สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก

MICRO CIM

นายเศรษฐา เศรษฐภักดี

นายอนุวัฒน์ กิจชระภูมิ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 50209

วัน,เดือน,ปี 27 เม.ย. 2547

.b.....

.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก

MICRO CIM

นายเศรษฐา เศรษฐภักดี
นายอนุวัฒน์ กิจชระภูมิ

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก

MICRO CIM

โดย

นายเศรษฐา เศรษฐภักดี 42010356

นายอนุวัฒน์ กิจชระภูมิ 42010430

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก

นายเศรษฐา เศรษฐภักดี 42010356
นายอนุวัฒน์ กิจชระภูมิ 42010430

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ต่างๆเข้าด้วยกัน เพื่อเป็นกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ อุปกรณ์ต่างๆนี้ประกอบด้วย เครื่อง CNC แขนกล ระบบนิวแมติกส์ และเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยทำงานเป็นลำดับขั้นตอนที่ได้จากสัญญาณควบคุมของเครื่องคอมพิวเตอร์ และกล่องควบคุมขั้นตอนการทำงานของระบบเริ่มจากแขนกลหยิบชิ้นงานไปวางไว้ที่ฐาน เมื่อวางเสร็จก็ส่งสัญญาณไปให้เครื่อง CNC ทำการกัดชิ้นงาน แล้วส่งสัญญาณกลับไปให้แขนกลทำการหยิบชิ้นงานกลับไปเก็บไว้ที่เดิม แล้วเริ่มกระบวนการทำงานใหม่อีกครั้ง

ABSTRACT

This project is about hardware interface to be small automatic controlled system. This system consists of CNC-Machine, Robot Arm, Pneumatic System and Computer are worked by Signal from CNC-Machine Box Control and Robot Arm Box Control. First, Robot Arm picks a piece of work to fixture and then send the signal to CNC-Machine for milling. After that CNC-Machine send the signal to Robot Arm picks a piece of work back to the store place and the work circle made again.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีเครื่องซีเอ็นซี	
2.1 บทนำ	2-3
2.2 ส่วนประกอบของเครื่องจักรซีเอ็นซีโดยทั่วไป	3-12
2.3 การทำงานของเครื่องซีเอ็นซี	12-17
2.4.เครื่องมือกล BOXFORD DUET	18-21
บทที่ 3 หุ่นยนต์	
3.1. คำจำกัดความของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม	22
3.2. หุ่นยนต์ชนิดต่างๆ	23-26
3.3. ระบบการขับเคลื่อน	26-28
3.4. การประยุกต์ใช้งานหุ่นยนต์	29-30
บทที่ 4 กฎเบื้องต้นนิวเมติกส์	
4.1.กฎเบื้องต้นนิวเมติกส์	31-33
4.2.ส่วนประกอบของระบบนิวเมติกส์	34-35
4.3.วาล์วในระบบนิวเมติกส์	35-40
บทที่ 5 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ในโครงงาน	41-42
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ	43
ภาคผนวก ก.	
ภาคผนวก ข.	
ภาคผนวก ค.	
หนังสืออ้างอิง	
กิตติกรรมประกาศ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 แสดงเครื่องกัดแนวดิ่งซีเอ็นซี	2
รูป2.2 แสดงเครื่องจักรซีเอ็นซีในรูปแบบต่างๆ	4
รูป 2.3 แสดง โต๊ะงาน บอลล์สกรู และการขับป้อนโต๊ะงาน	5
รูป 2.4 แสดงมอเตอร์ไฟฟ้าแบบต่างๆ	6
รูปที่ 2.5 แสดงการวัดตำแหน่งโดยตรง	7
รูปที่ 2.6 แสดงการวัดตำแหน่งทางอ้อม	7
รูปที่ 2.7 แสดงระบบควบคุมเครื่องจักรกลซีเอ็นซี	8
รูปที่ 2.8 แสดงการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลควบคุมเครื่องจักรกลซีเอ็นซี	8
รูป 2.9 แสดงผลของคำสั่งในโปรแกรมเอ็นซี	9
รูป 2.10 แสดงโปรแกรมบล็อกที่ประกอบด้วย คำ 7 คำ	10
รูปที่ 2.11 แสดงการควบคุมแบบจุดต่อจุด	13
รูป 2.12 แสดงการเคลื่อนที่แบบตัดตรง	14
รูป 2.13 แสดงการควบคุมการเคลื่อนที่ตามเส้นขอบรูป	14
รูป 2.14 แสดงการใช้สเกลวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์	15
รูป 2.15 แสดงสเกลการวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง	16
รูป 2.16 แสดงลักษณะการสร้างชิ้นงาน	16
รูปที่ 2.4.1. ส่วนประกอบของเครื่องมือกล BOXFORD DUET	18
รูปที่ 3.1 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงสี่เหลี่ยม	23
รูปที่ 3.2 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงกระบอก	24
รูปที่ 3.3 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบทรงกลม	25
รูปที่ 3.4 หุ่นยนต์ที่แขนเป็นข้อต่อ	25
รูปที่ 3.5 หุ่นยนต์ สคารา	26
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างหุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า	27
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างหุ่นยนต์ระบบขับเคลื่อนด้วยไฮดรอลิกส์	28
รูปที่ 3.9 ตัวอย่างหุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยนิวเมติกส์	28
รูปที่ 3.10	29
รูปที่ 4.1	34
รูปที่ 4.2	38
รูปที่ 4.3 สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมการไหลทางเดียว	39
รูปที่ 4.4 ลักษณะโครงสร้างของกระบอกสูบ 2 ทาง	40
รูปที่ 5.1 การเชื่อมต่อทางพอร์ทอนุกรม	41
รูป 5.2 ระบบรวมทั้งหมดของโครงงาน	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

โครงงานนี้เป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้าด้วยกัน เพื่อให้เป็นการควบคุมแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆประกอบไปด้วย เครื่อง CNC แขนกล ระบบนิวแมติกส์ และคอมพิวเตอร์ โดยการทำงานเหล่านี้จะถูกควบคุมด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเป็นตัวควบคุมสัญญาณต่างๆ ลักษณะการทำงานของมันจะเป็นการทำงานเป็นลำดับขั้นตอนเริ่มตั้งแต่ให้แขนกลหยิบชิ้นงานไปวางไว้บนแท่นรองชิ้นงาน เมื่อ วางชิ้นงานแล้วจะมีตัวกระบอกสูบเป็นตัวยึดจับชิ้นงาน จากนั้น เครื่อง CNC จะเป็นตัวกัดชิ้นงานที่ต้องการ สุดท้ายก็คือแขนกลหยิบชิ้นงานไปวางไว้ที่เดิมและหยิบชิ้นงานใหม่เข้ามากัดต่อไปเรื่อยๆ

วัตถุประสงค์

เพื่อควบคุมการทำงานของกระบวนการผลิต โดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่อง CNC แขนกล และระบบนิวแมติกส์ มาทำงานร่วมกันเป็นขั้นตอน ต่อเนื่องกันไป ซึ่งการทำงานเป็นแบบระบบอัตโนมัติขนาดเล็ก และเราสามารถที่จะปรับปรุงเป็นระบบอัตโนมัติขนาดใหญ่ที่มีกระบวนการผลิต และอุปกรณ์ที่ซับซ้อนกว่านี้ได้

ขอบเขตของโครงงาน

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ จะเริ่มจากการศึกษาการทำงานของเครื่อง CNC โดยควบคุมผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ สื่อสารผ่านทาง Serial Port และ Parallel Port ศึกษาการทำงานของแขนกลเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกลในลักษณะต่างๆ โดยสื่อสารผ่านทางเครื่องป้อนโปรแกรมมือถือ และศึกษาการทำงานของระบบนิวแมติกส์ เพื่อใช้ในการสร้างอุปกรณ์ยึดจับชิ้นงานโดยมีโซลินอยด์เป็นตัวยึดชิ้นงาน ส่วนสุดท้ายเป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆที่กล่าวมาแล้ว เข้าด้วยกัน และทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ

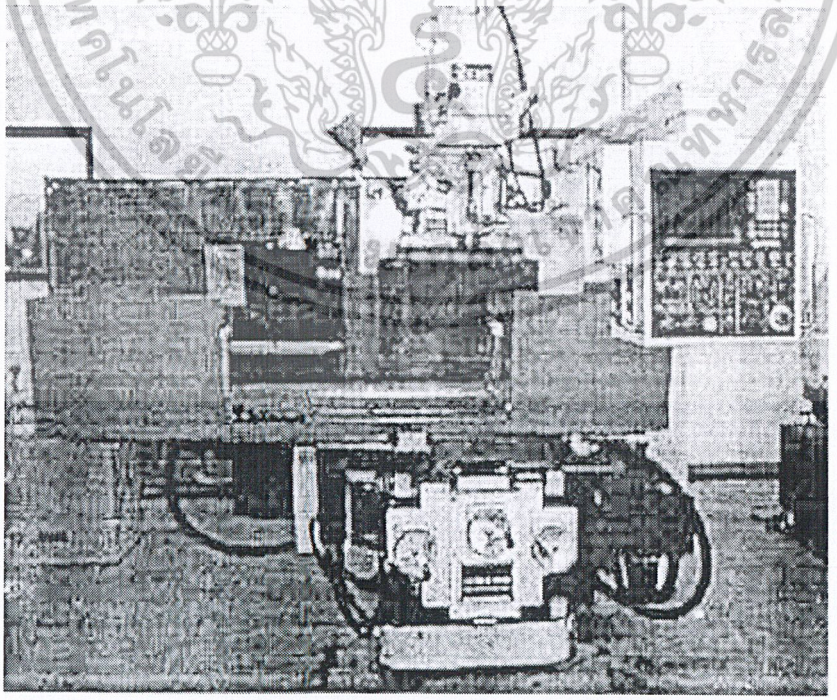
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีเครื่องซีเอ็นซี

2.1 บทนำ

เครื่องจักรซีเอ็นซีเป็นเครื่องจักรที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมการทำงาน ซึ่งมีหลายรูปแบบแตกต่างกันไปตามลักษณะของการใช้งาน เช่น เครื่องกลึง เครื่องกัด เครื่องคว้าน เครื่องดัดเจาะต่างๆ เป็นต้น โดยเครื่องจักรแบบนี้มีลักษณะเด่นอยู่ว่าจะทำงานตามโปรแกรมสั่งงานที่ตั้งไว้ และยังสามารถทำการแก้ไขปรับเปลี่ยนโปรแกรม เพื่อสร้างชิ้นงานในลักษณะต่างๆกันออกมาได้โดยง่าย โดยอาศัยเครื่องจักรตัวเดิม ไม่ต้องออกแบบตัวเครื่องจักรใหม่ เพียงแต่ปรับเปลี่ยนโปรแกรมการทำงานเท่านั้น ทำให้มีความสะดวกในการทำงานเพิ่มขึ้นมาก และยังสามารถทำชิ้นงานที่เหมือนๆกันออกมาได้ตามจำนวนที่ต้องการ ในเวลาที่สามารถกำหนดได้ เป็นการประหยัดทั้งเวลาการทำงาน และ แรงงานในการทำงาน และโปรแกรมการทำงานยังเห็นเสมือนการจัดเตรียมการทำงานเป็นขั้นตอน เป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ และยังเป็นการช่วยลดเวลาในการผลิต เช่น ลดเวลาในการตรวจสอบชิ้นงาน ลดเวลาในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบในการทำงาน ทำให้มีความถูกต้องแม่นยำในการทำงานสูงมากขึ้น

รูปที่ 2.1 แสดงเครื่องกัดแนวดิ่งซีเอ็นซี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีที่นำมาใช้งานทั่วไปนี้จะมีข้อดี ข้อเสีย เปรียบเทียบกับเครื่องจักรกลโดยทั่วๆ ไปได้ดังนี้

<u>ข้อดีของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีมีดังนี้</u>

1. มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง
2. มีความเที่ยงตรงในการทำงานสูง
3. เวลาที่ใช้ในการผลิตจะเร็วกว่า
4. สามารถผลิตชิ้นงานที่มีความซับซ้อนได้ง่ายกว่า
5. การปรับตั้งระบบการทำงานจะง่ายกว่า ใช้เวลาน้อยกว่าการผลิตโดยวิธีอื่นๆ
6. สามารถหลีกเลี่ยงการใช้ช่างควบคุมที่ต้องมีทักษะ และประสบการณ์สูง
7. ช่างควบคุมจะมีเวลาว่างจากการควบคุมเครื่อง ทำให้สามารถจัดเตรียมงานอื่นๆ ต่อไปได้
8. การตรวจสอบคุณภาพจะทำได้ง่ายขึ้น

<u>ข้อเสียของเครื่องจักรซีเอ็นซี คือ</u>

1. ราคาค่อนข้างสูง
2. การบำรุงรักษาซับซ้อนกว่า
3. จำเป็นต้องใช้ช่างเขียนโปรแกรมที่มีทักษะ และถูกฝึกอบรมมาเฉพาะ
4. ชิ้นส่วนหรืออะไหล่ในการซ่อมบำรุงมีราคาแพง
5. การบำรุงรักษาต้องอาศัยช่างที่มีประสบการณ์สูง และผ่านการฝึกมาอย่างดี
6. ราคาของเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตมีราคาสูง
7. พื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องจักรต้องการการควบคุมที่ดี เช่น ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความร้อน

จากข้อดี และข้อเสียที่เห็นจะพบว่าในระบบอุตสาหกรรมขนาดเล็ก จนถึงขนาดกลางนั้นในส่วนของราคาจะไม่ค่อยคุ้มค่ากับการลงทุน ดังนั้นถ้าหากสามารถดัดแปลงเฉพาะในส่วนของการควบคุมเข้าไปยังเครื่องจักรเก่าทีมีอยู่ก็จะทำให้ราคาของเครื่องจักรซีเอ็นซีที่ได้ถูกลงมาก และในส่วนของซอฟแวร์ที่ออกแบบขึ้นไม่ซับซ้อนทำให้ใช้งานได้โดยง่าย

2.2 ส่วนประกอบของเครื่องจักรซีเอ็นซีโดยทั่วไป

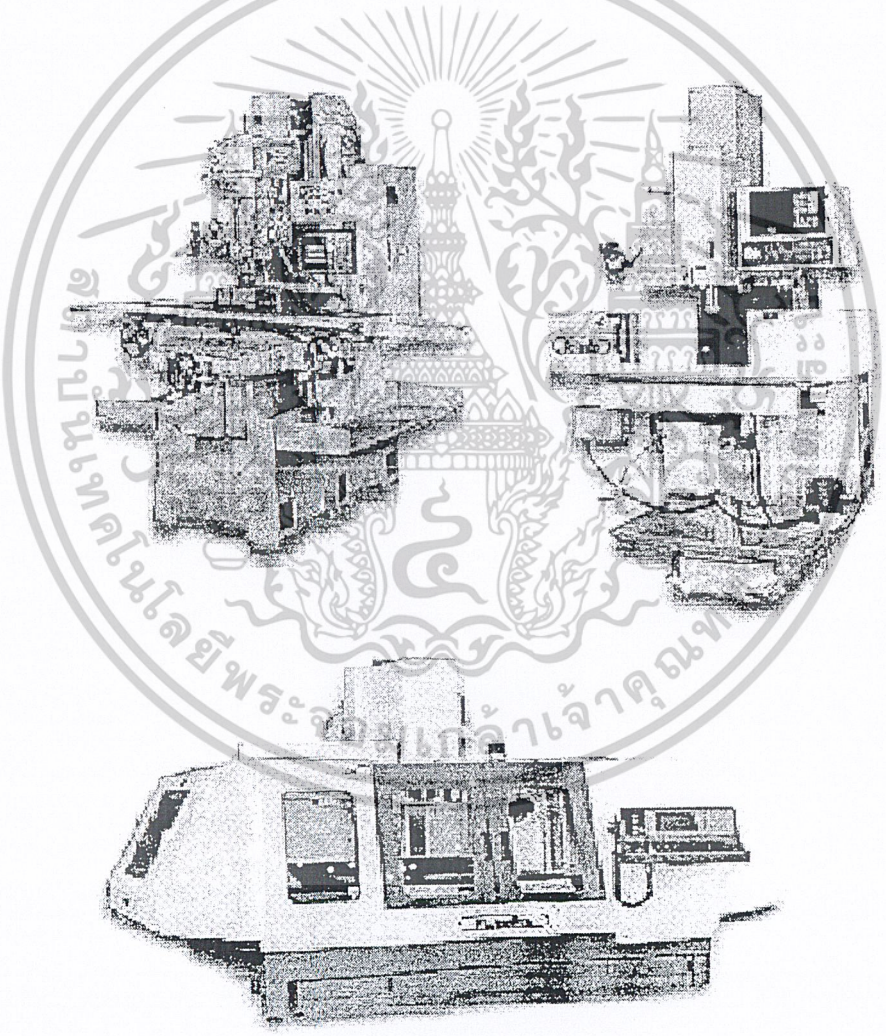
เครื่องจักรซีเอ็นซีนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ดังนี้ ส่วนแรกจะเป็นส่วนของเครื่องจักรที่ใช้สำหรับชิ้นงานตามต้องการออกมา และ อีกส่วนจะเป็นส่วนของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจักรให้ผลิตชิ้นงานต่างๆ ออกมาอีกที โดยเครื่องจักรกลแบบนี้การเคลื่อนที่จะอาศัยมอเตอร์เป็นตัวขับให้เคลื่อนที่ได้

