจุดดีที่ช่วยให้การติดตั้งและซ่อมบำรุงทำได้อย่างสะดวกง่ายดายมากยิ่งขึ้น และลดปัญหา และความยุ่งยากที่มักเกิดขึ้นในระหว่างการติดตั้งและระหว่างการซ่อมบำรุง สิ่งที่ผู้ใช้ทำคือ

กำหนดชื่อที่เข้าใจและจดจำง่ายให้กับอุปกรณ์นั้นๆ ด้วยซอฟท์แวร์ จากนั้น ระบบจะทำหน้าที่กำหนดแอดเดรสจริงๆ ให้เอง วิธีนี้ทำให้สามารถต่ออุปกรณ์เพิ่มหรือถอดอุปกรณ์ออกจากระบบได้โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนแก้ไขแอดเดรสของอุปกรณ์ตัวอื่นๆ

2.14.6 ส่วนประกอบหลักในระบบInter BUS

ระบบบัสประกอบด้วยส่วนต่างๆ หลายส่วน เช่น อุปกรณ์โลคัลบัส (local bus device) และโมดูลเทอร์มินัล (terminal module) เชื่อมต่อเป็นบัส จะเป็นการดีหากผู้ใช้งานได้ทำความคุ้นเคยกับนิยามและหลักการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้

2.14.7 คอนโทรลบอร์ด (Controller Board)

คอนโทรลบอร์ดทำหน้าที่จัดการและควบคุมการสื่อสารระหว่างโมดูลต่างๆ ภายในบัส เช่น ส่งข้อมูลระหว่างโมดูล รับข้อมูลระหว่างโมดูล และคอยตรวจสอบดูแลสภาวะของสัญญาณข้อมูลภายในบัส นอกจากนี้ ยังใช้แสดงข้อความสำคัญในระบบที่อาจเป็นค่าข้อมูลตัวเลขใดๆ หรือสัญญาณเตือนภัยในกรณีที่ระบบเกิดปัญหาขัดข้อง รวมทั้งส่งข้อความเหล่านี้ไปยังระบบฐานข้อมูลหรือระบบปฏิบัติการในระดับบนต่อไป

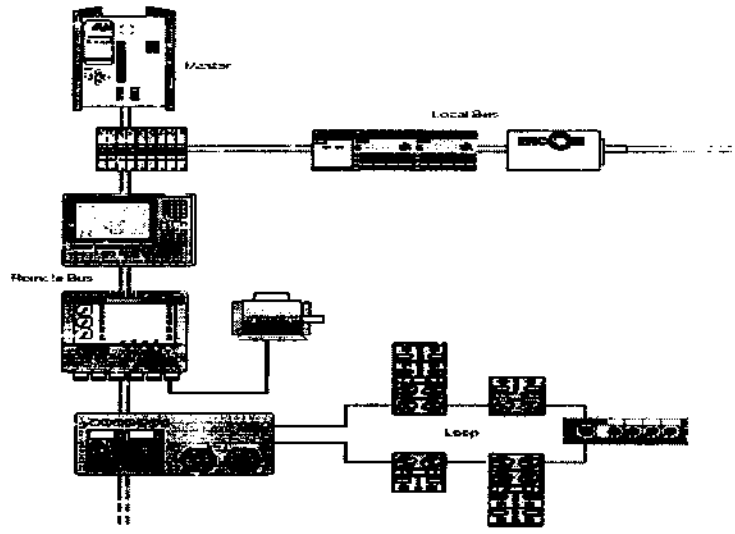
2.14.8 ข้อมูลทางเทคนิคสำหรับอูป InterBUS

- ระยะห่างใกล้สุดระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัวไม่ควรน้อยกว่า 20 เซนติเมตร (7.874 นิ้ว)
- ระยะห่างไกลสุดระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัวไม่ควรมากกว่า 20 เมตร (65.617 ฟุต) ระยะห่างรวมระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัวที่อยู่ไกลจากกันมากที่สุดภายในบัสเดียวกันไม่ควรเกิน 200 เมตร (656.168 ฟุต)
- กระแสภายในบัสสูงสุด 1.8 แอมแปร์ (ขยายได้โดยใช้ PWR IN)
- ต่ออุปกรณ์ได้ทั้งหมด 63 ตัว
- แหล่งจ่ายไฟแรงดัน 19.2 - 30 V
- ใช้สายไฟชุดเดียวเป็นทั้งสายจ่ายไฟป้อนวงจรและสื่อสารสัญญาณข้อมูล

