สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก
# MICRO CIM

โดย

นายคเณศ แอดำ

นายสัมพันธ์ ขับกล่อม

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55655
วัน,เดือน,ปี 24 พ.ค. 2548

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก

MICRO CIM

ผู้จัดทำ 1. นายคเณศ แอดำ 44015277

2. นายสัมพันธ์ ขับกล่อม 44015310

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา)

# ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก

# MICRO CIM

นาย คเณศ แอดำ 44015277
นาย สัมพันธ์ ขับกล่อม 44015310
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา
ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ต่างๆเข้าด้วยกัน เพื่อเป็นกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ อุปกรณ์ต่างๆประกอบด้วย เครื่อง CNC แขนกล ระบบนิวแมติกส์ และเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยควบคุมการทำงานผ่านทาง Serial port และ Parallel port ของเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังกล่องควบคุมเครื่อง CNC และกล่องควบคุมแขนกล ลำดับขั้นการทำงานเริ่มจาก คอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณให้แขนกลเคลื่อนที่จับชิ้นงานไปวางไว้ที่ฐาน จากนั้นส่งสัญญาณให้ระบบนิวแมติกส์จับยึดชิ้นงาน แล้วส่งสัญญาณให้ เครื่อง CNC กัดชิ้นงาน ลำดับสุดท้ายส่งสัญญาณให้แขนกลหยิบชิ้นงานกลับไปไว้ที่เดิม แล้วเริ่มกระบวนการทำงานใหม่อีกครั้ง

ABSTRACT

This project is about hardware interface to be small automatic controlled system. This system consists of the CNC machine, robot arm, pneumatic system and computer. By control the working through the serial and parallel port of computer to CNC machine and robot arm control box. Its working begin the computer send the signal command arm robot move to hold a work piece go to the fixture, then send the signal to pneumatic system for hold a work piece. After that send the signal to CNC machine for milling and last send the signal to robot arm pick a work piece up to go back to the store place and the work circle made again.

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีเครื่องซีเอ็นซี | 2 |
| 2.1. การควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์ | 2 |
| 2.2. ระบบวัดขนาด | 4 |
| 2.3. รหัสเอ็นซี | 7 |
| 2.4. ส่วนโปรแกรมสั่งงานเอ็นซี | 9 |
| 2.5. ระบบการเคลื่อนที่ | 12 |
| 2.6. ชนิดของการควบคุม | 14 |
| 2.7. เครื่องมือกล BOXFORD DUET | 18 |
| บทที่ 3 หุ่นยนต์ | 22 |
| 3.1. คำจำกัดความของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม | 22 |
| 3.2. ชนิดของหุ่นยนต์ | 22 |
| 3.3. มือของหุ่นยนต์ | 28 |
| 3.4. ระบบการขับเคลื่อน | 28 |
| 3.5. หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์ | 30 |
| 3.6. ตัวจับสัญญาณและเอนโคดเดอร์ในระบบการควบคุมมอเตอร์ | 37 |
| 3.7. ลักษณะเฉพาะและการใช้งานของ Robot | 41 |
| บทที่ 4 ระบบนิวแมติกส์ | 43 |
| 4.1. ความรู้เบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์ | 43 |
| 4.2. การทำงานของระบบนิวแมติกส์ | 44 |
| 4.3. วาล์วและอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม | 46 |
| 4.4. กระบอกสูบลม | 52 |
| บทที่ 5 การเชื่อมต่อและการทำงาน | 56 |
| 5.1. การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์การทำงานในโครงงาน | 56 |
| 5.2. การทำงานของระบบ | 57 |
| 5.3. Flowchart การทำงาน | 61 |
| บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ | 65 |

**สารบัญ (ต่อ)**

หน้า

ภาคผนวก ก.
ภาคผนวก ข.
กิตติกรรมประกาศ
หนังสืออ้างอิง

# สารบัญรูป

หน้า


รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบซีเอ็นซี 2
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการควบคุมเครื่องจักรด้วยระบบวงรอบปิด 4
รูปที่ 2.3 การวัดตำแหน่งโดยตรง 4
รูปที่ 2.4 การวัดตำแหน่งทางอ้อม 5
รูปที่ 2.5 การวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ 6
รูปที่2.6 การวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง 6
รูปที่ 2.7 การทำงานแบบอินครีเมนทัล 12
รูปที่ 2.8 การทำงานแบบแอบโซลูท 13
รูปที่ 2.9 การควบคุมแบบจุดต่อจุด 15
รูปที่ 2.10 การควบคุมแบบเส้นตรง 15
รูปที่ 2.11 การควบคุมเส้นขอบรูป 16
รูปที่ 2.12 การควบคุมตามเส้นขอบรูปแบบ 2 แกน 17
รูปที่ 2.13 การควบคุมตามเส้นขอบรูปแบบ 2 แกนครึ่ง 17
รูปที่ 2.14 การควบคุมตามเส้นขอบรูปแบบ 3 แกน 18
รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบของเครื่องมือกล BOXFORD DUET 19
รูปที่ 3.1 Polar Configuration 22
รูปที่ 3.2 Cylindrical 23
รูปที่ 3.3 Cartesian 23
รูปที่ 3.4 Articulated 24
รูปที่ 3.5 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงสี่เหลี่ยม 25
รูปที่ 3.6 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงกระบอก 26
รูปที่ 3.7 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบทรงกลม 26
รูปที่ 3.8 หุ่นยนต์ที่แขนเป็นข้อต่อ 27
รูปที่ 3.9 หุ่นยนต์สคารา 27
รูปที่ 3.10 ตัวอย่างหุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 28
รูปที่ 3.11 ตัวอย่างหุ่นยนต์ระบบขับเคลื่อนด้วยไฮดรอลิกส์ 29
รูปที่ 3.12 ตัวอย่างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยนิวแมติกส์ 30
รูปที่ 3.13 แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัวดีซีมอเตอร์ 31

## สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า


รูปที่ 3.14 ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก 32

รูปที่ 3.15 คุณสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของดีซีมอเตอร์อนุกรมภายใต้ภาวะโวลท์เต็จคงที่ 32

รูปที่ 3.16 ดีซีมอเตอร์แบบแยกปรับสนามแม่เหล็กได้ 33

รูปที่ 3.17 แสดงคุณสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของชันท์มอเตอร์ภายใต้ภาวะการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่และอาร์มาเจอร์โวลท์เต็จคงที่ 33

รูปที่ 3.18 ดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์เป็นแบบแม่เหล็กถาวร 33

รูปที่ 3.19 ระบบการคอนโทรลดีซีมอเตอร์แบบพื้นฐาน 35

รูปที่ 3.20 บล็อคไดอะแกรมของระบบคอนโทรลความเร็วที่มีทาโคมิเตอร์เป็นตัวป้อนกลับ 36

รูปที่ 3.21 บล็อคไดอะแกรมของระบบดิจิตอลคอนโทรลของดีซีมอเตอร์ 37

รูปที่ 3.22 แสดงระบบเอนโคดเดอร์แบบโรตารี่ 37

รูปที่ 3.23 แสดงเอนโคดเดอร์ที่นับการเพิ่มค่าแบบลิเนียร์ 38

รูปที่ 3.24 แสดงตัวอย่างกลไกของออฟโตอินคริเม้นท์ 38

รูปที่ 3.25 แสดงตัวอย่างตัวจับสัญญาณแบบมีช่องปิดเปิดให้แสงผ่านได้ช่องเดียวและแบบมีหลายช่อง 38

รูปที่ 3.26 แสดงถึงผลของแสงที่เดินในแนวเดียวกันและแสงที่ตกกระทบ 39

รูปที่ 3.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นลิเนียร์กับความไม่ได้ศูนย์กลาง 40

รูปที่ 3.28 (a) แสดงตัวอย่างลูกคลื่นเอาท์พุทสี่เหลี่ยมของอุปกรณ์เอนโคดเดอร์ช่องเดียว (ไบไดเร็คชัน) 41

รูปที่ 3.28 (b) แสดงสัญญาณเอนโคดเดอร์ 2 ช่องมีมุมเฟสต่างกัน 90 องศา (สองทิศทาง) 41

รูปที่ 4.1 อุปกรณ์และระบบนิวแมติกส์ 44

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างวาล์วและอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม 46

รูปที่ 4.3 ตัวอย่างการใช้วาล์วควบคุมทิศทางควบคุมการทำงานของกระบอกสูบ 47

รูปที่ 4.4 แสดงตัวอย่างสัญลักษณ์ของวาล์ว 48

รูปที่ 4.5 วาล์วจำกัดแรงดัน 50

รูปที่ 4.6 วาล์วจัดลำดับแรงดัน 51

## สารบัญรูป (ต่อ)


หน้า

รูปที่ 4.7 วาล์วหรี่ปรับค่าได้ 51

รูปที่ 4.8 วาล์วควบคุมอัตราการไหลของลมทางเดียว 52

รูปที่ 4.9 ลักษณะโครงสร้างของกระบอกสูบลม 53

รูปที่ 4.10 แสดงสภาวะปกติของกระบอกสูบ 53

รูปที่ 4.11 แสดงสภาวะการทำงานของกระบอกสูบ 54

รูปที่ 4.12 แสดงสภาพการทำงานของกระบอกสูบเคลื่อนที่เข้าสุด 54

รูปที่ 4.13 แสดงสภาพการทำงานของกระบอกสูบเคลื่อนที่ออกสุด 54

รูปที่ 5.1 การเชื่อมต่อทางพอร์ทอนุกรม 56

รูปที่ 5.2 วงจรการทำงานของระบบนิวแมติกส์ 57

รูปที่ 5.3 แสดงวงจรการใช้งาน MCS-51 58

รูปที่ 5.4 แสดงวงจร Drive Motor 59

รูปที่ 5.5 แสดง sensor circuit ของเอนโคดเดอร์ 59

รูปที่ 5.6 แสดงการทำงานรวมของระบบ 60

รูปที่ 5.7 แสดง Flowchart การทำงานของเครื่อง CNC 61

รูปที่ 5.8 แสดง Flowchart การทำงานของระบบนิวแมติกส์ 62

รูปที่ 5.9 แสดง Flowchart การออกแบบชิ้นงาน 63

รูปที่ 5.10 แสดง Flowchart แขนกล 64

# สารบัญตาราง


หน้า

ตารางที่ 2.1 การกำหนดลักษณะการใช้งานของตัวอักษรตามมาตรฐาน ของ EIA RS-274 B 8

ตารางที่ 2.2 การกำหนดลักษณะการใช้งานของตัวอักษรตามมาตรฐาน ของ EIA RS-274 B (ต่อ) 9

ตารางที่ 2.3 แสดงชุดคำสั่งที่มีใช้ในโปรแกรม 10

ตารางที่ 2.4 แสดงชุดคำสั่ง M code 12

ตารางที่ 4.1 การกำหนดรหัสทางต่อลมของวาล์วควบคุมทิศทาง 48

# บทที่ 1
# บทนำ

โครงงานนี้แสดงการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ โดยมีคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมให้ทำงานโดยอัตโนมัติ ซึ่งอุปกรณ์ทำงานประกอบด้วย เครื่อง CNC แขนกล และระบบนิวแมติกส์ คอมพิวเตอร์ยังเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับเครื่องจักร การทำงานลักษณะนี้ ผู้ปฏิบัติงาน (operator) จะเป็นผู้สั่งงานผ่านทางโปรแกรมที่กำหนดไว้ การทำงานเป็นลำดับขั้นตอนเริ่มจากการกำหนดรูปแบบชิ้นงาน แขนกลหยิบชิ้นงานไปวางให้เครื่อง CNC นิวแมติกส์สั่งจับชิ้นงาน เครื่อง CNC จะเป็นตัวกัดชิ้นงานตามโปรแกรมที่กำหนด และแขนกลหยิบชิ้นงานไปวางที่เดิมเป็นการเสร็จสิ้นการทำงานหนึ่งกระบวนการทำงาน

วัตถุประสงค์

เพื่อควบคุมการทำงานของกระบวนการผลิต ให้ทำงานร่วมกันเป็นขั้นตอน ต่อเนื่องกันไป โดยใช้เครื่อง CNC แขนกล และระบบนิวแมติกส์ เพื่อให้การทำงานเป็นแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก

ขอบเขตของโครงงาน

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์จะเริ่มจากการศึกษาการติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกณ์ทำงานผ่านทาง Serial Port และ Parallel Port การทำงานของเครื่อง CNC การทำงานของระบบนิวแมติกส์ในการสั่งการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ การบังคับการเคลื่อนที่ของแขนกลในลักษณะต่าง ๆ และการสั่งงานอุปกรณ์ที่กล่าวมาแล้วให้ทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ

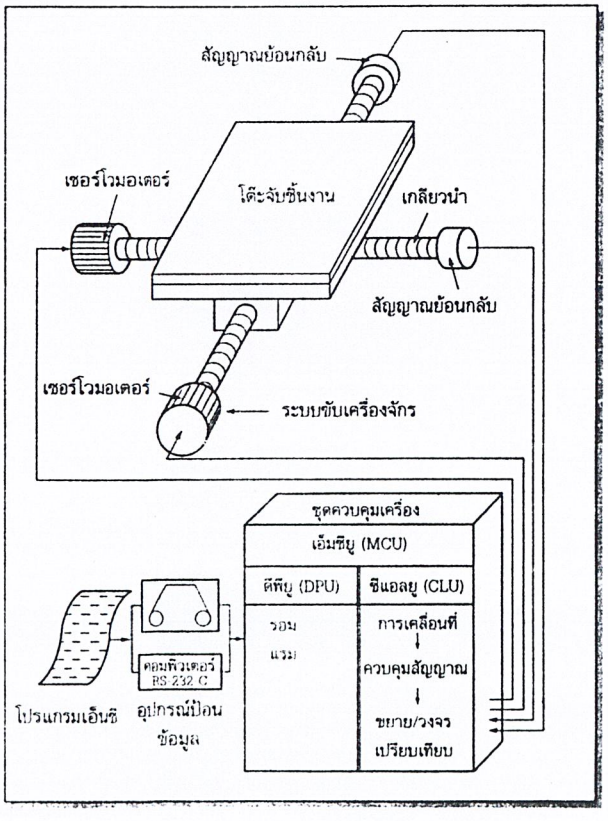
# บทที่ 2
# ทฤษฎีเครื่องซีเอ็นซี

## 2.1. การควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์

การควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Numerical Control : CNC) เป็นระบบการควบคุมคำสั่งเชิงตัวเลขและตัวอักษรด้วยคอมพิวเตอร์ โดยที่คอมพิวเตอร์นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องจักรเก็บข้อมูลหรือช่วยในการป้อนข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขโปรแกรม

ในปัจจุบันเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซีนี้สามารถทำการป้อนข้อมูลทางมือ (Manual Data Input : MDI) ได้ ทำให้เราสามารถเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขโปรแกรมได้สะดวก หรือถ้าต้องการแทรกข้อมูล การให้ขนาดใหม่ การเปลี่ยนความเร็วรอบ การเปลี่ยนความเร็วตัดและอัตราการป้อน ก็สามารถทำได้โดยง่าย

ระบบซีเอ็นซีมีส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญ 6 ส่วนดังแสดงในรูป 2.1




รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบซีเอ็นซี

1. ส่วนที่เป็นโปรแกรมสั่งงาน (part program) โปรแกรมสั่งงานในระบบซีเอ็นซีจะมีลักษณะเป็นแถว โดยในแต่ละแถวจะมีรหัสคำสั่ง (NC code) ที่เขียนไว้ในรูปแบบของตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ ซึ่งรหัสคำสั่งในแต่ละแถวนี้ จะแทนตำแหน่งการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดบนเครื่องจักรซีเอ็นซี เพื่อใช้สำหรับการขึ้นรูปชิ้นส่วน ตัวอย่างของโปรแกรมสั่งงาน เช่น N10 G00 X200 Y100 Z5 M03 S2000 เป็นต้น

2. ส่วนที่ใช้ป้อนข้อมูลของโปรแกรม (program input device) การป้อนข้อมูลของโปรแกรมในเครื่องจักรซีเอ็นซีที่เป็นแบบซอฟต์ไวร์ (soft wire) นั้นจะใช้วิธีการป้อนโปรแกรมเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ที่ชุดควบคุมการทำงานของเครื่อง (MCU) ด้วยสายส่งสัญญาณ (interface bus) เช่น RS-232-C โดยที่เราไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องอ่านเทปเพื่อแปลรหัสคำสั่งเหมือนกับเครื่องในระบบเอ็นซี

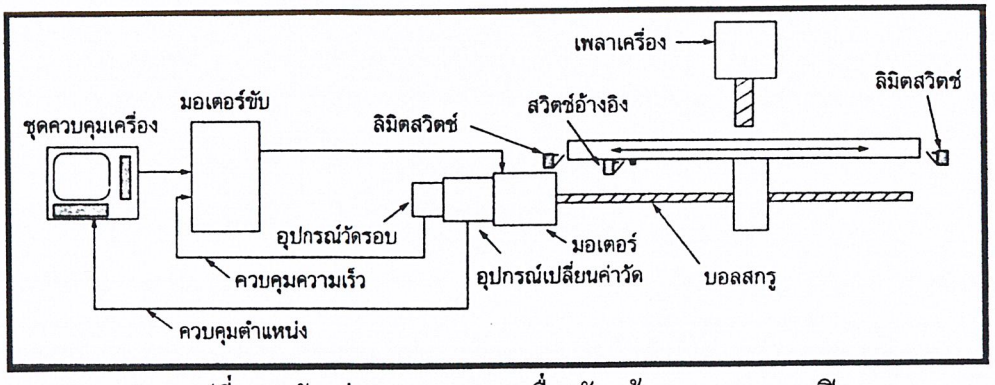
3. หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่อง (machine control unit) หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่องหรือ MCU มีหน้าที่อ่านและตีความหมายของคำสั่งที่ส่งมาจากส่วนป้อนข้อมูลของโปรแกรม หลังจากนั้นก็จะแปลงเป็นสัญญาณเพื่อไปควบคุมระบบขับเคลื่อนของเครื่องจักรซีเอ็นซีต่อไป

หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่องแบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญๆ คือ ส่วนที่ทำหน้าที่อ่านโปรแกรม (Data Processing Unit : DPU) เช่น เครื่องอ่านเทปกระดาษ เครื่องอ่านเทปแม่เหล็ก หรือ RS-232-C เป็นต้น และส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี (Control Loop Unit : CLU) เช่น ความเร็วรอบ อัตราป้อน การเคลื่อนที่ของแนวแกน การเปลี่ยนเครื่องมือตัด การเปิด/ปิดน้ำหล่อเย็น เป็นต้น

4. ส่วนที่เป็นระบบควบคุมการขับเคลื่อน (drive system) การควบคุมการขับเคลื่อนในระบบซีเอ็นซีแบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ ใช้มอเตอร์แบบเป็นขั้น (stepping motor) ใช้มอเตอร์กระแสตรง (DC servo motor)ใช้มอเตอร์กระแสสลับ (AC servo motor ) และระบบไฮดรอลิก (hydraulic servo drive)

5. เครื่องจักรกล (machine tool) เครื่องจักรกลที่ถูกออกแบบมาเพื่อควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซีจะมีระบบการควบคุม 2 ลักษณะ คือแบบวงรอบเปิดและแบบวงรอบปิด หรือการผสมผสานระหว่างแบบวงรอบเปิดและแบบวงรอบปิด โดยเครื่องจักรที่ควบคุมแบบวงรอบเปิดจะมีสัญญาณส่งไปที่มอเตอร์ ทำให้โต๊ะจับชิ้นงานเคลื่อนที่ไปตามที่โปรแกรมไว้ ซึ่งการควบคุมด้วยระบบนี้จะไม่มีระบบตรวจสอบสัญญาณย้อนกลับ (feedback system) ทำให้ไม่สามารถที่จะตรวจสอบได้ว่าสัญญาณที่ส่งมานั้นได้ทำแล้วหรือยัง หรือมีข้อผิดพลาดอย่างไร ส่วนการควบคุมแบบรอบวงปิดจะ

มีระบบตรวจสอบสัญญาณย้อนกลับ เมื่อโต๊ะหรือเครื่องมือตัดเคลื่อนที่ถึงตำแน่งที่โปรแกรมไว้ ก็จะมีสัญญาณจับเพื่อควบคุมให้โต๊ะจับชิ้นงานหรือเครื่องมือตัดหยุด



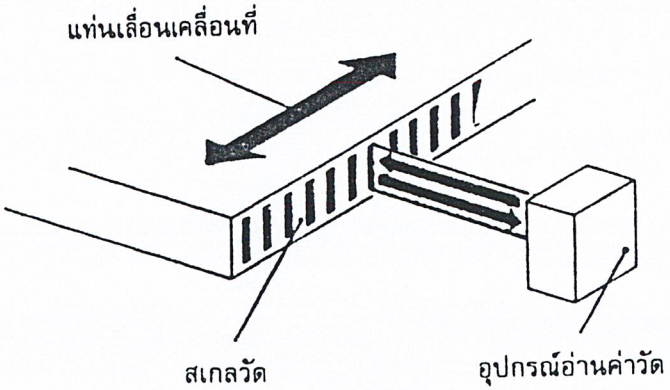

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการควบคุมเครื่องจักรด้วยระบบวงรอบปิด

2.2. ระบบวัดขนาด (Measuring system)

การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ ในแต่ละแนวแกนของแท่นเลื่อน จะถูกส่งไปยังระบบควบคุม โดยระบบวัดขนาด การวัดตำแหน่งของแท่นเลื่อนสามารถที่จะวัดได้ทั้งโดยตรง (Direct Measurement) และโดยอ้อม (Indirect Measurement)

2.2.1. การวัดตำแหน่งโดยตรง

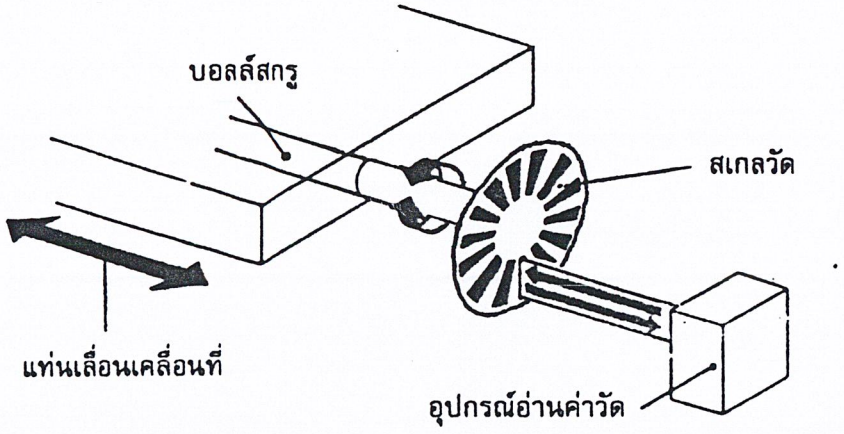
วิธีนี้ใช้สเกลวัด (measuring scale) ยึดติดกับแท่นเลื่อนหรือโต๊ะงานโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ข้อดีของวิธีวัดแบบนี้ก็คือ ความไม่เที่ยงตรงของสกรูนำเลื่อน (lead screw) และระบบขับจะไม่มีผลกระทบต่อค่าที่อ่านได้ อุปกรณ์อ่านค่าวัด (Measuring valve resolver) จะอ่านข้อมูลในการวัดจากขีดสเกลวัด (measuring scale grid) และแปลงข้อมูลนี้เป็นสัญญาณไฟฟ้าและส่งกลับไปยังระบบควบคุม




รูปที่ 2.3 การวัดตำแหน่งโดยตรง

2.2.2. การวัดตำแหน่งโดยอ้อม

การเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนจะได้รับกำลังขับมาจากการหมุนของบอลล์สกรู อุปกรณ์เปลี่ยนค่าวัด (Resolver) จะบันทึกการเคลื่อนที่หมุนของแผ่นจานสัญญาณ (Pulse disc) ที่ติดตั้งกับบอลล์สกรู และส่งต่อไปยังระบบควบคุมของเครื่อง ระบบควบคุมก็จะใช้สัญญาณที่ได้รับนี้ไปคำนวนหาระยะทางการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนจากสัญญาณที่หมุน (Rotation pulses) ของแผ่นจานสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 2.4

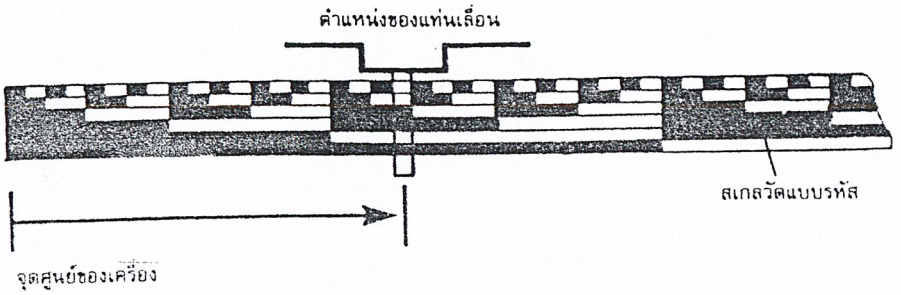



รูปที่ 2.4 การวัดตำแหน่งทางอ้อม

นอกจากการวัดตำแหน่งทางตรงและทางอ้อมแล้ว ในระบบการวัดขนาดของเครื่องจักรกลเอ็นซีที่ต้องการให้การวัดตำแหน่งมีความเที่ยงตรงตลอดแนวแกนป้อน จะต้องต่อระบบขับป้อนเข้ากับอุปกรณ์วัดที่เหมาะสม อุปกรณ์วัดโดยทั่วไปจะประกอบด้วยสเกลกับอุปกรณ์อ่านค่าวัดที่สามารถอ่านสเกลได้ สเกลที่ใช้ในอุปกรณ์วัดมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ สเกลวัดแบบรหัส (code measuring scale) กับสเกลวัดเป็นช่อง (division grid) การใช้สเกลวัดทั้ง 2 ชนิด จะขึ้นอยู่กับวิธีการวัดตำแหน่ง (position measurement) วิธีการวัดตำแหน่งที่นิยมใช้กันทั่วไปมีอยู่ 2 วิธีคือ การวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ (absolute position measurement) กับการวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่องหรือแบบลูกโซ่ (incremental or chain position measurement) ซึ่งมีความแตกต่างกันดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.3. การวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์

คำว่า สัมบูรณ์ (absolute) ที่ใช้ร่วมกับการวัดตำแหน่งนี้จะหมายความว่า ค่าตำแหน่งต่างๆ สามารถวัดได้ตลอดเวลาและเป็นอิสระจากสถานะของเครื่องและระบบควบคุม ทั้งนี้เพราะว่าค่าต่างๆ เหล่านี้จะวัดอ้างอิงจากจุดศูนย์อ้างอิง (fixed zero datum) เสมอ



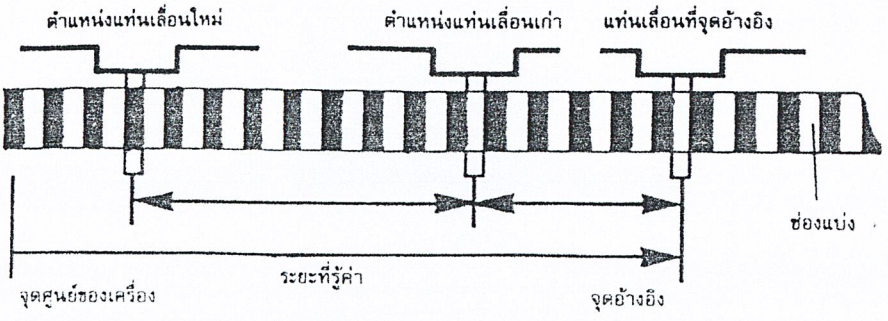

รูปที่ 2.5 การวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์

การวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 จะใช้สเกลวัดแบบรหัส (coded measuring scale) ซึ่งจะชี้แสดงตำแหน่งของแท่นเลื่อนที่ถูกต้องตลอดเวลา โดยอ้างอิงจากตำแหน่งจุดศูนย์ของเครื่อง (Machine zero point) ซึ่งเป็นตำแหน่งศูนย์ที่จุดอ้างอิงที่แน่นอนและถาวรของเครื่องจักรกลเอ็นซี

ข้อสำคัญของการใช้วิธีการวัดตำแหน่งแบบนี้ก็คือ ความยาวของช่องอ่านค่าวัดของสเกลจะต้องยาวกว่าระยะเลื่อนทำงานของแท่นเลื่อน เพื่อให้ระบบควบคุมของเครื่องสามารถวัดได้ทุกตำแหน่ง สเกลนี้จะใช้รหัสเป็นตัวเลขฐานสอง (Binary system)

2.2.4. การวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง

คำว่า ต่อเนื่อง (incremental) แปลว่า ระยะเลื่อนสั้นๆ ตามความยาวที่กำหนด ดังนั้น ในการวัดตำแหน่งอาจจะเป็นการเพิ่มหรือลดขนาดความยาวในการเคลื่อนที่ที่วัดอยู่ก็ได้ ในระหว่างการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อน ระบบควบคุมจะทำการนับจำนวนส่วนแบ่ง (divisions) ที่ตำแหน่งใหม่แตกต่างจากตำแหน่งก่อนหน้านี้เสมอ




รูปที่2.6 การวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง

วิธีการวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่องที่แสดงในรูป 2.6 สเกลวัดจะแบ่งเป็นช่อง (grid) แบบง่าย โดยแต่ละช่องจะมีพื้นที่สว่างกับมืดสลับกันไป เมื่อแท่นเลื่อนเคลื่อนที่ ช่องนี้ก็จะวิ่งผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนค่าวัด (resolver) ซึ่งจะทำหน้าที่นับจำนวนช่องพื้นที่สว่างและมืด จากนั้นก็จะส่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าไปยังระบบควบคุมของเครื่อง ระบบควบคุมก็จะนำสัญญาณนี้มาคำนวนหาตำแหน่งสุดท้ายของแท่นเลื่อนที่แตกต่างจากตำแหน่งก่อนหน้านี้ ในทางปฏิบัติที่ต้องการให้วิธีการวัดแบบนี้ทำงานได้อย่างถูกต้อง เมื่อเริ่มเปิดสวิตซ์ระบบควบคุมของเครื่อง ควรจะเลื่อนไปยังจุดที่ทราบค่าระยะห่างจากจุดศูนย์ของเครื่อง จุดนี้จะเรียกว่า จุดอ้างอิง (Reference Point) หลังจากที่แท่นเลื่อนในแนวแกนต่างๆ เลื่อนไปยังจุดอ้างอิงแล้ว อุปกรณ์อ่านค่าวัดก็จะสามารถทำหน้าที่วัดตำแหน่งด้วยช่องสเกลได้

2.3. รหัสเอ็นซี

รหัสของเอ็นซี (NC codes) จะใช้กำหนดหน้าที่การทำงานของเครื่องจักร โดยอาศัยชุดควบคุมเครื่อง ในโปรแกรมเอ็นซีจะใช้รหัสอยู่ 3 ชนิดคือ หมายเลข (numbers), ตัวอักษร (character) และสัญลักษณ์ (symbols) โดยแต่ละรหัสนี้มีขนาดเท่ากับ 8 บิต ซึ่งประกอบไปด้วย

1. ตัวอักษร (character) ในโปรแกรมเอ็นซีนี้จะใช้ตัวอักษรเพื่อกำหนดลักษณะการทำงาน หรือกำหนดเงื่อนไขต่างๆ โดยตำแหน่งของตัวอักษรนี้จะกำหนดไว้ที่ด้านหน้าของแต่ละคำ (word) ตัวอักษรที่กำหนดโดยมาตรฐาน EIA RS-274 B

2. คำ (word) หมายถึงกลุ่มของตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่ประกอบกันขึ้นเพื่อใช้กำหนดเงื่อนไขในการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี เช่น

N10 หมายถึงหมายเลขบรรทัดของโปรแกรม

G01 หมายถึงการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงตามอัตราการป้อน

X1.0 หมายถึงระยะทางที่เคลื่อนที่ไปตามแนวแกน X เท่ากับ 1.0 หน่วย

3. บล็อก (block) หมายถึงการนำจำนวนคำ (word) หลายๆคำมาประกอบกันเป็นคำสั่งควบคุมการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี ยกตัวอย่างเช่น

N10 G90 G80 G17 บล็อกที่ประกอบด้วยจำนวนคำ 4 คำ

N10 T01 M06 บล็อกที่ประกอบด้วยจำนวนคำ 3 คำ

N20 G01 X2.0 Y1.5 F7.5 บล็อกที่ประกอบด้วยจำนวนคำ 5 คำ

4. โปรแกรม (program) หมายถึงการรวมกันของบล็อกหลายๆ บล็อกที่เขียนขึ้นตามลำดับขั้นตอนในการตัดเฉือนชิ้นงานตามที่เรากำหนดไว้ ในโปรแกรมนั้นจะประกอบด้วยคำสั่งเกี่ยวกับการทำงานและคำสั่งช่วยในการทำงานตัวอย่างคำสั่งในการทำงาน เช่น คำสั่งเคลื่อนที่เร็ว (G00)

คำสั่งเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (G01) เป็นต้น ส่วนคำสั่งช่วยในการทำงานนั้นจะประกอบไปด้วย ตำแหน่งที่เคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด (coordinate) ความเร็วรอบของเพลาจับยึดเครื่องมือตัด (spindle speed) อัตราป้อน (feed rate) การชดเชยรัศมีของเครื่องมือตัด (cutter radius compensation) เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 การกำหนดลักษณะการใช้งานของตัวอักษรตามมาตรฐานของ EIA RS-274 B

| ตัวอักษร | การใช้งานและความหมาย |
|---|---|
| A | การควบคุมแนวแกน X |
| B | การควบคุมแนวแกน Y |
| C | การควบคุมแนวแกน Z |
| D | (1) การหมุนรอบแนวแกนพิเศษ<br>(2) อัตราป้อนที่สาม |
| E | (1) หมุนรอบแกนพิเศษ<br>(2) อัตราป้อนที่สอง |
| F | อัตราป้อน |
| G | การจัดเตรียมการทำงาน |
| H | ไม่ระบุ |
| I | (1) ขนาดรอบแกน X ของจุดศูนย์กลางวงกลม<br>(2) ระยะพิตช์ของเกลียวที่ขนานแนวแกน X |
| J | (1) ขนาดรอบแกน Y ของจุดศูนย์กลางวงกลม<br>(2) ระยะพิตช์ของเกลียวที่ขนานแนวแกน Y |
| K | (1) ขนาดรอบแกน Z ของจุดศูนย์กลางวงกลม<br>(2) ระยะพิตช์ของเกลียวที่ขนานแนวแกน Z |
| L | ไม่กำหนด |
| M | คำสั่งช่วยทำงาน |
| N | หมายเลขบรรทัดในโปรแกรม |
| O | ไม่กำหนด |
| P | การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 3 ที่ขนานกับแนวแกน X |
| Q | การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 3 ที่ขนานกับแนวแกน Y |
| R | การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 3 ที่ขนานกับแนวแกน Z |
| S | ความเร็วรอบของเพลาจับเครื่องมือตัด |
| T | เรียกเครื่องมือตัด |

ตารางที่ 2.2 การกำหนดลักษณะการใช้งานของตัวอักษรตามมาตรฐานของ EIA RS-274 B (ต่อ)

| ตัวอักษร | การใช้งานและความหมาย |
|---|---|
| U | การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 2 ที่ขนานกับแนวแกน X |
| V | การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 2 ที่ขนานกับแนวแกน Y |
| W | การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 2 ที่ขนานกับแนวแกน Z |
| X | การเคลื่อนที่ในแนวแกน X |
| Y | การเคลื่อนที่ในแนวแกน Y |
| Z | การเคลื่อนที่ในแนวแกน Z |

2.4. ส่วนโปรแกรมสั่งงานเอ็นซี

คำที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซี (NC words) เพื่อกำหนดหน้าที่และควบคุมการทำงานของเครื่องซีเอ็นซีสามารถแบ่งออกได้ 8 ชนิดคือ