2.2.1. ส่วนเครื่องจักรที่ใช้ผลิตชิ้นงาน

เครื่องจักรซีเอ็นซีจะมีอยู่หลายชนิดมากมายแต่ในที่นี้จะเป็นเครื่องกัดแนวดิ่งซีเอ็นซี ซึ่งเครื่องกัดซีเอ็นซีนี้จะเป็นเครื่องจักรกลที่มีขอบเขตการทำงานกว้างขวาง คือ นอกจากจะทำงานเป็นเครื่องกัดโดยทั่วไปแล้ว ยังสามารถทำงานในลักษณะอื่นๆ ได้ เช่น การทำรู เกลียว คว้านรู ได้อีกด้วย และในเครื่องกัดก็ยังมีแบบแกนควบคุมตั้งแต่ 3 แกน 4 แกน 5 แกน และ มากๆกว่านั้น

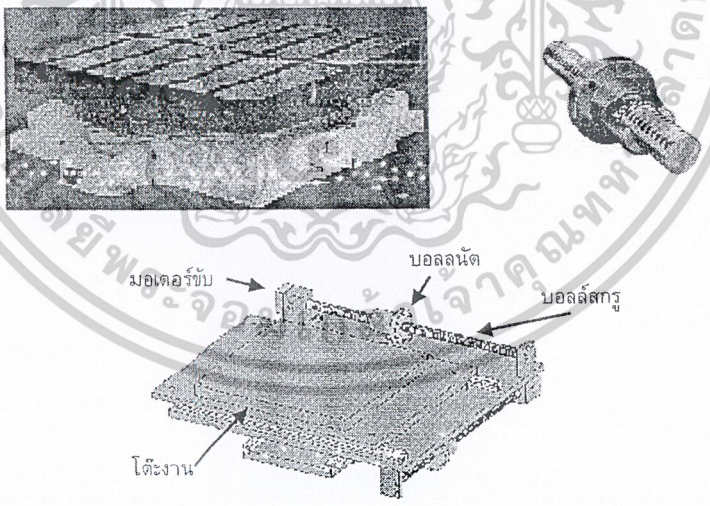


รูป2.2 แสดงเครื่องจักรซีเอ็นซีในรูปแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกัดนี้จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้

<u>โต๊ะสำหรับยึดชิ้นงาน</u> เป็นโต๊ะที่นำชิ้นงานที่จะทำการกัดไปจับยึดไว้บนโต๊ะนั้น โดยการจับยึดชิ้นงานกัด จุดสำคัญจะอยู่ที่การกำหนดตำแหน่งของชิ้นงานบนโต๊ะงานที่ถูกต้อง และรวดเร็ว ควรเป็นอุปกรณ์ที่สามารถถอด และใส่ชิ้นงานได้รวดเร็ว และสามารถบังคับตำแหน่งในการทำงานของชิ้นงานซ้ำๆได้อย่างถูกต้องเที่ยงตรงเสมอ พร้อมทั้งยังสามารถเลื่อนมาตามแนวแกนได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยอาศัยกำลังขับจากมอเตอร์ไฟฟ้าป้อนขับให้โต๊ะเลื่อนส่งผ่านกำลังขับจากมอเตอร์ผ่านไปยังบอลล์สกรู นัดก็จะเคลื่อนที่ไปตลอดความยาวของสกรู พาแท่นเลื่อนและโต๊ะงานเคลื่อนที่ไปตามรางเลื่อน ในนัดเป็นเหล็กชุบแข็ง เจียรไนผิวเรียบมันวาว เพื่อเป็นการลดความฝืดและเพิ่มความถูกต้องในการเคลื่อนที่ ละยังประกอบด้วยลูกบอลจำนวนมากหมุนวนอยู่ตลอดภายในทำให้ความเสียดทานในการส่งกำลังขับจากสกรูไปยังแท่นเลื่อนมีน้อยมากและนัดยังออกแบบสำหรับลดระยะคลอนเพื่อให้การเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนมีความเที่ยงตรงสูงดังนั้นการควบคุมโต๊ะให้เลื่อนไปยังตำแหน่งที่ต้องการคือ การควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้หมุนทิศทาง และความเร็วที่ถูกต้องแม่นยำ



รูป 2.3 แสดง โต๊ะงาน บอลล์สกรู และการขับป้อนโต๊ะงาน

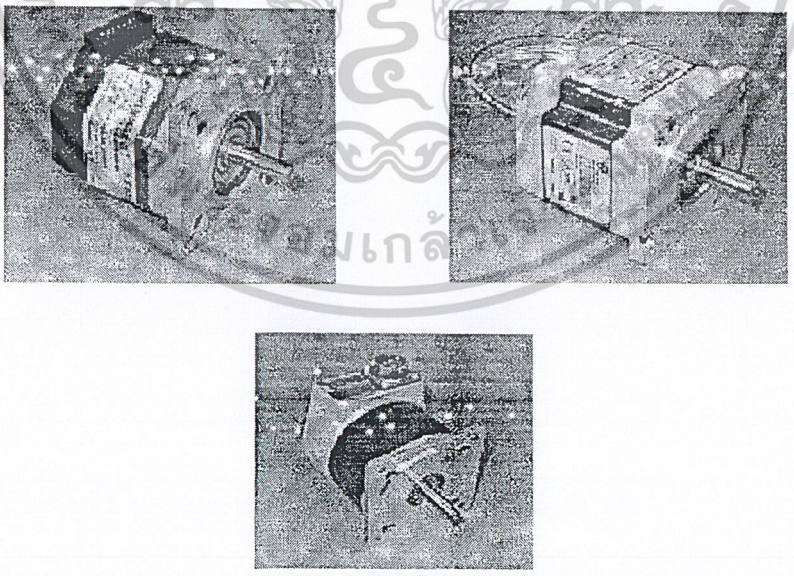
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบขับป้อน โดยทั่วไปใช้มอเตอร์ในการขับหมุน และ ควบคุมการทำงานด้วยวงจรอิเล็กทรอนิคส์ เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่สามารถควบคุมให้หยุด หรือ ให้หมุนในทิศทางที่ต้องการ และหมุนในความเร็วใดๆ ที่ต้องการได้ ในระบบซีเอ็นซีสมัยใหม่จะใช้ระบบขับป้อนแบบเซอร์โว (Servo Drivers) ทำให้สามารถปรับอัตราป้อน ความเร็วรอบได้อย่างไม่จำกัดตลอดช่วงความเร็วอย่างแม่นยำ อย่างรวดเร็ว โดยทั่วไปมอเตอร์ที่ใช้ในระบบขับป้อนมี 3 ชนิดด้วยกัน คือ

มอเตอร์กระแสตรง(DC Motor) มอเตอร์ชนิดนี้ มีข้อดีคือ เป็นมอเตอร์ที่สามารถปรับอัตราป้อนได้อย่างละเอียด และมีวงจรควบคุมที่ไม่ซับซ้อน แต่มีข้อเสีย คือ เมื่อต้องการกำลังสูงๆมอเตอร์จะมีขนาดใหญ่ และเมื่อความเร็วรอบสูงๆ แรงบิดจะน้องลง ดังนั้นจะใช้กับเครื่องจักรกลขนาดกลาง และเล็ก

มอเตอร์แบบเป็นขั้นๆ (Stepping Motor) เป็นมอเตอร์ที่ทำงานแบบต่อเนื่อง โดยการแปลงคลื่นสัญญาณที่ป้อนให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงมุม ความเที่ยงตรงของระบบขึ้นกับความสามารถของมอเตอร์ในการแบ่งขั้นการหมุนตามจำนวนคลื่นสัญญาณป้อนเข้าระบบ ในมอเตอร์แบบนี้แรงบิดจะลดลงเมื่อความเร็วในการหมุนเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะเหมาะสำหรับเครื่องจักรกลเล็กๆ เช่น พร็อคเตอร์

มอเตอร์กระแสสลับ (AC Motor) มอเตอร์ชนิดนี้จะใช้วงจรควบคุมที่ยุ่งยากซับซ้อนกว่า 2 ประเภทข้างต้น แต่ในขนาดที่เท่ากัน จะมีแรงบิดสูงกว่า จะใช้กับงานที่ต้องการแรงบิดที่สูงและขนาดของมอเตอร์จะไม่ใหญ่นักด้วย

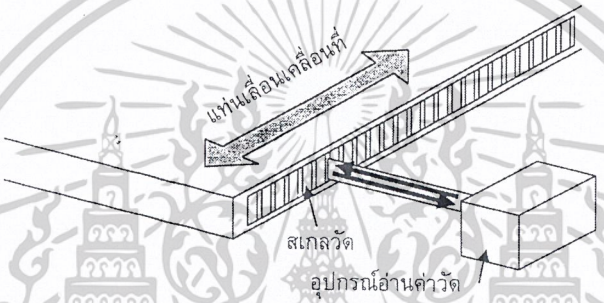


รูป 2.4 แสดงมอเตอร์ไฟฟ้าแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบวัดการเคลื่อนที่ ในแต่ละแนวแกนการเคลื่อนที่ของแท่นไปยังตำแหน่งต่างๆ จะถูกส่งกลับไปยังระบบควบคุมโดยระบบวัดขนาด การวัดการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนสามารถที่จะวัดได้ทั้งทางตรง (Direct Measurement) และ ทางอ้อม (Indirect Measurement)

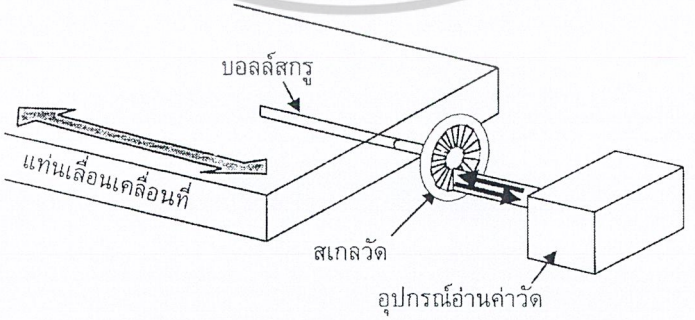
การวัดตำแหน่งโดยตรง จะใช้สเกลวัดยึดติดกับแท่นเลื่อน หรือ โต๊ะงานโดยตรงดังรูปที่ 2.5 การวัดแบบนี้มีข้อดีอยู่ที่ สามารถจำกัดความไม่เที่ยงตรงของสกรูนำเลื่อน และระบบขับจะไม่มีผลกระทบต่อค่าที่อ่านได้ โดยอุปกรณ์อ่านค่าวัดจะอ่านข้อมูลในการวัดจากขีดสเกลวัด และ แปลงข้อมูลนี้ไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งกลับไปยังระบบควบคุม



รูปที่ 2.5 แสดงการวัดตำแหน่งโดยตรง

การวัดตำแหน่งทางอ้อม ในแบบนี้จะใช้แผ่นจานสัญญาณ ไปติดกับแกนของบอลล์สกรู และ เมื่อบอลล์สกรูหมุน ก็จะทำให้อุปกรณ์เปลี่ยนค่าวัดอ่านค่าการเคลื่อนที่หมุนของแผ่นจาน ระบบควบคุมก็จะใช้สัญญาณที่ได้รับนี้ไปทำการคำนวณระยะทางการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนจากอัตราการหมุน ของแผ่นจานสัญญาณดังรูปที่ 2.6

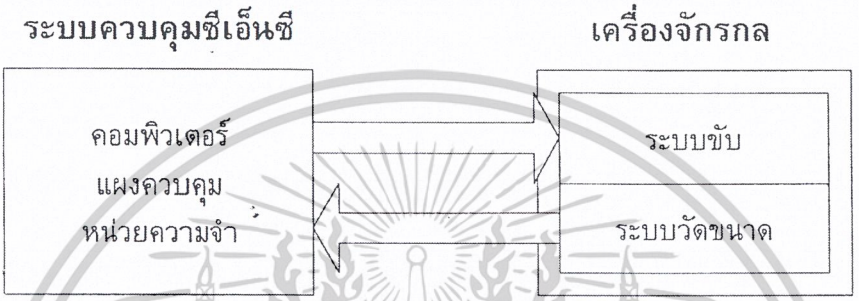
รูปที่ 2.6 แสดงการวัดตำแหน่งทางอ้อม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

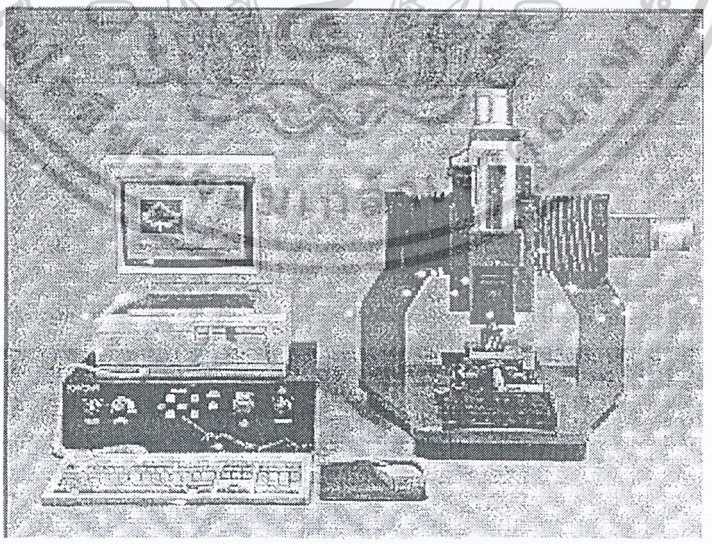
2.2.2 ส่วนควบคุม

ในระบบซีเอ็นซีจะมีคอมพิวเตอร์อยู่ในระบบ ซึ่งเป็นตัวเก็บข้อมูลโปรแกรมต่างๆ และยังเป็นตัวประมวลผลควบคุมเครื่องจักรกลอีกด้วย ทำให้ช่างควบคุมเครื่องสามารถเขียนโปรแกรมได้ด้วยตนเอง และ ยังสามารถแก้ไขโปรแกรมหลังจากป้อนเข้าไปในระบบควบคุมเครื่องได้



รูปที่ 2.7 แสดงระบบควบคุมเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

ในส่วนของการควบคุมในเครื่องซีเอ็นซีจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การควบคุมการเคลื่อนที่ของแนวแกนต่างๆ ให้เครื่องมือเคลื่อนที่ตามรูปทรงเรขาคณิตของชิ้นงาน และควบคุมหน้าที่ของเครื่องจักรกล (Control of machine function) เช่น การควบคุมระบบหล่อเย็นการเปิดสัญญาณไฟแสดงการทำงานเครื่อง เป็นต้น



รูปที่ 2.8 แสดงการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลควบคุมเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

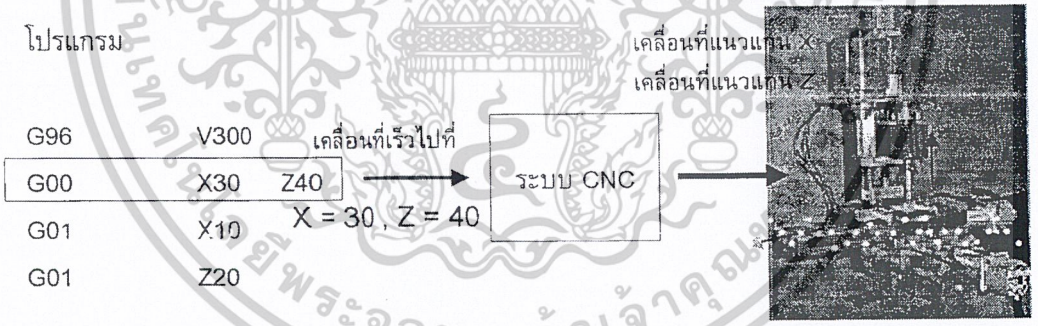
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3. ส่วนโปรแกรมสั่งงานเครื่องจักร

ระบบควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องจักรกลทำงานตามขั้นตอนต่างๆ ที่กำหนดไว้ การที่เครื่องจักรกลเหล่านี้จะทำงานได้ จะต้องมีโปรแกรม ที่ช่างควบคุมเครื่อง หรือ ช่างเขียนโปรแกรมเข้าไปควบคุมระบบควบคุม และเรียกโปรแกรมที่ป้อนเข้าไปในระบบว่า โปรแกรมเอ็นซี จากนั้นระบบจะอ่านโปรแกรมเอ็นซีและเปลี่ยนข้อมูลเหล่านี้ไปเป็นสัญญาณควบคุมเครื่องจักรกล การสร้างโปรแกรมซีเอ็นซีจะมีรูปแบบที่ถูกกำหนดไว้เป็นมาตรฐานไว้แล้ว