2.14.9 รีโมตบัส (Remote bus)

คอนโทรลบอร์ดถูกเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์รีโมตบัสด้วยรีโมตบัส กิ่งที่แยกออกมาจากรีโมตบัสนี้เรียกว่ากิ่งรีโมตบัส (remote bus branch) การรับส่งข้อมูลใช้มาตรฐาน RS-485 โดยสามารถรับส่งข้อมูลผ่านตัวกลางหลายชนิด เช่น สายไฟทองแดง สายใยแก้ว ระบบอินฟราเรด

สปริง หรือตัวกลางชนิดอื่นๆ บัสเทอร์มินัลโมดูลชนิดพิเศษและโมดูลอินพุตเอาท์พุตบางชนิดเช่น หุ่นยนต์ ชุดขับกำลัง หรือ อุปกรณ์ภาคการเคลื่อนไหวภายในระบบควบคุมสามารถต่อใช้งานเป็นอุปกรณ์รีโมตบัสได้ อุปกรณ์แต่ละตัวมีแหล่งจ่ายไฟสำหรับตัวเองซึ่งจะแยกกันทางไฟฟ้ากับภาคการส่งสัญญาณออกสู่ภายนอกตัวอุปกรณ์ และนอกเหนือไปจากการทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแล้ว รีโมตบัสยังสามารถใช้เป็นสายไฟสำหรับจ่ายไฟป้อนให้โมดูลอินพุตเอาท์พุตและอุปกรณ์เซนเซอร์อีกด้วย



รูปที่2.48 ชุดรีโมตบัส

2.14.10 บัสเทอร์มินัล (Bus terminal)

โมดูลบัสเทอร์มินัล หรืออุปกรณ์ที่บรรจุฟังก์ชั่นการทำงานของบัสเทอร์มินัลอยู่ภายในตัว จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับรีโมตบัส กิ่งของบัสที่แยกออกมานั้น เชื่อมต่อกับระบบหลักโดยต่อกับโมดูลรีโมตบัสและโมดูลอินพุตเอาท์พุต ด้วยวิธีนี้ทำให้สามารถต่อเซนเซอร์และอุปกรณ์ภาคการทำงาน (actuator) อื่นๆ เข้ากับระบบ InterBUS ได้

การใช้บัสเทอร์มินัลทำให้สามารถแบ่งแยกระบบออกเป็นส่วนปลีกย่อยหลายส่วน ทำให้สามารถเลือกตัดต่อส่วนบางส่วนออกจากระบบในขณะที่ระบบกำลังทำงานอยู่ได้โดยไม่ต้องหยุดระบบ โมดูลอินพุตเอาท์พุตสามารถใช้ไฟป้อนเลี้ยงวงจรจากบัสเทอร์มินัลได้ นอกจากนี้ บัสเทอร์มินัลยังทำหน้าที่เป็นตัวขยายสัญญาณ (repeater) และแยกส่วนประกอบต่างๆ ภายในระบบออกจากกันทางไฟฟ้า

จะถูกจ่ายออกมาจากโมดูลบัสเทอร์มินัล ในขณะเดียวกัน สัญญาณข้อมูลเอาท์พุตก็จะถูกส่งออกมา ต่างหากจากโมดูลเอาท์พุต ระบบบัสที่มีโครงสร้างการต่ออุปกรณ์ภายในบัสแบบกระจายเป็นกิ่งก้านสาขาโดยทั่วไปมักจะใช้โมดูลอินพุตเอาท์พุตเป็นอุปกรณ์โลคัลบัส

2.14.12 Loop

เซนเซอร์และแอคชูเอเตอร์ในเครื่องจักรและระบบสามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบ InterBUS ได้โดยใช้สายไฟเพียง 2 เส้น ที่ทำหน้าที่ทั้งรับส่งข้อมูลและจ่ายไฟเลี้ยง นอกจากนี้ ยังมีโมดูลใช้งานเฉพาะด้านแบบอื่นๆ ที่สามารถเชื่อมต่อกับ InterBUS ได้อีก เช่น มอเตอร์สตาร์ทเตอร์