1. หมายเลขลำดับของบล็อก (Nxxx) ในโปรแกรมเอ็นซีนั้นจะมีหมายเลขของบล็อกกำกับไว้ตามขั้นตอนในการทำงานหรือขั้นตอนในการขึ้นรูปชิ้นงาน ตัวอย่างการเขียนหมายเลขลำดับของบล็อกในโปรแกรมที่มีลำดับขั้นในการทำงาน 10 ขั้นตอนอาจจะเขียนได้ดังต่อไปนี้คือ

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| N005 | | N010 | | N10 |
| N010 | | N020 | | N20 |
| N015 | หรือ | N030 | หรือ | N30 |
| \| | | \| | | \| |
| N055 | | N100 | | N100 |

2. การจัดเตรียมการทำงาน (G) การจัดเตรียมในการทำงานในระบบเอ็นซีจะกำหนดด้วยอักษร G และตามด้วยตัวเลข 2 หลัก เพื่อกำหนดและควบคุมการทำงาน ตัวอย่างรหัสที่ใช้ในการจัดเตรียมการทำงานสำหรับงานกัด (milling) และงานกลึง (turning) แสดงไว้ในตาราง 2.3

รายละเอียดเกี่ยวกับ G code

1. คำสั่ง G00 เป็นการเคลื่อนที่เข้าสู่ตำแหน่งอย่างรวดเร็ว

รูปแบบ G00 X_ Y_ Z_

2. คำสั่ง G01 เป็นการตัดตามระยะทางที่เป็นเส้นตรง เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งที่กำหนดด้วยความเร็วตาม Feed rate ซึ่งการกำหนดตำแหน่งจะขึ้นกับว่าเป็น G90 หรือ G91

รูปแบบ G01 X_ Y_ Z_

ตารางที่ 2.3 แสดงชุดคำสั่งที่มีใช้ในโปรแกรม

| | ความหมาย |
|---|---|
| G00 | การเคลื่อนที่เร็ว |
| G01 | การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง |
| G02 | การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งตามเข็มนาฬิกา CW |
| G03 | การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งทวนเข็มนาฬิกา CWW |
| G04 | หยุดชั่วขณะหนึ่ง |
| G70 | ป้อนหน่วยเป็นนิ้ว |
| G71 | ป้อนหน่วยเป็นมิลลิเมตร |
| G90 | การวัดขนาดแบบสมบูรณ์ (Absolute) |
| G91 | การวัดขนาดแบบต่อเนื่อง (Incremental) |

3. คำสั่ง G02,G03 ตัดตามแนวเส้นโค้งตามเข็มนาฬิกา และทวนเข็มนาฬิกา ตามลำดับ

รูปแบบ G02 X_ Y_ Z_ I_ J_ K_ F_

G03 X_ Y_ Z_ I_ J_ K_ F_

โดยที่ X, Y เป็นจุดปลายของการเคลื่อนที่ และค่า I, J เป็นจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่

4. คำสั่ง G04 เป็นคำสั่งให้หยุดการทำงานชั่วขณะหนึ่งตามเวลา หน่วยเป็นวินาที

รูปแบบ G04 P_ (0.001sec-999.999sec)

5. คำสั่ง G70 เป็นการกำหนดการป้อนหน่วยเป็นนิ้ว

รูปแบบ G70

6. คำสั่ง G71 เป็นการกำหนดการป้อนหน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปแบบ G71

7. คำสั่ง G90 เป็นการกำหนดการคิดระยะทางแบบเทียบกับจุดอ้างอิง

รูปแบบ G90

8. คำสั่ง G91 เป็นการกำหนดการคิดระยะทางแบบจุดต่อจุด

รูปแบบ G91

3. การให้ขนาดตามแนวแกน (X,Y,Z) การให้ขนาดตามแนวแกนเป็นการระบุตำแหน่งปลายทางในการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดไปตามแนวแกนของเครื่องจักรซีเอ็นซี เช่น เคลื่อนที่ไปตามแนวแกน X, Y และ Z โดยที่การให้ขนาดนี้จะใช้รหัสอักษรของแนวแกน และตามด้วย

ระยะทางในการเคลื่อนที่ ซึ่งตัวเลขระบุระยะทางในการเคลื่อนที่อาจจะมีทั้งค่าบวก (+) และค่าลบ (-) เลขจำนวนเต็ม หรือมีจุดทศนิยมก็ได้ ตัวอย่างการให้ขนาดตามแนวแกน เช่น

N050 G90 X-2.0 Y-1.0

N055 G01 X0 Y0

N060 G01 Z-0.5

หมายเหตุ : การให้ขนาดจะต้องมีจำนวนของตัวเลขต่อ 1 คำไม่เกินจำนวน 8 ตัว (คอนโทรล Fanuc) เพราะถ้าเกิน 8 ตัวแล้วจะทำให้การส่งสัญญาณในระบบเอ็นซีผิดพลาดได้ ยกตัวอย่างเช่น X1.23456789, Y1.23456789 เป็นต้น

4. ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง (I, J, K) การให้ขนาดตำแหน่งจุดศูนย์กลางของวงกลม (I, J, K) จะใช้ในกรณีที่เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง เช่น G02 หรือ G03 โดยที่

I คือขนาดที่วัดจากจุดเริ่มต้นของเส้นโค้งถึงจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งในแนวแกน X

J คือขนาดที่วัดจากจุดเริ่มต้นของเส้นโค้งถึงจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งในแนวแกน Y

K คือขนาดที่วัดจากจุดเริ่มต้นของเส้นโค้งถึงจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งในแนวแกน Z

ยกตัวอย่างการให้ขนาดของตำแหน่งจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง เช่น N015 G03 X0.5 Y3.0 I-0.866 J0.866 เป็นต้น

5. การหมุนของเพลาจับยึดเครื่องมือตัด (S) ความเร็วรอบของเพลาจับยึดเครื่องมือตัด (Spindle speed) ในโปรแกรมเอ็นซีจะใช้รหัสตัวอักษร S และตามด้วยตัวเลขของความเร็วรอบ 2 ถึง 5 หลัก โดยที่ความเร็วรอบจะมีหน่วยวัดเป็นรอบ/นาที (revolulations per minute; RPM) ตัวอย่างเช่น S90, S500, S2000, S15000 เป็นต้น

6. เครื่องมือตัด (T) การเรียกเครื่องมือตัดหรือการเปลี่ยนเครื่องมือตัด (M06) จะกำหนดโดยใช้รหัสตัวอักษร T และตามด้วยหมายเลขลำดับของเครื่องมือที่เราติดตั้งไว้ในชุดเปลี่ยนเครื่องมือโดยอัตโนมัติ (Automat type magazine) ตัวอย่างเช่น

T1 = มีดกัด เครื่องมือตัดเบอร์ 1 (ขนาด ∅ 12 มิลลิเมตร ความยาว 48 มิลลิเมตร)

T2 = มีดกัด เครื่องมือตัดเบอร์ 2 (ขนาด ∅ 88 มิลลิเมตร ความยาว 48 มิลลิเมตร)

7. อัตราป้อน (F) การกำหนดอัตราการป้อนในโปรแกรมเอ็นซีจะกำหนดโดยใช้รหัสตัวอักษร F (Feed) และตามด้วยค่าตัวเลขของอัตราป้อน โดยปกติแล้วการกำหนดอัตราป้อนสำหรับงานกัดและงานเจาะนั้นหน่วยวัดเป็นนิ้ว/นาที หรือมิลลิเมตร/นาที และการกำหนดอัตราป้อนในงานกลึงจะมีหน่วยวัดเป็นนิ้ว/รอบ หรือมิลลิเมตร/รอบ ในกรณีกำหนดด้วยการวัดอัตราป้อนนั้นจะใช้รหัส G94 และ G95 โดยที่ G94 นั้นจะกำหนดหน่วยการวัดเป็นนิ้ว/นาที หรือมิลลิเมตร/นาที ส่วนรหัส G95 จะกำหนดหน่วยวัดเป็นนิ้ว/รอบ หรือมิลลิเมตร/รอบ ดังตัวอย่าง

G95 G70 F0.02 อัตราป้อนเท่ากับ 0.02 นิ้ว/รอบ

G94 G71 F200 อัตราป้อนเท่ากับ 200 มิลลิเมตร/นาที

G95 G71 F2.5 อัตราป้อนเท่ากับ 2.50 มิลลิเมตร/นาที

8. การทำงานเสริม (M) การทำงานเสริมหรือคำสั่งช่วยงาน (miscellaneous function) ในโปรแกรมเอ็นซีจะกำหนดด้วยรหัสตัวอักษร M ซึ่งเป็นรหัสคำสั่งที่ช่วยควบคุมระบบการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี ร่วมกับคำสั่งการจัดเตรียมการทำงาน (G) การกำหนดรหัสคำสั่งชนิดนี้จะใช้ตัวอักษร 2 หลักต่อท้ายตัวอักษร M ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2.4 แสดงชุดคำสั่ง M code

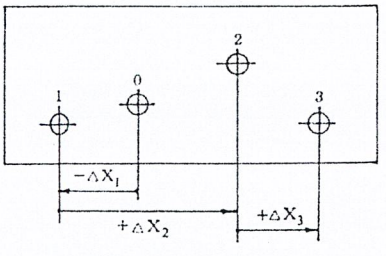
| คำสั่ง | ความหมาย |
|---|---|
| M02 | จบโปรแกรม |
| M03 | ให้ Cutter หมุนตามเข็มนาฬิกา |
| M04 | ให้ Cutter หมุนทวนเข็มนาฬิกา |
| M05 | ให้ Cutter หยุดหมุน |

2.5. ระบบการเคลื่อนที่

ระบบการเคลื่อนที่ของระบบ NC อาศัยโปรแกรมที่เขียนขึ้น เพื่อส่งให้เครื่องมือกลเคลื่อนที่ไป การเคลื่อนที่จะแบ่งออกเป็นสองระบบ คือ ระบบอินครีเมนทัล (incremental system) และระบบแอบโซลูท (absolute system)

2.5.1. ระบบอินครีเมนทัล

ในการเขียนโปรแกรมแบบอินครีเมนทัลนั้น จำเป็นต้องเข้าใจในเรื่องของขนาดสัดส่วนแบบอินครีเมนทัลด้วย ตัวอย่างชิ้นงานที่จะมาอธิบาย จะเป็นชิ้นงานที่เจาะรู 4 รู ดังรูปที่ 2.7



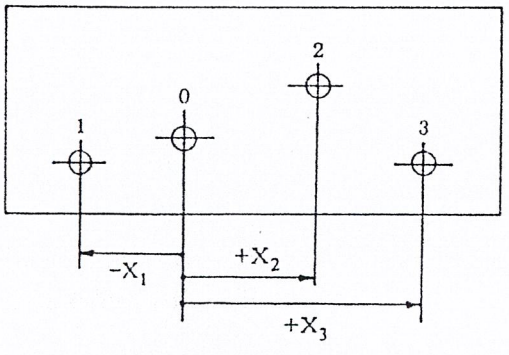

รูปที่ 2.7 การทำงานแบบอินครีเมนทัล

การทำงานในระบบอินครีเมนทัลนั้น จะทำงานในลักษณะที่เพิ่ม (increment) จากตำแหน่งปัจจุบันออกไปไม่ว่าจะเป็นชิ้นงานหรือมีดตัด การคำนวณจะเริ่มจากตำแหน่งของมีดตัด

หรือของเทเบิ้ลไปสู่ตำแหน่งที่จะไป เครื่องหมายลบและบวก จะหมายถึงการเพิ่มไปในทางบวกหรือลบ การเคลื่อนที่ในทิศทาง X ที่เป็นบวก ไม่ได้หมายความว่า เดินไปในแกน +X แต่หมายถึงการให้เคลื่อนที่ไปทางขวาโดยไปตามแนวแกน X จากตำแหน่งปัจจุบัน ในรูปที่ 2.7 นั้น รูในตำแหน่งที่ 0 จะเป็นจุดเริ่มต้น แล้วไปทำงานที่ตำแหน่ง 1 ด้วยระยะ $-\Delta X_1$ แล้วไปที่ตำแหน่ง 2 ด้วยระยะ $+\Delta X_2$ และไปที่ตำแหน่ง 3 ด้วยระยะ $+\Delta X_3$

2.5.2. ระบบแอบโซลูท

จากรูปที่ 2.8 ซึ่งเป็นชิ้นงานเดียวกันกับรูปที่ 2.7 แต่แสดงขนาดสัดส่วนในวิธีที่ต่างกันออกไป วิธีนี้เรียกว่า การแสดงขนาดสัดส่วนแบบแอบโซลูทหรือเส้นพื้นฐาน (Baseline dimensioning) ทั้งนี้ก็เนื่องจากว่า ตำแหน่งทุกตำแหน่งได้ถูกกำหนดเป็นระยะทางจากตำแหน่งศูนย์หรือจากจุดอ้างอิง ทุกขนาดสัดส่วนจะถูกคำนวณจากตำแหน่งศูนย์ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.8 เช่นกัน




รูปที่2.8 การทำงานแบบแอบโซลูท

ระบบแอบโซลูทปฏิบัติงานเช่นเดียวกันกับขนาดสัดส่วนแอบโซลูท กล่าวคือ ทุก ๆ ตำแหน่งจะถูกแสดงและปรุเทปโดยให้สัมพันธ์กับจุดศูนย์หรือจุดอ้างอิง การเคลื่อนไปตามตำแหน่งต่างๆจะมาจากจุดเดียวกันทุกครั้งจึงต่างจากระบบอินครีเมนทัลที่เพิ่มระยะทางจากตำแหน่งปัจจุบัน

ข้อดีของระบบแอบโซลูทซึ่งเป็นข้อดีเหนือกว่าระบบอินครีเมนทัลคือ เรื่องความผิดพลาดในตำแหน่ง (Position errors) ถ้าเกิดความผิดพลาดในตำแหน่งในระบบอินครีเมนทัลแล้วทุกตำแหน่งที่ตามมาจะถูกกระทบหมด และการเคลื่อนที่ที่เหลือจะไม่ถูกต้อง แต่ถ้ามีความผิดพลาดในตำแหน่งเกิดขึ้นในระบบ NC แบบแอบโซลูทแล้ว ตำแหน่งที่เจาะจงในขณะนั้นจะเกิดความผิดพลาด แต่ตำแหน่งที่ตามมาจะไม่ถูกกระทบเพราะว่าทุกขนาดสัดส่วนและการเคลื่อนที่แบบตำแหน่งในแต่ละตำแหน่งจะเคลื่อนจากจุดฐานศูนย์หรือจุดอ้างอิงจุดเดียวกันเสมอ

ทั้งระบบแอบโซลูทและระบบอินครีเมนทัลมีการประยุกต์ใช้ต่างกัน จึงบอกไม่ได้ว่า

ระบบใดถูกหรือผิด ในการประยุกต์บางครั้งอาจใช้ทั้งสองระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของงาน การควบคุมในปัจจุบันสามารถเปลี่ยนโหมดการทำงานโดยการใช้รหัสคำสั่งง่าย ๆ ได้ แต่การเลือกใช้ว่าจะเป็นระบบใดนั้น ในหลาย ๆ กรณียังต้องอาศัยการตัดสินใจของผู้เขียนโปรแกรมซึ่งต้องเป็นผู้เข้าใจทั้งสองระบบเป็นอย่างดี

2.6. ชนิดของการควบคุม (Control modes)

ลักษณะการควบคุมการเคลื่อนที่ทำงานของแท่นเลื่อนต่างๆ ในเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซีจะมีการเคลื่อนที่อยู่ 2 ลักษณะ คือ

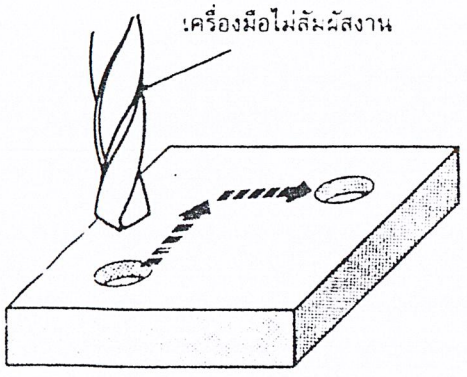
การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear interpolation หรือ Straight – line Interpolation) การเคลื่อนที่ลักษณะนี้ ระบบซีเอ็นซีจะคำนวณหาตำแหน่งของจุดต่างๆ ที่ต่อกันเป็นลูกโซ่ในแนวเส้นตรง ระหว่างตำแหน่งของเครื่องมือ 2 ตำแหน่ง ในขณะที่เครื่องมือเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งนั้น ระบบควบคุมซีเอ็นซีจะตรวจสอบและแก้ไขแนวแกนในการเคลื่อนที่ให้ถูกต้องอยู่ตลอดเวลา ทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องมือไม่ผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนออกจากจุดต่อของเส้นตรงมากกว่าค่าพิกัดความเผื่อของเครื่องที่กำหนดไว้

การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง (Circular Interpolation) ระบบควบคุมซีเอ็นซี จะคำนวณหาตำแหน่งของจุดต่างๆ ที่ต่อกันเป็นเส้นโค้งตามขนาดรัศมีที่กำหนดระหว่างตำแหน่งของเครื่องมือที่กำหนดไว้ 2 ตำแหน่ง ระบบควบคุมจะอาศัยจุดเหล่านี้ในการตรวจสอบและแก้ไขแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องมือให้ถูกต้องและอยู่ภายในพิกัดความเผื่อของเครื่องที่กำหนด

ในระบบควบคุมซีเอ็นซีจะแบ่งการควบคุมการเคลื่อนที่ทั้งสองลักษณะตามลักษณะการเคลื่อนที่ป้อนออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. การควบคุมจุดต่อจุด (Point to point control)

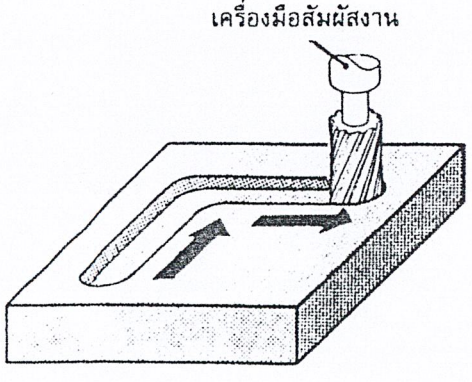
การควบคุมแบบนี้จะควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือระหว่างจุดสองจุดที่โปรแกรมไว้ในลักษณะการเคลื่อนที่เร็ว (Rapid traverse) โดยที่เครื่องมือจะต้องไม่สัมผัสชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.9 แนวแกนในการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับชนิดของระบบควบคุม กล่าวคือ มอเตอร์ขับของระบบป้อนอาจจะเริ่มทำงานหลายๆ แนวแกนพร้อมกัน หรือทำงานทีละแนวแกน จนกว่าจะเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งของเครื่องมือที่โปรแกรมไว้ ทำให้ไม่สามารถควบคุมทางเดินของเครื่องมือ (Tool path) ได้ การควบคุมแบบจุดต่อจุดมักจะใช้กับเครื่องเจาะ (drilling machine) เครื่องเชื่อมจุด (spot welding) เป็นต้น




รูปที่ 2.9 การควบคุมแบบจุดต่อจุด

2. การควบคุมการตัดเฉือนแนวเส้นตรง (Straight-cut controls)

การควบคุมชนิดนี้ นอกจากจะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือแบบเคลื่อนที่เร็วได้แล้วยังสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือในแนวขนานกับแนวแกนของเครื่องจักรกลตามค่าอัตราป้อนที่ต้องการได้อีกด้วย แต่จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้ครั้งละ 1 แนวแกนเท่านั้น การเคลื่อนที่ของเครื่องมือจะถูกควบคุมด้วยอัตราป้อนและความยาวในการเคลื่อนที่ ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ระบบการควบคุมการตัดเฉือนแนวเส้นตรงชนิดนี้ จะใช้กับเครื่องกัดและเครื่องกลึงแบบง่าย ๆ

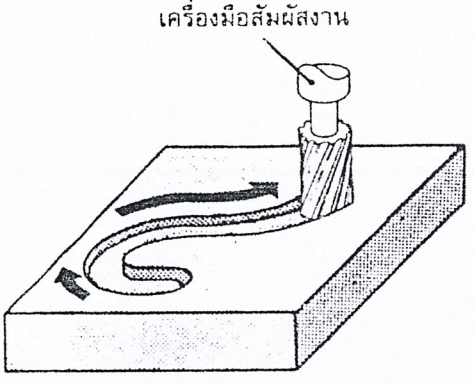



รูปที่ 2.10 การควบคุมแบบเส้นตรง

3. การควบคุมตามเส้นขอบรูป (Contouring controls)

การควบคุมแบบนี้จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ทำงานได้ดังนี้

- ควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการแบบเคลื่อนที่เร็วได้
- ควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ขนานกับแนวแกนไปยังตำแหน่งที่ต้องการตามค่าอัตราป้อนได้
- ควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใด ๆ บนชิ้นงานที่กำหนดในแนวเส้นตรงและเส้นโค้งตามค่าอัตราป้อนได้



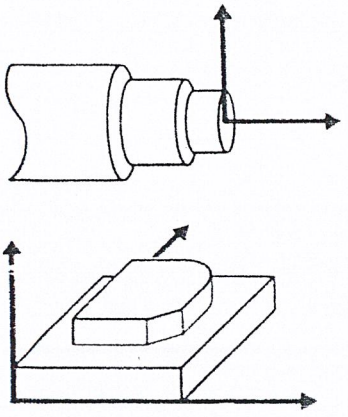

รูปที่ 2.11 การควบคุมเส้นขอบรูป

การควบคุมตามเส้นขอบรูปนี้ ยังสามารถแยกย่อยได้อีกเป็น 3 ระดับ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถของระบบควบคุม คือ ความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือได้ 2 หรือ 3 แกน พร้อม ๆ กัน โดยไม่คำนึงถึงว่าเครื่องจักรกลซีเอ็นซีนั้น ๆ จะมีกี่แนวแกน จุดสำคัญอยู่ที่ว่าจะสามารถควบคุมแนวแกนป้อนได้พร้อม ๆ กันกี่แนวแกน ระดับความสามารถทั้งสามระดับของระบบควบคุม มีรายละเอียดดังนี้

ก. การควบคุมตามเส้นขอบรูปแบบ 2 แกน (2D Contouring control) ระบบควบคุมจะสามารถควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ในระนาบ (plane) ที่กำหนดเฉพาะได้ 2 แนวแกนพร้อม ๆ กัน ทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งในแนวเส้นตรงและแนวเส้นโค้ง แต่จะไม่สามารถเปลี่ยนระนาบในการทำงานได้ นั่นหมายความว่า 2 แนวแกนที่เคลื่อนที่พร้อมกันได้นั้น จะถูกกำหนดตายตัวจากบริษัทผู้ผลิต ไม่สามารถเปลี่ยนแนวแกนได้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

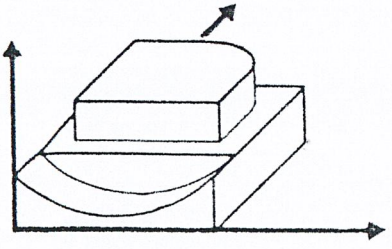

ถ้าเครื่องจักรกลซีเอ็นซีนั้นมี 3 แนวแกน และระบบควบคุมเป็นแบบการควบคุมตามเส้นขอบรูป 2 แกนแล้ว แนวแกนที่ 3 จะถูกควบคุมเป็นอิสระจาก 2 แนวแกนข้างต้น เช่น เครื่องกัด (Milling Machine) จะใช้แนวแกนหนึ่งสำหรับการเคลื่อนที่ป้อนกินลึก ส่วนอีก 2 แนวแกนจะใช้สำหรับการเดินกัดตามเส้นขอบรูป เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การควบคุมตามเส้นขอบรูปแบบ 2 แกน

ข. การควบคุมตามเส้นขอบรูปแบบ 2 แกนครึ่ง (2½-D Contouring control) ระบบควบคุมแบบนี้จะควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงและเส้นโค้งบนระนาบใด ๆ ที่ต้องการได้ แต่จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้เพียง 2 แนวแกนพร้อมกันเท่านั้น

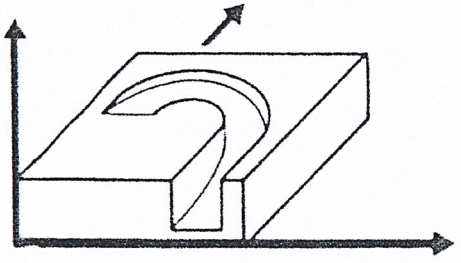
สำหรับเครื่องจักรกลซีเอ็นซีที่มีอยู่ 3 แนวแกน คือ X, Y และ Z แนวแกนคู่ใดคู่หนึ่ง คือ X/Y หรือ Y/Z หรือ X/Z จะสามารถควบคุมให้เคลื่อนที่พร้อมกันได้ นั่นหมายความว่า สำหรับเครื่องกัด การเคลื่อนที่ป้อนกินลึก (In-feed) สามารถทำในแนวใด ๆ ได้ทั้ง 3 แนวแกน ส่วนอีก 2 แนวแกนที่เหลือจะใช้สำหรับเดินกัดตามเส้นขอบรูป ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การควบคุมตามเส้นขอบรูปแบบ 2 แกนครึ่ง

55655

ค. การควบคุมตามเส้นขอบรูปแบบ 3 แกน (3-D Contouring control) ระบบควบคุมจะสามารถควบคุมเครื่องมือให้ให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงและเส้นโค้งได้พร้อมกันทั้ง 3 แนวแกน เป็นลักษณะ 3 มิติได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การควบคุมตามเส้นขอบรูปแบบ 3 แกน

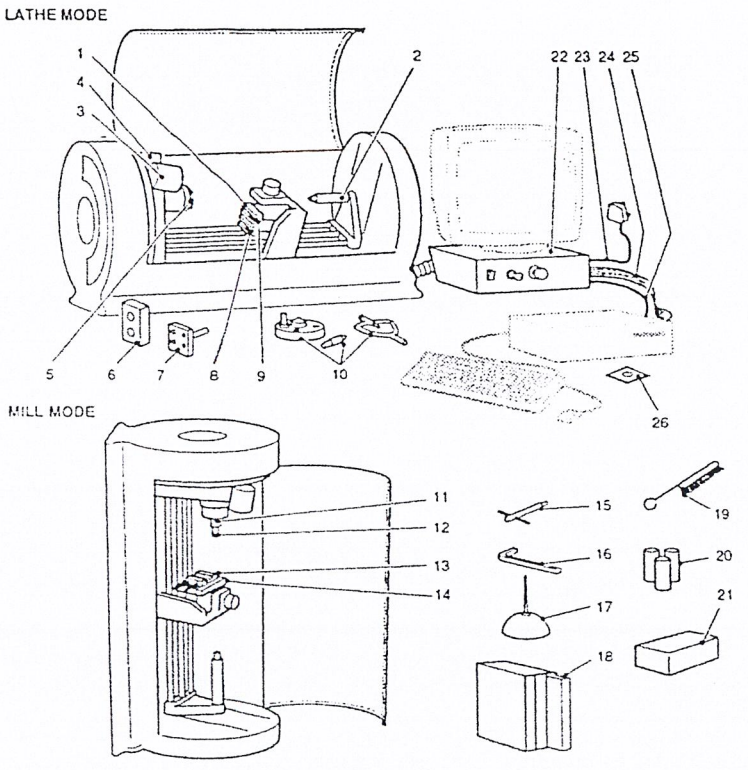
การควบคุมตามเส้นขอบรูปจะสามารถใช้เป็นการควบคุมการตัดเฉือนแนวเส้นตรงได้ และการควบคุมการตัดเฉือนแนวเส้นตรงจะใช้เป็นการควบคุมแบบจุดต่อจุดได้ แต่ในทางกลับกันจะกระทำไม่ได้

2.7. เครื่องมือกล BOXFORD DUET

การพัฒนาโดยนำเอาเครื่องจักรกล NC มาใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ซึ่งช่วยในการควบคุมการทำงานของเครื่องมือกลซึ่งเรียกว่า CAM และการควบคุมนี้จะใช้รหัสคำสั่ง G-Code และรหัสคำสั่ง M-Code ซึ่งทำให้เครื่องจักรกลดังกล่าวทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในโครงงานได้ใช้เครื่องมือกล BOXFORD DUET (CNC)

เครื่องมือกล BOXFORD DUET นั้นเป็นเครื่องมือกลที่ถูกออกแบบมาใช้เพื่อในงานกลึง (Lathe) และงานกัด (Milling) ซึ่งในที่นี้เราจะกล่าวถึงในส่วนของงานกัดเท่านั้นเราสามารถเคลื่อนที่ได้ 3 แกน

เครื่องมือกล DUET จะถูกควบคุมโดยซอฟแวร์ที่ถูกติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์ และสัญญาณการควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณที่เกิดมาจากไมโครคอมพิวเตอร์ โดยการส่งสัญญาณจะผ่านทางพอร์ทอนุกรม RS-232 ไปยังกล่องควบคุม และผ่านไปยังเครื่องมือกล BOXFORD DUET




รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบของเครื่องมือกล BOXFORD DUET

ส่วนประกอบของเครื่องมือกล BOXFORD DUET

อุปกรณ์ที่ติดอยู่กับเครื่องมือกล DUET

1. 6-Position tool holder with six clamps
2. Tail stock and Center
3. Low-Voltage Light
4. 320 W Version (Fix spindle drive with cover)

   450 W Version (Speed change Cassette)
5. 3-Jaw Chuck
6. Additional Speed Change Cassette (450 W Version)

เครื่องมือที่ใช้ในโหมดการกลึง

7. 4-Position Drilling/Boring Tool holder with Bush
8. Left - Hand Turning Tool with Spare Tips
9. Parting-Off Tool with Spare Tips
10. Spindle Center ,Driver and Carrier

เครื่องมือที่ใช้ในโหมดการกัด

11. One 10 mm. Bore Cutter Holder

    Two 5 mm. Bore Cutter Holder

12. One 5 mm. End Mill

13. Milling Vice with Two Reversible Jaws

14. Milling Table with Four T – Clamps

ส่วนประกอบอื่นๆ

15. Chuck Key

16. Camlock Key

17. Oilcan

18. Operating Manuals

19. Swarf Brush

20. Turning Billet (3)

21. Milling Billet (wax)

อุปกรณ์ควบคุม

22. Control Unit (For 240V or 110V AC. Supply)

23. Main Cable

24. Parallel Cable with 25-way Connectors

25. Serial Cable with 9-way Connectors

26. Duet Software

เครื่องมือกล DUET ในโหมดของการกัด

ในโครงงานนี้ได้ใช้เครื่องมือกล DUET ในโหมดของงานกัดร่วมกันกับแขนกล ดังนั้นจึงขอกล่าวในส่วนที่เกี่ยวข้องกับโครงงานนี้เท่านั้น

1. ตำแหน่งของเครื่องมือ

การประกอบชิ้นส่วนต่างๆก่อนที่จะเริ่มการทำงาน โดยแท่นรองกัดจะถูกยึดติดกับแท่นรองชิ้นงานโดยใช้ Cam lock ขันยึดติดดอกกัดขนาด 5 ม ม. จะถูกใช้เป็นค่าอ้างอิงกับดอกกัดอื่นๆ

ก่อนการใช้งานต้องมั่นใจว่าเครื่องมือต่างๆได้ถูกยึดติดกับส่วนประกอบของเครื่องมือกลอย่างแน่นหนา และดอกกัดได้ถูกสอดเข้ากับตัวยึดดอกกัด

เมื่อเครื่องมือต่างๆได้ถูกติดตั้งแล้ว ดอกกัดขนาด 5 มม. ที่ถูกติดตั้งไว้จะถูกใช้เป็นค่าอ้างอิงของดอกกัดอื่น โดยค่าชดเชย (Offset) ของดอกกัดขนาด 5 มม.จะถูกตั้งค่าเป็นศูนย์ของแกน Z ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงดอกกัดค่าอื่นๆ ค่าของเครื่องมือก็จะถูกชดเชยด้วยค่าที่ตั้งไว้

2.แกนหมุน และจุดศูนย์ของชิ้นงาน

การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์แท่นรองสามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งแกน X ,Y และ Z โดยที่อุปกรณ์จับเครื่องมือนั้นไม่สามารถเคลื่อนที่ตามแกนต่างๆได้

การหาจุดศูนย์ของชิ้นงานนั้น ทำได้โดยเลื่อนปลายมีดกัดไปยังตำแหน่งด้านล่างซ้ายของชิ้นงาน ค่าที่ได้จะถูกเก็บไว้ใน Tool Data เพื่อเป็นค่าอ้างอิงของเครื่องมืออื่น ถ้าชิ้นงานมีลักษณะเป็นวงกลมการหาจุดศูนย์ของชิ้นงานสามารถหาได้จากค่าจุดตัดที่เกิดจากเส้นตั้งฉากแกน X สัมผัสด้านซ้ายของวงกลม กับเส้นตั้งฉากแกน Y สัมผัสด้านล่างของวงกลม ซึ่งค่าตำแหน่งที่เกิดจากการตัดกันจะเป็นจุดศูนย์ของชิ้นงาน

3. Speed and Feeds

ความเร็วหมุน (Spindle Speeds)

เมื่อเริ่มเขียนโปรแกรมการกัดชิ้นงานนั้น จำเป็นต้องกำหนดอัตราเร็ว (Speeds) และอัตราการเคลื่อนที่ (Feeds) ค่านี้จะเปลี่ยนไปตามชนิดของชิ้นงาน และประเภทของมีดกัด หลักการพื้นฐานการหาค่าอัตราเร็วจะใช้การเปิดตารางหาค่า Cutting Speed แล้วจึงแทนสูตรเพื่อหาค่าอัตราเร็วในการหมุน (Spindle Speed) ค่าอัตราความเร็วในการหมุนนั้นจะมีหน่วยเป็น รอบ/นาที

สูตรหาอัตราเร็วในการหมุน

$$\text{Spindle Speed} = (1000 \times \text{Cutting Speed (m/min)})/(\pi \times \text{Cutting Diameter (mm)})$$

อัตราการเคลื่อนที่ (Feed Rate)

อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ในระนาบ X-Y ก็คือความเร็วของระนาบพื้นผิวชิ้นงาน ส่วนความเร็วในแกน Z จะเป็นความเร็วในการเจาะชิ้นงาน ซึ่งการหาค่าจะทำได้โดยการเปิดตารางซึ่งจำเป็นต้องรู้ชนิดของชิ้นงาน และชนิดของมีดกัดที่ใช้แล้วนำไปแทนค่าในสูตร

สูตรหาค่าอัตราการเคลื่อนที่

$$\text{Feed Rate (mm/Rev)} = \text{Feed Rate (mm/tooth)} \times \text{Number of Teeth}$$

OR

$$\text{Feed Rate (mm/min)} = \text{Feed Rate (mm/rev)} \times \text{Spindle Speed (rev/min)}$$

# บทที่ 3
# หุ่นยนต์

## 3.1. คำจำกัดความของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

คำว่าหุ่นยนต์ (Robot) หมายถึงหุ่นยนต์ทางอุตสาหกรรม (Industrial robot) ก็คือ เครื่องจักรกลชนิดหนึ่งซึ่งมีลักษณะพิเศษที่เรียกว่า เครื่องจักรอัตโนมัติ (Automation Machine) เป็นเครื่องจักรกลที่สามารถตั้งโปรแกรมได้หลายครั้งรวมทั้งสามารถปฏิบัติงานได้ในหลาย ๆ หน้าที่ โดยหุ่นยนต์ถูกได้รับการออกแบบมาเพื่อให้ยิบ จับ เคลื่อนย้าย วัตถุ อุปกรณ์ เครื่องมือ หรือเครื่องใช้พิเศษต่าง ๆ โดยอาศัยการควบคุมโปรแกรมการเคลื่อนที่ของมันให้ทำงานได้หลายอย่างตามต้องการ

## 3.2. ชนิดของหุ่นยนต์

3.2.1. หุ่นยนต์แบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่และลักษณะของแขน แบ่งได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1.Polar Configuration