โปรแกรมเอ็นซีจะเป็นการกำหนดขั้นตอนการตัดเฉือนทั้งหมด ต่างๆของเครื่องจักรไว้พร้อมด้วยเงื่อนไขการทำงานอื่นๆ เช่นอัตราป้อน ความเร็วรอบของเพลางาน เป็นต้น หลังจากที่โปรแกรมเอ็นซีถูกป้อนเข้าไปในระบบควบคุมแล้ว จะสามารถที่จะนำมาใช้ในการตัดเฉือนงานได้หลายๆครั้งตามที่ต้องการ

ถ้าเมื่อไหร่ที่มีความต้องการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมให้เหมาะสม ในระบบควบคุมซีเอ็นซีก็จะสามารถทำได้ด้วยช่างควบคุมเครื่องโดยตรง



รูป 2.9 แสดงผลของคำสั่งในโปรแกรมเอ็นซี

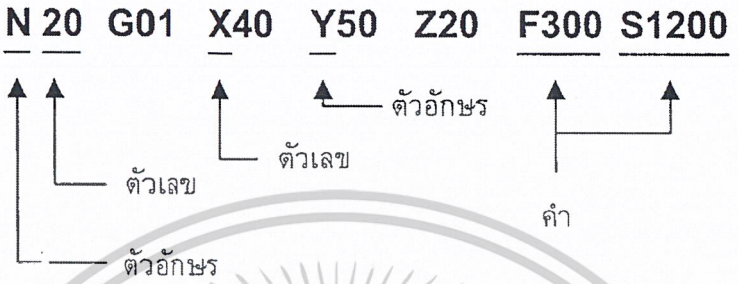
ในรูปที่ 2.9 คำสั่งโปรแกรมเอ็นซีเขียนว่า เคลื่อนที่เร็วไปยังจุด X=30, Z=40 จะทำให้มอเตอร์ขับในแกน X และ แกน Z เริ่มทำงาน จะทำไปจนกว่าจะเคลื่อนที่ไปยังจุดที่กำหนดไว้

โปรแกรมเอ็นซีจะประกอบไปด้วยคำสั่งเป็นบรรทัดต่อๆกัน เรียก แต่ละบรรทัดว่า บล็อก ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมขึ้นตามขั้นตอนการตัดเฉือนที่กำหนดไว้รวมกันนั่นเอง

โปรแกรมบล็อกจะแบ่งออกได้โดยการใช้หมายเลขบล็อก เช่น N10 N20 N30 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาษาโปรแกรมเอ็นซี จะเป็นบล็อกที่ประกอบด้วยคำ หลายๆคำมารวมกัน คำเหล่านี้จะประกอบขึ้นจากตัวอักษร หรือ สัญลักษณ์กับตัวเลขรวมกัน



รูป 2.10 แสดงโปรแกรมบล็อกที่ประกอบด้วย คำ 7 คำ

คำที่ใช้ในโปรแกรมบล็อกอาจจะทำหน้าที่เป็นคำสั่ง หรือ เป็นเงื่อนไขเสริมสำหรับการทำงานก็ได้ ขึ้นอยู่กับตัวอักษรและตัวเลขที่กำกับอยู่ ตัวอักษรคำสั่งที่มีความสำคัญมาก คือ G คำสั่ง G (G00-G99) ส่วนมากจะเป็นคำสั่งเกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ

ส่วนอักษรที่ใช้สำหรับเงื่อนไขเสริมที่สำคัญได้แก่

X,Y,Z :ข้อมูลโคออร์ดิเนท

F :อัตราการป้อน

S :ความเร็วรอบของเพลางาน

ในการเขียนภาษาโปรแกรมสำหรับระบบควบคุมซีเอ็นซี ผู้ผลิตจะระบุดังนี้

- คำสั่งที่สามารถโปรแกรมได้มีอะไรบ้าง
- การทำงานเสริมด้านในบ้างที่สามารถใช้ร่วมกับคำสั่งแต่ละคำ
- ตัวอักษร และ ตัวเลขใดบ้างที่ใช้เขียนเป็นคำสั่ง และการทำงานเสริม

เมื่อโปรแกรมควบคุมได้ถูกป้อนเข้าไปในระบบควบคุมแล้ว ระบบควบคุมจะทำการตรวจสอบว่าการเขียนโปรแกรมนั่นเป็นไปตามกฎหรือไม่ ส่วนการป้อนข้อมูลโคออร์ดิเนทที่ไม่ถูกต้องโดยช่างเขียนโปรแกรมจะตรวจสอบพบเมื่อโปรแกรมทำงานเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4. ชุดคำสั่งควบคุมเครื่องจักรที่ใช้ในโครงงาน

ชุดคำสั่ง G (G-Code)

ชุดคำสั่ง G-Code ที่ใช้ในโครงงานเป็นชุดคำสั่งที่พื้นฐานบางส่วน โดยนำมาจากเครื่อง Boxford DUET มีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 2.1 แสดงชุดคำสั่งที่มีใช้ในโปรแกรม

คำสั่ง	ความหมาย
G00	เข้าสู่ตำแหน่งที่กำหนดอย่างรวดเร็ว
G01	กัดงานเป็นเส้นตรง
G02	กัดงานเป็นแนวเส้นโค้งตามเข็มนาฬิกา CW
G03	กัดงานเป็นแนวเส้นโค้งทวนเข็มนาฬิกา CWW
G04	หยุดชั่วขณะหนึ่ง
G70	ป้อนหน่วยเป็นนิ้ว
G71	ป้อนหน่วยเป็นมิลลิเมตร
G90	โปรแกรมแบบคิดระยะจุดแรกไปยังจุดสุดท้าย (Absolute)
G91	โปรแกรมแบบคิดระยะจุดแรกไปถึงอีกจุดหนึ่ง (Incremental)

รายละเอียดเกี่ยวกับ G-Code

1. คำสั่ง G00 เป็นการเคลื่อนที่เข้าสู่ตำแหน่งอย่างรวดเร็ว

รูปแบบ G00 X__ Y__ Z__

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

รูปแบบ G01 X__ Y__ Z__

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 หน่วยเป็น วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบ G04 P__ (0.001 sec – 999.999 sec)

5. คำสั่ง G70 เป็นการกำหนดการป้อนหน่วยเป็น นิ้ว

รูปแบบ G70

6. คำสั่ง G71 เป็นการกำหนดการป้อนหน่วยเป็น มิลลิเมตร

รูปแบบ G71

7. คำสั่ง G90 เป็นการกำหนดการคิดระยะทางแบบเทียบกับจุดอ้างอิง

รูปแบบ G90

8. คำสั่ง G91 เป็นการกำหนดการคิดระยะทางแบบคิดระยะจุดต่อจุด

รูปแบบ G91

ชุดคำสั่ง M (M Function)

ชุดคำสั่ง M ใช้ควบคุม Cutter หรือSpindle ชุดคำสั่งที่ใช้ในโครงงานได้แก่

ตารางที่ 2.2 แสดงชุดคำสั่ง M (M Function)

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

นอกจากชุดคำสั่ง G และ M แล้วยังมีคำสั่งย่อยซึ่งใช้รวมกับชุดคำสั่ง G และ M ได้แก่

คำสั่ง F(Feed Function)

เป็นคำสั่งกำหนดความเร็วของการกัด (Cutting Feed Rate) ซึ่งค่าป้อนจะเป็น inch/min หรือ mm./min

คำสั่ง S(Spindle Speed Function)

เป็นคำสั่งกำหนดความเร็วของการหมุน Spindle มีหน่วยเป็น Rpm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3. การทำงานของเครื่องซีเอ็นซี

ลักษณะการควบคุมการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนต่างๆ ในเครื่องจักรกลซีเอ็นซีมีอยู่ 2 ลักษณะคือ

<u>การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง</u> (Linear Interpolation) การเคลื่อนที่ในลักษณะนี้คอมพิวเตอร์ในระบบจะทำการคำนวณหาตำแหน่งของจุดต่างๆ ที่ต่อกันในแนวเส้นตรงระหว่างตำแหน่งของเครื่องมือ 2 ตำแหน่ง ในขณะที่เครื่องมือเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งนั้น ระบบควบคุมซีเอ็นซีจะตรวจสอบ และแก้ไขแนวแกนการเคลื่อนที่ให้ถูกต้องอยู่ตลอดเวลา ทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องมือไม่ผิดพลาด หรือ คลาดเคลื่อนออกจากจุดต่อของเส้นตรงมากกว่าค่าพิกัดความเผื่อของเครื่องที่กำหนดไว้

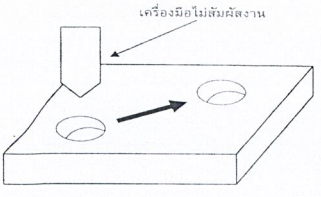
<u>การเคลื่อนที่แนวเส้นโค้ง</u> (Circular Interpolation) ระบบควบคุมซีเอ็นซีจะคำนวณหาตำแหน่งของจุดต่างๆ ที่ต่อกันเป็นเส้นโค้งตามขนาดรัศมีที่กำหนดระหว่างตำแหน่งของเครื่องมือที่กำหนดไว้2 ตำแหน่ง ระบบควบคุมจะอาศัยจุดเหล่านี้ในการตรวจสอบ และแก้ไขแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องมือให้ถูกต้อง และอยู่ภายในพิกัดความเผื่อของเครื่องจักรกลที่กำหนด

2.3.1. ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ

ในระบบควบคุมซีเอ็นซีจะแบ่งการควบคุมการเคลื่อนที่ทั้ง 2 ลักษณะตามการเคลื่อนที่ป้อนออกเป็น 3 ชนิด คือ

2.3.1.1. การควบคุมการเคลื่อนที่แบบจุดต่อจุด

การควบคุมแบบนี้จะควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือระหว่างจุดที่โปรแกรมไว้ในลักษณะการเคลื่อนที่เร็ว (Rapid Traverse) โดยที่เครื่องมือจะต้องไม่สัมผัสกับชิ้นงาน ดังรูป 2.11 แนวแกนในการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับชนิดของระบบควบคุม คือ มอเตอร์ขับระบบป้อนอาจเริ่มทำงานหลายๆแนวแกนป้อนพร้อมๆกัน หรือ ทำงานทีละแนวแกน จนกว่าจะเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งของเครื่องมือที่โปรแกรมไว้ การควบคุมดูแลแบบจุดต่อจุด มักจะใช้กับเครื่องเจาะ เครื่องเชื่อมจุด เป็นต้น

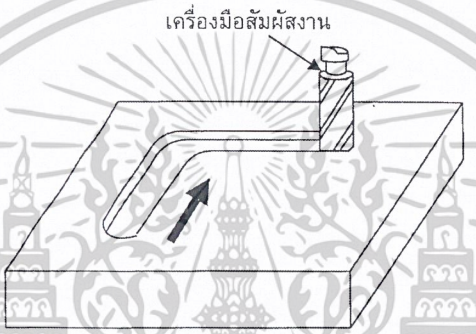


รูปที่ 2.11 แสดงการควบคุมแบบจุดต่อจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2. การควบคุมการเคลื่อนที่แบบตัดตรง

การควบคุมการเคลื่อนที่ชนิดนี้ สามารถควบคุมการเคลื่อนที่แบบเร็ว และยังสามารถใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือแนวขนานกับแนวแกนของเครื่องจักรกล ตามค่าอัตราการป้อนที่ต้องการ แต่จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้ครั้งละ 1 แนวแกนเท่านั้น การเคลื่อนที่ของเครื่องมือจะถูกควบคุมด้วยอัตราป้อน และความยาวในการเคลื่อนที่ดังรูป 2.12 ระบบการควบคุมการตัดเฉือนแนวเส้นตรงชนิดนี้จะใช้กับเครื่องกัด และเครื่องกลึงแบบง่ายๆ



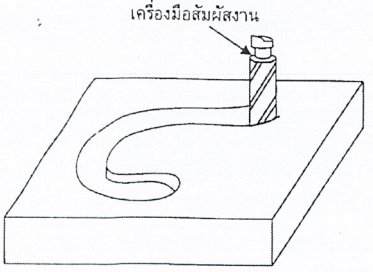
รูป 2.12 แสดงการเคลื่อนที่แบบตัดตรง

2.3.1.3.การควบคุมการเคลื่อนที่ที่เป็นเส้นโค้งหรือตามเส้นขอบรูป

การควบคุมแบบนี้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้ดังนี้

- ควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการแบบเคลื่อนที่เร็วได้
- ควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ขนานกับแกนไปยังตำแหน่งที่ต้องการตามค่าอัตราป้อนได้
- ควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใดๆ บนชิ้นงานที่กำหนดในแนวเส้นตรงและเส้นโค้งตามค่าอัตราการป้อนได้

รูป 2.13 แสดงการควบคุมการเคลื่อนที่ตามเส้นขอบรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมตามเส้นขอบรูปนี้ยังแบ่งได้อีก 3 ระดับ ขึ้นกับความสามารถของระบบควบคุม คือ ความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือได้ 2 หรือ 3 แกนพร้อมๆกัน ระดับการควบคุมทั้ง 3 ระดับเป็นดังนี้

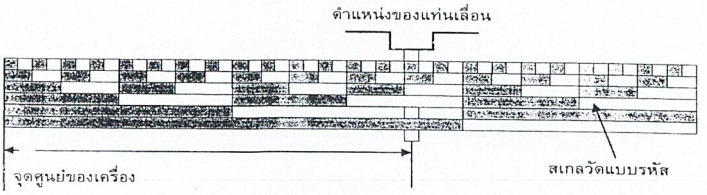
- ควบคุมตามเส้นขอบรูป 2 แกนระบบควบคุมจะสามารถควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ในแนวระนาบ ที่กำหนดได้ 2 แนวแกนพร้อมๆกัน ทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งแนวเส้นตรงและเส้นโค้ง แต่จะไม่สามารถเปลี่ยนระนาบการทำงานได้
- การควบคุมตามเส้นขอบรูปแบบ 2 แกนครึ่ง ระบบนี้ควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง และเส้นโค้งบนระนาบใดๆที่ต้องการก็ได้ แต่จะไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้ใน 2 แนวแกนพร้อมกันเท่านั้น
- การควบคุมตามเส้นขอบรูปแบบ 3แกน ระบบควบคุมจะสามารถควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง และเส้นโค้งได้พร้อมๆกันทุ้ง 3 แนวแกน เป็นลักษณะของ 3 มิติได้

2.3.2 การวัดระยะการเคลื่อนของตำแหน่งของเครื่องมือ

ในระบบซีเอ็นซีการวัดระยะการเคลื่อนที่ของตำแหน่งเครื่องมือ ต้องการการวัดการเคลื่อนที่ที่มีความเที่ยงตรงตลอดแนวแกนป้อน จะต้องต่อระบบขับป้อนเข้ากับอุปกรณ์วัดที่เหมาะสม อุปกรณ์การวัดมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ สเกลแบบรหัส (Code Measuring Scale) และสเกลแบบช่อง (Division Grid) การใช้สเกลทั้ง2 ชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับวิธีวัดตำแหน่ง (Position Measurement) วิธีการวัดตำแหน่งที่ใช้ทั่วไปมี 2 วิธี คือ การวัดค่าตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ (Absolute Position Measurement) กับ การวัดตำแหน่งอย่างต่อเนื่อง หรือ แบบลูกโซ่ (Incremental or Chain Position Measurement)

2.3.2.1 การวัดตำแหน่งสัมบูรณ์

การวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ เป็นการวัดค่าตำแหน่งต่างๆ ที่สามารถวัดค่าได้ตลอดเวลาเป็นอิสระจากสถานะของเครื่อง และระบบควบคุม และค่าที่วัดที่ได้นี้จะอ้างอิงจากจุดศูนย์อ้างอิง (Fixed Zero Datum) เสมอ

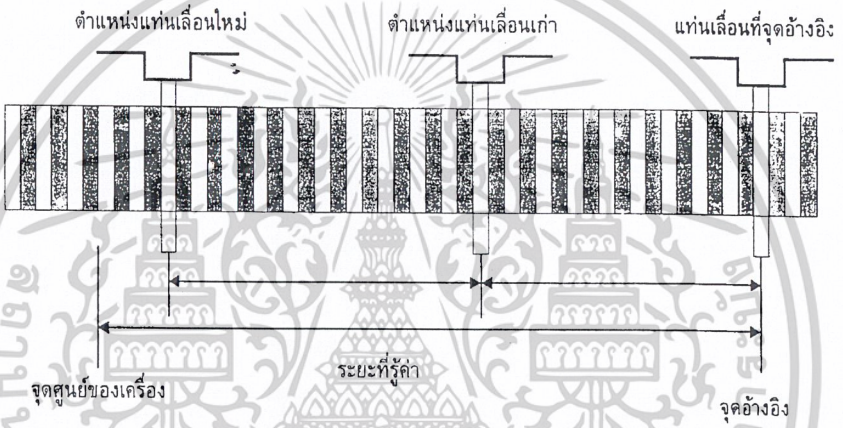


รูป 2.14 แสดงการใช้สเกลวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 การกำหนดตำแหน่งส่วนเพิ่ม

เป็นการวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง ตัวสเกลจะแบ่งเป็นช่องอย่างง่าย โดยแต่ละช่องจะมีพื้นที่มืดสว่างสลับกันไป ในการวัดตำแหน่งเป็นการเพิ่ม หรือ ลดขนานของความยาวในการเคลื่อนที่ จากตำแหน่งที่วัดอยู่ในระหว่างการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อน ระบบควบคุมจะทำการนับจำนวนช่องที่แบ่งที่แท่นเลื่อนได้เคลื่อนที่ไป แล้วนำค่าไปคำนวณหาตำแหน่งที่แตกต่างจากตำแหน่งเดิม เป็นตำแหน่งสุดท้ายของแท่นเลื่อนเสมอ



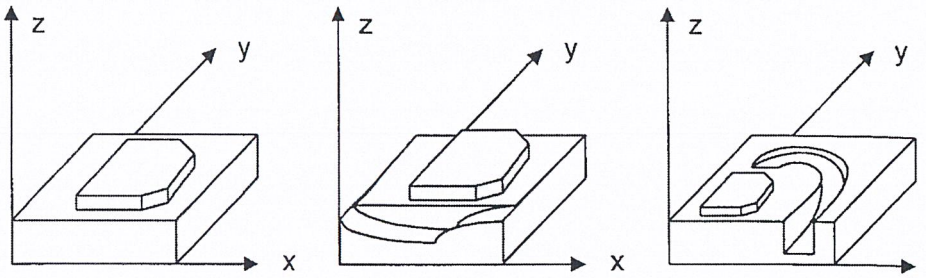
รูป 2.15 แสดงสเกลการวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง

2.3.3 รูปแบบการทำงานของเครื่องมือ

การทำงานของเครื่องมือสามารถ ทำงานแบบ 2 มิติ และ แบบ 3 มิติได้ดังแสดงในรูป 2.17 การทำงานแบบ 2 มิติ คือ การสร้างชิ้นงานให้อยู่ในระนาบเดียว มีการควบคุมการทำงานเพียง 2 แกน ซึ่งโดยกระทั่งไปจะอยู่ในระนาบ XY ส่วนแกน Z เป็นการกำหนดค่าที่แน่นอน เช่นความลึก สำหรับการทำงานแบบ 2 มิติ จะคล้ายกับแบบ 2 มิติ แค่เพิ่มในส่วนแกน Z ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงแต่ไม่เปลี่ยนพร้อมกันทั้ง 3 แกน ส่วนการทำงานแบบ 3 มิติ จะเป็นการสร้างชิ้นงานโดยที่แกนทั้ง 3 ทำงานพร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ก) แบบ 2 มิติ ข) แบบ 2 1/2มิติ ค) แบบ 3 มิติ

รูป 2.16 แสดงลักษณะการสร้างชิ้นงาน

ด้วยลักษณะการสร้างชิ้นงานดังที่กล่าวมา นอกจากสามารถนำไปใช้ได้กับงานกัดยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานเจาะจึงถือว่าเป็นการสร้างชิ้นงานแบบ 2 มิติ เมื่อความลึกในการเจาะคงที่ ถ้าความลึกไม่คงที่ก็จะเป็นงานแบบ 2 มิติ ส่วนงานเดินขอบสามารถสร้างชิ้นงานได้ทุกรูปแบบ ส่วนงานกัดเป็นแอ่งหลุมจะเป็นการสร้างชิ้นงานแบบ 2 มิติ

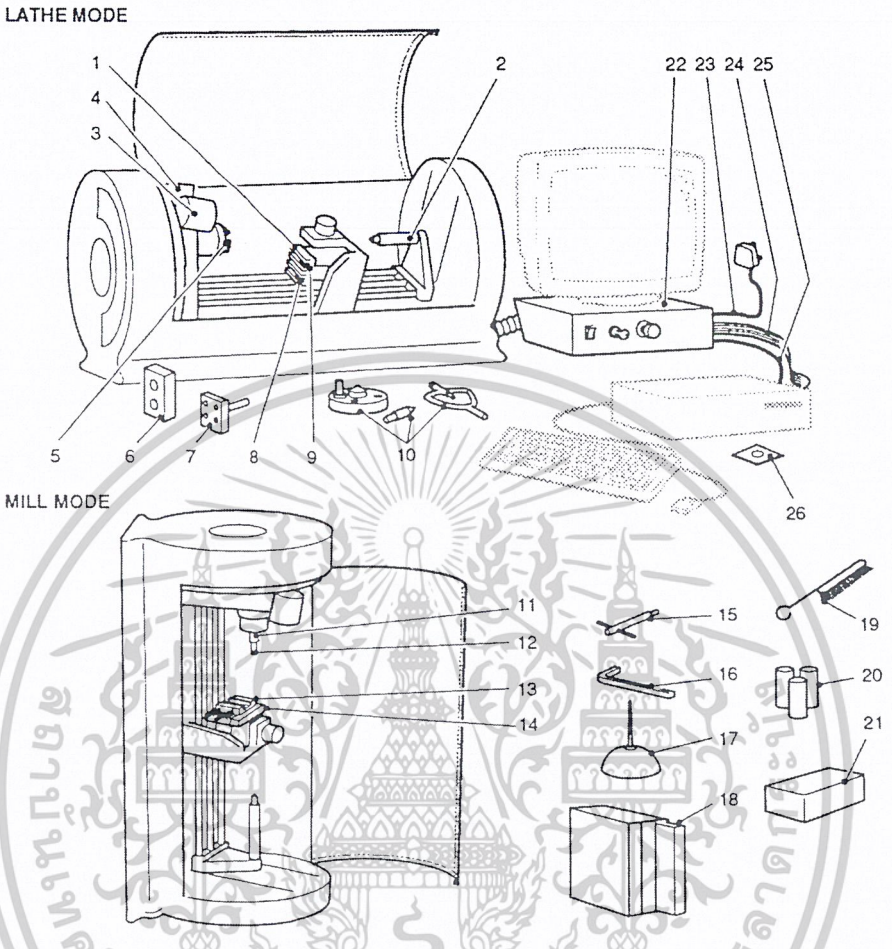
2.4.เครื่องมือกล BOXFORD DUET

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
50209



รูปที่ 2.4.1. 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

<u>เครื่องมือกล DUET ในโหมดของการกัด</u>

ในโครงงานนี้ได้ใช้เครื่องมือกล DUET ในโหมดของงานกัดร่วมกันกับแขนกล ดังนั้นจึงขอกล่าวในส่วนที่เกี่ยวข้องกับโครงงานนี้เท่านั้น

1. <u>ตำแหน่งของเครื่องมือ และค่าชดเชย (Offsets)</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประกอบชิ้นส่วนต่างๆก่อนที่จะเริ่มการทำงาน โดยแท่นรองกัดจะถูกยึดติดกับแท่นรองชิ้นงานโดยใช้ Cam lock ขันยึดติดดอกกัดขนาด 5 ม ม. จะถูกใช้เป็นค่าอ้างอิงกับดอกกัดอื่นๆ

ก่อนการใช้งานต้องมั่นใจว่าเครื่องมือต่างๆได้ถูกยึดติดกับส่วนประกอบของเครื่องมือกลอย่างแน่นหนา และดอกกัดได้ถูกสอดเข้ากับตัวยึดดอกกัด

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

2.แกนหมุน และจุดศูนย์ของชิ้นงาน

การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์แท่นรองสามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งแกน X Y และ Z โดยที่อุปกรณ์จับเครื่องมือนั้นไม่สามารถเคลื่อนที่ตามแกนต่างๆได้

การหาจุดศูนย์กลางของชิ้นงานนั้น ทำได้โดยเลื่อนปลายมีดกัดไปยังตำแหน่งด้านล่างซ้ายของชิ้นงาน ค่าที่ได้จะถูกเก็บไว้ในข้อมูลเครื่องมือ (Tool Data) เพื่อเป็นค่าอ้างอิงของเครื่องมืออื่น ถ้าชิ้นงานมีลักษณะเป็นวงกลมการหาจุดศูนย์กลางของชิ้นงานสามารถหาได้จากค่าจุดตัดที่เกิดจากเส้นตั้งฉากแกน X สัมผัสด้านซ้ายของวงกลม กับเส้นตั้งฉากแกน Y สัมผัสด้านล่างของวงกลม ซึ่งค่าตำแหน่งที่เกิดจากการตัดกันจะเป็นจุดศูนย์กลางของชิ้นงาน

3. Speed and Feeds

- ความเร็วหมุน (Spindle Speeds)

เมื่อเริ่มเขียนโปรแกรมการกัดชิ้นงานนั้น จำเป็นต้องกำหนดอัตราเร็ว (Speeds) และอัตราการเคลื่อนที่ (Feeds) ค่านี้จะเปลี่ยนไปตามชนิดของชิ้นงาน และประเภทของมีดกัด หลักการพื้นฐานการหาค่าอัตราเร็วจะใช้การเปิดตารางหาค่าความเร็วตัด (Cutting Speed) แล้วจึงแทนสูตรเพื่อหาค่าอัตราเร็วในการหมุน (Spindle Speed) ค่าอัตราความเร็วในการหมุนนั้นจะมีหน่วยเป็นรอบ/นาที

สูตรหาอัตราเร็วในการหมุน

Spindle Speed = (1000*Cutting Speed (m/min))/(¶*Cutting Diameter (mm))

- อัตราการเคลื่อนที่ (Feed Rate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ในระนาบ X-Y ก็คือความเร็วของระนาบพื้นผิวชิ้นงาน ส่วนความเร็วในแกน Z จะเป็นความเร็วในการเจาะชิ้นงาน ซึ่งการหาค่าจะทำได้โดยการเปิดตารางซึ่งจำเป็นต้องรู้ชนิดของชิ้นงาน และชนิดของมีดกัดที่ใช้แล้วนำไปแทนค่าในสูตร

สูตรหาค่าอัตราการเคลื่อนที่

Feed Rate (mm/Rev) = Feed Rate (mm/tooth)*Number of Teeth

OR

Feed Rate (mm/min) = Feed Rate (mm/rev)*Spindle Speed (rev/min)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หุ่นยนต์

3.1.คำจำกัดความของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Definition of Industrial Robot)

หากจะถามว่า หุ่นยนต์อุตสาหกรรมคืออะไร ก็พอจะตอบได้ว่า หุ่นยนต์อุตสาหกรรม ก็คือเครื่องจักรกลชนิดหนึ่งซึ่งมีลักษณะพิเศษที่เรียกว่า เครื่องจักรอัตโนมัติ (Automation Machine) และเพื่อความชัดเจนยิ่งขึ้นจึงขอยกคำจำกัดความที่ RIA (The Robotic Industrial Association) ได้คำจำกัดความของคำว่า หุ่นยนต์อุตสาหกรรม ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในการประชุมระดับนานาชาติของบริษัทอุตสาหกรรมที่ใช้หุ่นยนต์ 11 แห่ง เมื่อปี ค.ศ. 1981 โดยมีคำจำกัดความที่สำคัญดังต่อไปนี้คือ

"An industrial robot is a reprogrammable, multifunction manipulator designed to move materials, part, tools or special devices through variable programmed motion for performance of a variety of tasks"

หรือความหมายในภาษาไทย ก็คือ เครื่องจักรกลที่สามารถตั้งโปรแกรมได้หลายครั้ง รวมทั้งสามารถปฏิบัติงานได้ในหลายๆ หน้าที่ โดยหุ่นยนต์ถูกได้รับการออกแบบมาเพื่อให้หยิบ จับ เคลื่อนย้าย วัตถุ อุปกรณ์ เครื่องมือ หรือ เครื่องใช้พิเศษต่างๆ โดยอาศัยการควบคุมโปรแกรมการเคลื่อนที่ของมันให้ทำงานได้หลายอย่างตามต้องการ

จากคำจัดความหากเรามาลองวิเคราะห์เพิ่มเติมลงไปอีกก็จะพบว่า การที่หุ่นยนต์สามารถตั้งโปรแกรมได้หลายครั้งนั้น ก็หมายความว่า มันสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงการทำงานได้ถ้าหากเราเปลี่ยนแปลงโปรแกรมใหม่ นอกจากนั้นการที่หุ่นยนต์สามารถปฏิบัติงานได้หลายๆหน้าที่ ดังนั้นมันสามารถทำงานได้มากว่าหนึ่งงาน ตัวอย่างเช่น ในวันนี้หุ่นยนต์ทำหน้าที่เป็นตัวยกชิ้นงาน พรุ่งนี้มันอาจเป็นตัวประกอบชิ้นงานก็ได้ ซึ่งจริงๆ แล้วเราอาจเปลี่ยนแปลงหน้าที่ของมันได้มากกว่านั้นก็ได้หากเราต้องการ ดั้งนั้นเราจึงอาจอาจกล่าวได้ว่าหุ่นยนต์นั้นสามารถทำงานได้หลายอย่างโดยจะมีความสอดคล้องกับความสามารถในการตั้งโปรแกรมได้หลายๆครั้งนั่นเอง

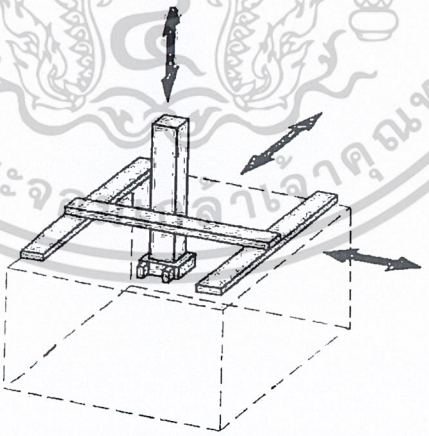
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2. ลักษณะในการทำงานและระบบพิกัดของหุ่นยนต์ "Work Envelopes and coordinate system"

การอธิบายพฤติกรรมในการทำงานของหุ่นยนต์โดยทั่วไปจะใช้คำว่า Work Envelopes มาอธิบายในการทำงาน ซึ่งหมายความว่า พื้นที่ในส่วนที่แขนกลหุ่นยนต์ สามารถเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งนี่เอง ในบางครั้งเราสามารถที่จะนำมาแบ่งประเภทของหุ่นยนต์ได้โดยทางเรขาคณิต ซึ่งรูปทรงทางเรขาคณิตดังกล่าวจะมีความสอดคล้องกับ Work Envelopes

3.2.1.หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงสี่เหลี่ยม (Rectilinear or Cartesian robot geometry)

หุ่นยนต์ประเภทแรกที่เราจะมาทำความรู้จักก็คือ หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นรูปแบบทรงสี่เหลี่ยม เพื่อความชัดเจนยิ่งขึ้นในการอธิบายจะทำความเข้าใจจึงแสดงด้วยรูปที่ 3.1 จากรูปจะแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปได้ 3 ทิศทาง คือ เลื่อนขึ้น และลง ซ้ายและขวา รวมทั้งเดินหน้าและถอยหลังหรือเราอาจเรียกว่าเคลื่อนที่ในแนวแกน X, Y and Z นั่นเอง ส่วนพื้นที่ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ประเภทนี้อย่างที่เราเห็นในรูปก็คือ จะมีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมหรือเป็นรูปกล่อง สำหรับการควบคุมหุ่นยนต์ประเภทนี้นั้นค่อนข้างจะทำได้ง่ายกว่าการควบคุมหุ่นยนต์ประเภทอื่น ส่วนมากจะนำไปใช้งานประเภทจับวาง (Pick and Place) และงานประเภทประกอบชิ้นส่วนต่างๆ

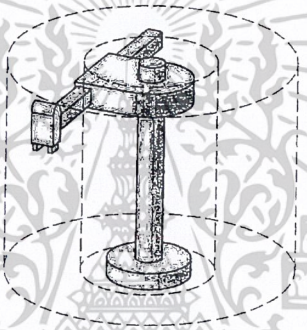


รูปที่ 3.1 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงสี่เหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นรูปทรงกระบอก (Cylindrical robot geometry)

หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานแบบนี้จะมีช่วงหรือระยะของการเคลื่อนที่มากกว่าหุ่นยนต์ ที่มีการเคลื่อนที่แบบรูปทรงสี่เหลี่ยม ทั้งนี้ก็เพราะว่าแขนของมันสามารถหมุนไปได้รอบฐานทั้งยังสามารถเคลื่อนที่แบบขึ้นลงไปหน้าหลังได้เช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าลักษณะพื้นที่ในการทำงานของหุ่นยนต์ประเภทนี้จะเป็นแบบทรงกระบอกที่มีแกนอยู่ที่จุดศูนย์กลางแต่ไม่ได้หมายความว่ามันสามารถที่จะเคลื่อนที่ไปถึงได้ทั้งนี้เนื่องมาจากขีดจำกัดในเรื่องโครงสร้างนั่นเอง หุ่นยนต์ประเภทดังกล่าวนี้แสดงอยู่ในรูปที่ 3.2

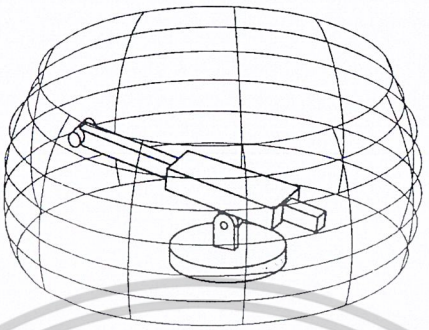


รูปที่ 3.2 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบรูปทรงกระบอก

3.2.3.หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบทรงกลม (Spherical robot geometry)