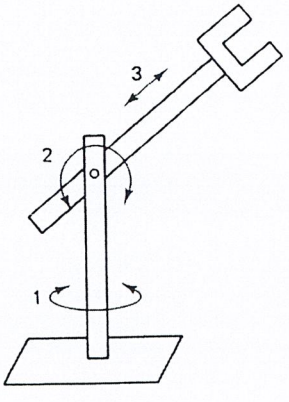
2.Cylindrical Configuration

3.Cartesian Configuration

4.Articulated Configuration

1. Polar Configuration

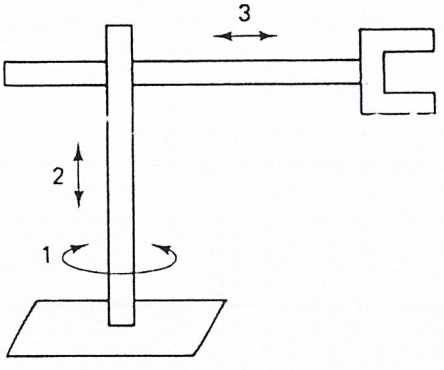
หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็นแบบ Polar นั้น ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกลจะสามารถยกขึ้นลงได้ในแนวดิ่ง โดยยกทำมุมกับฐาน สามารถหมุนได้รอบตัว (ดังรูป 3.1) พื้นที่ทำงานจะเป็นแบบทรงกลม ดังนั้นในบางครั้งจึงเรียกว่า “Spherical coordinate”




รูปที่ 3.1 Polar Configuration

2. Cylindrical Configuration

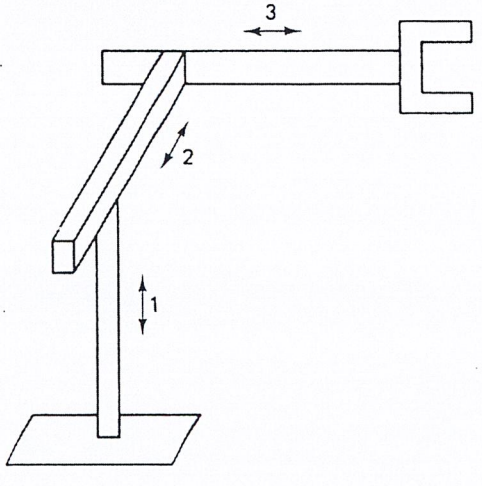
หุ่นยนต์ที่มีลักษณะแบบ Cylindrical (ดังรูป 3.2) เคลื่อนที่ขึ้นข้างบนได้ตามแกนที่เป็นแกนตั้งที่เป็นแกนหลักและสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้โดยใช้แกนนอน แกนตั้ง สามารถที่จะหมุนได้ พื้นที่การทำงานเป็นแบบทรงกระบอก




รูปที่ 3.2 Cylindrical

3. Cartesian Configuration

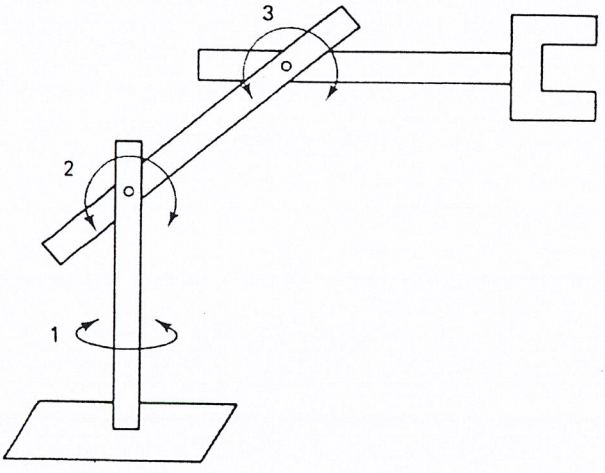
หุ่นยนต์ที่มีลักษณะแบบ Cartesian (ดังรูป 3.3) ลักษณะการเคลื่อนที่จะมีแกน 3 แกน เหมือนเป็นแกน X, Y ,Z ดั้งนั้นในบางครั้งจึงเรียกว่า หุ่นยนต์เรคติลิเนียร์ (Rectilinear) พื้นที่ทำงานสามารถที่จะทำงานได้ในส่วนที่เป็นด้านของมือเพียงด้านเดียวเท่านั้นเพราะไม่มีการหมุนของฐาน




รูปที่ 3.3 Cartesian

4. Articulated Configuration

หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็น Articulated (ดังรูป 3.4) หุ่นยนต์แบบนี้จะมีลักษณะใกล้เคียงกับแขนของมนุษย์ มีข้อหมุนต่างๆ เหมือนกัน ดังนั้นพื้นที่การทำงานจึงสามารถที่จะทำงานได้ในทุกตำแหน่งในระยะความยาวของแขน




รูปที่ 3.4 Articulated

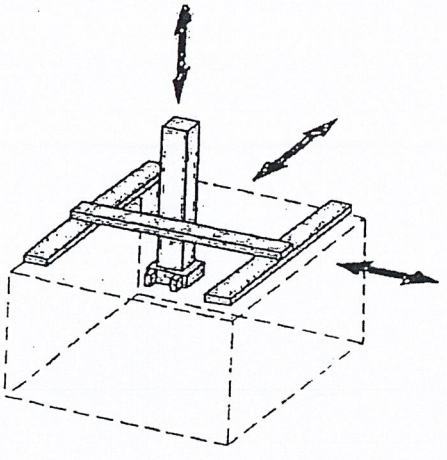
ข้อดีข้อเสียของแต่ละชนิดนี้แตกต่างกันออกไป เพราะว่าลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน แต่ถ้ามองในแง่ของการทำงานในแบบซ้ำ ๆ ที่เดิมตลอด ชนิด Cartesian จะสามารถทำงานได้ดีกว่า แต่ถ้ามองในแง่การเข้าถึงวัตถุชนิดแบบ Polar และ Articulated จะสามารถยกวัตถุได้ดีกว่าชนิดอื่น และชนิดที่เป็นแบบ Cylindrical จะมีข้อดีในแง่ที่สามารถยกวัตถุได้มากกว่าในงานทั่วไปแล้วใช้แบบ Polar และ Cylindrical เพราะสองชนิดนี้สามารถที่จะทำงานเป็นแบบ Load และ Unload โดยมีการเคลื่อนที่ของแขนไปด้านข้างได้ดีกว่าชนิดอื่น ๆ

3.2.2. หุ่นยนต์แบ่งตามลักษณะในการทำงานและระบบพิกัดของหุ่นยนต์ (Work Envelopes and Coordinate system)

การอธิบายพฤติกรรมในการทำงานของหุ่นยนต์โดยทั่วไปจะใช้คำว่า Work Envelopes มาอธิบายในการทำงาน ซึ่งหมายความว่า พื้นที่ในส่วนที่แขนกลหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งนี่เอง ในบางครั้งเราสามารถที่จะนำมาแบ่งประเภทของหุ่นยนต์ได้โดยทางเรขาคณิตซึ่งรูปทรงเรขาคณิตดังกล่าวจะมีความสอดคล้องกับ Work Envelopes

1. หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงสี่เหลี่ยม (Rectilinear or Cartesian robot geometry)

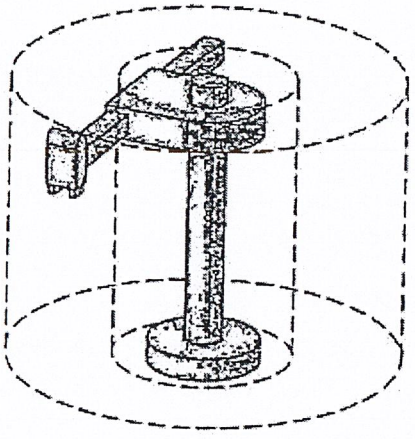
หุ่นยนต์ประเภทนี้สามารถเคลื่อนที่ไปได้ 3 ทิศทาง คือ เลื่อนขึ้นและลง ซ้ายและขวา รวมทั้งเดินหน้าและถอยหลังหรือเราอาจจะเรียกว่าเคลื่อนที่ในแนวแกน X, Y, Z นั่นเอง ส่วนพื้นที่ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ประเภทนี้อย่างที่เราเห็นในรูปก็คือ จะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือเป็นรูปกล่องสำหรับการควบคุมหุ่นยนต์ประเภทนี้ค่อนข้างจะทำได้ง่ายกว่าการควบคุมหุ่นยนต์ประเภทอื่น ส่วนการนำไปใช้งานประเภทจับวาง (Pick and Place) และงานประเภทประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ



รูปที่ 3.5 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงสี่เหลี่ยม

2. หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงกระบอก (Cylindrical robot geometry)

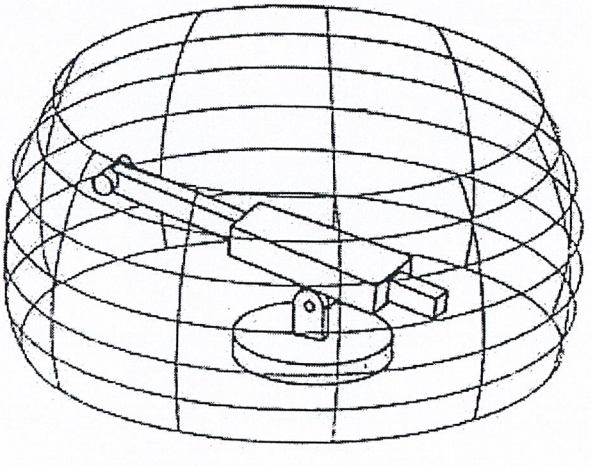
หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานแบบนี้จะมีช่วงหรือระยะของการเคลื่อนที่มากกว่าหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนที่แบบรูปทรงสี่เหลี่ยม ทั้งนี้ก็เพราะว่าแขนของมันสามารถหมุนไปได้รอบฐานทั้งยังสามารถเคลื่อนที่แบบขึ้นลงไปหน้าหลังได้เช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าลักษณะพื้นที่ในการทำงานของหุ่นยนต์ประเภทนี้จะเป็นแบบทรงกระบอกที่มีแกนอยู่ที่จุดศูนย์กลางแต่ไม่ได้หมายความว่ามันสามารถที่จะเคลื่อนที่ไปถึงได้ทั้งนี้เนื่องมาจากขีดจำกัดในเรื่องโครงสร้างนั่นเอง หุ่นยนต์ประเภทดังกล่าวนี้แสดงอยู่ในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงกระบอก

3. หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงกลม (Spherical robot geometry)

สำหรับหุ่นยนต์แบบนี้ จะเป็นแบบที่มีความยืดหยุ่นสูงกว่าหุ่นยนต์ทั้งสองแบบที่ผ่านมา ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากช่วงระยะในการเคลื่อนที่ของมันโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลื่อนที่แบบขึ้นลงนั้น สามารถปรับลดได้ในลักษณะที่เป็นเชิงมุม จึงทำให้พื้นที่ในการทำงานของหุ่นยนต์ประเภทนี้เป็นแบบทรงกลม แต่ก็จะใช่ว่าเป็นทรงกลมทีเดียวเลย

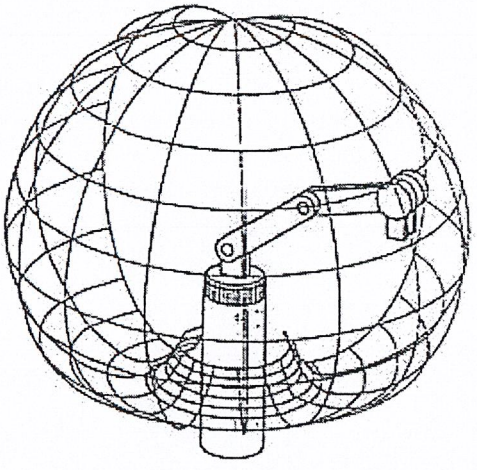


รูปที่ 3.7 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบทรงกลม

4. หุ่นยนต์ที่แขนเป็นข้อต่อ (Joint arm robot)

หุ่นยนต์ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะเป็นแบบที่แขนต่อกันด้วยข้อต่อ ในรูปที่ 3.8 เราจะเห็นว่าแขนของหุ่นยนต์ประเภทนี้ประกอบไปด้วยข้อต่อหมุนทั้งหมด ซึ่งจะทำให้มีลักษณะคล้ายกับ

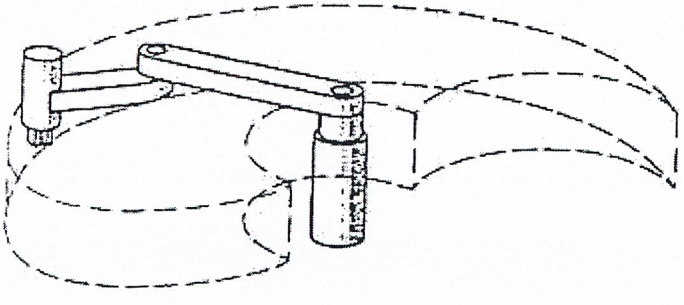
แขนของคนเรามากที่สุด ดังนั้นความสามารถในการเคลื่อนที่ของมันจึงเหนือกว่าหุ่นยนต์ประเภทอื่น



รูปที่ 3.8 หุ่นยนต์ที่แขนเป็นข้อต่อ

5. หุ่นยนต์สคารา (SCARA robot)

หุ่นยนต์ประเภทนี้ก็คือหุ่นยนต์ที่แขนกลเป็นข้อต่อเหมือนที่ผ่านมานั่นเอง แต่แขนจะมีการเคลื่อนที่ในแนวนอนซึ่งเอกลักษณะเฉพาะของหุ่นยนต์ประเภทนี้ คำว่าสคารา ย่อมาจากคำว่า Selective Compliance Assembly Robotic Arm หรือในภาษาไทยคือ การประกอบแขนหุ่นยนต์ที่สามารถเลือกตำแหน่งในการทำงาน ได้ตามความต้อง หุ่นยนต์ประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีแขนสองหรือสามท่อนซึ่งมีการหมุนอยู่ในแนวนอน โดยที่ปลายแขนจะประกอบด้วยอุปกรณ์ยึดจับ ซึ่งสามารถเลื่อนตัวขึ้นลงได้ หุ่นยนต์ประเภทดังกล่าวนี้ถูกคิดค้นโดยประเทศญี่ปุ่นเมื่อปี ค.ศ.1970



รูปที่ 3.9 หุ่นยนต์สคารา

3.3. มือของหุ่นยนต์ (Robot end effector)

มือจับของหุ่นยนต์คือตัวที่ทำหน้าที่ขั้นสุดท้ายของหุ่นยนต์ มือจับของหุ่นยนต์สามารถแบ่งตามลักษณะของการทำงานได้ดังนี้

1.ทำงานเป็นตัวจับ (Gripper)

2.ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือ (Tools)

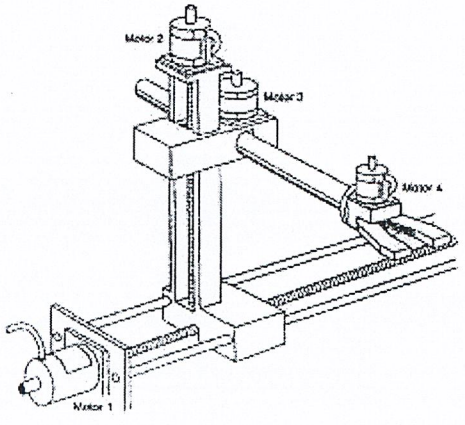
มือจับของหุ่นยนต์ชนิดที่เป็นตัวจับมีหน้าที่โดยทั่วไป คือ การจับและการยกวัตถุสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ Single gripper และ Double gripper สำหรับ Single gripper หมายถึง มือจับที่มีการเคลื่อนที่ของนิ้วเพียงข้างดียวอีกข้างหนึ่งอยู่กับที่ และ Double gripper มีการเคลื่อนที่ของนิ้วทั้ง 2 ข้างเข้าหากัน

3.4. ระบบการขับเคลื่อน (Drive System)

การควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์หรือเครื่องจักรกลอัตโนมัตินั้นเกี่ยวข้องโดยตรงกับการควบคุมการทำงานของระบบขับเคลื่อน ซึ่งระบบขับเคลื่อนโดยส่วนใหญ่แล้วจะขึ้นกับการออกแบบหรือกล่าวอีกในหนึ่งก็คือขึ้นอยู่กับการทำงาน ตัวอย่างเช่น แขนของหุ่นยนต์อาจถูกออกแบบมาเพื่อให้เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยยกวัตถุหนักๆ ดังนั้นหุ่นยนต์ประเภทดังกล่าวนี้จะขับเคลื่อนด้วยไฮดรอลิกส์ ในขณะที่หุ่นยนต์บางชนิดถูกออกแบบมาให้ทำการเชื่อมในทิศทางที่ต่อเนื่องก็จะมีระบบการขับเคลื่อนเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

3.4.1ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า (Electric drive system)

เหตุผลที่มีการนิยมใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้านั้น สาเหตุเนื่องมาจากการทำงานค่อนข้างเงียบและส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก และเมื่อไม่นานมานี้ได้มีการพัฒนามอเตอร์รูปแบบใหม่ๆ ออก



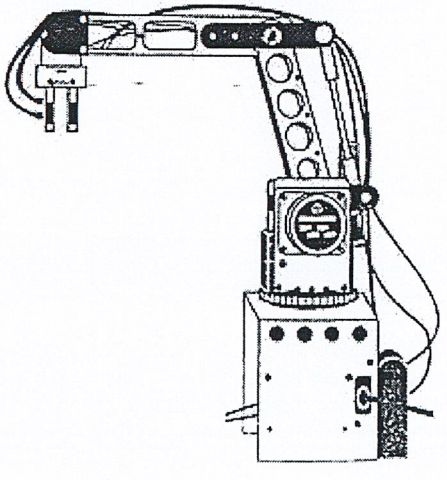

รูปที่ 3.10 ตัวอย่างหุ่นยนต์ทีขับเคลือนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

มา ทำให้ความก้าวหน้าของหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยระบบนี้มีสมรรถนะเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนั้นระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ายังมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่นๆ อย่างไรก็ตามมอเตอร์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะใช้กับหุ่นยนต์ขนาดเล็กที่เรียกว่าหุ่นยนต์ฝึกหัด ซึ่งหุ่นยนต์ดังกล่าวนี้จะทำงานได้อย่างแม่นยำและมักจะใช้กับอุตสาหกรรมเบาหรือใช้ในห้องทดลอง

สำหรับมอเตอร์ที่นำมาใช้กับหุ่นยนต์ไฟฟ้านั้น ส่วนมากจะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยทั้งนี้จะใช้ร่วมกับเซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ต่าง ๆ เพื่อตรวจจับตำแหน่ง ความเร็วหรือความเร่ง แล้วส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุมซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้อาจเรียกว่า เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) นอกจากนั้นยังมีมอเตอร์อีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กับหุ่นยนต์ไฟฟ้าก็คือ สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor) มอเตอร์แบบนี้ไม่จำเป็นต้องใช้เซนเซอร์ในการตรวจจับแต่จะใช้สัญญาณพัลส์สั่งจากอุปกรณ์โดยตรง ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับนั้นมักไม่ค่อยนิยมมาใช้กับหุ่นยนต์ไฟฟ้า เพราะว่าการควบคุมความเร็วหรือตำแหน่งค่อนข้างทำได้ยากกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

3.4.2 ระบบขับเคลื่อนด้วยไฮดรอลิกส์ (Hydraulics drive system)

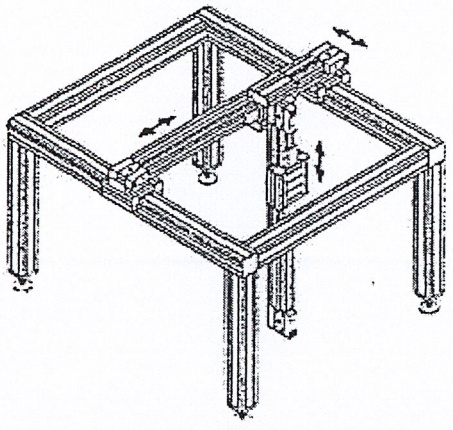
หุ่นยนต์ซึ่งใช้พลังงานไฮดรอลิกส์นั้นมักใช้ในการควบคุมหรือการทำงานที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมหนัก หุ่นยนต์เหล่านี้จะถูกออกแบบมาให้ใช้ประโยชน์จากความได้เปรียบทางกลซึ่งสามารถใช้พลังงานของของไหลหรือน้ำมันได้ นอกจากนั้นอุปกรณ์ทำงาน ก็มีทั้งแบบเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงและเชิงมุม จึงเป็นเหตุผลให้ถูกนำมาใช้ในหุ่นยนต์อุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากหุ่นยนต์ใช้พลังงานไฮดรอลิกส์จะต้องอาศัยพลังงานความดันน้ำของน้ำมันจึงจำเป็นต้องมีชุดต้นกำลังที่ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าอยู่ดี



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างหุ่นยนต์ระบบขับเคลื่อนด้วยไฮดรอลิกส์

3.4.3 ระบบขับเคลื่อนด้วยนิวแมติกส์ (Pneumatics drive system)

หุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยระบบนี้ค่อนข้างจะได้รับความนิยมมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากระบบนิวแมติกส์มีค่าใช้จ่ายของระบบที่ต่ำกว่า ดังนั้นเราอาจพบว่าหุ่นยนต์ประเภทนี้ถูกนำไปใช้ในงานหลายประเภท แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากการขับเคลื่อนของของไหลในระบบนิวแมติกส์นั้นใช้ลมอัดแรงที่ได้จึงต่ำกว่าระบบที่ขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิกส์ ส่งผลให้ความแม่นยำและความถูกต้องน้อยกว่าและนอกจากนั้นการควบคุมส่วนใหญ่จะอาศัยการทำงานแบบจุดต่อจุด



รูปที่ 3.12 ตัวอย่างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยนิวแมติกส์

3.5. หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์เป็นทรานดิวเซอร์แรงบิดซึ่งมีการออกแบบให้มีคุณลักษณะพิเศษคือแรงบิดของเพลาของดีซีมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์มาเจอร์ แรงบิดของเพลาของดีซีมอเตอร์จะได้จากผลระหว่างสนามแม่เหล็กและขดลวดตัวนำ หลักการนี้แสดงได้ในรูป 3.13 ในที่นี้กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างฟิลด์ที่ประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก $\phi$ และขดลวดตัวนำเหล่านั้นอยู่ห่างจากศูนย์กลางการหมุนเท่ากับ r ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลาและกระแสเท่ากับ

$$T = K\phi I$$

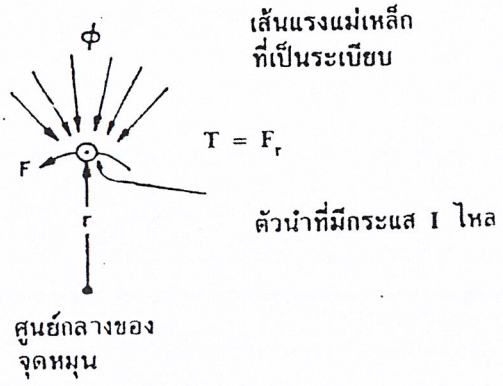
เมื่อ T คือแรงบิดของเพลามีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร

$\phi$ คือเส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์

I คือกระแสหน่วยเป็นแอมแปร์

และ K คือตัวคงที่ ดังนั้นแรงบิดของเพลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแม่เหล็กและกระแสเมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กก็จะทำให้เกิดโวลท์เต็จตกคร่อมตัวมันเอง โวลท์เต็จนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลาของมอเตอร์และต้านการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างโวลท์เต็จย้อนกลับนี้และความเร็วของเพลาของมอเตอร์คือ

$$E = K\phi\omega$$




รูปที่ 3.13 แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัวดีซีมอเตอร์

เมื่อ E คือโวลท์เต็จย้อนกลับ emf มีหน่วยเป็นโวลท์

$\phi$ คือเส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์

$\omega$ คือความเร็วของเพลาของมอเตอร์มีหน่วยเป็นเรเดียน/วินาที

3.5.1 การแยกประเภทของดีซีมอเตอร์

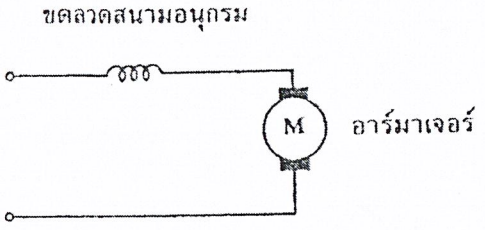
ดีซีมอเตอร์สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับลักษณะการสร้างสนามแม่เหล็กของตัวมอเตอร์และขึ้นอยู่กับพื้นฐานการออกแบบโครงสร้างของอาร์มาเจอร์การแบ่งประเภทตามลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กแยกได้เป็น 2 แบบคือ

1. ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้
2. ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าคงที่

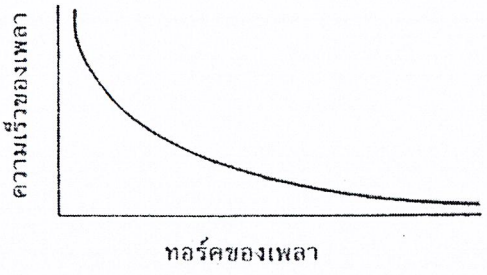
ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้

ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้ยังแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

ก). แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์มาเจอร์ มอเตอร์แบบนี้มีเส้นแรงแม่เหล็กเป็นสัดส่วนกับกระแสดังนั้นเส้นแรงของสนามแม่เหล็กจึงสามารถปรับค่าได้ และเราจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงบิดเป็นนอนลิเนียร์ดังแสดงในรูป 3.15



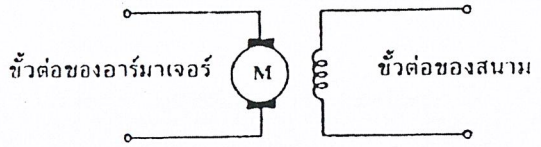

รูปที่ 3.14 ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก



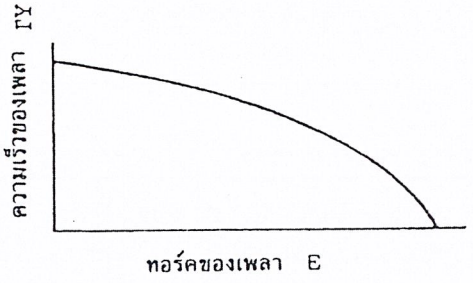

รูปที่ 3.15 คุณสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของดีซีมอเตอร์อนุกรมภายใต้ภาวะโวลท์เต็จคงที่

มอเตอร์ต่อดังกล่าวจะใช้ในงานภาวะเฉพาะเมื่อต้องการแรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ และแรงบิดต่ำที่ความเร็วสูงเช่นระบบขับเคลื่อนของรถลาก

ข). แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้น มอเตอร์แบบนี้มักนิยมเรียกกันว่ามอเตอร์ขนาน (shunt motor) มอเตอร์แบบนี้สามารถปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้อย่างอิสระต่อกระแสของอาร์มาเจอร์ยังผลให้สามารถควบคุมพารามิเตอร์ของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ได้ตลอดช่วงพิสัยที่กว้าง มอเตอร์แบบนี้มักจะใช้งานในกรณีระบบบังคับการเคลื่อนที่ต้องการแรงบิดสูง ในรูป 3.17 แสดงคุณสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของชันท์มอเตอร์ภายใต้ภาวะการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่และอาร์มาเจอร์โวลท์เต็จคงที่




รูปที่ 3.16 ดีซีมอเตอร์แบบแยกปรับสนามแม่เหล็กได้




รูปที่ 3.17 แสดงคุณสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของชันท์มอเตอร์ภายใต้ภาวะการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่และอาร์มาเจอร์โวลท์เต็จคงที่

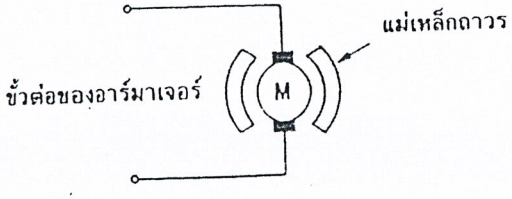
ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

ระบบการกระตุ้นฟิลด์ของมอเตอร์โดยทั่งไปในปัจจุบันมักใช้เป็นแบบแม่เหล็กถาวร ดังแสดงในรูป 3.18ในระบบนี้เส้นแรงของฟิลด์มีค่าคงที่ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์มาเจอร์และแรงบิดจะมีค่าคงที่ ดังนั้นจะได้สมการ

$$T = K_t I$$

และสมการ

$$E = K_E \omega$$




รูปที่ 3.18 ดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์เป็นแบบแม่เหล็กถาวร

ระบบนี้จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอาร์มาเจอร์ แรงบิดและความเร็วอยู่ในลักษณะลิเนียร์ สมการทางไฟฟ้าของดีซีมอเตอร์แบบนี้เขียนได้เป็น

$$V = K_E\omega + Ldi/dt + Ri$$

เมื่อ V คือโวลท์เต็จที่ป้อนให้กับมอเตอร์

$K_E$ คือค่าคงที่ของโวลท์เต็จย้อนกลับ

L คืออินดัคแต้นซ์ของอาร์มาเจอร์

R คือความต้านทานที่ขั้วของมอเตอร์

สมการไดนามิคของมอเตอร์คือ

$$T_g = Jd\omega/dt + B\omega + T_f + T_L$$

เมื่อ $T_g$ คือแรงบิดที่กำเนิดโดยมอเตอร์

J คือผลรวมของโมเมนท์ของแรงเฉื่อยของมอเตอร์และโหลด

B คือสัมประสิทธ์ของวิสคอสแด้มพ์ปิ้ง

$T_f$ คือแรงบิดเสียดทานภายใน

$T_L$ คือแรงบิดโหลด

สมการต่างๆ ของมอเตอร์แบบแยกกระตุ้นฟิลด์จะเหมือนกับกระตุ้นฟิลด์คงที่ อย่างไรก็ตามข้อดีของมอเตอร์แบบฟิลด์แม่เหล็กถาวรซึ่งเหนือกว่ามอเตอร์แบบมีโครงสร้างของฟิลด์ด้วยการพันของขดลวดคือ ไม่มีกำลังสูญเสียในฟิลด์ มีประสิทธิภาพสูงกว่าและมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับมอเตอร์ที่มีขนาดของกำลังม้าเท่ากัน นอกจากนั้นความสัมพันธ์เชิงเส้นยังให้ค่าของกระแสอาร์มาเจอร์ที่สูงกว่าดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์เป็นขดลวด การประยุกต์ใช้งานเหมาะกับระบบที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูง

3.5.2 ระบบคอนโทรลมอเตอร์

ในปัจจุบันการคอนโทรลดีซีมอเตอร์จะพบได้ในงานอุตสาหกรรมส่วนมากเนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทางไมโครอีเล็กทรอนิกส์และไมโครโปรเซสเซอร์ ดังนั้นการออกแบบระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์และการวิเคราะห์จึงเป็นเทคนิคใหม่ที่สำคัญและน่าสนใจ

ระบบคอนโทรลแบบดั้งเดิม พลังจักรกลที่สำคัญในระบบมักได้แก่ พวกมอเตอร์ไฟฟ้าต่าง ๆ ไฮดรอลิคแอ็คซิวเอทเตอร์และพวกเบรคและครัชเป็นต้น แต่ด้วยความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีการสร้างแม่เหล็กถาวรให้มีคุณภาพสูง ทำให้ดีซีมอเตอร์กลายเป็นพลังจักรกลที่สำคัญในระบบคอนโทรลเกือบทุกชนิดในปัจจุบัน และในเวลาเดียวกันบวกกับความก้าวหน้าของ

ไมโครโปรเซสเซอร์ได้สร้างการประยุกต์งานใหม่ ๆ ขึ้นทำให้ดีซีมอเตอร์และสเตปมอเตอร์ได้รับความนิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมปัจจุบันอย่างกว้างขวาง

ดีซีมอเตอร์เป็นอนาลอกแอ็คชิวเอทเตอร์ที่ไม่มีตำแหน่งหยุดที่แน่นอนเหมือนสเตปมอเตอร์ ดังนั้นในระบบดีซีมอเตอร์โดยทั่วไปมักเป็นระบบแบบลูปปิด ในระบบแบบลูปปิดตำแหน่งเอาท์พุทหรือความเร็วเอาท์พุทจะถูกป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับอินพุทอ้างอิงเพื่อให้ได้คุณสมบัติการทำงานที่ต้องการ

1. พื้นฐานของระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์แสดงได้ในบล็อกไดอะแกรมของรูปที 3.19 ซึ่งประกอบด้วยบล็อกที่สำคัญ 4 บล็อกคือ

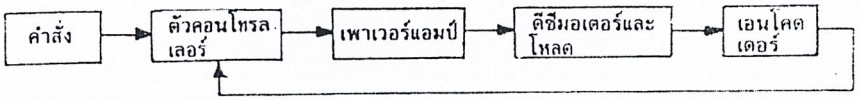
(1) ตัวคอนโทรลเลอร์

(2) วงจรไดรเวอร์หรือเพาเวอร์แอมปลิไฟ

(3) ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์หรือเอนโคดเดอร์

(4) ดีซีมอเตอร์และโหลด

ตัวคอนโทรลเลอร์ เป็นส่วนของระบบที่ทำให้เกิดสัญญาณคอนโทรลไปบังคับซีดีมอเตอร์และโหลด คอนโทรลเลอร์ที่ให้ตัวคอนโทรลเลอร์เป็นสัญญาณอนาลอกเราเรียกว่าอนาลอกคอนโทรลเลอร์ ส่วนคอนโทรลเลอร์ที่ให้สัญญาณคอนโทรลเป็นสัญญาณดิจิตอลเราเรียกว่าดิจิตอลคอนโทรลเลอร์




รูปที่ 3.19 ระบบการคอนโทรลดีซีมอเตอร์แบบพื้นฐาน

วงจรไดรเวอร์ เป็นส่วนของระบบที่อยู่ระหว่างตัวคอนโทรลกับดีซีมอเตอร์ และโหลด วงจรไดรเวอร์ส่วนใหญ่ได้แก่ เพาเวอร์แอมปลิไฟซึ่งอาจแบ่งย่อยออกเป็นลิเนียร์ เพาเวอร์แอมปลิไฟแลพัลซ์วิดทโมดูเลชั่นแอมปลิไฟ

ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์หรือเอนโคดเดอร์ เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้รับรู้หรือดีเท็คสัญญาณเอาท์พุทที่ต้องการ โดยไม่มีผลของการโหลดดิ้ง (loading) สัญญาณที่ดีเท็คได้นี้จะป้อนกลับไปเปรียบกับสัญญาณอ้างอิงทำให้ได้สัญญาณเออร์เรอร์ ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์แบ่งได้เป็น 2 แบบคือ

อนาลอกทรานดิวเซอร์ คือสิ่งประดิษฐ์ใช้เปลี่ยนพลังงานรูปหนึ่งให้เป็นสัญญาณอนาลอกได้แก่ พวก ทาโคเยนเนอร์เรเตอร์ โปเทนทิโอมิเตอร์และซิงโคร เป็นต้น ส่วนฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์อีกแบบหนึ่งคือ ดิจิตอลทรานดิวเซอร์ เป็นสิ่งประดิษฐ์ใช้เปลี่ยนพลังงานรูปหนึ่งให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ได้แก่พวกอินครีเม้นท์เอนโคดเดอร์รีโซลเวอร์ แมกนิติคพิคอัพ เป็นต้น

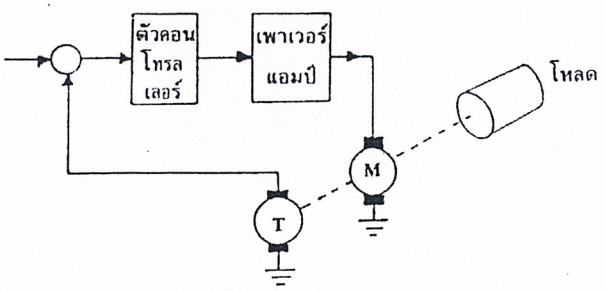
ดีซีมอเตอร์และโหลด คือระบบที่ถูกคอนโทรลหรือส่วนที่ออกแรงทำงานซึ่งจะเป็นเครื่องจักรกล (ดีซีมอเตอร์) หรืออะไรก็ตามที่ให้ตัวแปร ดีซีมอเตอร์ในที่นี้เป็นแบบแม่เหล็กถาวรที่มีคุณสมบัติการทำงานสูง มีอาร์มาเจอร์อินดัคเต้นซ์และแรงเฉื่อยของโรเตอร์ต่ำ