สำหรับหุ่นยนต์แบบนี้ จะเป็นแบบที่มีความยืดหยุ่นสูงกว่าหุ่นยนต์ทั้งสองแบบที่ผ่านมา ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากช่วงระยะในการเคลื่อนที่ของมันโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลื่อนที่แบบขึ้นลงนั้นสามารถปรับลดได้ในลักษณะที่เป็นเชิงมุมจึงทำให้พื้นที่ในการทำงานของหุ่นยนต์ประเภทนี้เป็นแบบทรงกลม แต่ก็จะใช่ว่าเป็นทรงกลมทีเดียวเลย

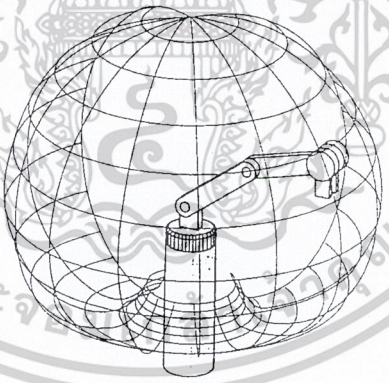
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ในการทำงานเป็นแบบทรงกลม

3.2.4.หุ่นยนต์ที่แขนเป็นข้อต่อ (Joint arm robot)

หุ่นยนต์ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะเป็นแบบที่แขนต่อกันด้วยข้อต่อ ในรูปที่ 3.4 เราจะเห็นว่าแขนของหุ่นยนต์ประเภทนี้จะประกอบไปด้วยข้อต่อหมุนทั้งหมดซึ่งจะทำให้มีลักษณะคล้ายกับแขนของคนเรามากที่สุด ดังนั้นความสามารถในการเคลื่อนที่ของมันจึงเหนือกว่าหุ่นยนต์ประเภทอื่น



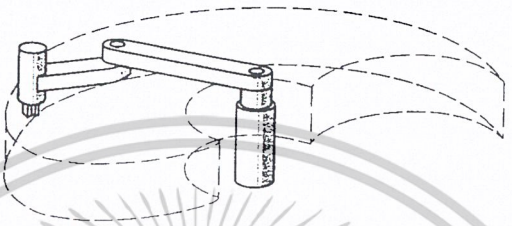
รูปที่ 3.4 หุ่นยนต์ที่แขนเป็นข้อต่อ

<u>หุ่นยนต์ สคารา</u> (SCARA robot)

จริงแล้วหุ่นยนต์ประเภทนี้ก็คือหุ่นยนต์ที่แขนกลเป็นข้อต่อเหมือนที่ผ่านมานั่นเอง แต่แขนจะมีการเคลื่อนที่ในแนวนอนซึ่งเป็นเอกลักษณะเฉพาะของหุ่นยนต์ประเภทนี้ คำว่าสคารา ย่อมาจากคำว่า Selective Compliance Assembly Robotic Arm หรือในความภาษาไทยคือ การประกอบแขนหุ่นยนต์ที่สามารถเลือก ตำแหน่งในการทำงาน ได้ตามความต้องการ หุ่นยนต์ประเภทนี้ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหญ่จะมีแขนสองหรือสามท่อนซึ่งมีการหมุนอยู่ในแนวนอน โดยที่ปลายแขนจะประกอบด้วยอุปกรณ์ยึดจับ ซึ่งสามารถเลื่อนตัวขึ้นลงได้ หุ่นยนต์ประเภทดังกล่าวนี้ถูกคิดค้นโดยประเทศญี่ปุ่นเมื่อปี ค.ศ.1970



รูปที่ 3.5 หุ่นยนต์ สคารา

3.3 ระบบการขับเคลื่อน (Drive System)

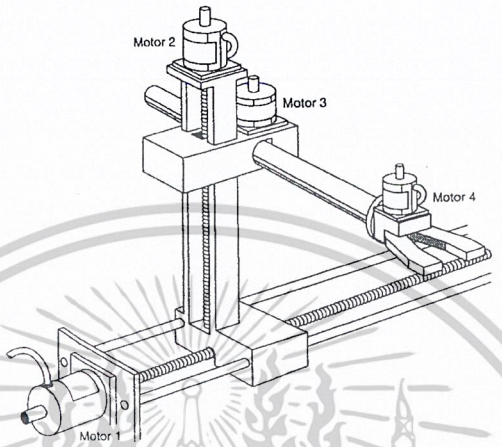
การควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์หรือเครื่องจักรกลอัตโนมัตินั้นเกี่ยวข้องโดยตรงกับการควบคุมการทำงานของระบบขับเคลื่อน ซึ่งระบบขับเคลื่อนโดยส่วนใหญ่แล้วจะขึ้นกับการออกแบบหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือขึ้นอยู่กับการทำงาน ตัวอย่างเช่น แขนของหุ่นยนต์อาจถูกออกแบบมาเพื่อให้เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งโดยยกวัตถุหนักๆ ดังนั้นหุ่นยนต์ประเภทดังกล่าวนี้จะมีระบบขับเคลื่อนด้วยไฮโดรลิกส์ ในขณะที่หุ่นยนต์บางชนิดถูกออกแบบมาให้ทำการเชื่อมในทิศทางที่ต่อเนื่องก็จะมีระบบการขับเคลื่อนเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

3.3.1. ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า (Electric drive system)

เหตุผลที่มีการนิยมใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้านั้น สาเหตุเนื่องมาจากการทำงานค่อยข้างเงียบและส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก และเมื่อไม่นานมานี้ได้มีการพัฒนามอเตอร์รูปแบบใหม่ๆ ออกมา ทำให้ความก้าวหน้าของหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยระบบนี้มีสมรรถนะเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนั้นระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ายังมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่นๆ อย่างไรก็ตามมอเตอร์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะใช้กับหุ่นยนต์ขนาดเล็กที่เรียกว่าหุ่นยนต์ฝึกหัด ซึ่งหุ่นยนต์ดังกล่าวนี้จะทำงานได้อย่างแม่นยำและมักจะใช้กับอุตสาหกรรมเบาหรือใช้ในห้องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างหุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

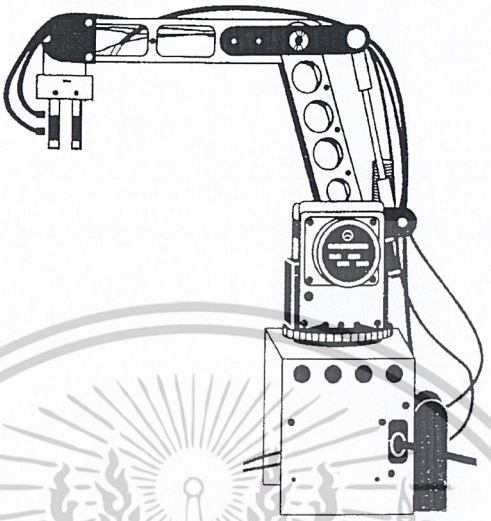


สำหรับมอเตอร์ที่นำมาใช้กับหุ่นยนต์ไฟฟ้านั้น ส่วนมากจะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยทั้งนี้จะใช้ร่วมกับเซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ต่างๆ เพื่อตรวจจับตำแหน่ง ความเร็วหรือความเร่ง แล้วส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุมซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้อาจเรียกว่า เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) นอกจากนั้นยังมีมอเตอร์อีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้หุ่นยนต์ไฟฟ้าก็คือ สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor) มอเตอร์แบบนี้ไม่จำเป็นต้องใช้เซนเซอร์ในการตรวจจับแต่จะใช้สัญญาณพัลส์สั่งงานจากอุปกรณ์ควบคุมโดยตรง ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับนั้นมักไม่ค่อยนิยมมาใช้กับหุ่นยนต์ไฟฟ้า เพราะว่า การควบคุมความเร็วหรือตำแหน่งค่อนข้างทำได้ยากกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

3.3.2.ระบบขับเคลื่อนด้วยไฮดรอลิกส์ (Hydraulics drive system)

หุ่นยนต์ซึ่งใช้พลังงานไฮดรอลิกส์นั้นมักใช้ในการควบคุมหรือการทำงานที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมหนัก หุ่นยนต์เหล่านี้จะถูกออกแบบมาให้ใช้ประโยชน์จากความได้เปรียบทางกลซึ่งสามารถใช้พลังงานของของไหลหรือน้ำมันได้ นอกจากนั้นอุปกรณ์ทำงาน ก็มีทั้งแบบเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงและเชิงมุม จึงเป็นเหตุผลให้ถูกนำมาใช้ในหุ่นยนต์อุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากหุ่นยนต์ใช้พลังงานไฮดรอลิกส์จะต้องอาศัยพลังงานความดันน้ำของน้ำมันจึงจำเป็นต้องมีชุดต้นกำลังที่ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าอยู่ดี

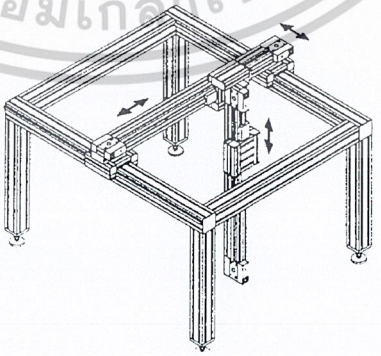
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างหุ่นยนต์ระบบขับเคลื่อนด้วยไฮดรอลิกส์

3.3.3. ระบบขับเคลื่อนด้วยนิวเมติกส์ (Pneumatics drive system)

หุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยระบบนี้ค่อนข้างจะได้รับความนิยมมากว่า ทั้งนี้เนื่องจากระบบนิวเมติกส์มีค่าใช้จ่ายของระบบที่ต่ำกว่า ดังนั้นเราจึงอาจพบว่าหุ่นยนต์ประเภทนี้ถูกนำไปใช้ในงานหลายประเภท แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากการขับเคลื่อนของของไหลในระบบนิวเมติกส์นั้นใช้ลมอัดแรงที่ได้จึงต่ำกว่าระบบที่ขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิกส์ ส่งผลให้ความแม่นยำและความถูกต้องน้อยกว่าและนอกจากนั้นการควบคุมส่วนใหญ่จะอาศัยการทำงานแบบจุดต่อจุด



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างหุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยนิวเมติกส์

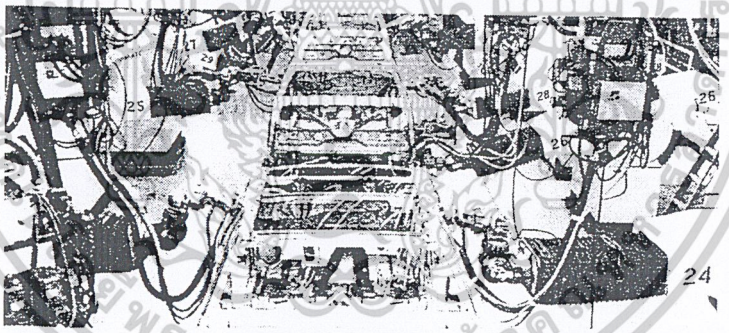
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การประยุกต์ใช้งานหุ่นยนต์ (Application of robot)

ในการประยุกต์ใช้งานหุ่นยนต์สำหรับงานอุตสาหกรรมนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการวิเคราะห์ทั้งในด้านเศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ ว่าสมควรหรือเหมาะสมในการนำไปใช้มากน้อยเพียงใด หุ่นยนต์อุสาหกรรมที่มีอยู่ใช้นั้นมักจะมีหน้าที่เฉพาะเจาะจงกันไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีอันตรายและหนักเกินไปสำหรับเรา รวมทั้งการผิดที่มีจำนวนมากๆ และต้องการความถูกต้องเที่ยงตรงสูง ต่อไปนี้เราจะมาดูตัวอย่างการนำเอาหุ่นยนต์ไปประยุกต์ใช้งานในงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ที่ค่อนข้างได้รับความนิยม

3.4.1. งานเกี่ยวกับการเชื่อม (Welding application)

การเชื่อมนั้นอาจกล่าวได้ว่า เป็นงานขั้นแรกๆ ที่มีการนำเอาหุ่นยนต์เข้ามาใช้ แสง ก๊าซ และความร้อนที่เกิดจากการเชื่อมนั้นนับว่ามีอันตรายต่อมนุษย์ แขนกลหรือหุ่นยนต์ที่นำมาใช้งานเกี่ยวกับการเชื่อมนั้นสามารถเคลื่อนที่ไปเชื่อมในตำแหน่งต่างๆได้ในเวลาเพียงหนึ่งหรือสองวินาที ซึ่งถ้าหากใช้มนุษย์แล้วจะกินเวลาหลายนาที นอกจากนี้แขนกลยังจะมีความแม่นยำสูงอีกด้วย ในรูปที่ 3.9 แสดงลักษณะการเชื่อมที่เกิดขึ้นภายในโรงงานผลิตรถยนต์



รูปที่ 3.9

3.4.2. งานเกี่ยวกับการพ่นสี (Spray painting application)

เนื่องจากการระเหยของสารเคมีที่ผสมอยู่ในสีที่ใช้ในการพ่นสีรวมทั้งการติดไฟและการระเบิด ดังนั้นเราจึงเอาแขนกลหรือหุ่นยนต์และเทคโนโลยีอัตโนมัติมาใช้ในงานพ่นสีสามารถลดอันตรายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้หุ่นยนต์ไฮดรอลิกส์ผสมนิวเมติกส์ ใน ตัวอย่างแขนกลและตู้ควบคุมที่เกี่ยวกับงานพ่นสี โดยตำแหน่งของการพ่นสีจะอาศัยเซนเซอร์ซึ่งจะเป็นการทำให้แน่ใจว่าการพ่นอยู่ตำแหน่งและระยะที่ถูกต้องและเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.งานเกี่ยวกับการประกอบชิ้นส่วน (Assembly operation)

สำหรับหลายๆบริษัทต้นทุนที่ใช้ในการประกอบชิ้นส่วนต่างๆของกระบวนการผลิตอาจจะมีราคาค่อนข้างสูง เหตุผลหนึ่งที่มีการนำเอาหุ่นยนต์เข้ามาใช้ในการควบคุมการทำงานก็คือหุ่นยนต์มีความยืดหยุนสูง ทั้งนี้ก็เนื่องจากหุ่นยนต์สามารถเปลี่ยนแปลงโปนแกรมใหม่สำหรับงานใหม่ได้อย่างรวดเร็วโดยสูญเสียเวลาเพียงเล็กน้อย และยังเหมาะกับงานที่มีปริมาณมากๆนอกจากนี้ความสามารถในการทำงานซ้ำค่าเดิม หรือความแม่นยำของหุ่นยนต์ที่เหนือกว่ามนุษย์ได้รับความนิยมในการนำมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ระบบนิวแมติกส์

4.1.กฎเบื้องต้นนิวเมติกส์

ในระบบนิวเมติกส์ที่กล่าวถึงนี้จะมีความสัมพันธ์กันอยู่ระหว่าง แรง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ดังนั้นกฎเบื้องต้นของนิวเมติกส์จึงได้แก่ กฎการถ่ายความดันของปาสคาล (Pascal's Law) กฎปริมาตรและกฎความดันของบอยส์ (Boyle's Law) ก่อนที่จะกล่าวถึงกฎต่าง ๆ ใคร่จะขอกล่าวพื้นฐานทางฟิสิกส์ของระบบนิวเมติกส์เสียก่อน

ความดัน ความดันบรรยากาศในแต่ละแห่งของพื้นผิวโลก มีค่าแตกต่างกันตามสภาพของระดับความสูง และสภาพภูมิอากาศ แต่ปกติทั่วไปถือว่าความดันที่ระดับน้ำทะเลเป็นความดันบรรยากาศ การหาค่าความดันบรรยากาศเราสามารถหาได้จากเครื่องมือหลายชนิด เช่น เกจวัดความดัน บาโรมิเตอร์ หรือแมนโนมิเตอร์

หน่วยวัดความดันในทางเทคนิคโดยทั่วไปคือ กิโลปอนด์/ตารางเซนติเมตร (kp/cm2) หรือวัดเป็นบรรยากาศทางเทคนิค (at)

1 at = 1 kp/cm2 = 10 m ความสูงของน้ำ

แต่หน่วยความดันที่นิยมใช้ในระบบ SI มีหน่วยดังนี้

1 Pa (ปาสคาล) = 1 N/m2 = 10-5 bar

1 at = 1 kp/cm2 = 1 bar

ในกรณีที่ความดันที่อ่านจากเครื่องมือวัดสุญญากาศมีค่าเป็นบวก

ความดันสมบูรณ์ = ความดันบรรยากาศ + ความดันเกจ

และถ้ากรณีที่ความดันที่อ่านจากเครื่องมือวัดสุญญากาศมีค่าเป็นลบ

ความดันสมบูรณ์ = ความดันบรรยากาศ – ความดันเกจ

โดยที่ <u>ความดันสมบูรณ์</u> คือความดันที่มีค่าเป็นศูนย์ที่สุญญากาศสมบูรณ์ ใช้ตัวย่อ Pabs ความดันบรรยากาศ คือค่าความดันที่บรรยากาศ มีค่า 1.013 บาร์ (ระบบ SI) 1.033 กิโลกรัม แรงต่อตารางเซนติเมตร (ระบบเมติกส์) และ 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (ระบบอังกฤษ) ใช้ตัวย่อ Pabs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันเกจ คือค่าความดันที่มีค่าเป็นศูนย์ที่ความดันบรรยากาศ ใช้ตัวย่อ Pg วาล์วลดความดันลมอัด ในบางครั้งเรียกว่าเรกูเลเตอร์ โดยปกติเครื่องอัดลมอัดให้มีค่าความดันสูงกว่าระดับของความดันใช้งาน ดังนั้นวาล์วลดความดันจึงทำหน้าที่ปรับความดันให้ค่าความดันของลมอัดมีความดันเท่ากับความดันใช้งานในระบบนิวเมติกส์ เพราะถ้าไม่ลดความดันก่อนนำไปใช้งาน อุปกรณ์ต่าง ๆ จะเกิดปัญหาในการทำงาน เช่นการทำงานของวงจรเกิดการผิดพลาด อุปกรณ์นิวเมติกส์อาจเกิดการชำรุดเสียหาย หรืออาจจะทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์นิวเมติกส์มีอายุการใช้งานสั้นลง จากเหตุผลดังกล่าวจึงจำเป็นที่จะต้องเลือกวาล์วปรับลดความดันให้เหมาะสมกับการใช้งาน

การทำงานของวาล์วลดความดันแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ชนิดที่ใช้แรงดันของสปริงสมดุลกับแรงดันแรงดันในระบบ และชนิดที่ใช้ความดันสมดุลทั้งสองข้าง

1. ชนิดที่ใช้แรงดันของสปริงสมดุลกับแรงดันในระบบ การทำงานเมื่อหมุนมือหมุนจะกดสปริงปรับความดันและจะส่งแรงถ่ายทอดไปเปิดวาล์วให้ลมจากทางไหลเข้า ไหลผ่านห้องลมใต้แผ่นไดอะแฟรมออกไปทางด้านใช้งาน เมื่อความดันสูงถึงระดับที่ตั้ง ลมอัดทางด้านส่งออกไปใช้งานจะมีความดันย้อนกลับมากระทำกับแผ่นไดอะแฟรม ทำให้เกิดแรงยกขึ้นจนกระทั่งแรงที่เกิดขึ้นสูงพอชนะแรงดันของสปริง แผ่นไดอะแฟรมจะเลื่อนขึ้นจากระดับเดิมทำให้วาล์วปิดบ่าวาล์วไม่ให้ลมไหลผ่านวาล์วไปได้ จนกระทั่งความดันใช้งานในระบบต่ำกว่าความดันที่กำหนด แผ่นไดอะแฟรมจะเลื่อนลงมาอีกครั้ง ทำให้วาล์วปิดบ่าวาล์วให้ลมไหลผ่านไปอีก จะทำงานเช่นนี้สลับไปสลับมา วาล์วลดความดันชนิดใช้แรงดันของสปริงสมดุลกับแรงดันในระบบยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดไม่ระบายลมทิ้งเหมาะกับงานที่ใช้วาล์วลดความดันกับก๊าซอะเซทิลีนเป็นต้น ส่วนอีกชนิดเป็นแบบระบายลมทิ้งแต่เปลี่ยนโครงสร้างของวาล์วในวงกลมไปใส่แทนที่ เหมาะกับงานที่ใช้ระบบลมอัดทั่วไป

2. ชนิดที่ใช้ความดันสมดุลทั้งสองข้าง วาล์วชนิดนี้การทำงานจะไม่ใช้แรงดันของสปริงไปเปิดทางลมให้ที่ไหลจากทางเข้าผ่านไปทางด้านออกโดยตรง แต่จะใช้ลมทางด้านเข้าไปกดแผ่นไดอะแฟรมด้านล่าง โดยผ่านวาล์วชนิดปอปเปตที่แรงสปริงปรับความดันกดให้อยู่ เมื่อปริมาณลมไหลเข้ามาเต็มห้องไดอะแฟรมจนกระทั่งทำเกิดขึ้นพอที่จะกดให้แผ่นไดอะแฟรมเคลื่อนลง ลมจากทางเข้าก็จะไหลออกไปยังทางออกใต้ เมื่อเกิดความดันย้อนกลับ ลมจะไหลผ่านรูด้านล่างของแผ่นไดอะแฟรมข้างออกไปใช้งาน ทำให้เกิดมีแรงกระทำกับแผ่นไดอะแฟรมด้านล่าง ถ้าแรงของแผ่นไดอะแฟรมด้านล่างมีแรงกระทำสูงกว่าแรงด้านบน ก็จะยกแผ่นไดอะแฟรมขึ้น ทำให้บ่าวาล์วที่จ่ายลมปิดไม่ยอมให้ลมไหลผ่านไปได้ ซึ่งจะทำงานเช่นนี้สลับกันไปมา วาล์วชนิดนี้มีข้อดีที่ความดันในระบบจะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ซึ่งจะให้ค่าความดันค่อนข้างละเอียดกว่าแบบแรก นอกจากนี้ยังมีการทำงานของวาล์วลดความดันแบบต่าง ๆ อีก แต่ไม่นิยมใช้ในระบบนิวเมติกส์มากนัก เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาล์วลดความดันชนิดบังคับระยะห่าง วาล์วระบายความดันและวาล์วลดความดันพร้อมวาล์วกันกลับ

ความละเอียดในการตั้งความดันของวาล์วลดความดันชนิดละเอียดปานกลาง จะเพิ่มขึ้นเมื่อการไหลคงที่ ปริมาตรการไหลของวาล์วเหล่านี้ต่ำกว่า 400 ลิตรต่อนาที

การพิจารณาเลือกคุณภาพของวาล์วลดความดัน สามารถดูได้จากแคตาล็อกของบริษัทผู้ผลิตวาล์วชนิดนั้น โดยใช้ความสัมพันธ์ของความดันลมอัดเข้ากับความดันลมอัดทางออก สังเกตดูจากค่าความดันแตกต่างเมื่อปรับความดันลมอัดเข้า ความดันลมอัดทางออกจะเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใด ถ้าความดันทางออกเปลี่ยนแปลงมาก แสดงว่าวาล์วปรับลดความดันนั้นมีคุณภาพต่ำ

อุปกรณ์หล่อลื่นลมอัด ในการทำงานของอุปกรณ์นิวเมติกส์จะมีการเคลื่อนที่เกิดขึ้น การเคลื่อนที่นี้ ชิ้นส่วนของอุปกรณ์จะมีการเสียดสี ซึ่งเป็นสาเหตุของการสึกหรอ ผู้ที่ออกแบบพยายามคิดค้นวิธีการป้องกันสึกหรอโดยใช้การผสมน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปกับลมอัด อาศัยหลักการทำให้เกิดความเร็วแตกต่างบริเวณคอคอด

การเปลี่ยนแปลงความเร็วนี้ทำให้ความดันแตกต่างด้วย จึงทำให้เกิดการดูดน้ำมันขึ้นมาผสมกับลมอัดในลักษณะของการเกิดเป็นละอองฝอย นอกจากนั้นผู้ออกแบบอุปกรณ์นิวเมติกส์ก็พยายามออกแบบชิ้นส่วนของอุปกรณ์นิวเมติกส์ที่ไม่จำเป็นต้องการการหล่อลื่น โดยใช้วัสดุพวกเทอร์โมพลาสติกมาสร้างเป็นชิ้นส่วนของอุปกรณ์ดังกล่าว ดังนั้นในปัจจุบันนี้แนวโน้มของอุปกรณ์นิวเมติกส์ก็มีความจำเป็นในการหล่อลื่นลดลง และในงานบางประเภทก็ห้ามมีน้ำมันผสมไปกับลมอัดเลยเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันและจาระบีปะปนเข้าไปในขบวนการผลิต ได้แก่ เครื่องจักรในการผลิตอาหาร เครื่องจักรอิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องจักรในการผลิตเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ

การต่อสายลมเข้าอุปกรณ์นิวเมติกส์

การต่อสายลมเข้ากับข้อต่อลมมีความสำคัญ เพราะถ้าการเสียบสายไม่ถูกต้องหรือเสียบสายไม่สุดจะทำให้เกิดอันตราย สายลมอาจจะหลุดจากหัวเสียบทำให้เหวี่ยงไปมาได้

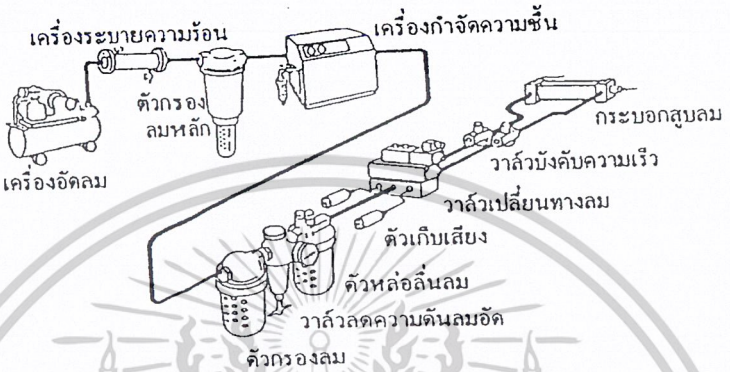
4.2.หลักการพื้นฐานการควบคุมหุ่นยนต์และเครื่องจักรระบบนิวเมติกส์

ถ้าหากจะว่ากันไปแล้วการควบคุมระบบนิวเมติกส์นั้นก็จะมีลักษณะการควบคุมเหมือนกับการควบคุมไฮดรอลิกส์ แต่อย่างไรก็ตามการควบคุมและการทำงานในระบบนิวเมติกส์จะมีความอ่อนตัวหรือความคลาดเคลื่อนที่สูงกว่าระบบไฮดรอลิกส์ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากการยุบตัวหรือความสามารถในการอัดตัวได้ ของลมที่มีการอัดค่าสูงกว่าน้ำมันนั่นเอง

ในทำนองเดียวกันหากเราศึกษาถึงหุ่นยนต์หรือเครื่องจักรกลอัตโนมัติขับเคลื่อนด้วยระบบนิวเมติกส์ นั้นก็มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะทราบถึงอุปกรณ์หลักที่เป็นพื้นฐานในระบบนิวเมติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียก่อนเราจะเน้นที่อุปกรณ์เกี่ยวกับการควบคุมแบบวงปิดหรือป้อนกลับและในส่วนที่เกี่ยวข้องกับส่วนประกอบของหุ่นยนต์ ระบบนิวเมติกส์ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างดังรูป 4.1



รูป 4.1

1. <u>เครื่องอัดลม</u> (Compressor) การนำเอาอากาศมาเป็นวัสดุใช้งานในทางอุตสาหกรรมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านการขับเคลื่อน หรือการควบคุมและการทำงานของเครื่องจักร หุ่นยนต์ และอุปกรณ์ช่วยต่างๆ นั้นจำเป็นอย่างยิ่งจำเป็นจะต้องแหล่งจ่ายลมที่มีความดันสูง มาเป็นตัวจ่ายพลังงานไปให้กับระบบการทำงานดังกล่าว อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการทำให้อากาศมีความดันสูงก็คือ เครื่องอัดลม

2. <u>**เครื่องระบายความร้อน**</u> เนื่องจากเครื่องอัดลมที่ออกมาจากเครื่องอัดลมจะมีความดันและอุณหภูมิสูง ถ้าเรานำเอาลมเหล่านี้ไปใช้งาน โดยตรงแล้วจะทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์นิวเมติกส์สั้นลงหรือเกิดปัญหาได้ ทั้งนี้เพราะความร้อนและที่สำคัญก็คือไอน้ำหรือความชื้นที่ปนเข้ามากับลมเป็นสาเหตุให้เกิดการกัดกร่อน เกิดสนิม และทำให้เกิดการอุดตันขึ้นภายในวาล์วหรืออุปกรณ์ต่างๆ

3. <u>ถังเก็บลม</u> ในระบบนิวเมติกส์โดยทั่วไปหากอุปกรณ์ทำงานพร้อมกันหลายๆตัว มักจะเกิดปัญหา กล่าวคือ ปริมาณลมที่เครื่องอัดลมผลิตออกมาจะไม่เพียงพอกับความต้องการและถ้าอุปกรณ์เหล่านั้นไม่ได้ทำงานลมที่อัดที่ผลิตออกมาไม่มีที่เก็บ จึงจำเป็นจะต้องที่จะมีถังเก็บลมเพื่อ ที่จะสามารถจ่ายอัตราลมได้อย่างคงที่โดยจะต้องมีความดันคงที่ด้วย

4.<u>**เครื่องจำกัดความชื้น**</u> โดยปกติแล้วเครื่องระบายความร้อนไม่สามารถที่จะกำจัดความชื้นหรือไอน้ำที่ปะปนเข้ามากับลมอัดไปได้ทั้งหมด คือมันสามารถกำจัดออกไปได้เพียงประมาณ 70% เท่านั้น ที่เหลือจึงยังคงปะปนอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. <u>ตัวกรองลม</u> มีหน้าที่ในการกำจัดหรือป้องกัน สิ่งสกปรก ฝุ่นละอองต่างๆ รวมทั้งละอองไอน้ำที่ปะปนเข้ามากับลมอัด

6. <u>อุปกรณ์ควบคุมความดันลม</u> ความดันที่ออกจากถังเก็บลมบางครั้งอาจสูงกว่าที่อุปกรณ์ต่างๆในระบบนิวเมติกส์สามารถจะทนได้ จึงต้องมีตัวควบคุมความดันให้ต่ำลง

7. <u>อุปกรณ์ส่งจ่ายน้ำมันหล่อลื่น</u> จะทำหน้าที่ส่งจ่ายน้ำมันให้กับวงจรนิวเมติกส์ทั้งนี้ก็เพื่อลดความสึกหรอของซีลภายในวาล์วและอุปกรณ์ทำงาน

8. <u>วาล์วควบคุมทิศทางลม</u> วาล์วแบบนี้มีหน้าที่ในการกำหนดทิศทางการไหลของลมอัดให้ไปในทางตามที่ต้องการ

9.<u>วาล์วควบคุมการไหลของลมอัด</u> วาล์วชนิดนี้มีหน้าที่ควบคุมปริมาณการไหลของลมที่เข้าหรือออกจากอุปกรณ์การทำงาน

10.<u>อุปกรณ์ทำงาน</u> จะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานของความดันลมให้เป็นพลังงานกลในรูปแบบต่างๆ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของการเคลื่อนที่

4.3.วาล์วในระบบนิวเมติกส์

ระบบนิวเมติกส์จะทำงานได้จะต้องประกอบด้วยชุดต้นกำลังทำหน้าที่ส่งลมอัดให้อุปกรณ์ทำงานของระบบนิวเมติกส์ ส่วนทิศทางการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงานในระบบนิวเมติกส์นั้น จะเคลื่อนที่ได้ตามความต้องการหรือควบคุมการทำงานได้โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมลมอัด ได้แก่วาล์วต่าง ๆ ที่มีใช้ในระบบนิวเมติกส์ วาล์วแต่ละชนิดก็มีหน้าที่ต่างกันออกไป เช่น การเริ่มและหยุดการทำงานของวงจรนิวเมติกส์ควบคุมทิศทางการไหลของลมอัดให้เคลื่อนที่ไปบังคับอุปกรณ์นิวเมติกส์ ควบคุมปริมาณการไหลของลมอัดให้ได้ตามต้องการความต้องการ ควบคุมความดันที่ใช้ในระบบนิวเมติกส์

จากหน้าที่ต่าง ๆ ของวาล์วนิวเมติกส์จึงสามารถแบ่งประเภทของวาล์วนิวเมติกส์ออกได้ด้วยกัน 6 ประเภทคือ

1. วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลมอัด (directional control valve)

2. วาล์วควบคุมอัตราการไหลของลมอัด (flow control valve) วาล์วบังคับลมอัดไหลทางเดียว (non-return valve)

3. วาล์วควบคุมความดันลมอัด (pressure control valve)

4. วาล์วเปิด - ปิดลมอัด (shut-off valve)

5. วาล์วแบบผสม (combination valve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.วาล์วควบคุมทิศทางการไหล

มีหน้าที่เลือกทิศทางการไหลของลมอัดให้ไปตามทิศทางที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อให้อุปกรณ์ทำงาน เช่น กระบอกสูบลม มอเตอร์ลม สามารถทำงานได้และเคลื่อนที่ในทิศทางที่ถูกต้อง โดยใช้หลักการเปิด - ปิดลมอัดจากรูลมอัด (port) หนึ่งไปยังรูลมอัดอีกรูหนึ่ง จำนวนรูลมอัดของวาล์วควบคุมทิศทางการไหลมีอยู่หลายแบบ เช่น 2, 3, 4, 5 รูลมอัด ซึ่งจะประกอบด้วยรูลมอัดสำหรับท่อจ่ายลมอัดเข้า (supply port) สำหรับต่อไปบังคับอุปกรณ์ทำงานหรือนำไปใช้งาน และรูลมอัดสำหรับระบายลมทิ้ง (exhaust port) โดยทั่วไปวาล์วชนิดนี้นิยมเรียกว่า D.C.V. (Control Valves)

สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมทิศทางการไหล ในงานอุตสาหกรรมนิยมการใช้สัญลักษณ์ทั้งนี้เพราะรวดเร็ว ง่ายต่อการอ่าน หรือสามารถทำความเข้าใจการทำงานของระบบได้รวดเร็ว สัญลักษณ์ที่มีใช้กันมีอยู่หลายระบบ เช่น

1. ASA (American Standard Association)
2. ISO (International Standard Organization)
3. JIS (Japanese Industrial Standard)
4. JIC (Joint Industry Conference)
5. DIN (Deutsche Industrial Norm)

แต่ถ้าเข้าใจถึงสัญลักษณ์ของระบบใดระบบหนึ่งแล้ว สามารถอ่านวงจรที่ใช้สัญลักษณ์ในระบบอื่นได้โดยไม่ยากนัก เพราะแต่ระบบมีความแตกต่างกันไม่มากนัก การกำหนดสัญลักษณ์มักจะกำหนดจากหลักการทำงานที่เป็นจริงของอุปกรณ์นั้น ๆ สำหรับสัญลักษณ์ที่จะเขียนลงไปนี้จะแสดงให้เห็นเฉพาะหน้าที่การทำงานเท่านั้น ไม่ได้แสดงถึงโครงสร้างภายใน โดยเขียนแทนด้วยรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ภายในจะมีเส้นและลูกศรแสดงทิศทางการไหล และกำหนดสัญลักษณ์ของรูที่ตัวของวาล์วด้วย เพื่อแสดงทิศทางการทำงานหรือแสดงการควบคุมการทำงานในวงจร การเขียนสัญลักษณ์จะใช้รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส 1 รูปแทนตำแหน่งของวาล์ว 1 ตำแหน่ง ถ้าวาล์วควบคุมนี้มีตำแหน่งการทำงานหลายตำแหน่งก็จะมีรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหลายรูปติดต่อกัน เช่น วาล์วควบคุม 2 ตำแหน่งก็จะมีรูปสี่เหลี่ยม 2 รูปติดต่อกัน บางครั้งอาจแสดงตำแหน่งของวาล์วให้รู้ว่าตำแหน่งไหนเป็นตำแหน่งพัก ตำแหน่งทำงานที่ 1 หรือ ตำแหน่งทำงานที่ 2 ได้ โดยเขียนตัวเลขประกอบเข้าไปด้วย โดยกำหนดว่า

-เลข 0 หมายถึงตำแหน่งปกติ คือตำแหน่งที่วาล์วยังไม่ถูกเลื่อน

-เลข 1 หมายถึงตำแหน่งทำงานที่ 1

-เลข 2 หมายถึงตำแหน่งทำงานที่ 2

การกำหนดสัญลักษณ์รูอุปกรณ์ มีวิธีการกำหนดอยู่ 3 วิธีคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กำหนดเป็นตัวอักษรย่อ เช่น Sup, Ex, IN, Out

2. กำหนดเป็นตัวอักษร เช่น A, B, P, R, X, Y

3. กำหนดเป็นตัวเลข เช่น 1, 2, 3, 4, 5, 12, 14

การเขียนสัญลักษณ์ของรูอุปกรณ์เพื่อจะได้ทราบถึงรูใดของอุปกรณ์ทำหน้าที่อะไร โดยปกติตัววาล์วการกำหนดสัญลักษณ์ของรูอุปกรณ์มักกำหนดกับวาล์วที่มี 2 ตำแหน่งขึ้นไป จะเขียนกำกับไว้ที่สัญลักษณ์วาล์วตรงตำแหน่งพักหรือตำแหน่งปกติเท่านั้น ส่วนสัญลักษณ์วาล์วที่ไม่มีตำแหน่งพักหรือตำแหน่งปกติก็จะเขียนไว้ที่ตำแหน่งที่ 2 โดยลากเส้นต่อออกนอกกรอบรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสแล้วกำหนดสัญลักษณ์รูกำกับไว้ใกล้ ๆ เส้นนั้นและเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการต่อวาล์วควบคุมในวงจร

การกำหนดโค้ดของวาล์วควบคุม เนื่องจากตำแหน่งของวาล์วจะแทนด้วยกรอบสี่เหลี่ยมจัตุรัสและภายในกรอบจะมีทางเดินของรูลมภายในวาล์วนั้น ๆ อยู่ อาจจะมี 2, 3, 4, 5 รูต่อเนื่องรอบแล้วแต่ชนิดโค้ดของวาล์วชนิดนี้ว่า วาล์ว 3/2

การบังคับการเลื่อนของวาล์วควบคุมให้ทำงาน มีอยู่หลายวิธีด้วยกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานหรือการออกแบบวงจรซึ่งสามารถจำแนกออกได้ 5 ประเภทใหญ่คือ

1. เลื่อนโดยใช้กล้ามเนื้อ เช่นใช้มือ หรือเท้า ในการบังคับวาล์วให้เลื่อน

2. เลื่อนโดยใช้กลไก เช่น สปริงดัน ลูกกลิ้งกด

3. เลื่อนโดยใช้ลมควบคุม ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ ใช้ลมควบคุมโดยตรง และใช้ลมควบคุมโดยอ้อม

4. เลื่อนโดยใช้ไฟฟ้า

5. เลื่อนโดยใช้วิธีแบบผสม เช่น ไฟฟ้ากับลม ลูกกลิ้งกับลม มาบังคับการเลื่อน

<u>โซลินอยด์วาล์วแบบเปิด ปิด</u> (on/off solenoid valves)

โซลินอยด์วาล์วแบบเปิดปิด ที่นิยมใช้นำมาใช้ในการควบคุมตำแหน่งของอุปกรณ์ทำงานไม่ว่าจะเป็นปบบเคลื่อนที่ในลักษณะเส้นตรงหรือเชิงมุมส่วนใหญ่จะใช้วาล์วแบบโซลินอยด์ ซึ่งการทำงานของวาล์วประเภทนี้นั้นจะใช้ไฟฟ้าเลื่อนวาล์วโดยตรงหรือใช้ไฟฟ้าเป็นตัวช่วยเลื่อนโดยอาศัยลมอัดเป็นตัวเลื่อนหลัก (solenoid pilot operated) ก็ได้ อย่างไรก็ตามการไหลของลมอัดไปยังอุปกรณ์ทำงานจะถูกตัดต่อโดยการควบคุมที่ชุดโซลินอยด์ซึ่งอาจจะใช้รีเลย์ หรือ PLC ที่มีฟังก์ชันการควบคุมเป็นแบบเปิด/ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของการควบคุมด้วยวาล์วชนิดนี้ ก็คือ ง่ายต่อการควบคุม ต้นทุนต่ำ และสามารถประยุกต์ใช้กับงานได้หลากหลายรูปแบบ แต่ถึงอย่างไรก็ตามถ้าเราพิจารณาให้ลึกลงไปก็จะพบว่าการควบคุมด้วยวาล์วชนิดนี้จะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นด้วยเสมอ

<u>การควบคุมความเร็ว</u> (velocity control)

การควบคุมความเร็วจะถูกนำมาใช้กับระบบเมื่อมีความจำเป็นหรือต้องการที่จะควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงานไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงหรือเชิงมุมก็ตามก็จะใช้หลักการเดียวกัน คือ ควบคุมอัตราการไหลของลมอัดที่ผ่านเข้าไปหรือออกจากอุปกรณ์ทำงานต่างๆเหล่านั้น

<u>วาล์วคอคอดปรับค่าได้และวาล์วควบคุมการไหลทางเดียว</u> (Throttle valve adjustable & one-way flow control valves)

วาล์วทั้งสองแบบนี้จะเป็นวาล์วพื้นฐานที่นิยมใช้ในการควบคุมความเร็ว ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากความสะดวกและง่ายต่อการนำมาใช้งาน หลักการทำงานก็คือ ควบคุมปริมาณการไหลของลมอัดที่เข้าหรือออกจากอุปกรณ์ทำงาน ซึ่งการควบคุมดังกล่าวจะทำให้สามารถควบคุมความเร็วของอุปกรณ์ทำงานได้จากสมการพื้นฐานที่ว่า $v=Q/A$ เมื่อ v คือ ความเร็ว Q คือ อัตราการไหลของลมอัด และ A ก็คือ พื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ทำงานที่ได้รับความดัน วาล์วกลุ่มดังกล่าวนี้บางครั้งบางบริษัทผู้ผลิตอาจเรียกว่า อุปกรณ์ควบคุมความเร็ว(speed controller) ก็ได้

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างวาล์วควบคุมความเร็ว

<u>วาล์วคอคอดปรับค่าได้</u> หลักการทำงานของวาล์วชนิดนี้ กล่าวคือ เมื่อมีความดันลมเข้ามาไม่ว่าจะเป็นทางใดก็ตาม ปริมาณลมจะไหลผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งเสมอโดยจะมีปริมาณมากหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยนั้นขึ้นอยู่กับการปรับสกรูของวาล์วเพื่อให้ลิ้น (คอคอด) มีพื้นที่กว้างหรือแคบสอดคล้องกับปริมาณการไหลของลมอัดตามที่ต้องการ วาล์วแบบนี้จะมีข้อเสียตรงที่ว่าไม่สามารถจะแยกแยะการควบคุมความเร็วของอุปกรณ์ได้โดยอิสระ กล่าวคือ การปรับวาล์ว จะมีผลกับการเคลื่อนที่ทั้งสองทิศทาง

วาล์วควบคุมการไหลทางเดียว วาล์วชนิดนี้ก็คือวาล์วคอคอดที่ปรับค่าได้รวมกับเช็ควาล์ว (check valve) หรือ วาล์วที่ให้ลมอัดไหลเพียงด้านเดียวนั่นเอง ดังนั้นวาล์วชนิดนี้จึงสามารถที่จะควบคุมความเร็วของอุปกรณ์ทำงานในการเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ

รูปที่ 4.3 สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมการไหลทางเดียว

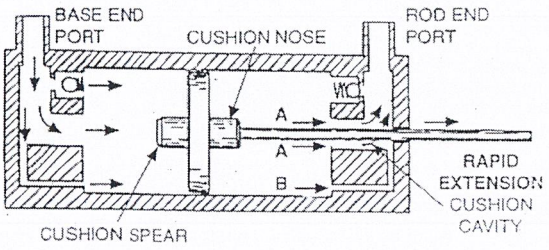
การควบคุมลมเข้า (inlet control) การควบคุมความเร็วด้วยวิธีนี้มีข้อดีคือ แรงกระทำของก้านสูบมีค่ามาก แต่มีข้อเสียคือ ถ้ามีการควบคุมปริมาณลมให้เข้าอุปกรณ์ทำงานน้อยมากๆ การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงานจะไม่สม่ำเสมอ ส่วนมากการควบคุมด้วยวิธีนี้จะใช้กับการควบคุมกระบอกสูบทางเดียว (single acting cylinder) และกระบอกสูบที่มีช่วงชักสั้น

ควบคุมลมออก (outlet control) การควบคุมด้วยวิธีนี้การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงานจะสม่ำเสมอและเรียบ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณลมจะเข้าอุปกรณ์ทำงานเต็มที่ แต่ก็จะมีข้อเสียอยู่บ้างตรงที่แรงที่กระทำกับโหลดจะมีค่าน้อยกว่าแบบควบคุมลมเข้าการ

กระบอกสูบสองทาง (Air cylinder)

กระบอกสูบสองทาง คือ กระบอกสูบทีมีช่องรับลม 2 ช่องทางภายในจะมีพื้นที่รับแรงดันซึ่งส่วนใหญ่จะทำเป็นรูปวงกลม ตามรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ลักษณะโครงสร้างของกระบอกสูบ 2 ทาง

เมื่อลมเข้าทาง base end port จะเข้าไปดัน bore ของกระบอกสูบทำให้ก้าน (rod) ของกระบอกสูบเคลื่อนที่ออกโดยจะมีลมออกทาง rod end port

เมื่อลมเข้าทาง rod end port จะเข้าไปดัน bore ของกระบอกสูบทำให้ก้าน (rod) ของกระบอกสูบเคลื่อนที่เข้าโดยจะมีลมออกทาง base end port

การเลือกขนาดของกระบอกสูบจะพิจารณาจาก แรงที่ต้องการกระทำกับชิ้นงาน โดยแรงที่กระบอกสูบกระทำจะขึ้นอยู่กับ ค่าความดันของลมที่ใช้ และขนาดของกระบอกสูบ ซึ่งพิจารณาได้จากสูตร

$$F = P * A$$

เมื่อ F คือ แรงที่ได้จากกระบอกสูบ

P คือ ความดันที่กระทำกับกระบอกสูบ

A คือ พื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบ

ในทางปฏิบัติแล้วจะคูณด้วยตัวประสิทธิภาพ (μ) เข้าไปด้วยซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่จะนำไปใช้ ดังนั้นจะได้สูตรที่ใช้ในการคำนวณใหม่คือ

$$F = \mu * P * A$$

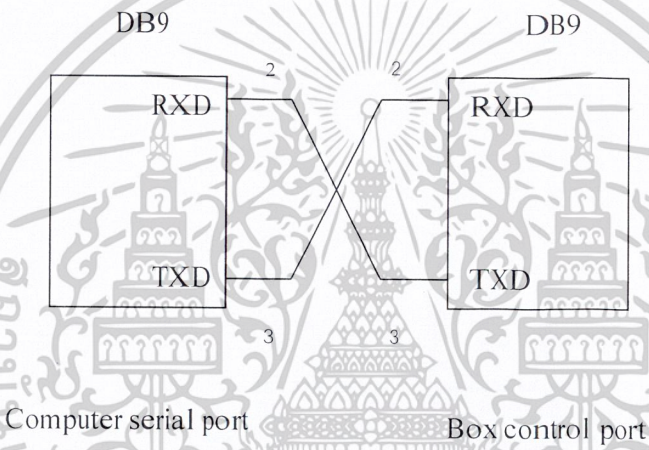
ค่าตัวคูณประสิทธิภาพนี้ส่วนใหญ่ทางผู้ผลิตจะเป็นผู้กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ในโครงงาน

การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องซีเอ็นซี

การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องซีเอ็นซี จะใช้ทั้งพอร์ท อนุกรม และพอร์ทขนาน การต่อสายสัญญาณ จะเชื่อมต่อดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 การเชื่อมต่อทางพอร์ทอนุกรม

ส่วนการเชื่อมต่อระหว่างพอร์ทขนานจะต่อขาของสายสัญญาณทุกขาของทางพอร์ทขนาน ตรงไปที่พอร์ทขนานของกล่องควบคุมซีเอ็นซีเลยไม่มีการสลับสาย

การติดต่อระหว่างซีเอ็นซีกับอุปกรณ์อื่น

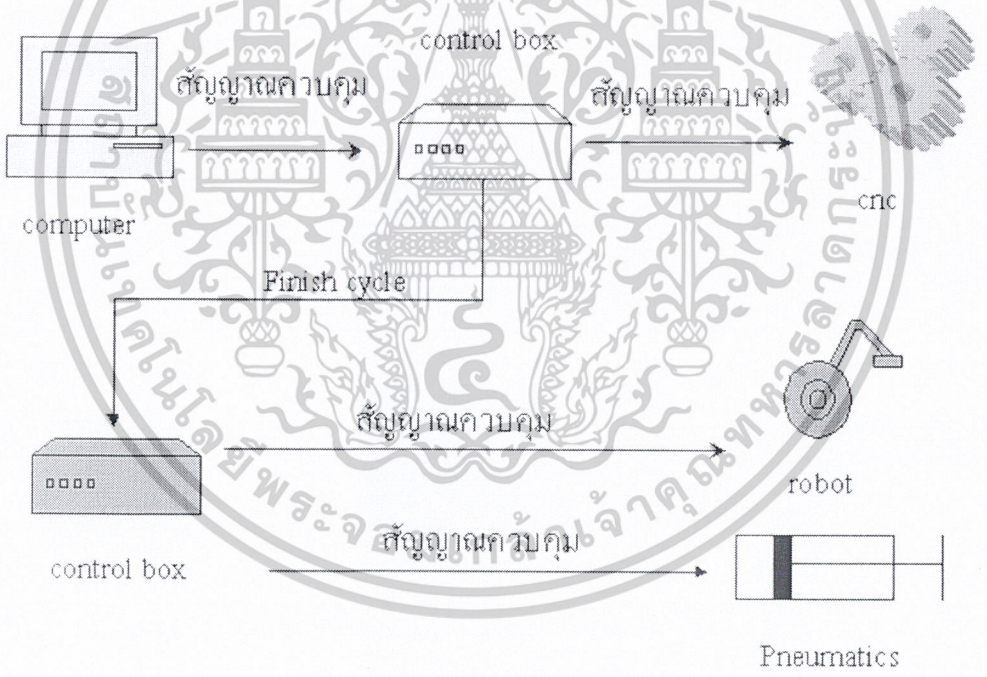
การติดต่อระหว่างซีเอ็นซีกับอุปกรณ์อื่น จะใช้สัญญาณที่เกิดจากซีเอ็นซี คือ สัญญาณ Finish circle (ขา 9 ของพอร์ทขนานของกล่องควบคุม) เป็นตัวติดต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ โดยสัญญาณที่ได้จะมีค่าแรงดันประมาณ 10 โวลต์ เราจะนำค่าสัญญาณนี้ไปใช้โดยการต่อเข้ากับ ไอซีที่ใช้ขับอุปกรณ์ได้หรืออาจจะต่อเข้ากับไมโครคอลโทรลเลอร์ก็ได้ โดยผ่านวงจรแบ่งแรงดันก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงงานจะใช้สัญญาณจากซีเอ็นซี ต่อเข้ากับวงจรรีเลย์ ที่ใช้ ไอซีเบอร์ ULN 2003A ซึ่งเป็นไอซีแบบ 7channel CMOS/TTL Input Driver ภายในจะเป็น NOT GATE เป็นตัวช่วยขับรีเลย์ เพื่อใช้ในการติดต่อกับกล่องควบคุมแขนกลซึ่งอินพุทต้องการเป็นหน้าคอนแท็ค (contract) เท่านั้น