2. ลักษณะการคอนโทรลของระบบดีซีมอเตอร์

ระบบการคอนโทรลของระบบดีซีมอเตอร์สามารถที่จะจำแนกลักษณะการคอนโทรลออกได้เป็น 2 แบบ คือระบบอนาลอกคอนโทรลและดิจิตอลคอนโทรล

ระบบอนาลอกคอนโทรล

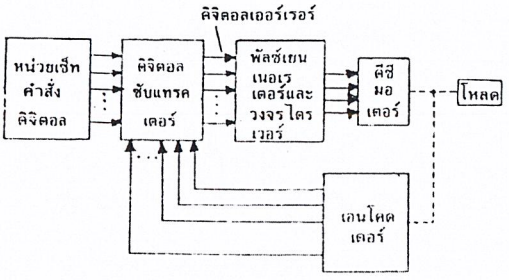
ในคอนโทรลลูปของระบบอนาลอกคอนโทรล เอาท์พุทของระบบจะถูกวัดค่าหรือดีเท็คค่าได้เป็นสัดส่วนกับสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณอนาลอก เช่นระบบที่มีการป้อนกลับด้วย ทาโคมิเตอร์ ดังนั้นระบบอนาลอกคอนโทรลก็คือคอนโทรลลูปที่มีฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์เป็นอนาลอกทรานดิวเซอร์วัดค่าไดนามิควาริเอเบิ้ลออกเป็นสัญญาณอนาลอกป้อนกลับไปยังตัวอนาลอกคอน-โทรลเลอร์เพื่อคอนโทรลให้ได้คุณสมบัติการทำงานเป็นไปตามที่ต้องการ




รูปที่ 3.20 บล็อคไดอะแกรมของระบบคอนโทรลความเร็วที่มีทาโคมิเตอร์เป็นตัวป้อนกลับ

ระบบดิจิตอลคอนโทรล

ระบบดิจิตอลคอนโทรลคือระบบที่คอนโทรลลูปมีฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์เป็นดิจิตอลทรานดิวเซอร์ซึ่งสามารถวัดค่าไดนามิควาริเอเบิ้ลออกเป็นสัญญาณดิจิตอลหรือในรูปของสัญญาณเอนโคดดิ้งของไบนารี่คือสัญญาณเอาท์พุทของดิจิตอลทรานดิวเซอร์จะเป็นโค๊ดไบนารี่ป้อนกลับไปยังตัวดิจิตอลคอนโทรลเลอร์เพื่อคอนโทรลให้ได้คุณสมบัติการทำงานเป็นไปตามที่ต้องการ




รูปที่ 3.21 บล็อคไดอะแกรมของระบบดิจิตอลคอนโทรลของดีซีมอเตอร์

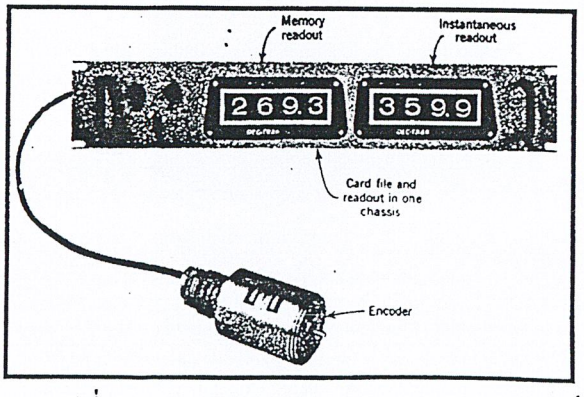
3.6. ตัวจับสัญญาณ (Sensor) และเอนโคดเดอร์ในระบบการควบคุมมอเตอร์

ตัวจับสัญญาณ และเอนโคดเดอร์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในระบบคอนโทรลที่มีการป้อนกลับในระบบคอนโทรลแบบเปิดลูป เอนโคดเดอร์มักใช้สำหรับตรวจสอบคุณสมบัติการทำงานของระบบ ส่วนในระบบคอนโทรลแบบปิดลูป ตัวจับสัญญาณ และเอนโคดเดอร์ใช้เป็นตัวป้อนสัญญาณกลับเพื่อการคอนโทรล นอกจากนั้นส่วนประกอบเหล่านี้ยังใช้ในสำหรับพิสูจน์ความเหมือนกันของกระบวนการที่ไม่รู้ค่าหรือกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลง

ตัวจับสัญญาณ และเอนโคดเดอร์ที่ใช้กันมากในระบบคอนโทรลเช่น โปเทนโอมิเตอร์ ออฟติกกอลเอนโคดเดอร์ แมกนิติพิคทรานสดิวเซอร์จำพวกแม่เหล็กไฟฟ้า และรีโซลเวอร์

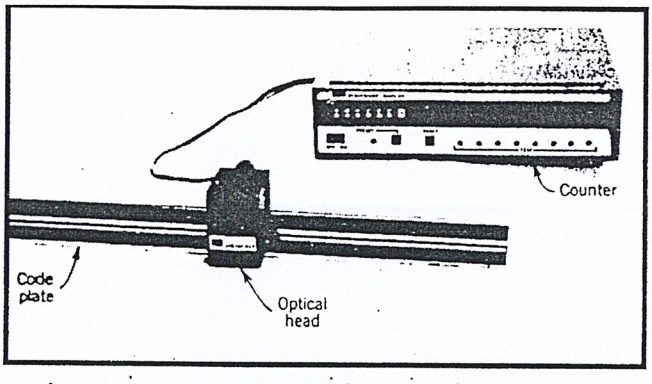
ตัวจับสัญญาณ และเอนโคดเดอร์ที่ใช้กับแขนกลนี้เป็นแบบเอนโคดเดอร์ที่นับการเพิ่มค่า (Increment Encoder)

เอนโคดเดอร์ที่นับการเพิ่มค่าใช้ในระบบการบังคับตำแหน่งหรือความเร็วของมอเตอร์ และสร้างสัญญาณป้อนกลับ โดยที่ตัวเอนโคดเดอร์จะสร้างสัญญาณลูกคลื่น (Pulse) ที่แปรผันตรงกับการหมุนของเพลาซึ่งสามารถนำไปใช้ในการรับรู้ความเร็วของเพลามอเตอร์ในรูปของอัตราจำนวน

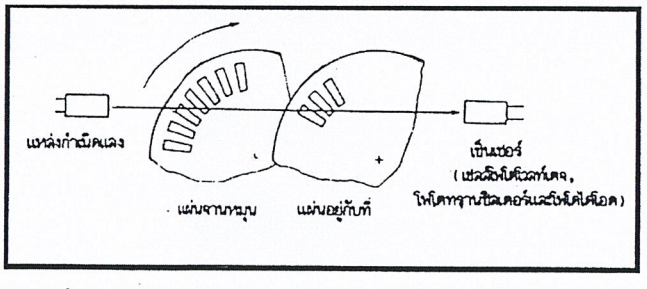



รูปที่ 3.22 แสดงระบบเอนโคดเดอร์แบบโรตารี่

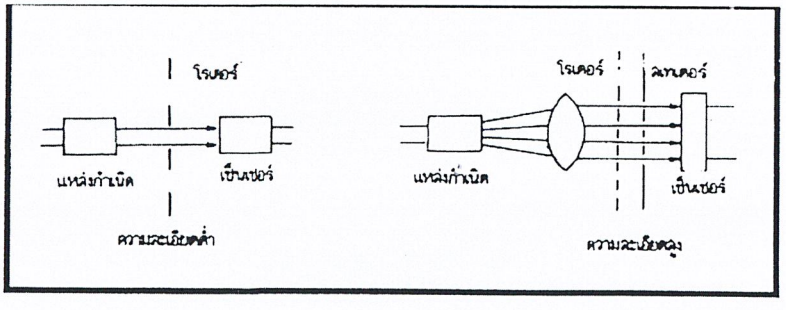
สัญญาณลูกคลื่นได้ ในรูปที่ 3.22 และ 3.23 แสดงรูปลักษณะของ เอนโคดเดอร์ที่นับการเพิ่มค่าแบบโรตารี่และแบบลิเนียร์ เอนโคดเดอร์ที่นับการเพิ่มค่าประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือตัวกำเนิดแสงจานหมุน (rotary disk) จานอยู่กับที่ และตัวจับสัญญาณบนแผงจานทำเป็นช่องโดยรอบดังแสดงในรูปที่ 3.24 และบนแผ่นอยู่กับที่จะมีช่องสำหรับให้แสงผ่านตรงเข้าไปยังตัวจับสัญญาณ ถ้าเป็นเอนโคดเดอร์ที่ใช้วัดความเร็วต่ำไม่ต้องมีแผ่นอยู่กับที่ก็ได้ ส่วนตัวกำเนิดแสงอาจจะเป็นหลอดไฟหรือหลอด LED ก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.25




รูปที่ 3.23 แสดงเอนโคดเดอร์ที่นับการเพิ่มค่าแบบลิเนียร์




รูปที่ 3.24 แสดงตัวอย่างกลไกของออฟโตอินคริเม้นท์




รูปที่ 3.25 แสดงตัวอย่างตัวจับสัญญาณแบบมีช่องปิดเปิดให้แสงผ่านได้ช่องเดียวและแบบมีหลายช่อง

ความละเอียดของเอนโคดเดอร์ที่นับการเพิ่มค่า

ความละเอียดของเอนโคดเดอร์คือจำนวนคาบเวลาของสัญญาณเอาท์พุทต่อการหมุนของเพลา 1รอบ ซึ่งบวกเป็นจำนวนสัญญาณลูกคลื่นต่อรอบหรือจำนวนรอบต่อ 360 องศามุมทางเชิงกลหรือรอบต่อองศา เอนโคดเดอร์ที่ใช้กันทั่วๆ ไปมีค่าความละเอียดตั้งแต่ 15 ถึง 10000 สัญญาณลูกคลื่นต่อรอบ

เนื่องจากแสงที่ออกจากแหล่งกำเนิดเป็นลำแสงเดียว ถ้าเราต้องการให้แสงที่ผ่านช่องไปยังตัวจับสัญญาณเป็นเส้นตรงพร้อมๆ กัน (collimation) ก็ทำได้โดยใช้เลนซ์หรือพาราโบลิครีแฟรคเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 3.26 จำนวนสัญญาณรูปคลื่นต่อหนึ่งรอบของสัญญาณ ที่เอนโคดเดอร์สร้างออกมาจะเท่ากับจำนวนช่องว่างบนแผ่นจานหมุน และความกว้างของช่องว่างเท่ากับความกว้างของแถบถึบระหว่างช่องว่างจะเท่ากัน เพราะฉนั้นเราสามารถคำนวณหาความกว้างของช่องว่าง ($\omega$) ได้สมการ

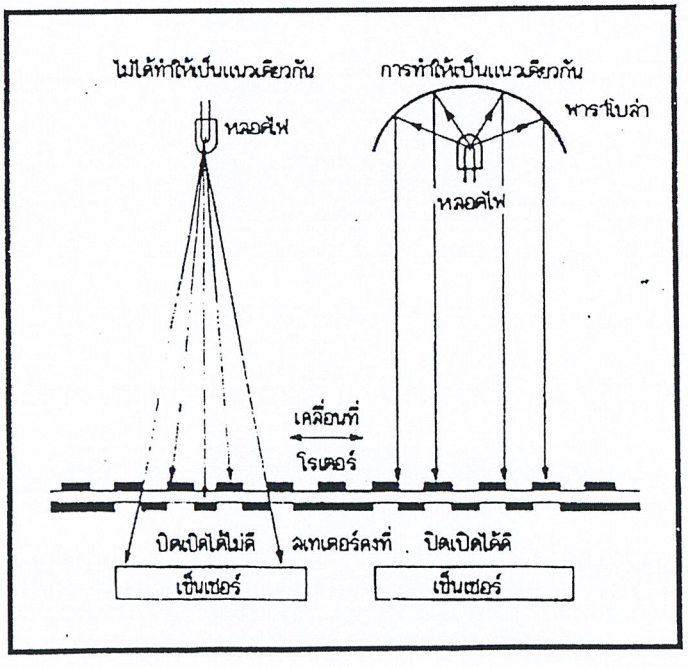
$$\omega = \pi\phi / 2N$$

เมื่อ

$\omega$ = เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของเพ็ทเทิ้น

N = จำนวนของความละเอียดเป็นสัญญาณลูกคลื่นต่อรอบ

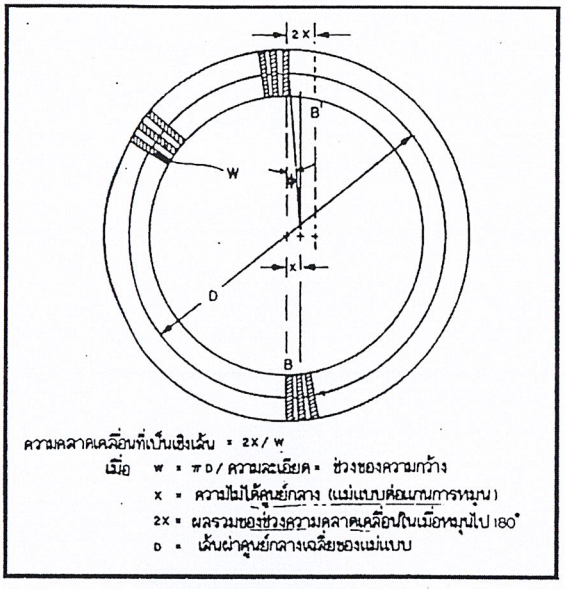
$\phi$ = ความกว้างของช่องว่าง




รูปที่ 3.26 แสดงถึงผลของแสงที่เดินในแนวเดียวกันและแสงที่ตกกระทบ

ค่าของตัวแปรของสมการนี้หาได้จากรูปที่ 3.27 ถ้าให้ D เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นหมุนของ เอนโคดเดอร์ค่าประมาณที่ใกล้เคียงมากของค่าความกว้างของช่องว่างแสดงได้ในสมการ

$$\omega = 0.75\pi\phi / 2N$$

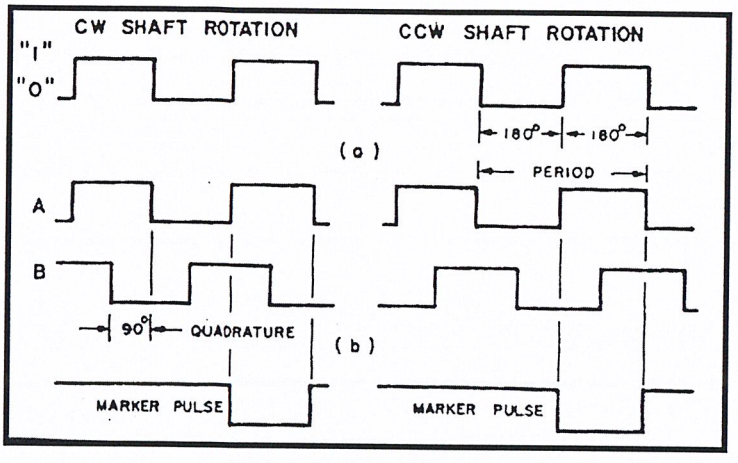



รูปที่ 3.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นลิเนียร์กับความไม่ได้ศูนย์กลาง

เอาท์พุทของเอนโคดเดอร์

โดยทั่วๆ ไปแล้วสัญญาณเอาท์พุทที่ออกจากเอนโคดเดอร์โดยตรงจะมีระดับไม่เพียงพอในการควบคุมหรือสำหรับการประมวลสัญญาณ ดังนั้นจึงต้องมีวงจรขยายและแปลงรูปร่างลูกคลื่นสัญญาณต่อไว้ในเอนโคดเดอร์ด้วยเสมอ สัญญาณรูปคลื่นที่ได้จากตัวรับสัญญาณปกติจะเป็นรูปสัญญาณสามเหลี่ยมหรือรูปสัญญาณซายน์ขึ้นอยู่กับความละเอียดที่ต้องการ รูปสัญญาณเหล่านี้สามารถทำให้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมได้โดยการต่อตัวคอมพาราเตอร์เข้ากับลิเนียร์แอมปลิไฟของเอนโคดเดอร์ก็จะได้เอาท์พุทเป็นลูกคลื่นสี่เหลี่ยมตามต้องการ รูปที่ 3.28 (a) แสดงถึงรูปคลื่นเอาท์พุทสี่เหลี่ยมของเอนโคดเดอร์ชนิด 1 ช่องไม่ว่าเพลาจะหมุนในทิศทางใดก็ได้ สัญญาณออกมาเหมือนกันจึงเหมาะที่จะใช้กับงานที่ไม่กำหนดทิศทางท่านั้น ส่วนในรูปที่ 3.28 (b) แสดงสัญญาณ 2 ชุด ที่ได้จากเอนโคดเดอร์ชนิด 2 ช่องนี้จะต่างกัน 90 องศาทางไฟฟ้าเราเรียกสัญญาณสองช่องนี้ว่าเป็นควอดราเจอร์ (Quadrature) ซึ่งเหมาะที่จะใช้ในการรับรู้ทิศทางการหมุนของเพลาหรือใช้ควบคุมระบบที่ซับซ้อนอื่นๆ จากสัญญาณในรูปที่ 3.28 (b) จะเห็นได้ว่าสัญญาณทั้ง 2 ช่อง จะเริ่มจาก 0 ถึง 1 และ 1 ถึง 0 ขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุนของเอนโคดเดอร์

ในเอนโคดเดอร์ที่นับการเพิ่มค่าบางชนิดจะมีสัญญาณลูกคลื่นแสดงถึงจำนวนรอบของการหมุนสำหรับใช้เป็นศูนย์ในการอ้างอิงสัญญาณลูกคลื่นที่ใช้แสดงจำนวนรอบนี้ จะเกิดขึ้น 1 สัญญาณลูกคลื่นต่อ 1 รอบ โดยทั่วไปแล้วใช้บอกถึงตำแหน่งเชิงกลหรือใช้เป็นสัญญาณเคลียร์จำนวนที่นับไว้ในหน่วยเก็บข้อมูล




รูปที่ 3.28 (a) แสดงตัวอย่างลูกคลื่นเอาท์พุทสี่เหลี่ยมของอุปกรณ์เอนโคดเดอร์ช่องเดียว (ไบไดเร็คชัน)

รูปที่ 3.28 (b) แสดงสัญญาณเอนโคดเดอร์ 2 ช่องมีมุมเฟสต่างกัน 90 องศา (สองทิศทาง)

3.7. ลักษณะเฉพาะและการใช้งานของ Robot

- Cartesian มี 3 แกนหลัก ง่ายต่อการบังคับและการเคลื่อนที่ สวนประกอบจะมี gantry (โครงร่าง) ซึ่งยึดติดกับแขนกล ดังนั้นแขนกลจึงเหมาะกับพื้นที่การทำงานที่เป็นสีเหลี่ยม ซึ่งขอบเขตการทำงานน้อยกว่าที่มันจะเป็นจริง ๆ ส่วนมากจะใช้งานในลักษณะการประกอบชิ้นส่วนฉีด mould

- Cylindrical เป็น robot ที่มีแกนกลางซึ่งสามารถหมุนได้ บนแกนกลางจะมีแกนหลักซึ่งสามารถเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวนอน มีขอบเขตการทำงานเป็นลักษณะทรงกระบอก มักใช้ในงานที่มีการระบุตำแหน่งที่แน่นอน เช่น มีการหยิบของจากที่หนึ่งไปยังที่หนึ่ง robot ที่มีขนาดเล็กสามารถใช้งานกับเครื่องจักร NC ได้

- Polar เป็นรุ่นแรก แต่ยังใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ไม่มีความซับซ้อนของ joint มีความคงทนสูง ขอบเขตการทำงานเป็นลักษณะเป็นส่วนหนึ่งของวงกลม ใช้เชื่อมจุดและใช้ยกของที่มีน้ำหนักมาก

- Joint-arm horizontal axes มีแกนกลางเรียกว่า Weist หมุนได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน ซึ่งมี joint ต่อกับ shoulder และ elbow มีลักษณะคล้ายคนมากที่สุด โดยแกนทั้ง 3 มีอิสระต่อกัน จึงใช้กับงานหลายประเภท ขอบเขตการทำงานเป็นทรงกลมกลวง ใช้ในงานเชื่อมรอยต่อ เชื่อมจุด พ่นเสปรย์ ยกของหนัก ใช้ในงานเกี่ยวกับพวกของเหนียว

- Joint-arm vertical axes หมุนในแนวตั้งจึงทำให้มีการเคลื่อนที่ตามระนาบแนวนอน แต่จะใช้กับงานประกอบชิ้นส่วนในแนวตั้ง robot ประเภทนี้ใช้กับงานเบาๆ ไม่หักโหม ขอบเขตการกระทำมีลักษณะเป็นส่วนหนึ่งของทรงกระบอก แต่มี robot ชื่อ “Lamberton” ทำงานหนักได้ใช้ในงานตีเหล็ก, ในโรงหล่อเหล็ก

- Pendulum Arm ใช้กับงานประกอบชิ้นส่วน แต่ปัจจุบันยังติดตั้งใช้เป็นหุ่นยนต์เชื่อม gantry ซึ่งมันถูกเตรียมให้มีโครงสร้างความเฉื่อยต่ำ เหมาะสำหรับการเคลื่อนที่ที่มีความเร่งและความเร็วสูง งานที่ได้เป็นทรงกลมแค่บางส่วน

- Multiple-joint arm มีความซับซ้อนสูง และสามารถใช้กับหลายๆ application เช่น ชนิดที่ผลิตโดย “Komatsu Ltd” เป็นแบบพิเศษสำหรับการพ่นสีเสปรย์ , เชื่อมจุด, เชื่อมรอยต่อ นอกจากนี้หนึ่งในชนิดอื่นๆ ของแขนกลประเภทนี้ออกแบบให้ใช้ในปฏิกรณ์นิวเคลียร์ สำหรับตรวจตราและซ่อมบำรุง ขอบเขตการทำงานเป็นทรงกลมที่เกือบสมบูรณ์ ฐานแบนและใจกลางกลวง

# บทที่ 4
# ระบบนิวแมติกส์

4.1. ความรู้เบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์

ในระบบนิวแมติกส์เราใช้ลมอัดเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานกล ซึ่งเป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรมที่เป็นระบบอัตโนมัติ เนื่องจากเป็นการประหยัดแรงงาน โครงสร้างของอุปกรณ์บังคับลมอัดเป็นแบบง่ายๆ มีความปลอดภัยในการทำงานสูง เพราะมีอุณหภูมิในการทำงานต่ำ เครื่องจักรที่ใช้พลังงานลมอัดจะมีราคาถูกกว่าระบบอื่นๆ มีการบำรุงรักษาและควบคุมง่าย นอกจากนั้นระบบลมอัดยังง่ายต่อการดัดแปลง เช่นสามารถใช้ร่วมกับไฟฟ้าในการบังคับจากระยะห่างได้ ส่วนมากเรียกระบบลมอัดนี้ว่า ระบบนิวแมติกส์

สาเหตุสำคัญที่มีการนำเอาระบบนิวแมติกมาใช้ในงานอุตสาหกรรมเนื่องมาจาก

1. ระบบนิวแมติกส์ที่ใช้งานทั่วไปไม่มีการระเบิดหรือลุกไหม้เป็นเปลวไฟ จึงประหยัดค่าใช้จ่ายในการป้องกันความปลอดภัย

2. ความเร็วของเครื่องมือที่ใช้ระบบนิวแมติกส์ให้ความเร็วในการทำงานสูง 1 ถึง 2 เมตรต่อวินาทีแต่ถ้าหากต้องการความเร็วสูงขึ้นมากกว่านี้ จะต้องใช้กระบอกสูบชนิดพิเศษ ซึ่งมีความเร็วถึง 10 เมตรต่อวินาที

3. ระบบนิวแมติกส์เมื่อใช้งานแล้วระบายทิ้งปล่อยสู่บรรยากาศเลยไม่ต้องเดินท่อทางนำกลับมาใช้อีก ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

4. ระบบนิวแมติกส์สามารถนำลมที่อัดตัวแล้วไว้ในถังและนำไปใช้ในงานได้เลย

5. อุปกรณ์ใช้งานในระบบนิวแมติกส์มีความปลอดภัยถ้าใช้งานเกินกำลัง

6. ระบบนิวแมติกส์สามารถปรับความเร็วในการทำงานได้โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็ว และสามารถทำให้รอบในการทำงานสูงถึง 800 รอบต่อนาที

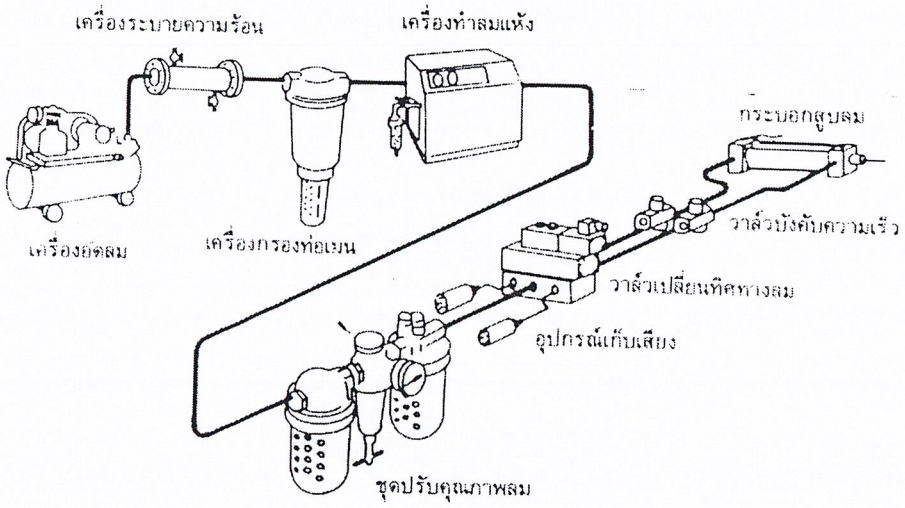
7. สามารถปรับความดันลมอัดให้มีค่าน้อยได้ตามความต้องการโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความดัน

8. ความสะอาดของระบบนิวแมติกส์ดีมาก เพราะมีชุดปรับคุณภาพลมก่อนนำไปใช้งาน

9. ระยะชักของก้านสูบสามารถปรับแต่งระยะชักให้สั้นหรือยาวได้ตามต้องการ

10. สามารถทำงานได้ที่ระดับความแตกต่างของอุณหภูมิสูง

4.2. การทำงานของระบบนิวแมติกส์ จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้




รูปที่ 4.1 อุปกรณ์และระบบนิวแมติกส์

1. เครื่องอัดลม ( air compressor) คือเครื่องที่เปลี่ยนพลังงานจากพลังงานไฟฟ้าเป็นลมอัด ทำให้มีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ แบ่งขนาดความสามารถของเครื่องอัดลมออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ความสามารถของเครื่องอัดลมในการสร้างความดันลมได้ถึง 10 บาร์ โครงสร้างของเครื่องอัดลมแบ่งออกเป็นแบบลูกสูบ และแบบสกรู ฯลฯ

2. เครื่องระบายความร้อนลมอัด (heat exchanger) เนื่องจากเครื่องอัดลมจะดูดเอาอากาศที่ความดันบรรยากาศด้วยปริมาตรประมาณ 8 ลูกบาศก์เมตรไปอัดให้มีความดันสูงขึ้น 7 ถึง 10 บาร์ เหลือปริมาตรของอากาศประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นอากาศที่มีความดันสูงนี้จะมีอุณหภูมิสูง ถ้าใช้ลมอัดนี้ไปใช้งานโดยตรงจะสร้างความเสียหายให้แก่ซีลต่างๆ ของอุปกรณ์ จึงจำเป็นจะต้องลดอุณหภูมิของลมอัดด้วยเครื่องระบายความร้อน

3. เครื่องกรองท่อเมน (main air filter) จะเป็นตัวกรองฝุ่นละออง สนิม และน้ำที่ปะบนมากับลมอัดให้สะอาดก่อนนำไปใช้งานและก่อนที่จะไปใช้กับเครื่องจักรในระบบนิวแมติกส์

4. เครื่องทำลมให้แห้ง (air dryer) ลมที่อัดออกจากเครื่องอัดลมจะมีความชื้นอยู่มาก ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องทำลมให้เย็นลงเพื่อจะดูดเอาความชื้นออกจากลมอัด หรือจะใช้สารเคมีในการขับความชื้นออกจากลมอัดก็ได้ ความชื้นที่ถูกดูดออกมาจะกลั่นตัวเป็นน้ำ และถูกนำออกมาทิ้งจากระบบด้วยกับดักน้ำ (trap)

5. กรองลม (air filter) จะทำหน้าที่คล้ายกับเครื่องกรองลมในท่อเมนเพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ที่ใช้ลม ในกรณีที่ไม่มีเครื่องทำลมให้แห้ง ตัวกรองลมนี้จะทำหน้าที่ดักน้ำที่ปนมากับลมด้วย

6. วาล์วลดความดัน (pressure reducing valve) เครื่องอัดลมจะทำหน้าที่อัดลมไว้ในถังพักให้มีค่าความดันอยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งค่าความดันนี้จะมีค่ามากกว่าค่าความดันใช้งานเล็กน้อย ดังนั้นในการใช้งานจึงจำเป็นจะต้องลดค่าความดันลงมาโดยใช้วาล์วความดันทำหน้าที่ดังกล่าว

7. อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น (oil lubricator) เนื่องจากในอุปกรณ์นิวแมติกส์ส่วนใหญ่ต้องมีการหล่อลื่นชิ้นส่วนภายใน จึงจำเป็นต้องให้มีน้ำมันหล่อลื่นปนไปกับลมอัดเพื่อทำการหล่อลื่น แต่ในงานบางประเภทของระบบนิวแมติกส์ห้ามมีน้ำมันหล่อลื่นปนไปกับลมอัด เช่นงานด้านผลิตอาหาร หรืออุปกรณ์นิวแมติกส์บางประเภทก็ห้ามมีน้ำมันหล่อลื่นปนไปกับลมอัด

โดยปกติแล้ว กรองลม วาล์วลดความดัน และอุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่นมักจะรวมอยู่ชุดเดียวกัน เรียกว่า ชุดปรับคุณภาพลม (service unit)

- อุปกรณ์เก็บเสียง (air silencer) ลมอัดเมื่อถูกใช้งานแล้วจะระบายทิ้งออกสู่บรรยากาศโดยออกมาทางรูระบาย ถ้าไม่มีตัวเก็บเสียงมาติดตั้งที่รูระบายแล้ว เมื่อลมอัดถูกระบายทิ้งออกสู่บรรยากาศจะมีเสียงดัง

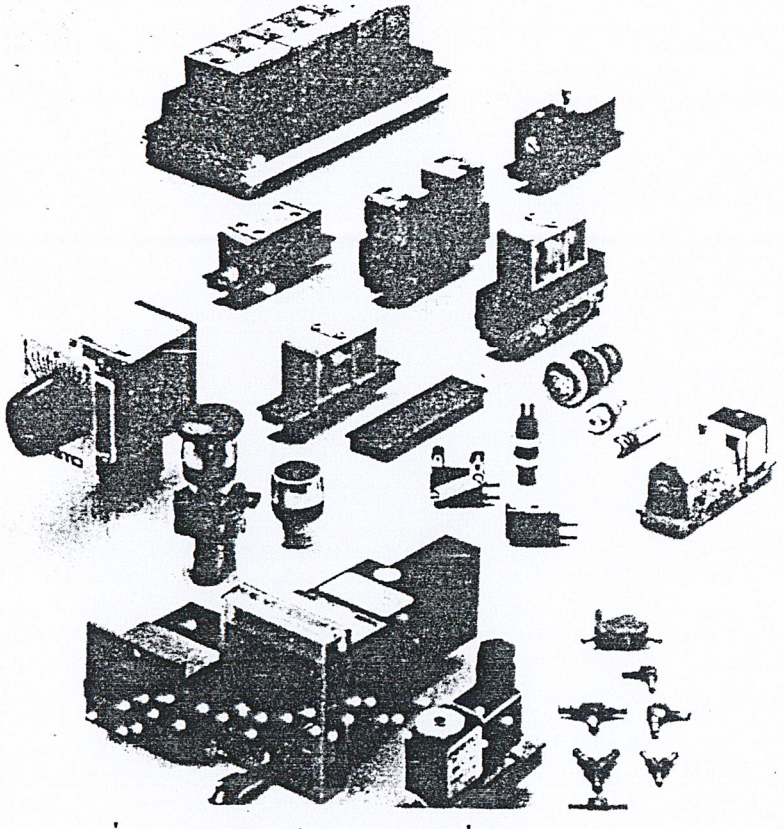
- วาล์วเปลี่ยนทิศทางลม (air flow change valve) จะทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์การทำงานของระบบนิวแมติกส์ เช่น กระบอกสูบนิวแมติกส์เลื่อนออกหรือเลื่อนเข้า มอเตอร์นิวแมติกส์หมุนทางซ้ายหรือทางขวา วิธีการบังคับเปลี่ยนทิศทางนั้นอาจจะใช้การป้อนสัญญาณไฟฟ้าหรือการป้อนลมอัด บังคับให้เคลื่อนที่เปลี่ยนทิศทางการไหลของลม

8. วาล์วบังคับความเร็ว (speed control valve) จะทำหน้าที่บังคับลมให้เคลื่อนที่เร็วหรือช้าโดยการปรับปริมาตรลมอัดให้ได้มากน้อยตามต้องการ ซึ่งมีผลให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออกเร็วหรือช้า รวมทั้งการหมุนของมอเตอร์นิวแมติกส์ด้วย บางครั้งเรียกวาล์วประเภทนี้ว่า วาล์วควบคุมการไหล (flow control valve)

9. กระบอกสูบ (air cylinder) เป็นอุปกรณ์การทำงานของระบบนิวแมติกส์ชนิดหนึ่งในจำนวนหลาย ๆ แบบ ตัวกระบอกสูบลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนรูปของพลังงานลมอัดให้อยู่ในรูปของพลังงานกล โดยทั่วไปกระบอกลมอัดมีอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมใช้มักจะเป็นกระบอกสูบทำงานแบบ 2 ทาง

4.3. วาล์วและอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม

การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงาน เช่น กระบอกสูบ จะเคลื่อนที่เข้าออกได้ตามต้องการก็ต้องอาศัยอุปกรณ์ให้สัญญาณและอุปกรณ์ควบคุม ซึ่งได้แก่วาล์วต่างๆ นั่นเอง วาล์วมีอยู่หลายชนิดด้วยกันแต่ละชนิดก็มีหน้าที่แตกต่างกันออกไป เช่น การควบคุมการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงาน ควบคุมปริมาณการไหลของลม ควบคุมความดันที่ใช้ ควบคุมการเริ่มและหยุดการทำงานของวงจรนิวแมติกส์ เป็นต้น



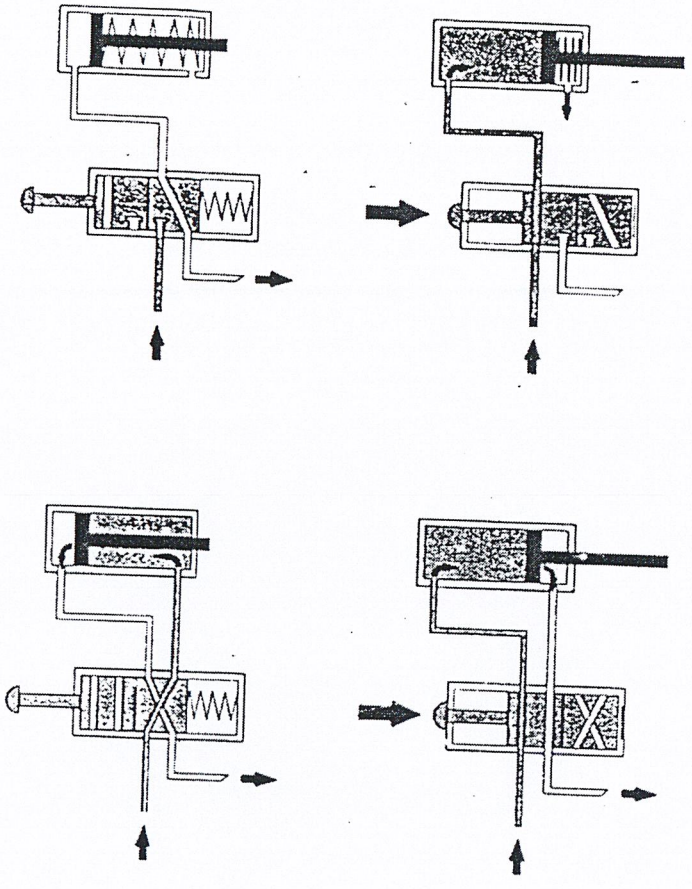
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างวาล์วและอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม

วาล์วในระบบนิวแมติกส์สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภทด้วยกันตามลักษณะหน้าที่และการใช้งาน

1. วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve)
2. วาล์วควบคุมลมไหลทางเดียว (Non-return Valve)
3. วาล์วควบคุมความดัน (Pressure Control Valve)
4. วาล์วควบคุมอัตราไหล (Flow Control Valve)
5. วาล์วเปิด-ปิดและวาล์วผสม (Shut-off Valve and Valve combination)

4.3.1. วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลมอัด

วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลมอัดมีหน้าที่เลือกทิศทางการไหลของลมอัดให้ไปตามทิศทางที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อให้อุปกรณ์ทำงาน เช่น กระบอกสูบ มอเตอร์ลม สามารถทำงานและเคลื่อนที่ในทิศทางที่ถูกต้องตามต้องการ โดยใช้หลักการเปิดปิดลมอัดจากรูลมอัดหนึ่งไปยังรูลมอัดอีกรูหนึ่ง



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างการใช้วาล์วควบคุมทิศทางควบคุมการทำงานของกระบอกสูบ

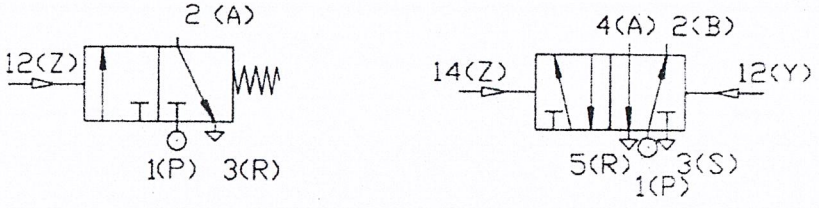
สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมทิศทางการไหล

ในงานอุตสาหกรรมนิยมใช้สัญลักษณ์เพื่อความสะดวก รวดเร็วและง่ายต่อการทำความเข้าใจ การทำงานของเครื่องจักรที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์ก็เช่นเดียวกันมีสัญลักษณ์ที่ใช้อยู่หลายระบบด้วยกัน เช่น ASA (American Standard Association) ISO (International Standard Organization) JIS (Japanese Industrial Standard) JIC (Joint Industry Conference) DIN (Deutsche

Norm) ซึ่งแต่ละระบบจะมีความแตกต่างกันไม่มากนัก หากเข้าใจถึงสัญลักษณ์ของระบบใดระบบหนึ่งแล้วในระบบอื่นก็สามารถกระทำได้ไม่ยากนัก

ตำแหน่งการทำงานของวาล์ว

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตำแหน่งการทำงานของวาล์วจะใช้รูปสี่เหลี่ยมหนึ่งรูปแทนตำแหน่งของวาล์ว 1 ตำแหน่ง ถ้าวาล์วควบคุมมีตำแหน่งการทำงานหลายตำแหน่งก็จะมีรูปสี่เหลี่ยมหลายรูปต่อกัน เช่น วาล์วควบคุม 2 ตำแหน่งก็จะมีรูปสี่เหลี่ยม 2 รูปติดต่อกัน ในลักษณะสี่เหลี่ยมที่แสดงตำแหน่งของวาล์วนี้จะประกอบด้วยตำแหน่งปกติ หรือตำแหน่งที่วาล์วยังไม่ถูกเลื่อนและตำแหน่งการทำงานของวาล์ว ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นด้วยเลขที่กำหนดภายในช่องสี่เหลี่ยม โดยเลข 0 หมายถึงตำแหน่งปกติ หมายเลขอื่น หมายถึงตำแหน่งทำงาน ซึ่งอาจเป็นตำแหน่งที่ 1,2หรือ 3 เรียงลำดับกันไปแล้วแต่ว่าวาล์วจะมีกี่ตำแหน่ง




รูปที่ 4.4 แสดงตัวอย่างสัญลักษณ์ของวาล์ว

ทางต่อลมของวาล์วควบคุมทิศทางในระบบนิวแมติกส์จะมีการกำหนดรหัสทางต่อลมเพื่อให้เกิดความสะดวก และเข้าใจตรงกันในการออกแบบ และต่อวงจร การกำหนดรหัสทางต่อลมของวาล์วควบคุมทิศทางโดยทั่วๆไปสามารถกระทำได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 การกำหนดรหัสทางต่อลมของวาล์วควบคุมทิศทาง

| ตัวเลข | ตัวอักษร | ตัวอักษรย่อ | หน้าที่ |
|---|---|---|---|
| 1 | P | Sup | รูระบายลมอัดเข้าวาล์ว |
| 2,4 | A,B | Out | รูต่อลมอัดไปใช้งาน |
| 3,5 | R,S | Ex | รูระบายลมทิ้ง |
| 12,14 | X,Y,Z | Signal In | รูต่อเข้าวาล์วควบคุมเพื่อผลในการบังคับให้วาล์วทำงาน |

การกำหนดโค้ดของวาล์วควบคุม เนื่องจากตำแหน่งของวาล์วจะแทนด้วยกรอบสี่เหลี่ยมจัตุรัสและภายในกรอบจะมีทางเดินของรูลมภายในวาล์วนั้น ๆ อยู่ อาจจะมี 2,3,4,5 รูต่อหนึ่งกรอบ แล้วแต่ชนิดของวาล์ว เช่น วาล์วตัวหนึ่งมีรูภายในวาล์ว 3 รูต่อหนึ่งกรอบ และมีจำนวนกรอบติดกันอยู่ 2 กรอบ เรียกโค้ดของวาล์วชนิดนี้ว่า วาล์ว 3/2

การบังคับการเคลื่อนที่ของวาล์วควบคุมให้ทำงาน มีอยู่หลายวิธีด้วยกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานหรือการออกแบบวงจรซึ่งสามารถจำแนกออกได้ 5 ประเภทใหญ่คือ

1. เลื่อนโดยใช้กล้ามเนื้อ เช่น ใช้มือ หรือเท้า ในการบังคับวาล์วให้เลื่อน
2. เลื่อนโดยใช้กลไก เช่น สปริงดัน ลูกกลิ้งกด
3. เลื่อนโดยใช้ลมควบคุม ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ ใช้ลมควบคุมโดยตรง และใช้ลมควบคุมโดยอ้อม
4. เลื่อนโดยใช้ไฟฟ้า
5. เลื่อนโดยใช้วิธีแบบผสม เช่น ไฟฟ้ากับลม ลูกกลิ้งกับลม มาบังคับการเคลื่อนที่

โซลินอยด์วาล์วแบบเปิด-ปิด (ON-OFF Solenoid valves)

โซลินอยด์วาล์วแบบเปิด-ปิด ที่นิยมนำมาใช้ในการควบคุมตำแหน่งของอุปกรณ์ทำงาน ไม่ว่าจะเป็นแบบเคลื่อนที่ในลักษณะเส้นตรงหรือเชิงมุมส่วนใหญ่จะใช้วาล์วแบบโซลินอยด์ ซึ่งการทำงานของวาล์วประเภทนี้นั้นจะใช้ไฟฟ้าเลื่อนวาล์วโดยตรงหรือใช้ไฟฟ้าเป็นตัวช่วยเลื่อนโดยอาศัยลมอัดเป็นตัวเลื่อนหลัก (solenoid pilot operated) ก็ได้ อย่างไรก็ตามการไหลของลมอัดไปยังอุปกรณ์ทำงานจะถูกตัดต่อโดยการควบคุมที่ชุดโซลินอยด์ซึ่งอาจจะใช้รีเลย์ หรือ ที่มีฟังก์ชันการควบคุมเป็นแบบเปิด-ปิด

4.3.2. วาล์วควบคุมลมไหลทางเดียว

วาล์วชนิดนี้จะยอมให้ลมไหลทางเดียวเท่านั้น โดยจะไม่ยอมให้ลมไหลย้อนกลับ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. วาล์วกั้นทางไหลของลม (Check valve) วาล์วประเภทนี้จะมีคุณสมบัติให้ลมผ่านไปได้ทางเดียวโดยจะไหลย้อนกลับไม่ได้

2 วาล์วลมเดี่ยว (Shattle valve) วาล์วประเภทนี้จะมีทางต่อลมเข้าสองทางและมีทางออกของลมเพียงทางเดียว คุณสมบัติของวาล์วชนิดนี้จะยอมให้ลมผ่านได้ เมื่อมีสัญญาณลมเข้ามาด้านใดด้านหนึ่ง

3. วาล์วเร่งระบาย (Quick exhaust valve) วาล์วชนิดนี้จะเป็นวาล์วที่ควบคุมให้ลมระบายออกเร็ว เพื่อลดแรงต้านในการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ ทำให้กระบอกสูบเคลื่อนที่เร็วกว่าปกติ ประโยชน์ของวาล์วชนิดนี้จะใช้กับงานที่กระบอกสูบเคลื่อนที่เร็วกว่าปกติ

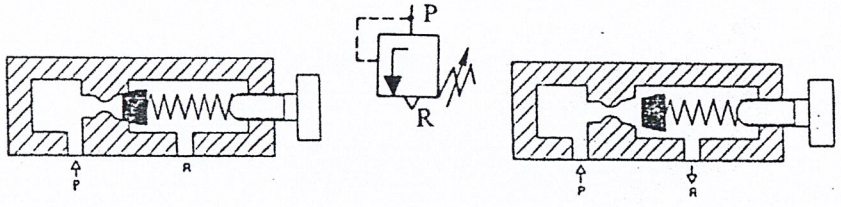
4. วาล์วลมคู่ (Two pressure valve) วาล์วประเภทนี้จะมีทางเข้าของสัญญาณลมสองทาง และจะมีทางออกของลมเพียงทางเดียว คุณสมบัติของวาล์วชนิดนี้จะยอมให้แรงดันลมผ่านออกไปได้จะต้องมีสัญญาณเข้ามาทั้งสองด้าน

4.3.3.วาล์วควบคุมความดันลมอัด

วาล์วลักษณะนี้จะมีหน้าที่ควบคุมแรงดันลมของวงจรหรือระบบให้คงที่ นอกจากนี้ ยังสามารถควบคุมการทำงานระบบต่อเนื่องของเครื่องจักรได้อีกด้วย วาล์วควบคุมแรงดันลมนี้สามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ 3 ประเภท คือ

1. วาล์วควบคุมแรงดันให้คงที่ (Pressure control valve) วาล์วชนิดนี้มีหน้าที่ควบคุมแรงดันลมด้านออกไปใช้งานในระบบนิวแมติกส์ให้มีค่าคงที่อยู่เสมอ โดยแรงดันลมด้านเข้าจะมีค่าสูงกว่าแรงดันลมทางด้านออกเสมอ

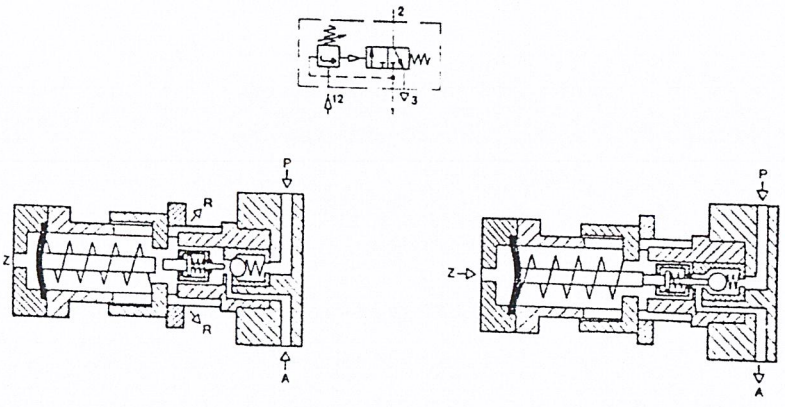
2. วาล์วจำกัดแรงดัน (Pressure limiting valve or Safety valve) วาล์วแบบนี้การตั้งแรงดันลม เพื่อให้วาล์วระบายลมส่วนที่เกินออกจากระบบ สามารถกระทำได้โดยการปรับสปริง




สภาวะปกติ สภาวะทำงาน

รูปที่ 4.5 วาล์วจำกัดแรงดัน

3. วาล์วจัดลำดับแรงดัน (Pressure Sequence valve) วาล์วแบบนี้ใช้กับวงจรนิวแมติกส์ซึ่งจะช่วยในการปรับระบบชักของก้านสูบได้โดยอัตโนมัติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโหลดและแรงสปริงที่ปรับค่าไว้ นอกจากนี้ยังสามารถนำเอาสัญญาณไปสั่งให้กระบอกสูบตัวถัดไปทำงานต่อเนื่องได้อีกด้วย



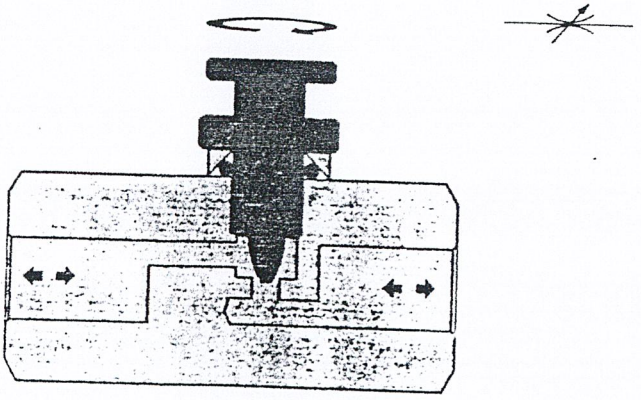

รูปที่ 4.6 วาล์วจัดลำดับแรงดัน

4.3.4. วาล์วควบคุมอัตราการไหลของลม (Flow control valve)

วาล์วชนิดนี้จะมีหน้าที่ควบคุมปริมาณการไหลของแรงดันลมที่ผ่านมาจากวาล์วควบคุมทิศทางไปยังอุปกรณ์ทำงาน การควบคุมปริมาณการไหลของลมจะทำให้สามารถควบคุมความเร็วของก้านสูบในขณะที่ทำงานได้ สามารถแบ่งได้ตามลักษณะการใช้งานได้ 2 ประเภทด้วยกัน คือ

1. วาล์วหรี่ปรับค่าได้ (Throttle valve adjustable)

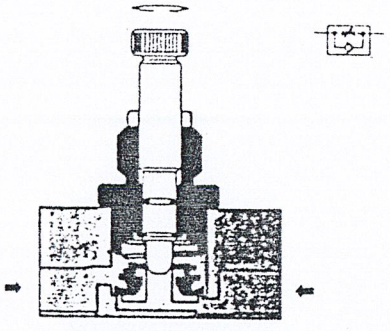
วาล์วชนิดนี้จะมีคุณสมบัติควบคุมปริมาณการไหลของลมได้ทั้งสองด้าน การทำงาน เมื่อมีแรงดันลมเข้ามาไม่ว่าจะเป็นทางด้านซ้ายหรือขวาปริมาณลมจะไหลผ่านไปอีกด้านหนึ่ง ซึ่งจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการปรับสกรูของวาล์วให้ลิ้นปิดทางลมกว้างหรือแคบ ประโยชน์ของวาล์วหรี่ปรับค่าได้ คือ จะใช้ควบคุมความเร็วของก้านสูบทั้งสภาวะเคลื่อนที่ออกและเข้า มีข้อเสียคือไม่สามารถแยกควบคุมความเร็วโดยอิสระได้ เช่น เคลื่อนที่ออกปกติเคลื่อนที่เข้าช้า



รูปที่ 4.7 วาล์วหรี่ปรับค่าได้

2. วาล์วควบคุมอัตราการไหลของลมทางเดียว (One way flow control valve)

วาล์วชนิดนี้จะามารถควบคุมอัตราการไหลของแรงดันลมได้เพียงทิศทางเดียว ดังนั้นเป็นวาล์วที่ควบคุมความเร็วของกระบอกสูบตอนเคลื่อนที่เข้าออกได้อย่างอิสระ การทำงาน เมื่อแรงดันลมเข้ามาด้นหนึ่งจะไหลผ่านไปโดยปกติ แต่ถ้าแรงดันลมเข้ามาอีกด้านหนึ่งจะสามารถควบคุมปริมาณการไหลของลมได้ วาล์วชนิดนี้จึงประกอบด้วยวาล์วควบคุมการไหลทางเดียวและวาล์วหรี่ปรับค่าได้รวมอยู่ในตัวเดียวกันนั่นเอง จากคุณสมบัติที่กล่าวมาจึงสามารถนำวาล์วชนิดนี้ไปติดตั้งควบคุมการทำงานของก้านสูบให้เคลื่อนที่เข้าออกช้าได้ตามต้องการ



รูปที่ 4.8 วาล์วควบคุมอัตราการไหลของลมทางเดียว

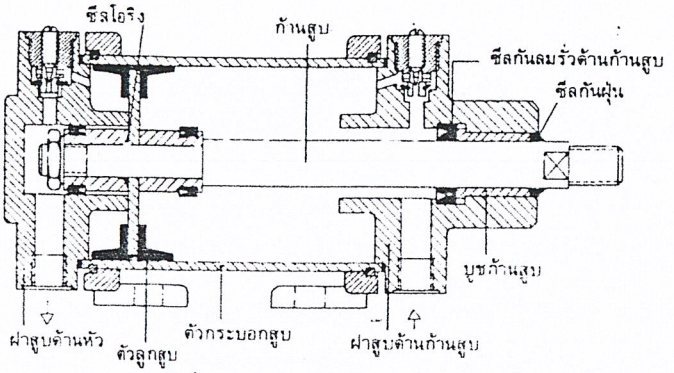
4.3.5. วาล์วเปิด-ปิดและวาล์วผสม

1. วาล์วเปิด-ปิด จัดเป็นวาล์วควบคุมแบบสองทิศทางแบบหนึ่ง ใช้สำหรับควบคุมการปิด-เปิดการไหลของลมเท่านั้นจะนำไปใช้กับการควบคุมการทำงานของกระบอกสูบหรือมอเตอร์ลมไม่ได้ วาล์วนี้มีเพียงช่องทางเข้ากับช่องทางออก

2. วาล์วแบบผสม เป็นวาล์วชนิดที่นำวาล์วนิวแมติกส์ที่มีอยู่มาใช้รวมกันมากเกินกว่า 2 ชนิดขึ้นไป เช่น นำวาล์วควบคุมทิศทางมาใช้รวมกับวาล์วควบคุมปริมาณการไหล วาล์วแบบผสมนี้มีอยู่หลายแบบ เช่น วาล์วตั้งเวลาหรือวาล์วหน่วงเวลา (time delay valve) วาล์วกำเนิดการสั่น (variable impulse generator valve) วาล์วชุดควบคุมการป้อน(air control block)

4.4. กระบอกสูบลม

กระบอกสูบลมจะทำหน้าทีเปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกล ลักษณะในการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ตัวกระบอกสูบลมมักจะทำด้วยท่อชนิดไม่มีตะเข็บ เช่น เหล็ก อลูมิเนียม ทองเหลือง สแตนเลส ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ใช้ ภายในท่อต้องเจียรนัยให้เรียบ



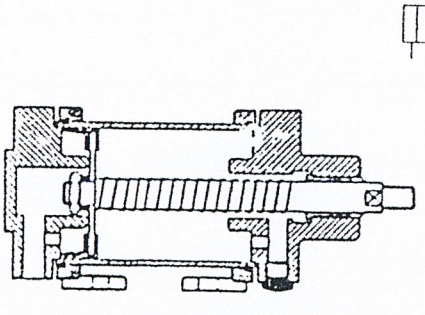

รูปที่ 4.9 ลักษณะโครงสร้างของกระบอกสูบลม

เพื่อลดการสึกหรอของซีลที่จะเกิดขึ้น และยังลดแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบอีกด้วย ตัวฝาสูบทั้งสองด้านส่วนใหญ่นิยมการหล่อขึ้นรูป บางแบบอาจใช้การอัดขึ้นรูป การยึดตัวกระบอกสูบลมเข้ากับฝาอาจใช้เกลียวขัน เหมาะกับกระบอกสูบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 25 มิลลิเมตรลงมา ถ้าโตกว่านี้นิยมใช้สกรูร้อยขันรัดหัวท้ายไว้ สำหรับก้านสูบอาจทำด้วยสแตนเลสหรือเหล็กชุบผิวโครเมียม ที่เกลียวปลายก้านสูบจะทำด้วยกรรมวิธีขึ้นรูป กระบอกสูบลมมีหลายแบบ ซึ่งแต่ละแบบก็จะมีลักษณะการทำงาน และการนำไปใช้งานแตกต่างกันไป

4.4.1. กระบอกสูบทางเดียว (Single acting cylinder)

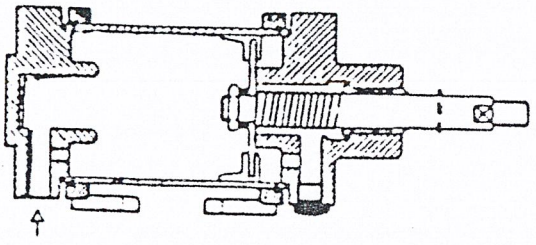
กระบอกสูบทางเดียวใช้แรงดันลมอัดกระทำก้านสูบให้เคลื่อนที่เพียงด้านเดียว ส่วนการเคลื่อนที่กับจะอาศัยสปริง กระบอกสูบแบบนี้จะใช้กับงานที่ต้องการแรงกระทำไม่นานนัก เนื่องจากแรงที่กระทำกับโหลดจะถูกต้านด้วยแรงสปริง ขนาดของกระบอกสูบประเภทนี้ที่นิยมผลิตกันมีขนาดไม่โตกว่า 10 เซนติเมตรและระยะชักไม่เกิน 10 เซนติเมตร

สัญลักษณ์และหลักการทำงาน



รูปที่ 4.10 แสดงสภาวะปกติของกระบอกสูบ

เมื่อยังไม่มีแรงดันลมเข้ากระบอกสูบ สปริงจะดันลูกสูบให้อยู่ในตำแหน่งเคลื่อนที่เข้าสุด



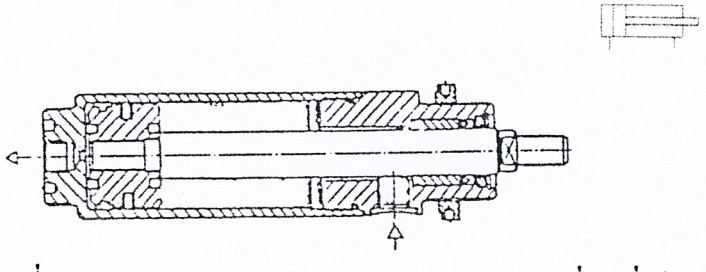
รูปที่ 4.11 แสดงสภาวะการทำงานของกระบอกสูบ

เมื่อมีแรงดันลมเข้าที่ด้านท้ายกระบอกสูบ แรงดันลมจะเอาชนะแรงสปริงและทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออกสุด

4.4.2. กระบอกสูบสองทาง ( Double acting cylinder)

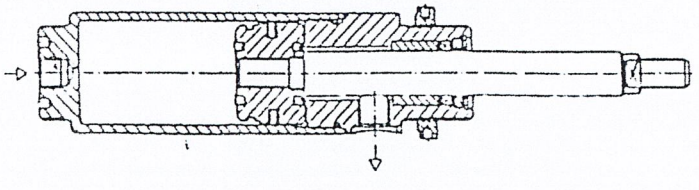
กระบอกสูบแบบสองทางจะใช้แรงดันลมกระทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า และออกทั้งสองทาง แรงกระทำที่ได้จากกระบอกสูบชนิดนี้จะมากกว่ากระบอกสูบแบบทางเดียวเพราะไม่มีแรงสปริงเป็นตัวต้าน จึงเหมาะสำหรับงานแทบทุกประเภทที่ต้องการการเคลื่อนที่ในลักษณะที่เป็นเส้นตรง

สัญลักษณ์และหลักการทำงาน



รูปที่ 4.12 แสดงสภาพการทำงานของกระบอกสูบเคลื่อนที่เข้าสุด

เมื่อมีแรงดันลมเข้าด้านหัวกระบอกสูบแรงดันลมจะดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่เข้าสุด



รูปที่ 4.13 แสดงสภาพการทำงานของกระบอกสูบเคลื่อนที่ออกสุด

เมื่อมีแรงดันลมเข้าท้ายกระบอกสูบแรงดันลมจะดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออกสุด

การเลือกขนาดของกระบอกสูบจะพิจารณาจาก แรงที่ต้องการกระทำกับชิ้นงาน โดยแรงที่กระบอกสูบกระทำจะขึ้นอยู่กับ ค่าความดันของลมที่ใช้ และขนาดของกระบอกสูบ ซึ่งพิจารณาได้จากสูตร

$$F = P \times A$$

เมื่อ F คือแรงที่ได้จากกระบอกสูบ

P คือความดันที่กระทำกับกระบอกสูบ

A คือพื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบ

ในทางปฏิบัติแล้วจะคูณด้วยตัวสัมประสิทธิ์ ($\mu$) เข้าไปด้วยซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่จะนำไปใช้ ดังนั้นจะได้สูตรในการคำนวณใหม่คือ

$$F = \mu \times P \times A$$

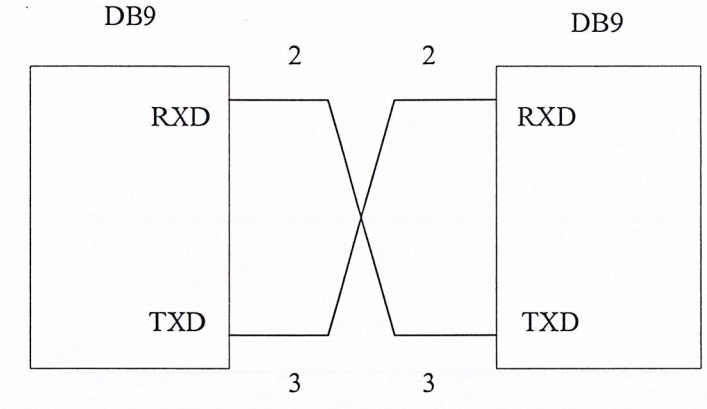
ค่าตัวคูณสัมประสิทธิ์นี้ส่วนใหญ่ทางผู้ผลิตจะเป็นผู้กำหนด

# บทที่ 5
# การเชื่อมต่อและโครงสร้างการทำงานของโครงงาน

5.1. การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์การทำงานในโครงงาน

5.1.1. การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องซีเอ็นซี

การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องซีเอ็นซี ใช้พอร์ทอนุกรมและพอร์ทขนานในการสื่อสารข้อมูล การเชื่อมต่อสายสัญญาณเป็นดังรูป 5.1




รูปที่ 5.1 การเชื่อมต่อทางพอร์ทอนุกรม

ส่วนการเชื่อมต่อระหว่างพอร์ทขนานจะต่อขาของสายสัญญาณทุกขาของพอร์ทขนานตรงไปยังพอร์ทขนานของกล่องควบคุมซีเอ็นซีโดยไม่ต้องสลับสาย

5.1.2. การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับแขนกล

การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับแขนกล ใช้พอร์ทอนุกรม ในการต่อสายสัญญาณโดยต่อเข้ากับกล่องควบคุมการทำงานของแขนกล

5.1.3. การติดต่อระหว่างแขนกลกับอุปกรณ์นิวแมติกส์

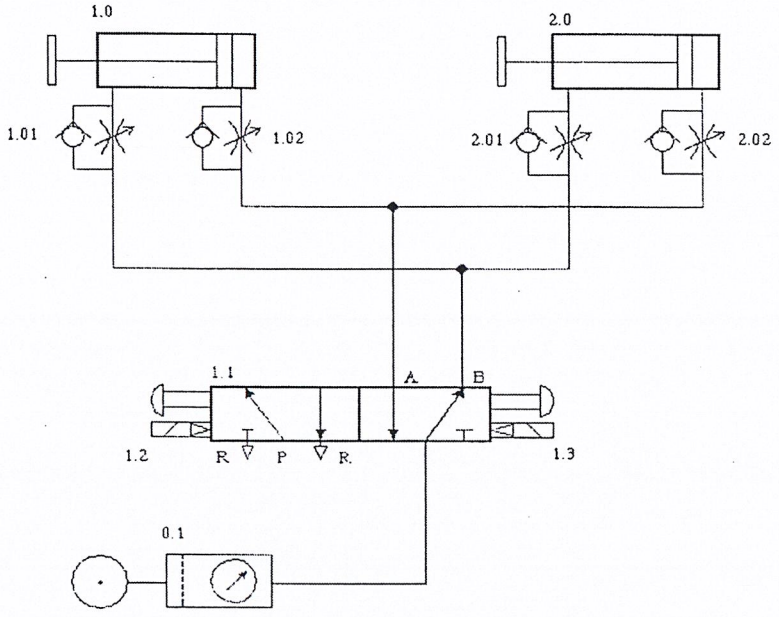
การติดต่อระหว่างแขนกลกับอุปกรณ์นิวแมติกส์ จะต่ออุปกรณ์นิวแมติกส์เข้ากับกล่องควบคุมแขนกล ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่กล่องควบคุมแขนกลจะเป็นตัวควบคุมสัญญาณที่จะส่งให้ชุดควบคุมนิวแมติกส์ โดยที่ชุดควบคุมจะใช้วาล์วควบคุมทิศทางในการควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งใช้แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ ในการทำงาน

5.2. โครงสร้างการทำงานของระบบ

5.2.1. การทำงานของระบบนิวแมติกส์

การทำงานของระบบนิวแมติกส์ จะใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของวาล์วควบคุมทิศทาง ผ่านทางพอร์ทอนุกรมของแขนกล

วงจรการทำงานของระบบนิวแมติกส์




รูปที่ 5.2 วงจรการทำงานของระบบนิวแมติกส์

อุปกรณ์การทำงาน

- ชุดจ่ายลม
- อุปกรณ์ควบคุมการทำงานหรือวาล์วควบคุมทิศทาง
- กระบอกสูบ 2 ทาง
- วาล์วควบคุมอัตราการไหล

การทำงาน

เมื่อจ่ายลมให้กับวงจรผ่านทางท่อลมหลักเข้ากับวาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve) ซึ่งใช้โซลินอล์ยวาล์วขนาด 5 โวลต์ ในการควบคุมทิศทาง ซึ่งการควบคุมทิศทางจะใช้สัญญาณจากกล่องควบคุมแขนกล ที่ต่อเข้ากับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมแขนกล

ส่วนกระบอกสูบซึ่งเป็นตัวจับยึดชิ้นงานจะติดวาล์วควบคุมการไหล (1.01, 1.02, 2.01, 2.02) เข้าไปด้วยเพื่อควบคุมความเร็วของกระบอกสูบ โดยกระบอกสูบหมายเลข 1.0 จะเป็นการจับ

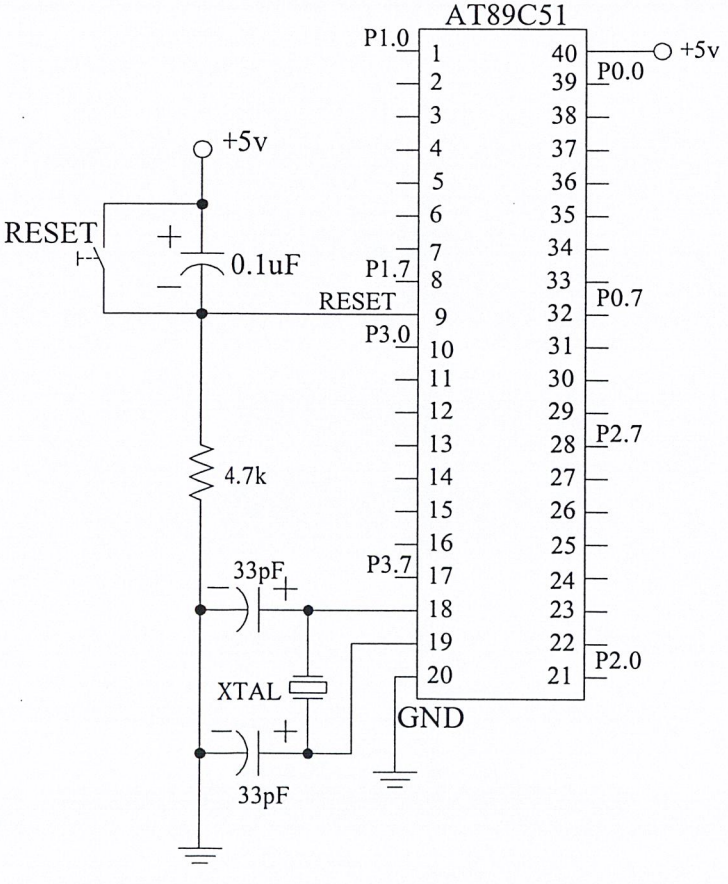
ยึดตามแนวแกน X และกระบอกสูบหมายเลข 2.0 จะเป็นการจับยึดในแนวแกน Y ก้านกระบอกสูบจะเคลื่อนที่ออกเพื่อจับยึดชิ้นงานเมื่อมีสัญญาณ 5 โวลต์เข้าทางวาล์วควบคุมทิศทาง หมายเลข 1.2 และจะเคลื่อนที่เข้าเมื่อได้สัญญาณ 5 โวลต์เข้าทางวาล์วควบคุมทิศทาง หมายเลข 1.3

5.2.2. การทำงานของเครื่องจักร CNC

การทำงานของเครื่องจักร CNC จะเริ่มจากการเลือกโปรแกรมชิ้นงาน ซึ่งโปรแกรมเหล่านี้ได้จากการออกแบบที่เก็บบันทึกไว้หรือจะเขียนโปรแกรมกัดชิ้นงานใหม่ตามความต้องการ จากนั้นเลือกขนาดของมีดกัด เมื่อได้ขนาดตามที่ต้องการแล้วก็สั่งเครื่องจักร CNC กัดชิ้นงานตามที่โปรแกรมไว้

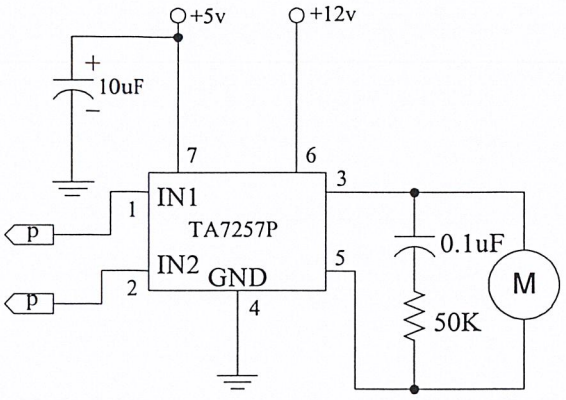
5.2.3. การทำงานของแขนกล

วงจรการใช้งาน MCS-51



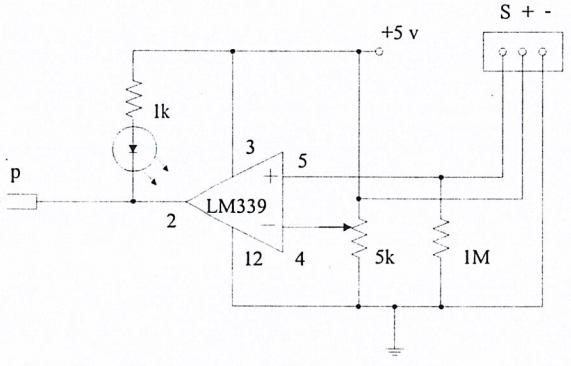

รูปที่ 5.3 แสดงวงจรการใช้งาน MCS-51

วงจร Drive Motor




รูปที่ 5.4 แสดงวงจร Drive Motor

วงจรเอนโคดเดอร์




รูปที่ 5.5 แสดง sensor circuit ของเอนโคดเดอร์

การทำงานของวงจร

วงจรในส่วนของ Input Sensor นั้น ถูกจัดให้เป็นวงจร Op-Amp Comparator ซึ่งใช้ IC Op-Amp เบอร์ LM339 ซึ่งมีแพ็คเก็จแบบดิพ 14 ขา โดยภายในได้บรรจุ Op-Amp เอาไว้ทั้งหมด 4 ชุด โดยจัดให้วงจรนั้นมีการทำงานแบบ Saturate Mode โดยการปลด R-Feedback ออกไป จึงทำให้มีอัตราการขยายเป็นอนันต์

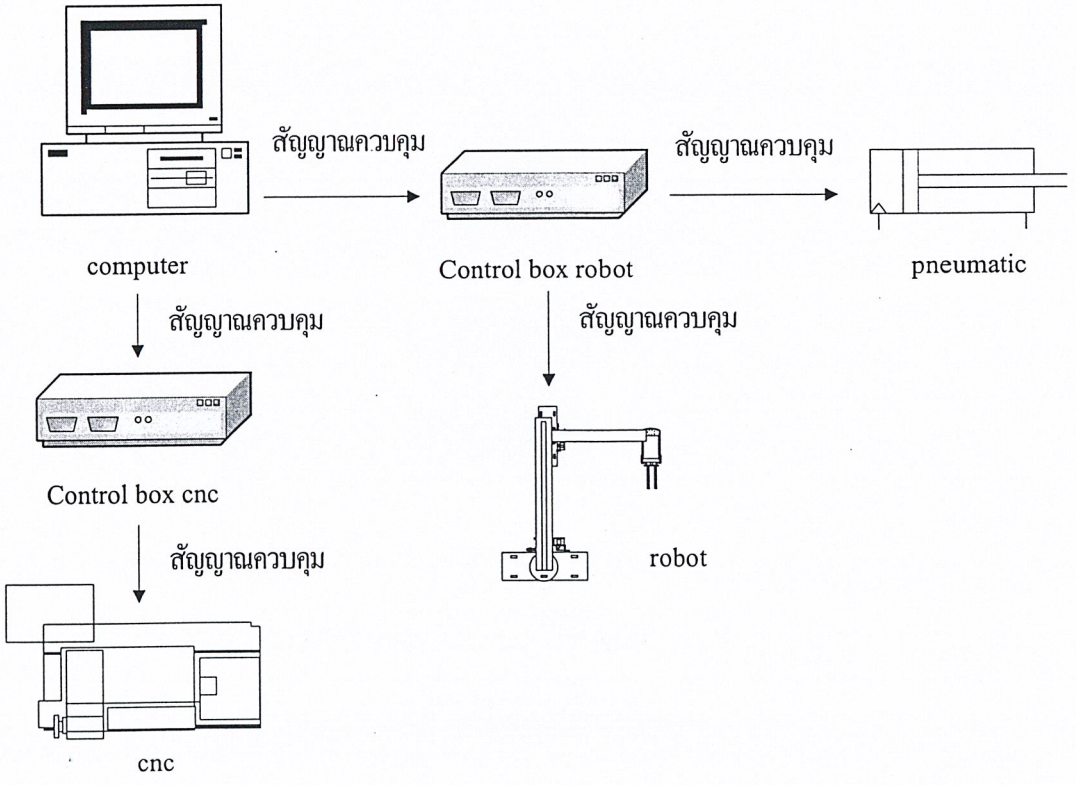
เมื่อแรงดันที่ขา Invert มีมากกว่าแรงดันที่ขา Non-Invert จะทำให้เอาท์พุทของ Op-Amp มีแรงดันประมาณ 0 โวลต์ จะส่งผลให้ LED ติดสว่าง และสัญญาณที่เอาท์พุท จะเทียบได้กับลอจิกต่ำ (Low)

เมื่อแรงดันที่ขา Non-Invert มีมากกว่าแรงดันที่ขา Invert จะทำให้เอาท์พุทของ Op-Amp มีแรงดันประมาณ 5 โวลต์ (เท่ากับแหล่งจ่าย) จะส่งผลให้ LED ดับ และสัญญาณที่เอาท์พุท จะเทียบได้กับลอจิกสูง (Hi)

จากหลักการตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นดังนั้นเราสามารถนำเอาท์พุทของวงจรต่อเข้ากับ CPU ได้เลย

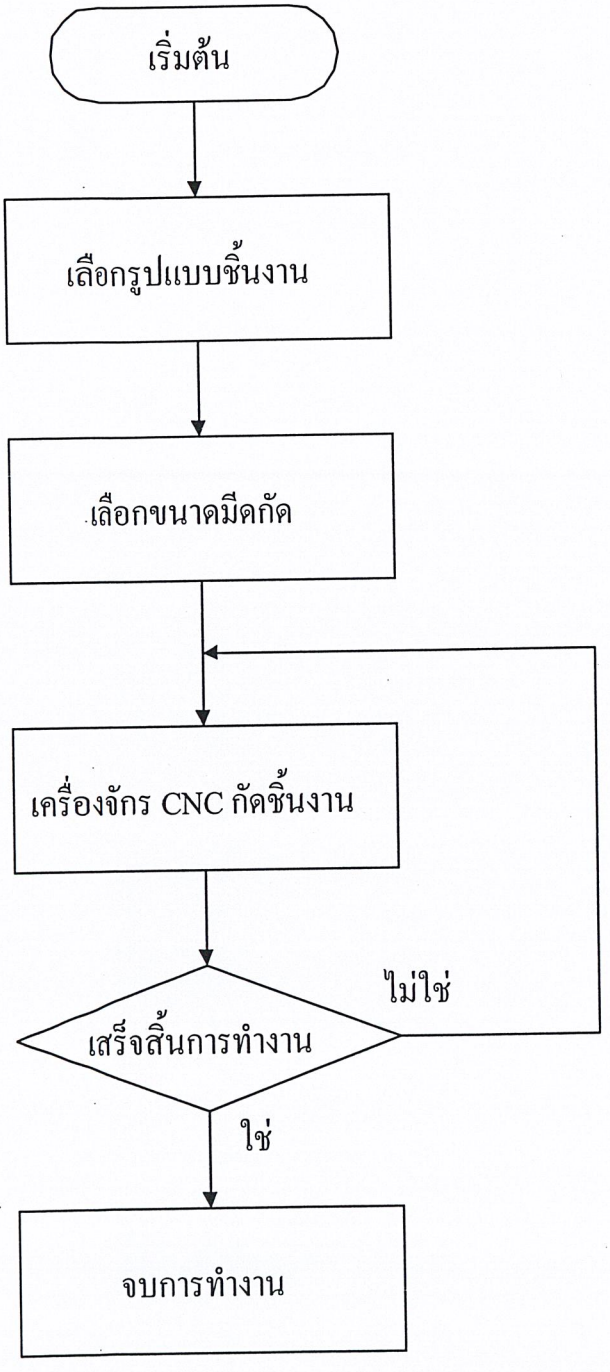
การเคลื่อนที่ของแขนกลถูกควบคุมผ่านทางพอร์ทอนุกรม เมื่อมีการกดปุ่มคำสั่งการทำงาน แขนกลก็จะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

5.2.4. การควบคุมการทำงานรวมของวงจร

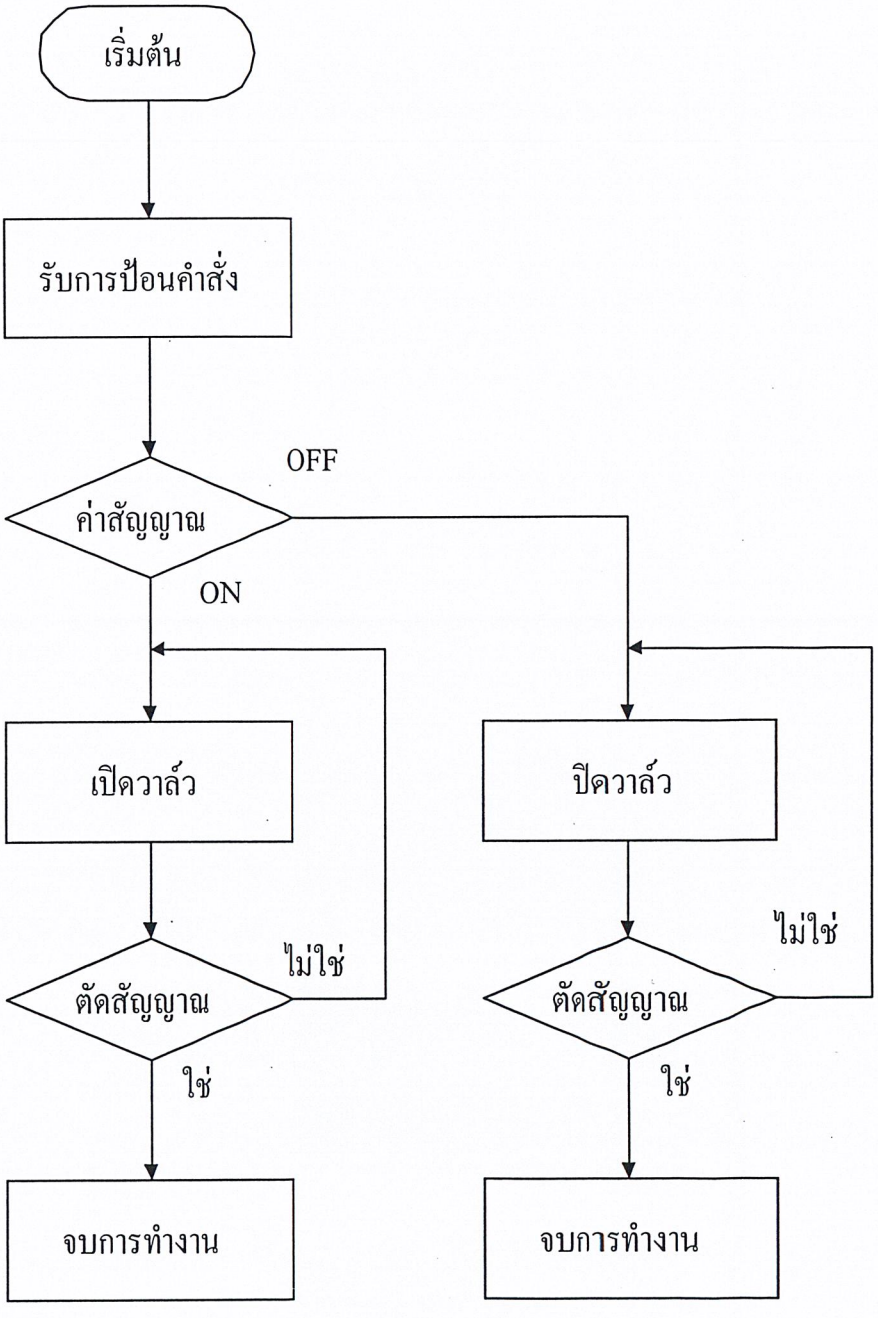



รูปที่ 5.6 แสดงการทำงานรวมของระบบ

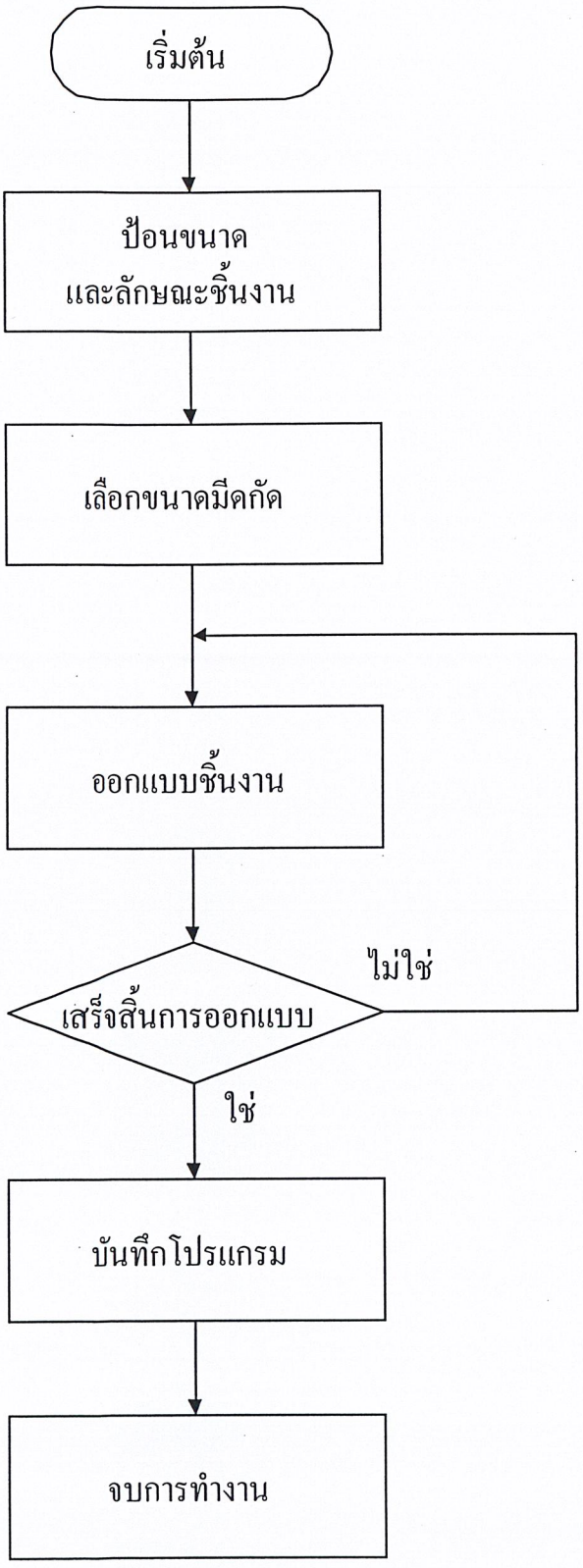
5.3 Flowchart การทำงาน



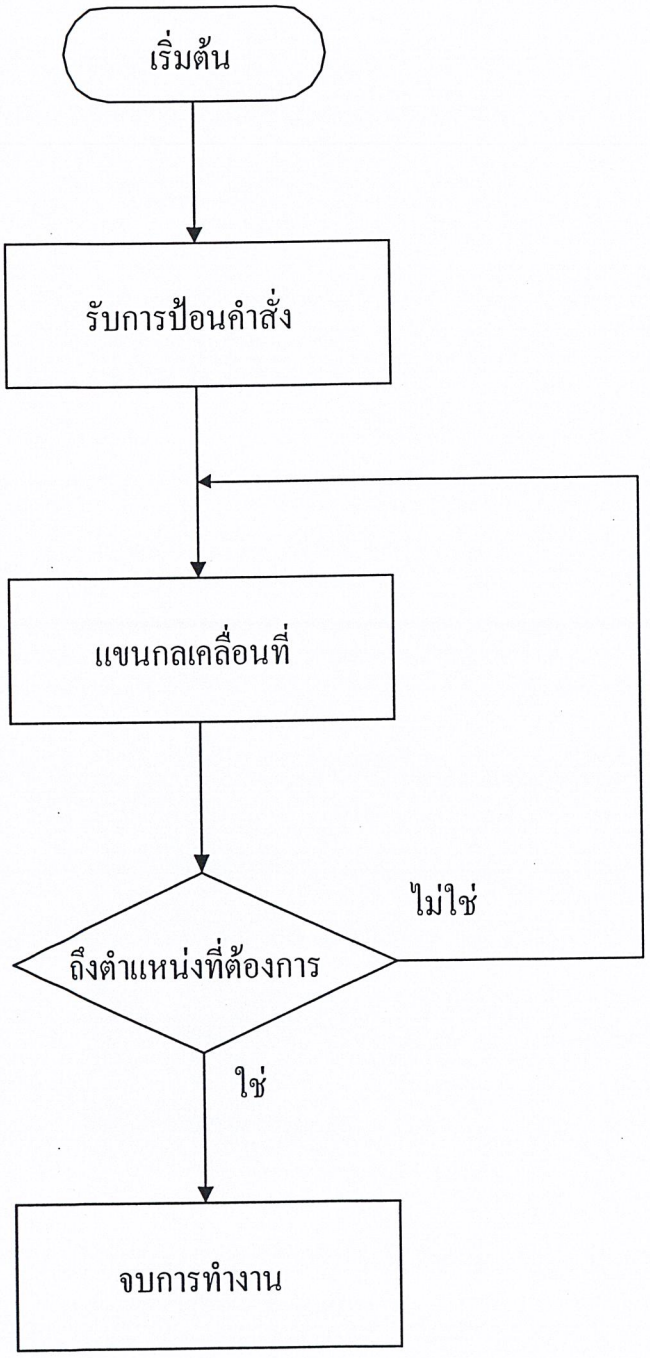

รูปที่ 5.7 แสดงFlowchart การทำงานของเครื่อง CNC




รูปที่ 5.8 แสดงFlowchart การทำงานของระบบนิวแมติกส์




รูปที่ 5.9 แสดงFlowchart การออกแบบชิ้นงาน




รูปที่ 5.10 แสดงFlowchart แขนกล

# สรุปและข้อเสนอแนะ

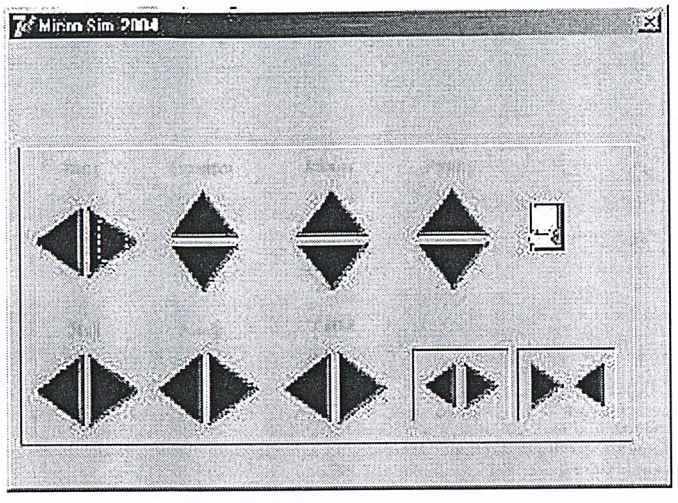
โครงงานนี้เป็นการแสดงลักษณะการทำงานของเครื่อง CNC แขนกล และ ระบบนิวแมติกส์ โดยมีคอมพิวเตอร์เป็นสื่อกลางควบคุมการทำงานของระบบ ผ่านทาง Serial Port และ Parallel Port การติดต่อสื่อสารและส่งผ่านข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่อง CNC จะใช้ทั้ง Serial Port และ Parallel Port ส่วนการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับแขนกล ใช้ Serial Port และชุดควบคุมแขนกลยังควบคุมการทำงานของระบบนิวแมติกส์อีกด้วย การทำงานเริ่มจาก การกำหนดรูปแบบชิ้นงานที่ต้องการกัด แขนกลหยิบชิ้นงานไปวางบนฐานยึดจับชิ้นงานของเครื่อง CNC ระบบนิวแมติกส์เป็นตัวส่งสัญญาณไปยังขดลวดโซลินอยด์ทำการเปิดวาล์วให้ก้านกระบอกสูบชักออกจับยึดชิ้นงาน จากนั้นเครื่อง CNC ทำการกัดชิ้นงานตามโปรแกรมที่กำหนด เมื่อกัดชิ้นงานเสร็จ ระบบนิวแมติกส์จะส่งสัญญาณไปยังขดลวดโซลินอยด์ทำการปิดวาล์วทำให้ก้านกระบอกสูบชักกลับปล่อยชิ้นงาน แขนกลนำชิ้นงานไปวางไว้ที่เดิม

ปัญหาที่เกิดขึ้น คือการจัดวางชิ้นงานไม่ตรงจุด ทำให้การจับยึดชิ้นงานไม่แน่น รวมทั้งเกิดความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งการกัดชิ้นงาน เนื่องจากขนาดของชิ้นงานไม่ได้ขนาดและไม่เรียบจึงต้องมีการตรวจสอบตำแหน่งทุกครั้งก่อนการกัด และการเคลื่อนที่ของแขนกลยังไม่ต่อเนื่องมีปัญหาทางด้านความเที่ยงตรง ทำให้การเคลื่อนที่ผิดตำแหน่งไป

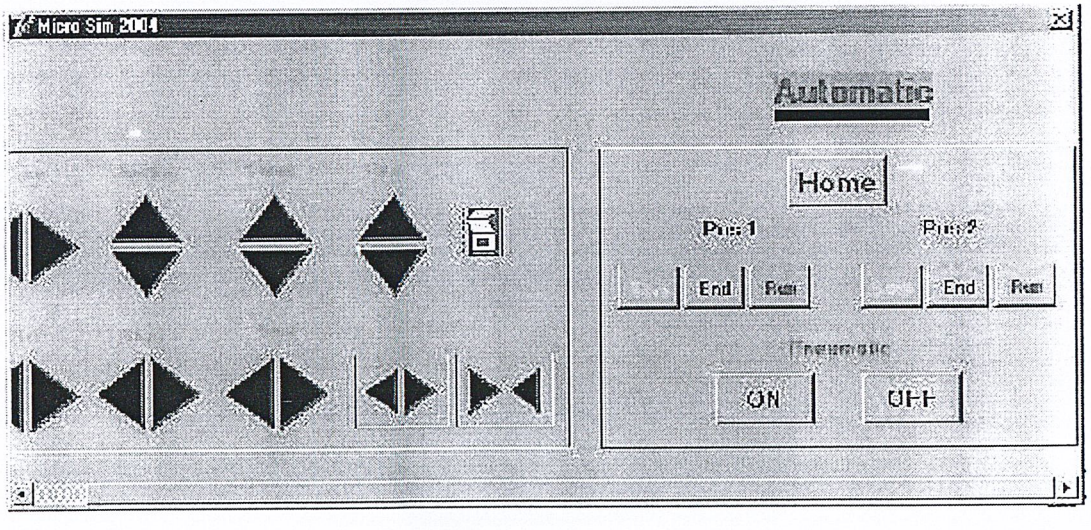
## ข้อเสนอแนะ

โครงงานนี้เป็นการจำลองการควบคุมขนาดเล็ก ควรมีการพัฒนาทางด้าน Software เพื่อให้การทำงานอยู่ในโปรแกรมเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถแสดงกราฟิกการทำงานรวมของระบบได้ เพื่อจะได้แก้ไขข้อผิดพลาดและปรับปรุงการทำงานให้เที่ยงตรงมากขึ้น

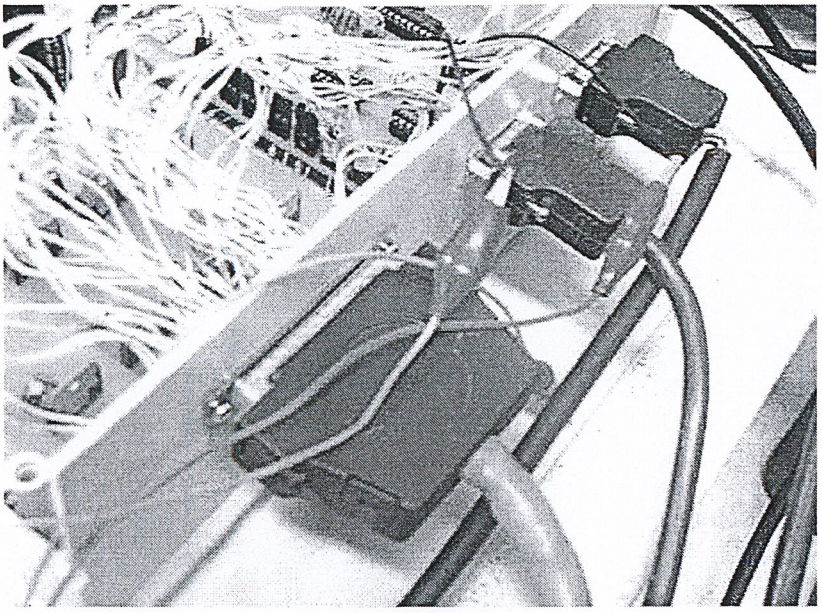
# ผนวก ก.



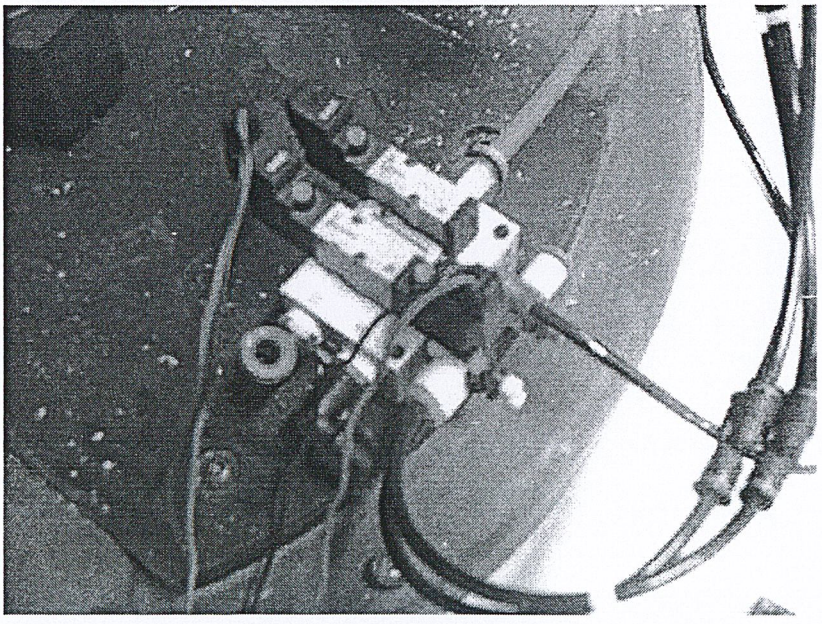

รูปที่ 1 แสดงหน้าต่างโปรแกรมแขนกล Mode manual



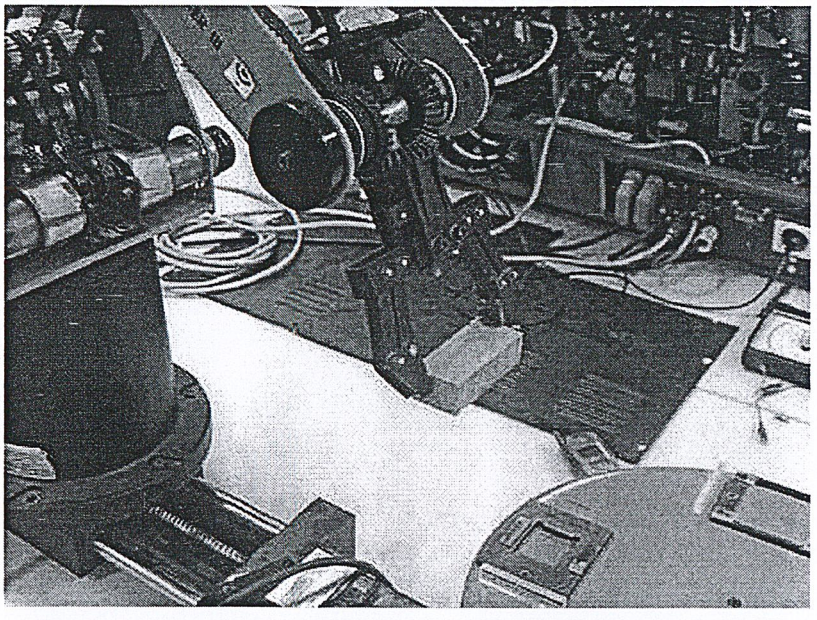

รูปที่ 2 แสดงหน้าต่างโปรแกรมรวมของแขนกล



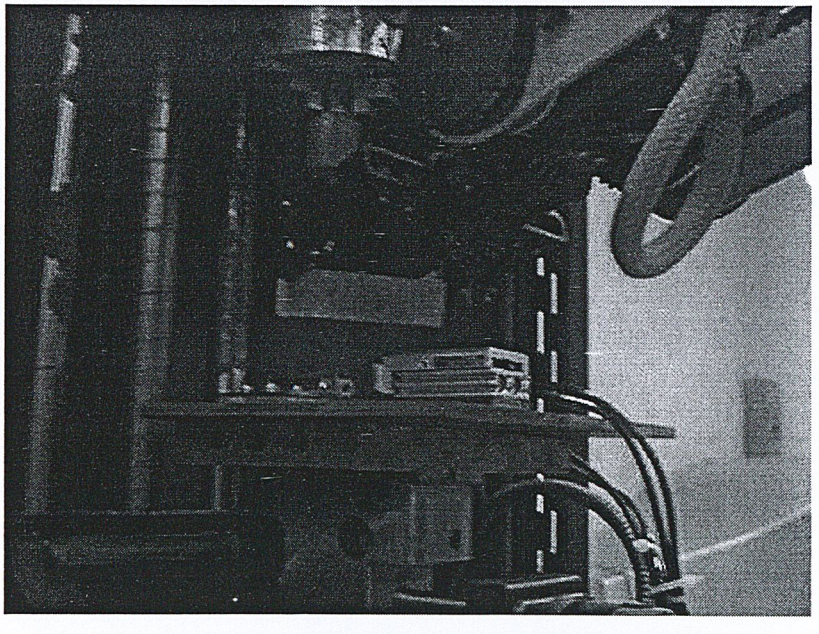
รูปที่ 3 แสดงการเชื่อมต่อใช้งานกล่องแขนกล



รูปที่ 4 แสดงการต่อวาล์วควบคุมทิศทาง

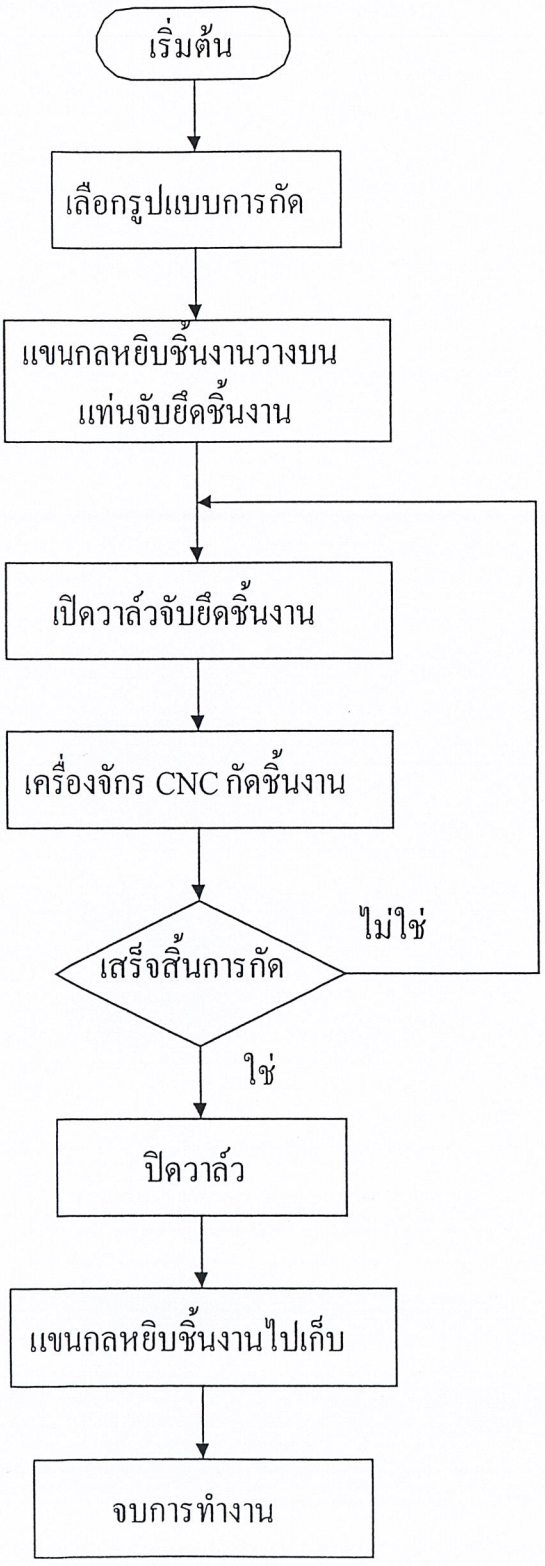


รูปที่ 5 แสดงการจับชิ้นงานของแขนกล



รูปที่ 6 แสดงฐานจับยึดชิ้นงานและการจัดวางชิ้นงานของแขนกล

Flowchart การทำงานรวมของระบบ



โปรแกรมสั่งงานแขนกล

```
procedure TForm1.JvSwitch1On(Sender: TObject);
begin
 Form1.Width :=770;
 form1.Position := poScreenCenter          ;
 Label9.Visible :=true;
 Label10.Visible :=true;
 label11.Visible :=true;
 Label12.Visible :=true;
 Shape2.Visible :=true;
 Bevel4.Visible :=true;
 SpeedButton1.Visible :=true;
 SpeedButton2.Visible :=true;
 SpeedButton3.Visible :=true;
 SpeedButton4.visible :=true;
 SpeedButton5.Visible :=true;
 SpeedButton6.Visible :=true;
 SpeedButton7.Visible :=true;
 SpeedButton8.Visible :=true;
 speedbutton9.Visible :=true;
end;

procedure TForm1.JvSwitch1Off(Sender: TObject);
begin
  Form1.Width :=430;
  Label9.Visible :=false;
  Label10.Visible :=false;
  label11.Visible :=false;
  Label12.Visible :=false;
  Shape2.Visible :=false;
```

```
 Bevel4.Visible :=false;
 SpeedButton1.Visible :=false;
 SpeedButton2.Visible :=false;
 SpeedButton3.Visible :=false;
 SpeedButton4.visible :=false;
 SpeedButton5.Visible :=false;
 SpeedButton6.Visible :=false;
 SpeedButton7.Visible :=false;
 SpeedButton8.Visible :=false;
 speedbutton9.Visible :=false;
end;

procedure TForm1.FormActivate(Sender: TObject);
begin
form1.Width :=435;
timer1.Enabled :=true;
end;

procedure TForm1.FormCloseQuery(Sender: TObject; var CanClose: Boolean);
begin
  ComPort1.Close ;
end;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
  ComPort1.WriteStr('Z');
end;

procedure TForm1.Timer2Timer(Sender: TObject);
begin
```

```
 ComPort1.WriteStr(chr(value));
end;

procedure TForm1.janTriLeftButton1MouseDown(Sender: TObject;
 Button: TMouseButton; Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
begin
 timer1.Enabled := false;
 value:=TjanTriLeftButton(sender).Tag ;
 timer2.Enabled :=true;
end;

procedure TForm1.samakkeeup(Sender: TObject;
 Button: TMouseButton; Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
begin
 timer2.Enabled :=false;
 value:=0;
 Timer1.Enabled :=true;
end;

procedure TForm1.janTriRightButton1MouseDown(Sender: TObject;
 Button: TMouseButton; Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
begin
   timer1.Enabled := false;
   value:=(TjanTriRightButton(sender).tag);
   timer2.Enabled :=true;

end;

procedure TForm1.janTriUpButton1MouseDown(Sender: TObject;
 Button: TMouseButton; Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
```

```
begin
   timer1.Enabled := false;
   value:=(TjanTriUpButton(sender).tag);
   timer2.Enabled :=true;
end;

procedure TForm1.janTriDownButton1MouseDown(Sender: TObject;
  Button: TMouseButton; Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
begin
    timer1.Enabled := false;
   value:=(TjanTriDownButton(sender).Tag);
   timer2.Enabled :=true;
end;

procedure TForm1.SpeedButton1MouseDown(Sender: TObject;
  Button: TMouseButton; Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
begin
    timer1.Enabled := false;
   value:=(TSpeedButton(sender).tag);
   timer2.Enabled :=true;
end;

procedure TForm1.SpeedButton1MouseUp(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
  Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
begin
     timer2.Enabled :=false;
  value:=0;
  Timer1.Enabled :=true;
end;
end.
```

ซอสโค้ดสำหรับสั่งงานแขนกล

```
                ORG     0000H
INITIAL:        SETB    P3.4
                MOV     P1,#00H
                MOV     P0,#00H
                MOV     TMOD,#25H
                MOV     TH1,#0FDH
                MOV     TL1,#0FDH
                SETB    TR1
                MOV     SCON,#40H
                SETB    REN
MAIN:           JNB     RI,$
                CLR     RI
                MOV     A,SBUF
;************* MOTOR1 **************
M1R:            CJNE    A,#41H,M1L
                MOV     P1,#00000001B
                SJMP    MAIN
M1L:            CJNE    A,#42H,M2R
                MOV     P1,#00000010B
                SJMP    MAIN
;************* MOTOR2 **************
M2R:            CJNE    A,#43H,M2L
                MOV     P1,#00000100B
                SJMP    MAIN
M2L:            CJNE    A,#44H,M3R
                MOV     P1,#00001000B
                SJMP    MAIN
;************* MOTOR3 **************
M3R:            CJNE    A,#45H,M3L
```

```
                MOV     P1,#00010000B
                ORG     0000H
INITIAL:        SETB    P3.4
                MOV     P1,#00H
                MOV     P0,#00H
                MOV     TMOD,#25H
                MOV     TH1,#0FDH
                MOV     TL1,#0FDH
                SETB    TR1
                MOV     SCON,#40H
                SETB    REN
MAIN:           JNB     RI,$
                CLR     RI
                MOV     A,SBUF
;************* HOME ****************
BEGIN:          CJNE    A,#53H,M1R
                AJMP    HOME

;************* MOTOR1 **************
M1R:            CJNE    A,#41H,M1L
                MOV     P1,#00000001B
                SJMP    MAIN
M1L:            CJNE    A,#42H,M2R
                MOV     P1,#00000010B
                SJMP    MAIN
;************* MOTOR2 **************
M2R:            CJNE    A,#43H,M2L
                MOV     P1,#00000100B
                SJMP    MAIN
M2L:            CJNE    A,#44H,M3R
```

```
                MOV     P1,#00001000B
                SJMP    MAIN
;************* MOTOR3 **************
M3R:            CJNE    A,#45H,M3L
                MOV     P1,#00010000B
                SJMP    MAIN
M3L:            CJNE    A,#46H,M4R
                MOV     P1,#00100000B
                SJMP    MAIN
;************* MOTOR4,5 **************
M4R:            CJNE    A,#47H,M4L
                MOV     P0,#00000101B
                SJMP    MAIN
M4L:            CJNE    A,#48H,M5R
                MOV     P0,#00001010B
                SJMP    MAIN
;************* MOTOR4,5 **************
M5R:            CJNE    A,#49H,M5L
                MOV     P0,#00000110B
                SJMP    MAIN
M5L:            CJNE    A,#4AH,M6R
                MOV     P0,#00001001B
                SJMP    MAIN
;************* MOTOR6 **************
M6R:            CJNE    A,#4BH,M6L
                MOV     P1,#01000000B
                SJMP    MAIN
M6L:            CJNE    A,#4CH,M7R
                MOV     P1,#10000000B
                SJMP    MAIN
```

```
;************* MOTOR7 **************
M7R:        CJNE    A,#4DH,M7L
            MOV     P0,#00010000B
            SJMP    MAIN
M7L:        CJNE    A,#4EH,M8R
            MOV     P0,#00100000B
            SJMP    MAIN
;************* MOTOR8 **************
M8R:        CJNE    A,#4FH,M8L
            MOV     P0,#01000000B
            SJMP    MAIN
M8L:        CJNE    A,#50H,STOP
            MOV     P0,#10000000B
            LJMP    MAIN
;************* STOP **************
STOP:       CJNE    A,#5AH,TOMAIN
            MOV     P0,#0FFH
            MOV     P1,#0FFH
TOMAIN:     AJMP    MAIN

HOME:       CJNE    A,#41H,M1L
M1:         CLR     TR0
            MOV     TH0,#00H
            MOV     TL0,#00H
            SETB    TR0
            MOV     P2,#0FFH
            MOV     P0,#00100000B
            ACALL   DEL
            ACALL   DEL
            MOV     A,TL0
```

```
                CJNE    A,30H,M1
                MOV     30H,TH0
                ACALL   DEL
                SJMP    W1
M1L:            AJMP    M1LL
W1:             MOV     A,TH0
                CJNE    A,30H,M1
                MOV     P0,#00110000B

M4:             MOV     P2,#00H
                JB      P3.5,M6
                CLR     TR0
                MOV     TH0,#00H
                MOV     TL0,#00H
                SETB    TR0
                MOV     P1,#00000001B
                ACALL   DEL
                MOV     30H,TL0
                ACALL   DEL
                MOV     A,TL0
                CJNE    A,30H,M4
                MOV     30H,TH0
                ACALL   DEL
                MOV     A,TH0
                JB      P3.5,M6
                CJNE    A,30H,M4
                MOV     P1,#00000011B

M5:             JB      P3.5,M6
                CLR     TR0
```

```
        MOV     TH0,#00H
        MOV     TL0,#00H
        SETB    TR0
        MOV     P1,#00000010B
        ACALL   DEL
        MOV     30H,TL0
        ACALL   DEL
        MOV     A,TL0
        CJNE    A,30H,M5
        MOV     30H,TH0
        ACALL   DEL
        MOV     A,TH0
        CJNE    A,30H,M5
        MOV     P1,#00000011B
        SJMP    M4

M6:     MOV     P2,#00010000B
        JB      P3.5,M7
        MOV     P1,#00000100B
        AJMP    M6

M7:     MOV     P2,#00001000B
        JB      P3.5,M8
        MOV     P1,#00100000B
        AJMP    M7

M8:     MOV     P1,#00110000B
        MOV     P2,#00110000B
        JB      P3.5,M9
        MOV     P0,#00001010B
```

```
        AJMP    M8

M9:     MOV     P2,#00100000B
        JB      P3.5,M10
        MOV     P0,#00001001B
        SJMP    M9

M10:    MOV     P0,#00001111B
        CLR     TR0
        MOV     TH0,#00H
        MOV     TL0,#00H
        SETB    TR0
        MOV     P2,#00000011B
        MOV     P1,#01000000B
        ACALL   DELAY3
        MOV     30H,TL0
        ACALL   DEL
        ACALL   DEL
        MOV     A,TL0
        CJNE    A,30H,M10
        MOV     30H,TH0
        ACALL   DEL
        ACALL   DEL
        MOV     A,TH0
        CJNE    A,30H,M10

M11:    CLR     TR0
        MOV     TH0,#00H
        MOV     TL0,#00H
        SETB    TR0
```

```
MOV         P2,#00000011B
MOV         P1,#10000000B
ACALL       DELAY3
MOV         30H,TL0
ACALL       DEL
ACALL       DEL
MOV         A,TL0
CJNE        A,30H,M11
MOV         30H,TH0
ACALL       DEL
ACALL       DEL
MOV         A,TH0
CJNE        A,30H,M11
AJMP        MAIN
END
```

สายสัญญาณจากแขนกล Scorbot ER3

สายสัญญาณจากแขนกล Scorbot ER3 ถูกรวมเข้าด้วยตัวคอนเนกเตอร์ (Connector) 50ขา

ตาราง แสดงสายสัญญาณจากตัวคอนเนกเตอร์ 50 ขาจากแขนกล Scorbot ER3

| หมายเลข | ตำแหน่ง | สายสี | จากอุปกรณ์ |
|---|---|---|---|
| 1 | มอเตอร์ตัวที่2 | เทา | เอนโคดเดอร์(4) |
| 2 | มอเตอร์ตัวที่1 | น้ำตาล | เอนโคดเดอร์(4) |
| 3 | มอเตอร์ตัวที่5 | เขียว | เอนโคดเดอร์(3) |
| 4 | มอเตอร์ตัวที่3 | น้ำตาล | เอนโคดเดอร์(3) |
| 5 | มอเตอร์ตัวที่1 | ขาว | เอนโคดเดอร์(3) |
| 6 | มอเตอร์ตัวที่5 | ส้ม | ลิมิตสวิชต์ |
| 7 | มอเตอร์ตัวที่2 | เทา | ลิมิตสวิชต์ |
| 8 | ลิงค์อันที่5 | น้ำเงิน | ลิมิตสวิชต์ |
| 9 | มอเตอร์ตัวที่5 | เหลือง | เอนโคดเดอร์(2) |
| 10 | มอเตอร์ตัวที่3 | เหลือง | เอนโคดเดอร์(2) |
| 11 | มอเตอร์ตัวที่1 | เหลือง | เอนโคดเดอร์(2) |
| 12 | มอเตอร์ตัวที่6 | เหลือง | ขั้วมอเตอร์ |
| 13 | มอเตอร์ตัวที่5 | ขาว | ขั้วมอเตอร์ |
| 14 | มอเตอร์ตัวที่4 | ส้ม | ขั้วมอเตอร์ |
| 15 | มอเตอร์ตัวที่3 | ขาว | ขั้วมอเตอร์ |
| 16 | มอเตอร์ตัวที่2 | ขาว | ขั้วมอเตอร์ |
| 17 | มอเตอร์ตัวที่1 | เทา | ขั้วมอเตอร์ |
| 18 | มอเตอร์ตัวที่5 | ฟ้า | เอนโคดเดอร์(4) |
| 19 | มอเตอร์ตัวที่6 | เขียว | เอนโคดเดอร์(3) |
| 20 | มอเตอร์ตัวที่4 | เขียว | เอนโคดเดอร์(3) |
| 21 | มอเตอร์ตัวที่2 | ขาว | เอนโคดเดอร์(3) |
| 22 | | ไม่ใช้งาน | |
| 23 | ใต้ฐานแขนกล | น้ำตาล | ลิมิตสวิชต์ |
| 24 | ลิงค์อันที่4 | ขาว | ลิมิตสวิชต์ |
| 25 | มอเตอร์ตัวที่6 | เหลือง | เอนโคดเดอร์(2) |

ตาราง (ต่อ)แสดงสายสัญญาณจากตัวคอนเนกเตอร์ 50 ขาจากแขนกล Scorbot ER3

| หมายเลข | ตำแหน่ง | สายสี | จากอุปกรณ์ |
|---|---|---|---|
| 26 | มอเตอร์ตัวที่4 | เหลือง | เอนโคดเดอร์(2 |
| 27 | มอเตอร์ตัวที่2 | เหลือง | เอนโคดเดอร์(2 |
| 28 | มอเตอร์ตัวที่6 | ม่วงดำ | เอนโคดเดอร์(1) |
| *29 | มอเตอร์ตัวที่5 | (ส้ม)(ขาว) | (ลิมิตสวิชต์) เอนโคดเดอร์(1) |
| *30 | มอเตอร์ตัวที่4 | (น้ำเงิน) (ขาว) | (ลิมิตสวิชต์) เอนโคดเดอร์(1) |
| *31 | (ลิงค์อันที่5)มอเตอร์ตัวที่3 | (ขาว)(ขาว) | (ลิมิตสวิชต์) เอนโคดเดอร์(1) |
| *32 | (ลิงค์อันที่4)มอเตอร์ตัวที่2 | (ขาว)(ขาว) | (ลิมิตสวิชต์) เอนโคดเดอร์(1) |
| *33 | (ลิงค์อันที่2)มอเตอร์ตัวที่1 | (ขาว)(ขาว) | (ลิมิตสวิชต์) เอนโคดเดอร์(1) |
| - | | | |
| 34 | มอเตอร์ตัวที่6 | น้ำตาล | เอนโคดเดอร์(4) |
| 35 | มอเตอร์ตัวที่4 | ส้ม | เอนโคดเดอร์(4) |
| 36 | มอเตอร์ตัวที่3 | เขียว | เอนโคดเดอร์(4) |
| 37-44 | ไม่ใช้งาน | | |
| 45 | มอเตอร์ตัวที่6 | เทา | ตรงขั้วมอเตอร์ |
| 46 | มอเตอร์ตัวที่5 | เทา | ตรงขั้วมอเตอร์ |
| 47 | มอเตอร์ตัวที่4 | ขาว | ตรงขั้วมอเตอร์ |
| 48 | มอเตอร์ตัวที่3 | ส้ม | ตรงขั้วมอเตอร์ |
| 49 | มอเตอร์ตัวที่2 | ขาว | ตรงขั้วมอเตอร์ |
| 50 | มอเตอร์ตัวที่1 | ขาว | ตรงขั้วมอเตอร์ |
| หมายเหตุ | *ใช้สายไฟเส้นเดียวกัน | | |

ผนวก ข.

# 1 Introduction

The Boxford DUET is a machine tool designed for both lathe and mill CNC training on the same machine. Two versions of the machine are available: a 320W version with a fixed spindle drive ratio, and a 450W version with a choice of two spindle drive ratios provided by quick-change cassettes.

In lathe mode, the DUET provides 2-axis simultaneous movement and screwcutting capability. In mill mode, the machine provides 3-axis simultaneous movement.

A robot port is provided to enable the DUET to be used in an FMS system.

The machine is operated by an IBM-compatible PC on which the DUET software package is installed, allowing control by keyboard or mouse.

The DUET software is a Windows-style package with pull-down menus, enabling components to be produced by ISO G and M code programming (CNC programming) or by CAM, and providing program editing. Screen graphics include 2D and 3D viewing with rotation and zooming, and simulation of machining for program verification.

SuperDraft and Boxford Old Format files can be imported.

This manual contains instructions for installing the DUET machine and software, and general guidance in using the DUET software. After setting up the equipment and becoming proficient in operating the software, refer to the TURNING and MILLING manuals for details of CNC programming and machining.

If required, all aspects of programming, program editing and simulation of machining can be practised without the PC connected to the DUET machine. This enables training to be carried out on a number of PCs simultaneously; completed programs can be transferred to a PC connected to the DUET for machining and program verification.

# 2 Packing List

Unpack the case and check that the following items are included, (see Figure 1.1):

DUET Machine Tool Fitted with:

1. 6-position toolholder with six clamps
2. Tailstock and centre
3. Low-voltage light
4. 320W version: fixed spindle drive with cover
   450W version: speed change cassette
5. 3-jaw chuck
6. Additional speed change cassette (450W version only)

Lathe Mode Tooling:

7. 4-position drilling/boring toolholder with bushes
8. Left-hand turning tool with spare tips
9. Parting-off tool with spare tips
10. Spindle centre, driver and carrier

Mill Mode Tooling:

11. One 10 mm bore cutter holder
    Two 5 mm bore cutter holders
12. One 5 mm end mill
13. Milling vice with two reversible jaws
14. Milling table with four T-clamps

Accessories

15. Chuck key
16. Camlock key (for securing milling table and drilling/boring toolholder)
17. Oilcan
18. Operating manuals
19. Swarf brush
20. Turning billets (3)
21. Milling billet (wax)

## Control Equipment

22. Control Unit (for 240V or 110V a.c. supply, as appropriate)
23. Mains cable
24. Parallel cable with 25-way connectors
25. Serial cable with 9-way connectors
26. DUET software on 3.5in. disks

# 3 Specifications

| | | | mm | in |
|---|---|---|---|---|
| Lathe Mode | Swing over bed (dia) | | 225 | 8.86 |
| | Max turned dia. between centres | | 65 | 2.6 |
| | Spindle bore | | 20 | 0.8 |
| | Distance between centres | | 330 | 13.0 |
| | Turning distance between centres | | 330 | 13.0 |
| | Tailstock centre adjustment | | 100 | 3.9 |
| | Axis travel: | | | |
| | X | | 125 | 4.92 |
| | Y | | 360 | 14.0 |
| Mill Mode Axis Travel | X | | 125 | 4.92 |
| | Y | | 75 | 3.0 |
| | Z height (chuck to table) | | 260 | 10.0 |
| Spindle Speed Range | 320W version | | 200-2500 rev/min | |
| | 450W version: | low range | 40-400 rev/min | |
| | | high range | 400-4000 rev/min | |
| Rapid Traverse Rate | | | 500 mm/min | 19.5 in/min |
| Programmable Feed Rate | | | 0-500 mm/min | 0-19.5 in/min |
| System Resolution | | | 0.01 mm | 0.0004 in |
| Spindle Motor | | | 320W or 450W | |
| | | | mm | in |
| Dimensions | L | | 900 | 35.5 |
| | W | | 455 | 18 |
| | H | | 480 | 19 |
| Weight | | | 52 kg | 115 lb |

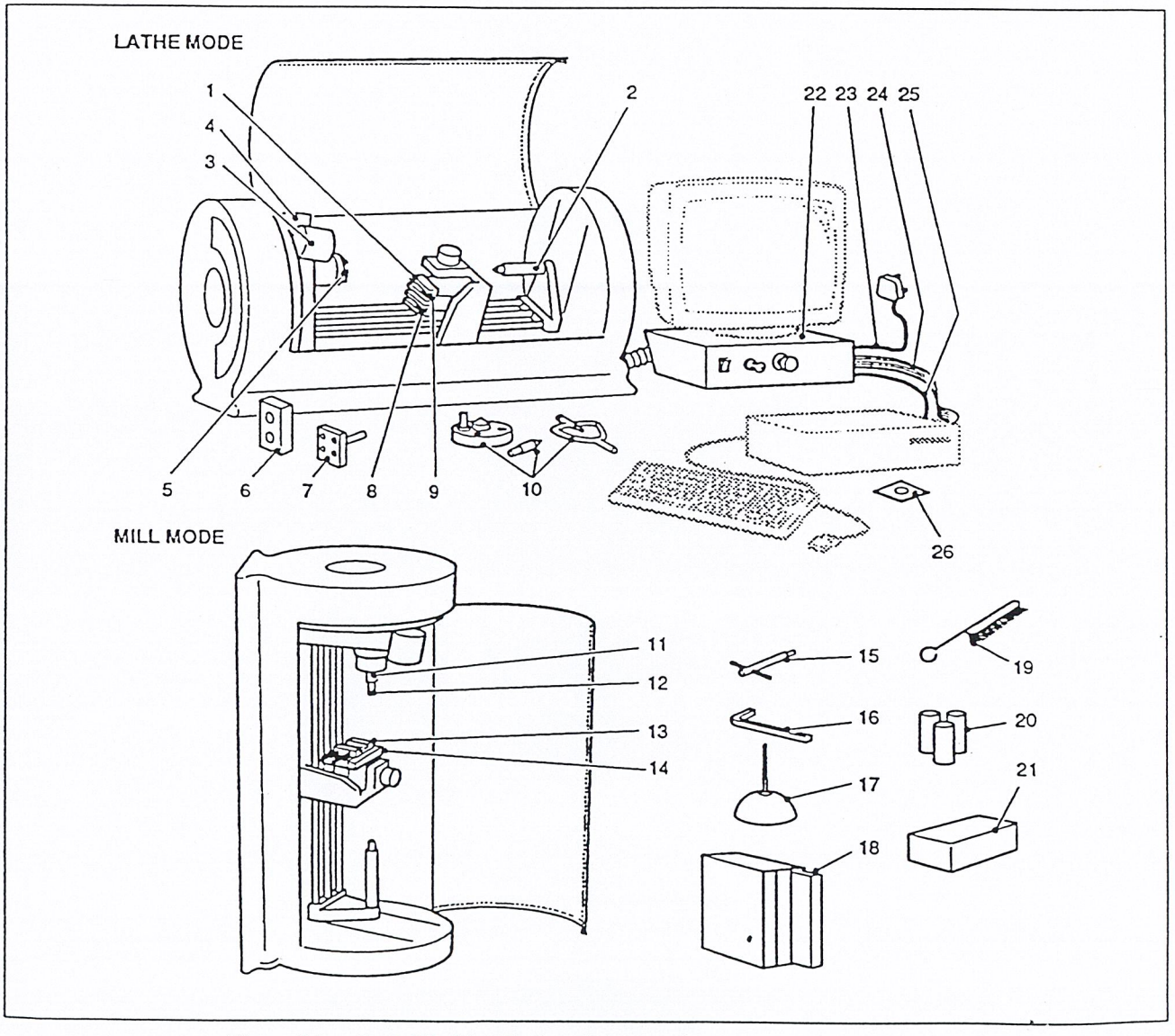
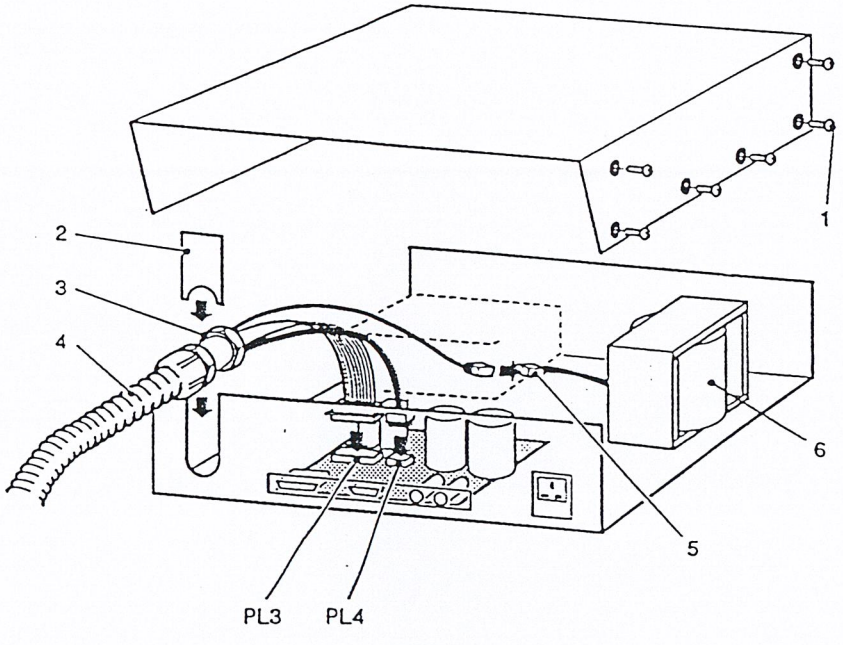



*Figure 1.1 Duet Machine Tool and Accessories*




1 Cover fixing screws
2 Sealing plate
3 Nut
4 Flexible conduit
5 Lamp power connector
6 Transformer

*Figure 5.1 Connecting DUET to Control Unit*

# 5 Installation

## 5.1 Installing the DUET Machine Tool

Location

The DUET machine requires a firm, level surface. It is not necessary to bolt the machine in position, and the machine can be turned on end for use in mill mode. The control unit and PC require a clean, dry area free from dust, vibration, and risk of splashing with coolant and other liquids.

If the PC has a separate monitor, the monitor can be stood in the recess in the top of the control unit, with the PC, keyboard and mouse arranged conveniently around the unit, (see Figure 1.1).

Connecting DUET to Power Supply Unit (Figure 5.1)

The DUET machine is connected to the control unit by three cables contained in the flexible conduit (4).

1. Remove the securing screws (1) from each side of the cover of the control unit, and take off the cover.
2. Insert the end of the conduit into the slot in the back of the control unit, insert the sealing plate (2) on the inside of the casing, and tighten the nut (3) to secure the conduit and sealing plate.
3. Connect the 25-way ribbon cable and connector to PL3 and the 6-way power connector to PL4 on the printed circuit board.
4. Connect the 2-way connector to the lamp power connector (5) which is wired to the transformer (6).
5. Refit the cover and secure it with the screws (1).

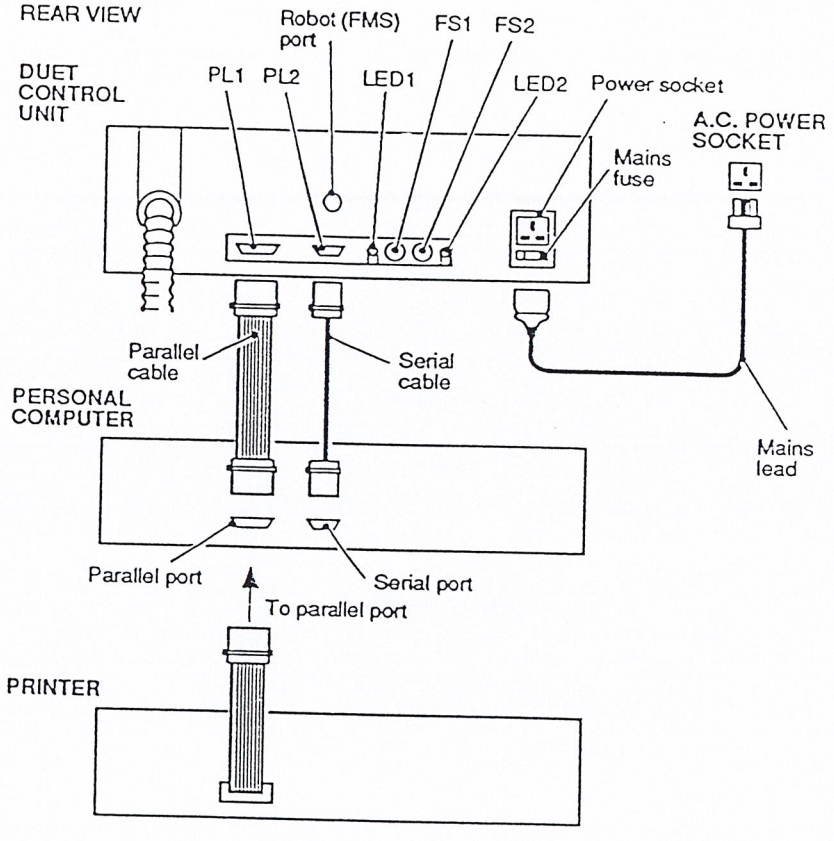



*Figure 5.2 Connecting PC and Power Supply*

## Connecting PC (Figure 5.2)

Make the connections to the back of the control unit as follows:

1. Connect PL1 to the parallel port on the PC with the 25-way parallel cable. (If a switch is to be used for connecting the printer, connect the switch to the parallel port on the PC and connect the parallel cable to the switch). If the PC has two parallel ports, use LPT2 to avoid conflict with any other software installed which may use LPT1.
2. Connect PL2 to the serial port on the PC with the serial cable.
3. Connect the printer to the second parallel port or switch, or place the cable connector close to the first parallel port to allow easy connection, as appropriate.

## Connecting Mains Supply (Figure 5.2)

The mains lead must be terminated with an earthed (grounded) three-pin plug and connected to an earthed (grounded) a.c. power supply socket of the correct voltage (110 or 240V).

The wires are colour-coded as follows:

| | | |
|---|---|---|
| Black | : | Live |
| Brown | : | Neutral |
| Green/White | : | Earth (ground) |

WARNING:

BEFORE CONNECTING AND SWITCHING ON THE MAINS SUPPLY, CHECK THAT THE 'POWER ON' SWITCH ON THE FRONT OF THE CONTROL UNIT IS SET TO 'OFF'.

Connect the mains lead to the power socket at the back of the control unit, and to an a.c. power socket.

## 5.4 Configuring the DUET Software

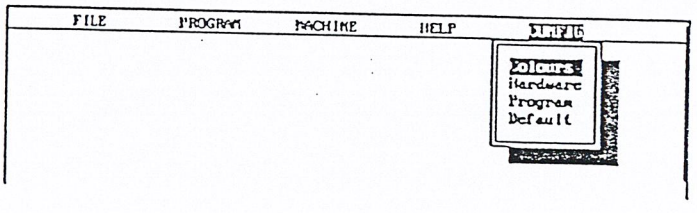
Before the DUET machine is used, the software must be configured to suit your computer system and programming preferences. The Lathe and Mill modules of the software must be configured independently; the procedure is the same for each module.

Refer to Section 7 - Using the DUET Software for details of how to run the software. Each module is configured by means of the CONFIG option on the main menu.

Run the Lathe module, and carry out the procedure given below. Repeat the procedure for the Mill module.

CONFIG Menu

1. From the main menu, select CONFIG to display the CONFIG menu:




The Colours option sets the colours for the screen display on a colour monitor, and the grey tones for a monochrome monitor.

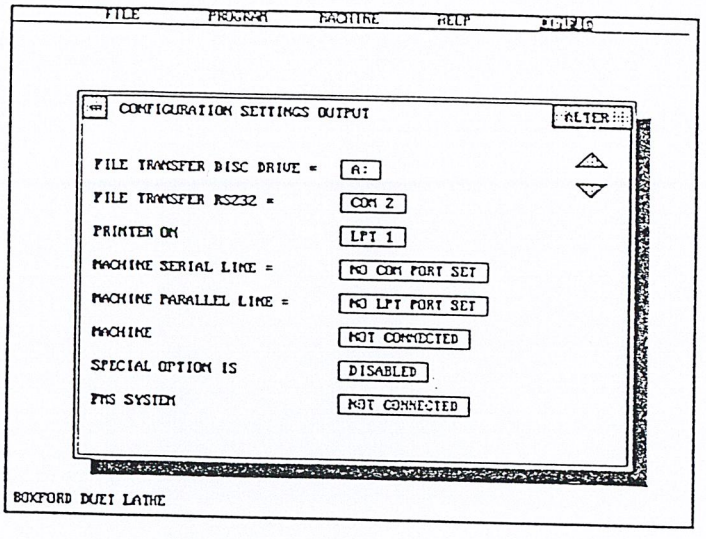
The Hardware option sets the ports and disk drive which the software will use. The system will not operate correctly unless the appropriate settings are made.

The Program option sets the units of measurement and other parameters associated with CNC programming and graphics.

The Default option sets all parameters to their default settings, which may not be suitable for your system.

Hardware

5. Select Hardware from the CONFIG menu. The screen shows the CONFIGURATION SETTINGS OUTPUT display with typical settings as shown:




Select the settings as follows:

FILE TRANSFER DISK DRIVE:

The drive letter of the 3.5 in floppy disk drive to be used for exporting and importing programs (usually A:).

FILE TRANSFER RS232:

The COM port to be used for transferring files direct to another PC by data cable, if required. If your PC has only one COM port, set COM1. If there is a second COM port, set COM2. One COM port must be reserved for the machine serial line.

PRINTER ON:

The port setting will depend on the arrangements made for connecting a printer, (see Section 3 - Computer Requirements). Set LPT1 or LPT2 as appropriate.

# 6 Machine Controls (Figure 6.1)

POWER ON Switch

Controls the mains power supply to the power supply unit and the DUET machine. The switch lights up when the power is turned on.

RUN/INHIBIT Switch

With the switch set to RUN, the machine operates normally. When the switch is set to INHIBIT, the PC is prevented from operating the machine. Set the switch to INHIBIT and remove and retain the key to prevent unintentional operation of the machine when an untested program is being produced.

E-STOP (Emergency Stop Pushbutton)

Pressing this pushbutton stops all machine movement, and the button locks in the depressed position. If the machine is in production, an appropriate message is displayed on the PC screen. The button must be turned to release it and to enable the machine to be started. If the machine was performing a production cycle, the cycle must be repeated from the beginning.

Low Voltage Light

The lamp is operated by the switch at the back of the lamp housing, and is pivoted to allow adjustment.

Guard

With the guard closed, the moving parts of the machine are totally enclosed. Safety switches detect when the guard is closed and provide the protection described in Safety. If the guard is open and an attempt is made to machine a component, an appropriate message is displayed on the PC screen.

LEDs

A red and green LED on a printed circuit board are visible through the window in the end cover. The LEDs flicker when the DUET software is communicating with the DUET machine.

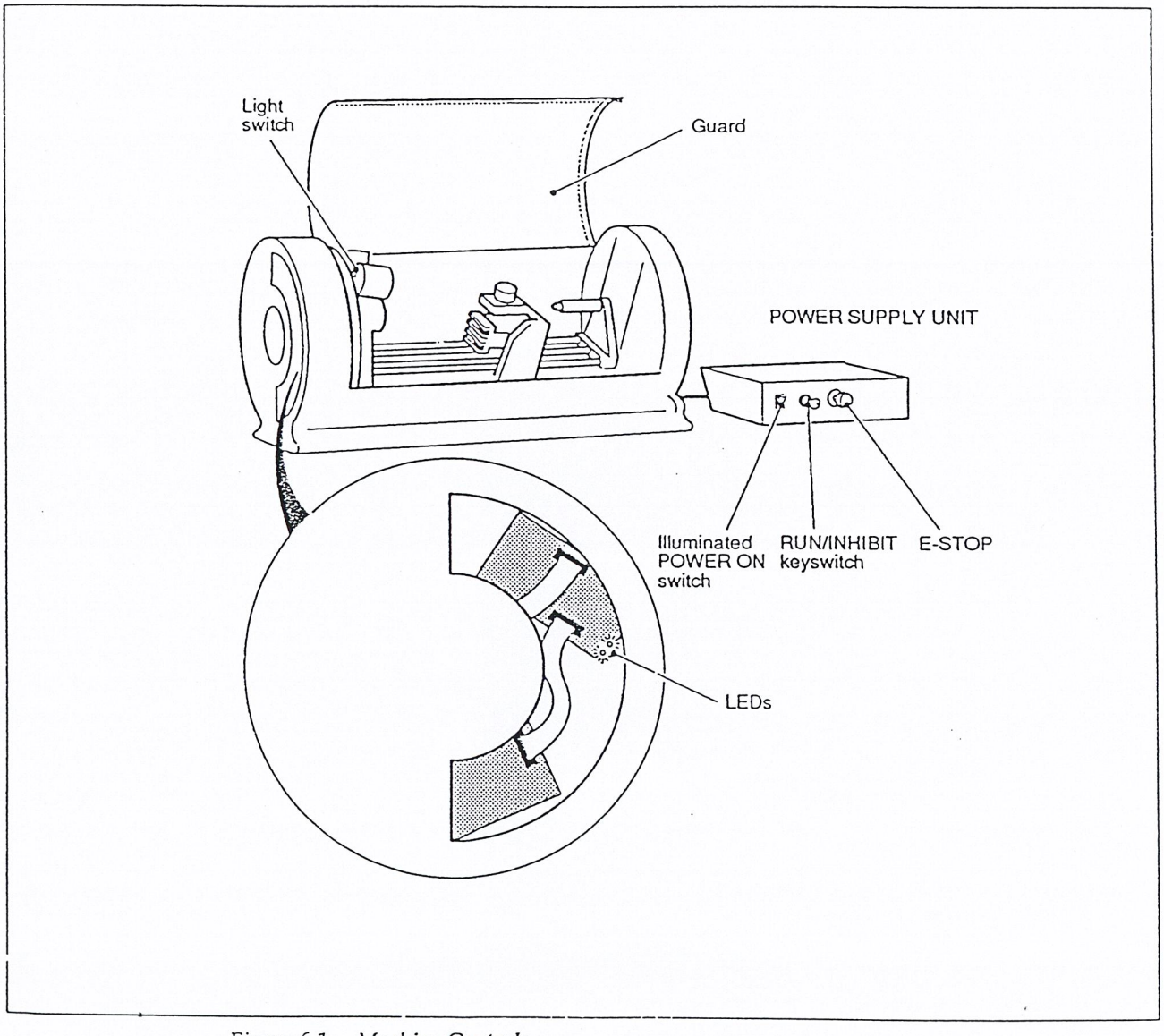



*Figure 6.1 Machine Controls*

## 7.2 Sequence of Operation

Programs are stored in the DUET software in program catalogues. (For further details, see Catalogues and File Handling). In order to machine a component, a program or file must be stored in a Catalogue, and the TURNING and MILLING manuals deal with the creation, editing and saving of new programs.

When the software is first installed, several programs are included in a Catalogue for demonstration and tutorial purposes.

*Note:*

*A demonstration Turning and a demonstration Milling program are included, together with workpiece billets to enable an example of each type of component to be machined, (see Section 2 - Running the Demonstration Program in the Turning and Milling manuals).*

The procedure for selecting a program and producing the finished component consists of two stages:

1. Programming - initiated from the PROGRAM option on the main menu.
2. Machining - initiated from the MACHINE option on the main menu.

Figures 7.1 and 7.2 show the two stages, each consisting of a number of steps, together with brief details of the menu options and selections required for each step. (Full details are given in the TURNING and MILLING manuals). To become familiar with the software, practice selecting a program and carrying out each step of the procedure as follows:

1. Programming

   This stage can be practised without the machine connected.

2. Machining

   CAUTION:

   TOOL OFFSETS MUST BE SET CORRECTLY BEFORE MACHINING, TO PREVENT THE RISK OF RUNNING THE TOOL INTO THE CHUCK OR WORKPIECE.

   THE OFFSETS FOR THE TURNING TOOLING FITTED TO THE MACHINE ON DELIVERY ARE FACTORY-SET. IT IS RECOMMENDED THAT THESE SETTINGS ARE CHECKED BEFORE RUNNING THE DEMONSTRATION AND TUTORIAL PROGRAMS.

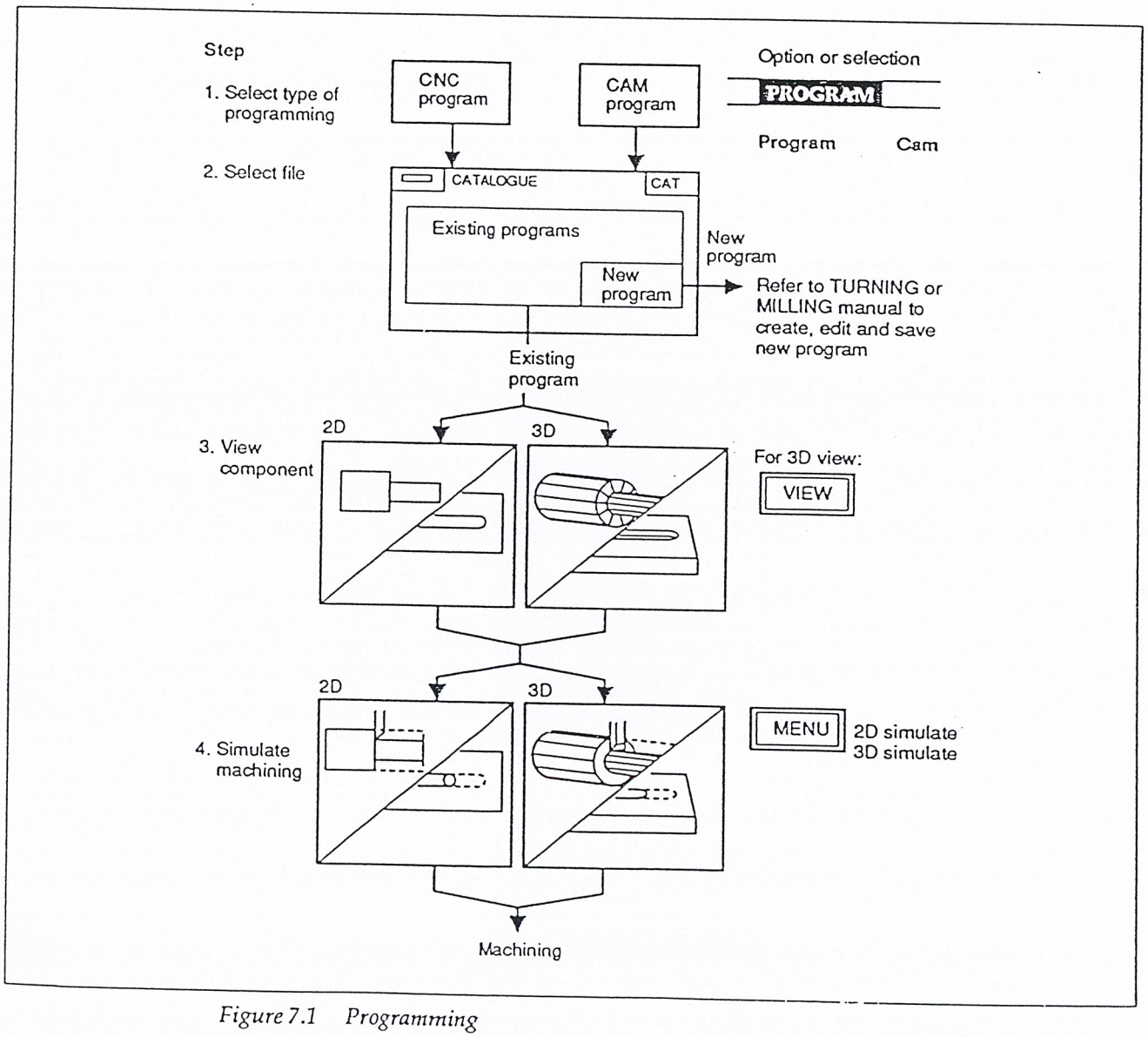



*Figure 7.1 Programming*

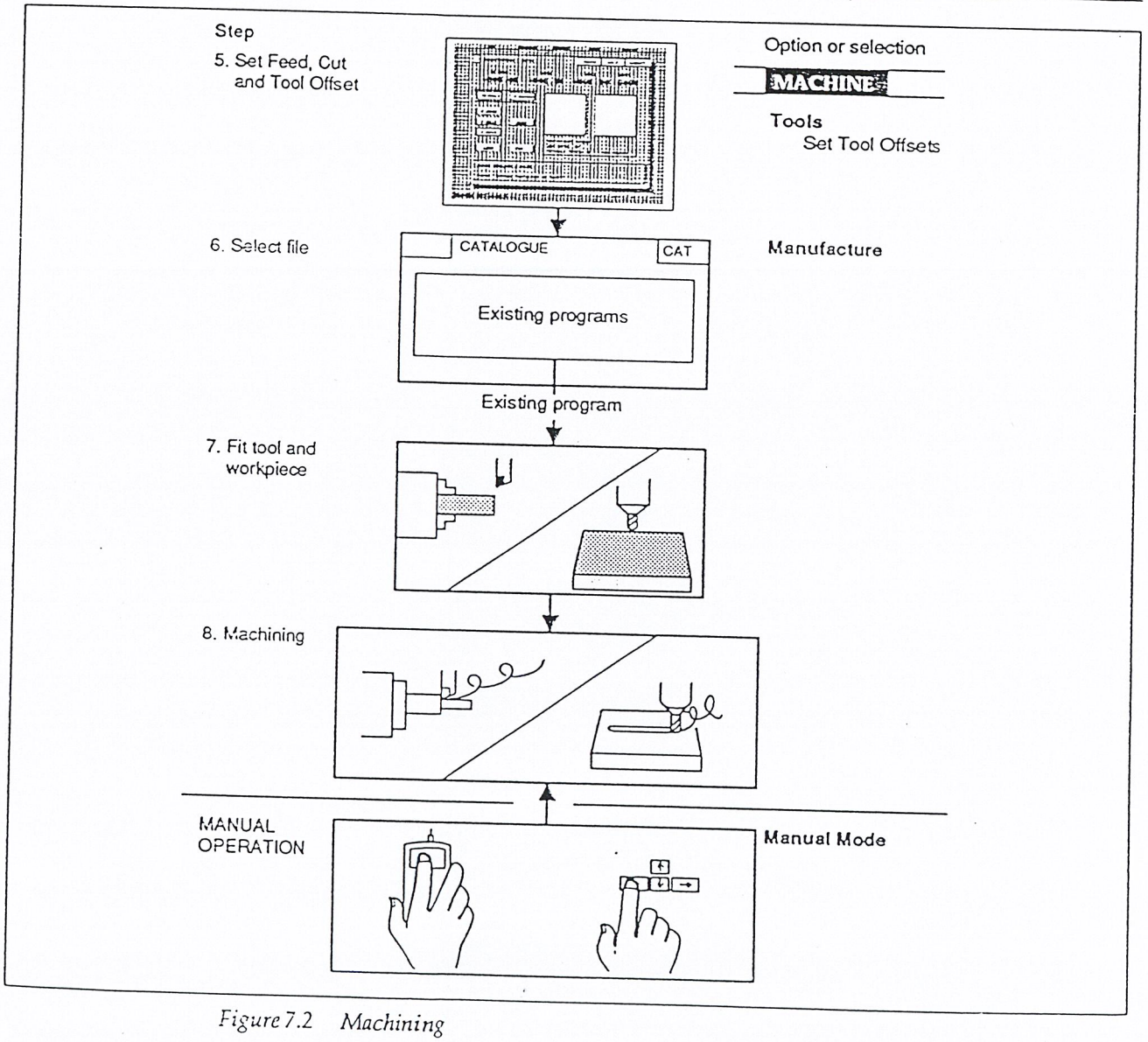
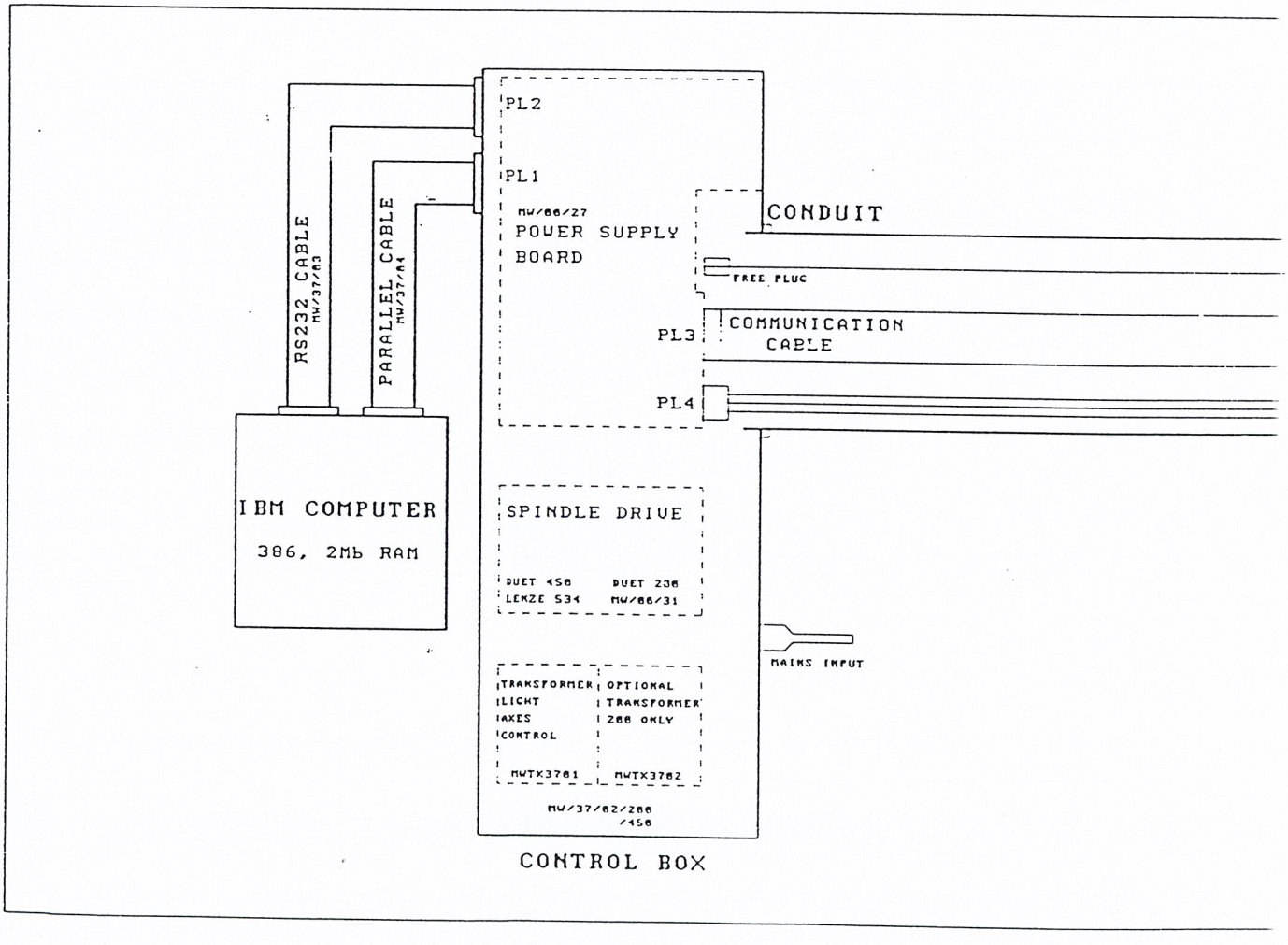



*Figure 7.2 Machining*


PL2
PL1
MW/66/27
POWER SUPPLY
BOARD
CONDUIT
FREE FLUC
PL3
COMMUNICATION
CABLE
PL4
RS232 CABLE
MW/37/83
PARALLEL CABLE
MW/37/84
IBM COMPUTER
386, 2Mb RAM
SPINDLE DRIVE
DUET 456
DUET 236
LENZE S34
MW/66/31
MAINS INPUT
TRANSFORMER
LICHT
AXES
CONTROL
OPTIONAL
TRANSFORMER
286 ONLY
MWTX3761
MWTX3762
MW/37/82/286
/456
CONTROL BOX

# 8 Circuit Diagrams and Description

## 8.1 System Schematic (Figure 8.1)

Figure 8.1 shows the identity and location of the units comprising the control system of the DUET machine. In the 320W version, the spindle drive unit is a PCB supplied by Boxford. In the 450W unit, a proprietary drive unit is fitted, manufactured by Lenze.

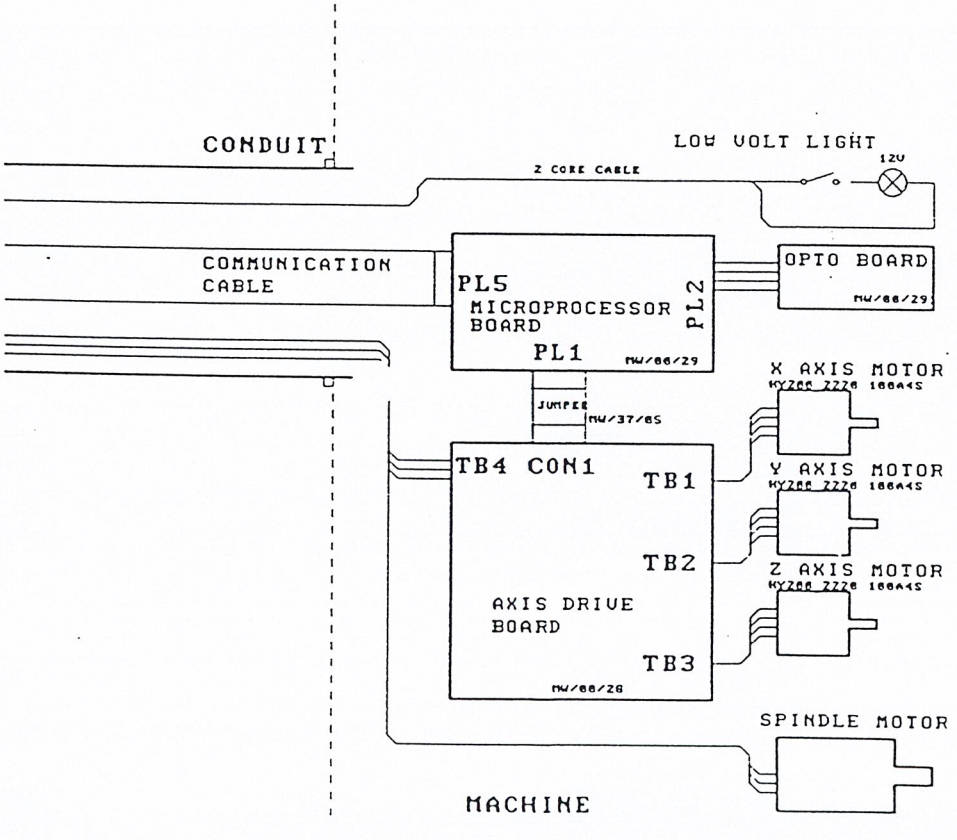



*Figure 8.1 System Schematic*

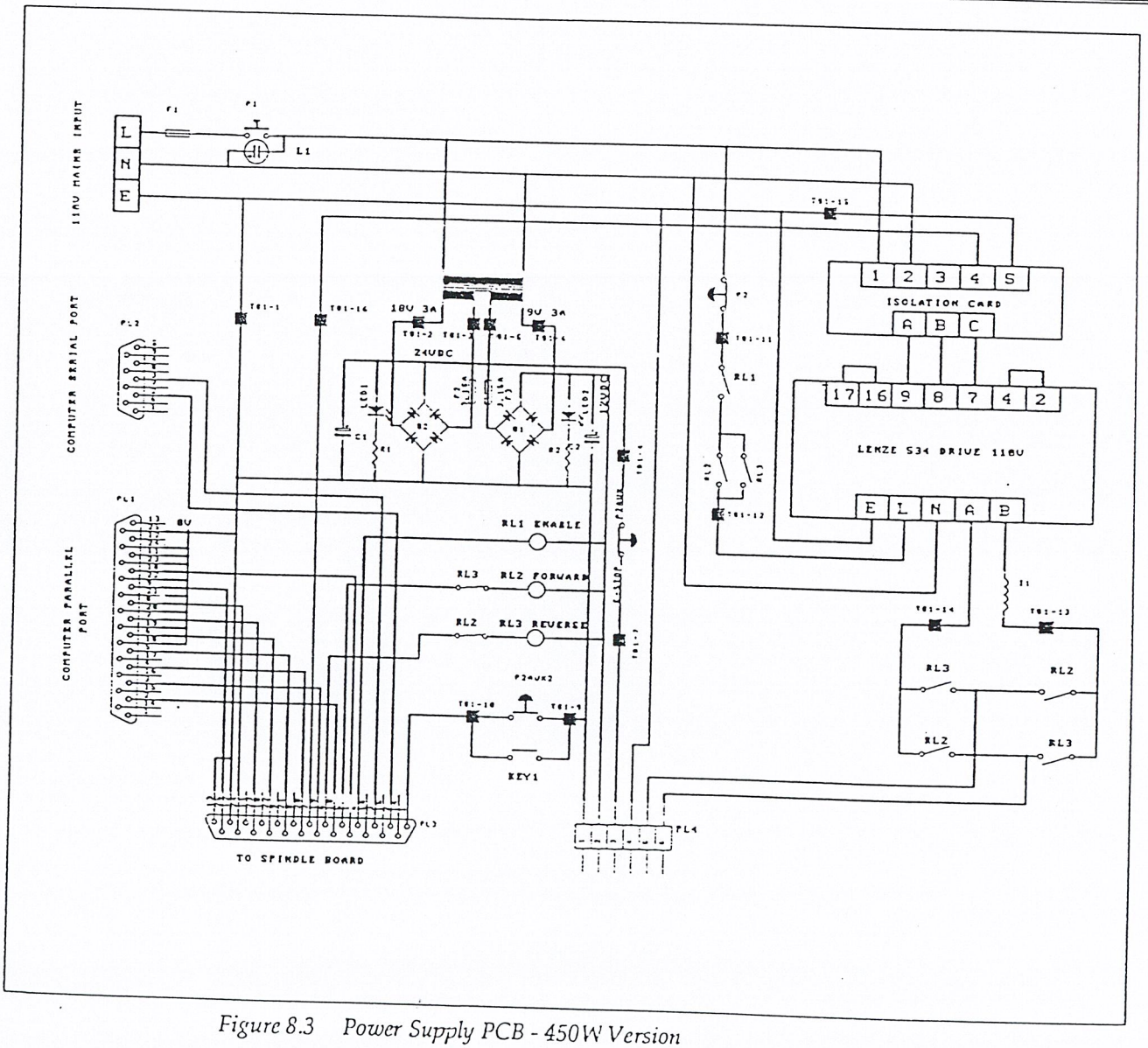



*Figure 8.3 Power Supply PCB - 450W Version*

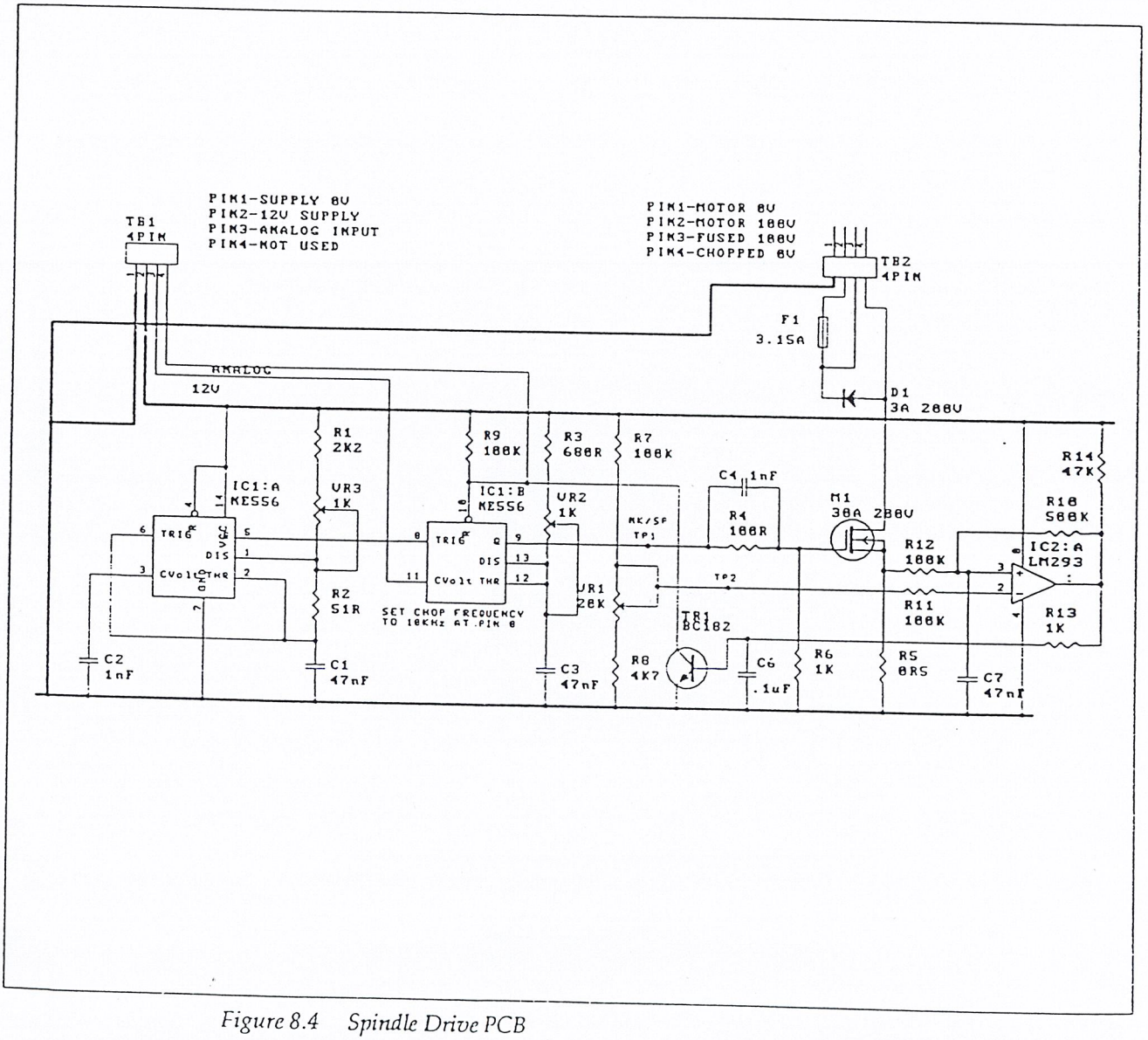



*Figure 8.4 Spindle Drive PCB*

## 8.3 Spindle Drive

### 8.3.1 320W Version (Figure 8.4)

A 320W permanent magnet motor is fitted and is controlled by the pulse width modulated spindle drive PCB. The motor supply is taken from Tx2 on the power supply PCB and is rectified and smoothed by a rectifier and capacitor in the control unit. No choke is required.

Full voltage is supplied to the motor, and speed control is provided by varying the period for which the supply is connected. This enables maximum torque to be applied throughout the speed range. The supply is chopped at 10kHz, with a mark/space ratio variable from 10% to 90%. Motor current is sensed across R5 and the limiting value is set by VR1.

### 8.3.2 450W Version

A 450W rare earth magnet motor is fitted and is controlled by a half-controlled thyristor bridge drive with an isolator card on the inputs. A 2A 80mH choke is fitted in the output line to the motor to improve the torque at the spindle.

The drive is de-energised by the E-stop control or by the enable relay. The enable relay is also inhibited by the software so that it cannot be energised unless a spindle direction is selected.

In addition to the mains input fuse, a 20A fuse is incorporated in the drive unit.

# 9 Fault Diagnosis

WARNING:

THE MAINS SMOOTHING CAPACITOR IN THE CONTROL UNIT WILL HOLD A CHARGE FOR SOME TIME AFTER THE SUPPLY IS DISCONNECTED. ALWAYS CHECK THAT THE CAPACITOR HAS DISCHARGED BEFORE WORKING ON THE CIRCUITRY.

## 9.1 Fault Diagnosis Procedure

If the software will not run, refer to 9.3 - Software Fails to Run.

In the event of a fault which occurs while the software is running, first carry out the initial checks given in 9.1.1. below before turning off the power supply, referring to other parts of the manual as indicated. If the initial checks do not reveal the fault, refer to 9.1.2 - Control Unit Checks and 9.1.3 - Power-Up Checks, in the sequence given.

If any of the test conditions are not met, refer to 9.2 - LEDs, Test Points and Fuses to trace the fault and identify the faulty component.

| 9.1.1. Initial Checks | Reference |
|---|---|
| (With system powered up and software running) | |
| 1. On the Control Unit, check: | |
| Mains lead connected to a.c. power socket and supply switched on | Figure 5.2 |
| POWER ON switch set to ON and illuminated | Figure 6.1 |
| E-STOP button released | Figure 6.1 |
| RUN/INHIBIT keyswitch set to RUN | Figure 6.1 |
| LEDs 1 and 2 ON | Figure 5.2 |
| 2. On the PC, check: | |
| CONFIG settings correct | Section 5, 5.4- Configuring the DUET Software |
| 3. On the DUET machine, check: | |
| Guard closed | |

| 9.1.2. Control Unit Checks | Reference |
|---|---|
| 1. Switch off mains supply, and set POWER ON switch to OFF | Figure 6.1 |
| 2. Check cables and connectors: | |
| Control Unit to PC - serial and parallel cables | Figure 5.2 |
| Control Unit to Duet - cables in conduit | Figure 5.1 |
| 3. Check fuses: | |
| Mains fuse, FS1, FS2 | Figure 5.2 |

### 9.1.3. Power-Up Checks

1. On the Control Unit:

   Connect mains lead to a.c. power supply and switch on supply — Figure 5.2

   Set POWER ON switch to ON and check that switch is illuminated — Figure 6.1

2. On the PC:

   Run DUET software, but do not initialise the machine — Section 7, 7.1-Running the Software

3. On the Axis Control PCB, check: — Figure 9.1

   LEDs 4 and 6 ON

   LED 3 ON (E-STOP button released)

   LED groups 7-10, 11-14, 15-18 - even number of LEDs ON

4. On the Microprocessor PCB, check: — Figure 9.1

   L5R ON and L6G OFF

   If this condition is not met, switch off the power, wait for 2-3 seconds, and switch on again.

5. Initialise the machine:

   On the PC, from the main menu select MACHINE and then Reset Machine

   Check that LEDs L5R and L6R flash alternately until the program is downloaded, then check that L5R is OFF and L6R is ON. — Figure 9.1

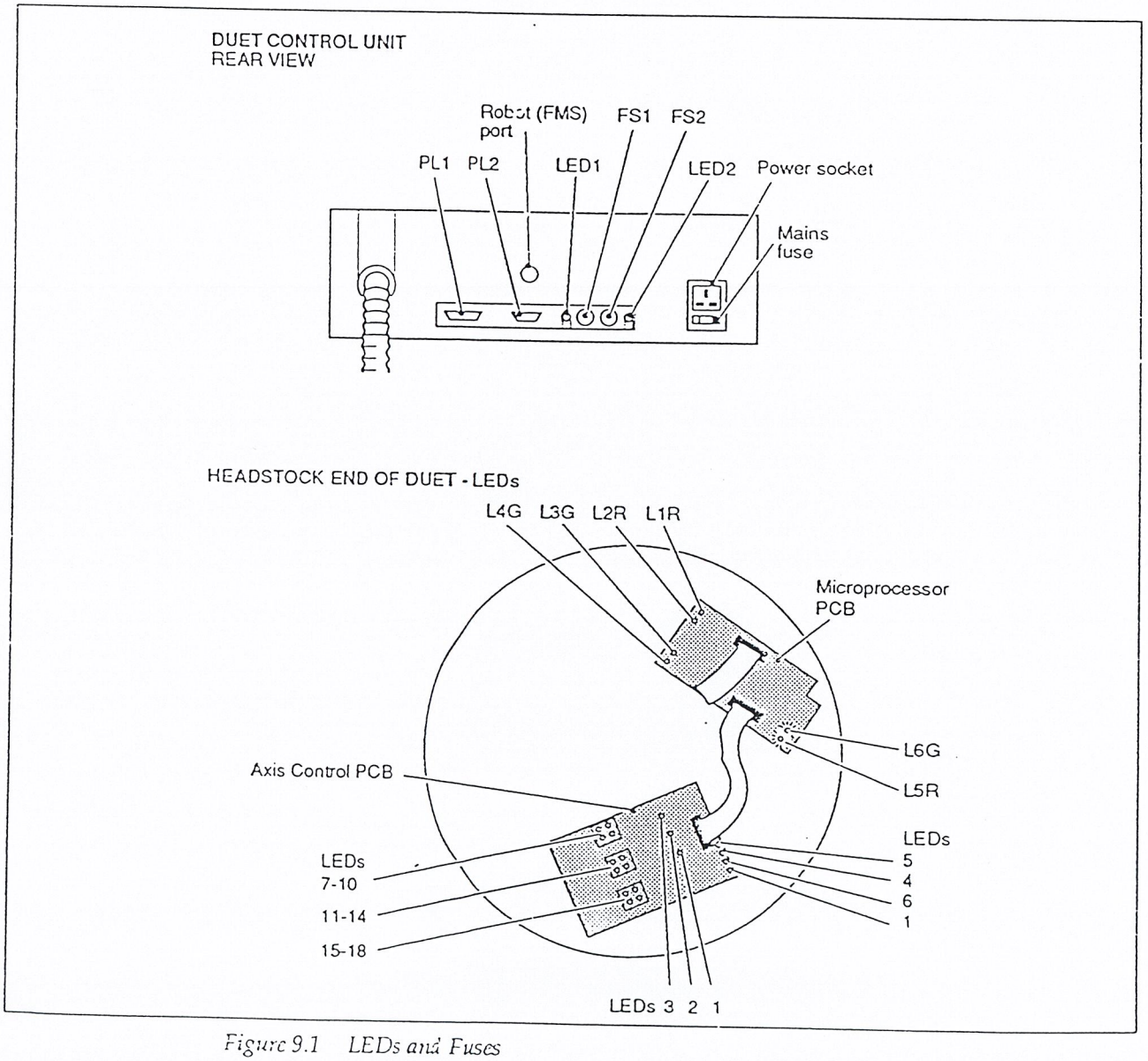



*Figure 9.1 LEDs and Fuses*

## 9.2 LEDs, Test Points and Fuses (Figure 9.1)

### 9.2.1 Power Supply PCB

The LEDs can be seen from the back of the Control Unit and the fuses can be checked and renewed without opening the unit:

| Supply | Indication | Fuse |
|---|---|---|
| +12V d.c. | LED 1 | FS 1 3.15A |
| +24V d.c. | LED 2 | FS 2 3.15A |
| Mains input | — | Drawer type 10A |

320W Version: 10A fuse fitted on spindle drive PCB to protect the PCB in the event of a motor fault.

450W Version: Lenze spindle drive has internal 20A fuse to protect outputs against shorts to earth (ground).

### 9.2.2 Spindle Drive PCB (320W Version only)

No LED indicators are fitted, but the following readings can be taken with an oscilloscope:

| Test Point | Signal | Reading | Adjustment |
|---|---|---|---|
| IC 1, pin 8 | Chop Frequency | 10kHz | VR3 |
| TP 1 | Mark/space | Changes with speed demand | VR2 |
| TP 2 | Motor current limit | 1.5V (=3A) | VR1 |

### 9.2.3 Microprocessor PCB

LEDs

L1R Driven by signal from spindle encoder - (sensor and disc with 32 holes). Signal used to measure spindle speed.

ON (red) when sensor sees a hole.

OFF when sensor sees metal of disc.

L2R Driven by signal from sensor viewing single marker slot in encoder disc. Signal used to produce consistent starting point for each threading pass.

ON (red) when sensor sees slot.

OFF when sensor sees metal of disc.

L3G Driven by signal from speed change cassette switch (450W version).

ON (green) when low speed cassette fitted.

OFF when high speed cassette fitted.

(Always OFF on 320W version).

L4G Driven by signal from guard switch.

ON (green) when guard is closed.

OFF when guard is open.

*L5R Indicates control program status.

ON (red) when machine is powered up but not initialised from PC.

OFF when machine is initialised (control program loaded from PC and running).

*L6G Indicates control program status.

OFF when machine is powered up but not initialised from PC.

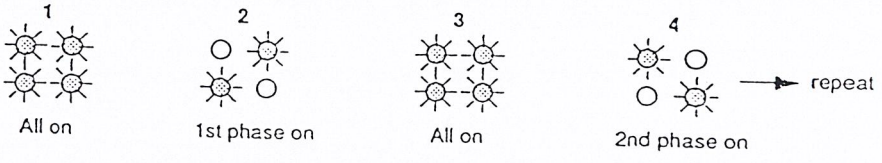
ON (green) when machine is initialised (control program loaded from PC and running).

| | | |
|---|---|---|
| *L5R and L6G: | | While the control program is being downloaded from the PC to the machine (using the Reset Machine option), LEDs L5R and L6G flash rapidly and alternately. If, when downloading is complete:<br>L5R is OFF and L6G is ON - the control program is running satisfactorily.<br>L5R stays ON and L6G stays OFF - the control program is not running. Suspect a hardware fault on the microprocessor PCB. |
| Test Points | GND | Used as a reference for the following test points: |
| | +5V | Logic supply rail +5V d.c. |
| | +12V | Auxiliary supply rail +12V d.c. |
| | ANLG | Spindle drive analogue voltage - proportional to speed, 0-10V d.c. |
| | EPROM | Control software status. This test point requires the use of an oscilloscope:<br>With the machine powered up, but control software not loaded (L5R ON and L6G OFF), an even mark/space ratio should be seen.<br>With the software downloaded, (L5R OFF and L6G ON), the waveform should change to short sections of even mark/space ratio periodically separated by a long mark time. |
| Software Loader EPROM | | The software for downloading the control program resides in EPROM U12, which is labelled with the version number. |

### 9.2.4 Axis Control PCB

| | | |
|---|---|---|
| LEDs | LED 1 | X-axis motor. OFF when motor is in home phase condition (one pulse in eight). |
| | LED 2 | Y-axis motor. (As LED 1). |
| | LED 3 | Z-axis motor. (As LED 1). |
| | LED 4 | +5V supply. (Will be OFF if LED 6 is OFF, as +5V supply is derived from +12V supply). |
| | LED 5 | Motor supply (24V d.c.). OFF when E-stop is operated. |
| | LED 6 | +12V supply. |

LEDs 7-10 Z-axis motor. Indicate phase outputs which are ON, and should cycle as steps are output. While the motor is energised at least one pair of diagonally opposed LEDs should be ON, alternating with both pairs ON together:




An odd number of LEDs ON would indicate a fault in the motor or output stage.

LEDs 11-14 Y-axis motor. (As LEDs 7-10).

LEDs 15-18 X-axis motor. (As LEDs 7-10).

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้รวมถึงโครงงาน สามารถดำเนินการได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทั้งนี้เนื่องมาจากการได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และคอยให้คำชี้แนะ เสนอแนวทางอันเป็นประโยชน์ในการจัดทำโครงงาน และทั้งนี้ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ทั้งหลายแก่ผู้จัดทำ ซึ่งผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้จัดทำขอขอบคุณเพื่อน ๆ น้อง ๆ ที่ช่วยให้ความช่วยเหลือ ให้ยืมอุปกรณ์ ให้กำลังใจ และข้อเสนอแนะดี ๆ และที่สำคัญขอขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ที่ให้การอบรมสั่งสอน และให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ชิ้นนี้ขึ้นมาได้อย่างสมบูรณ์

# หนังสืออ้างอิง


พรจิต ประทุมสุวรรณ, “การควบคุมนิวแมติกส์ “, เรือนแก้วการพิมพ์

ผศ.ชาลี ตระการกูล, “เทคโนโลยีซีเอ็นซี”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2538

โยธิน เปรมปราณีรัชต์ , “ระบบโซเวอร์โวและอิเล็กทรอนิกส์คอนโทรลมอเตอร์”, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2533

ปานเพชร ชินินทร, ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ , “นิวแมติกส์อุตสาหกรรม”, ซีเอ็ด 2539

Boxford Duet, “Installation and User Manual”, Boxford Ltd.,