การติดต่อระหว่างแขนกลกับอุปกรณ์นิวแมติกส์

การติดต่อระหว่างแขนกลกับอุปกรณ์นิวแมติกส์ จะต่ออุปกรณ์นิวแมติกส์เข้ากับส่วนเอาท์พุทของกล่องควบคุมแขนกล ซึ่งมีให้เลือกเป็นเอาท์พุทแบบรีเลย์ หรือแบบ สัญญาณ 5 โวลต์ ทีทีแอล ที่ส่วนเอาท์พุทของกล่องควบคุมจะต่อ ขา COMM เข้ากับไฟแรงดัน 5 โวลต์ เพื่อใช้เป็นสัญญาณไฟไปควบคุมโซลีนอยด์วาล์วของอุปกรณ์นิวแมติกส์



รูป 5.2 ระบบรวมทั้งหมดของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

โครงงานนี้เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างเครื่อง CNC แขนกล และระบบนิวเมติกส์ โดยมีเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบ การติดต่อสื่อสารและส่งถ่ายข้อมูลระหว่างเครื่อง CNC กับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทาง Serial Port and Parallel Port การทำงานระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะทำงานได้โดยสัญญาณจาก Box Control ของแขนกล และสัญญาณจาก Box Control ของเครื่อง CNC เริ่มจากมีสัญญาณ Box Control จากเครื่อง CNC ไปให้แขนกลหยิบชิ้นงานไปวางบนฐานยึดจับชิ้นงาน และสัญญาณจาก Box Control ของแขนกลจะไปสั่งให้เครื่อง CNC ทำการกัดชิ้นงานเมื่อทำงานเสร็จแล้ว เครื่อง CNC จะส่งสัญญาณไปให้แขนกลมาหยิบชิ้นงานออกจากฐานรองไปเก็บไว้ที่เดิมและหยิบชิ้นงานชิ้นอื่นมาทำการกัดต่อไป

ปัญหาที่เกิดขึ้น คือข้อกำหนดทางด้านตำแหน่ง แขนกลจะเคลื่อนที่ไปในตำแหน่งที่เราวางไว้เท่านั้นไม่สามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งอื่นที่ไม่ได้วางไว้ได้ ดังนั้นเราจึงต้องตรวจสอบตำแหน่งอยู่เสมอ และยังมีความคลาดเคลื่อนในการกัดชิ้นงาน คือทำให้ชิ้นงานที่ออกมามีตำแหน่งในการกัดผิดพลาดไป

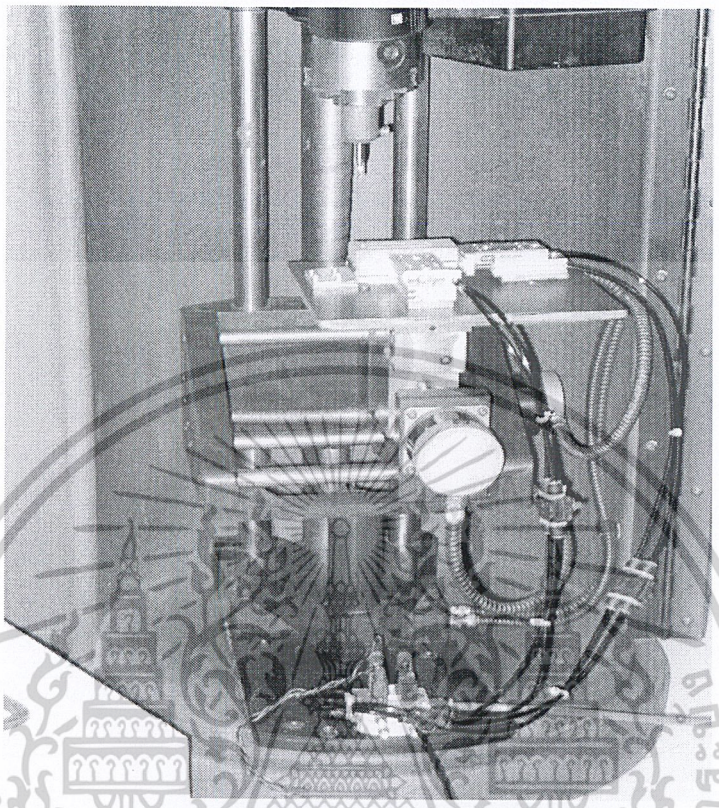
ข้อเสนอแนะ

โครงงานนี้เป็นเพียงแบบจำลองการทำงานขนาดเล็ก ซึ่งเราควรจะมีการพัฒนาทางด้าน Software เพื่อที่จะสามารถทำการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้พร้อมกันทั้งสามอย่างคือ เครื่อง CNC แขนกล และระบบนิวเมติกส์ และทำให้สามารถเห็นกราฟิกการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ และสามารถควบคุมการทำงานได้ทันทีเมื่อมีความผิดพลาดในการทำงาน

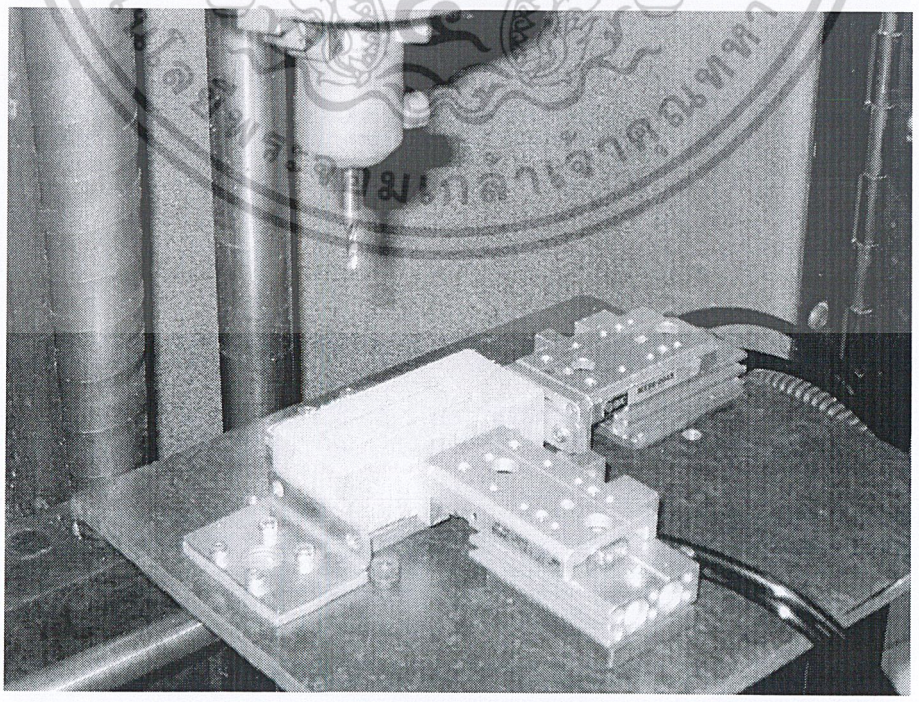
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

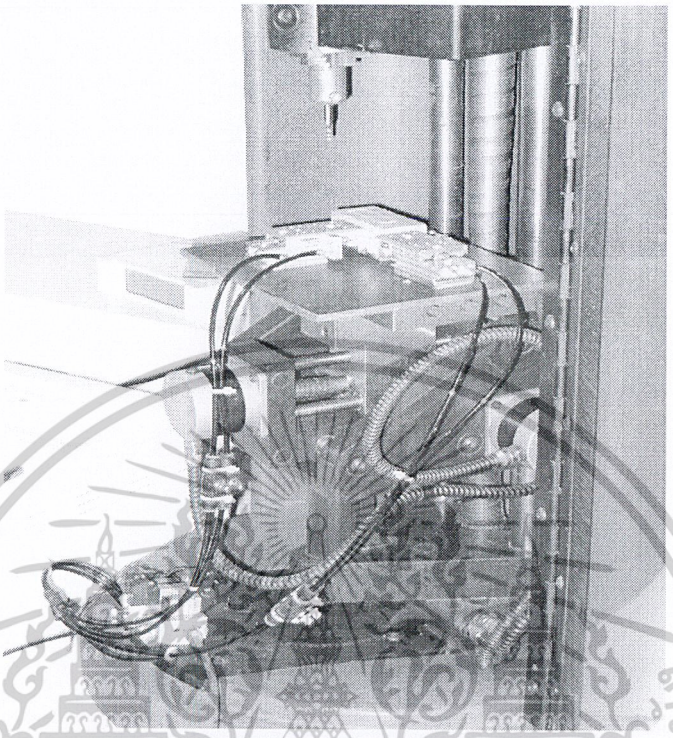


รูปที่ 1 แสดงเครื่องจักร CNC ที่ใช้ในโครงงาน

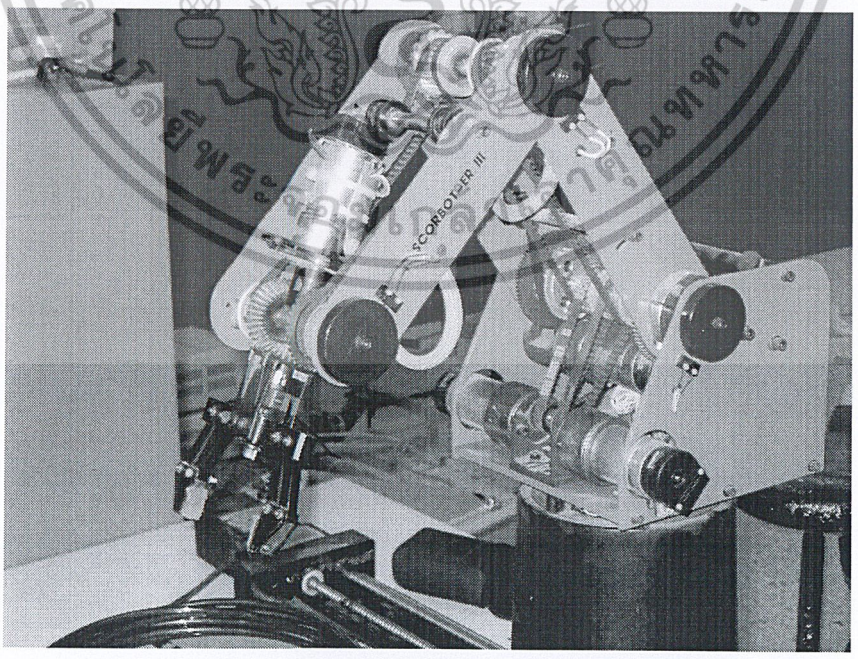


รูปที่ 2 แสดงชิ้นงานกับเครื่องจักร CNC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

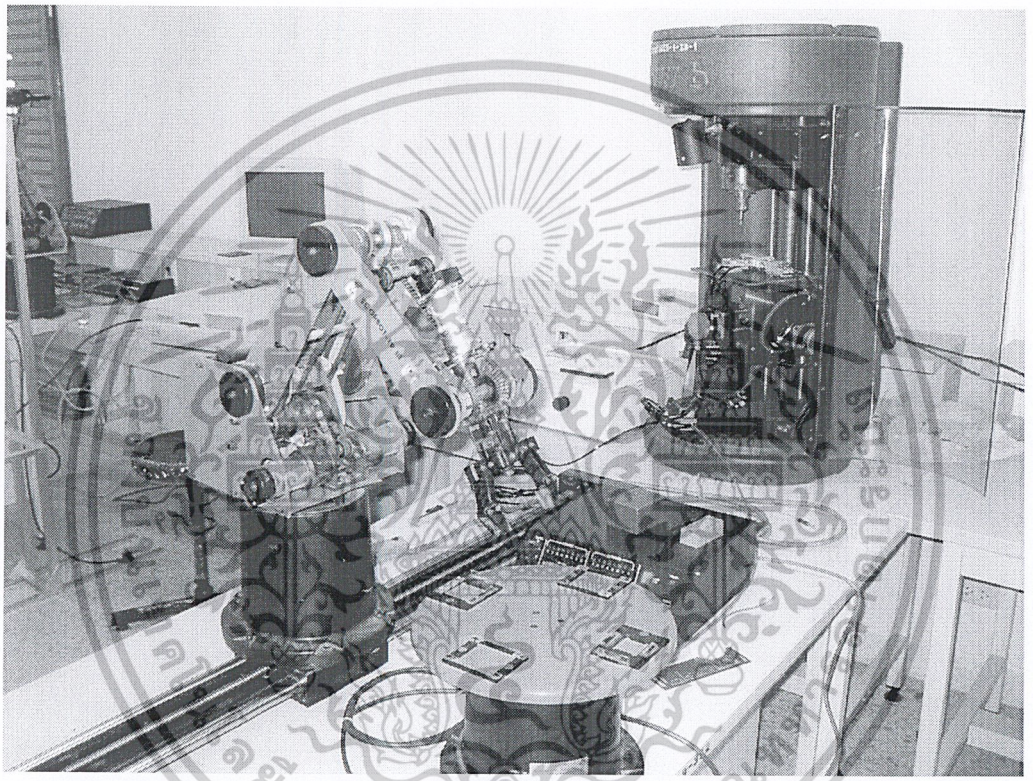


รูปที่ 3 การเชื่อมต่อระหว่างระบบนิวแมติกส์กับฐานวางชิ้นงาน



รูปที่ 4 แขนกลแบบ 5 แกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



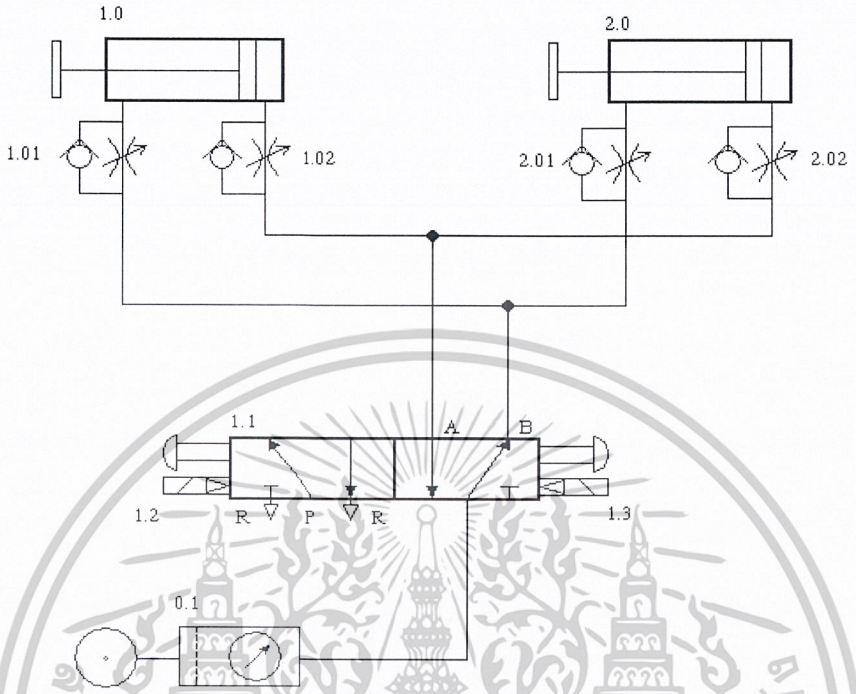
รูปที่ 5 ส่วนประกอบทั้งหมดของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรนิวเมติกส์ที่ใช้เป็นตัวยึดจับชิ้นงาน



การทำงาน

จะนำการต่อท่อลมหลัก เข้ากับวาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Values: D.C.V) ซึ่งจะใช้โซลินอล์ยวาล์วขนาด 5 โวล์ตในการควบคุมทิศทาง

การควบคุมทิศทางของวาล์ว จะใช้สัญญาณจาก Box Control ของแขนกลในการควบคุม โดยต่อเข้ากับ Output 1 และ Output 2 ของกล่องควบคุม

ในส่วนของกระบอกสูบจะติดวาล์วควบคุมการไหล (1.01, 1.02, 2.01, 2.02) เข้าไปด้วยเพื่อควบคุมความเร็วของกระบอกสูบ โดย กระบอกสูบหมายเลข 1.0 จะเป็นการยึดจับตามแนวแกน X และกระบอกสูบหมายเลข 2.0 จะเป็นการจับยึดตามแนวแกน Y

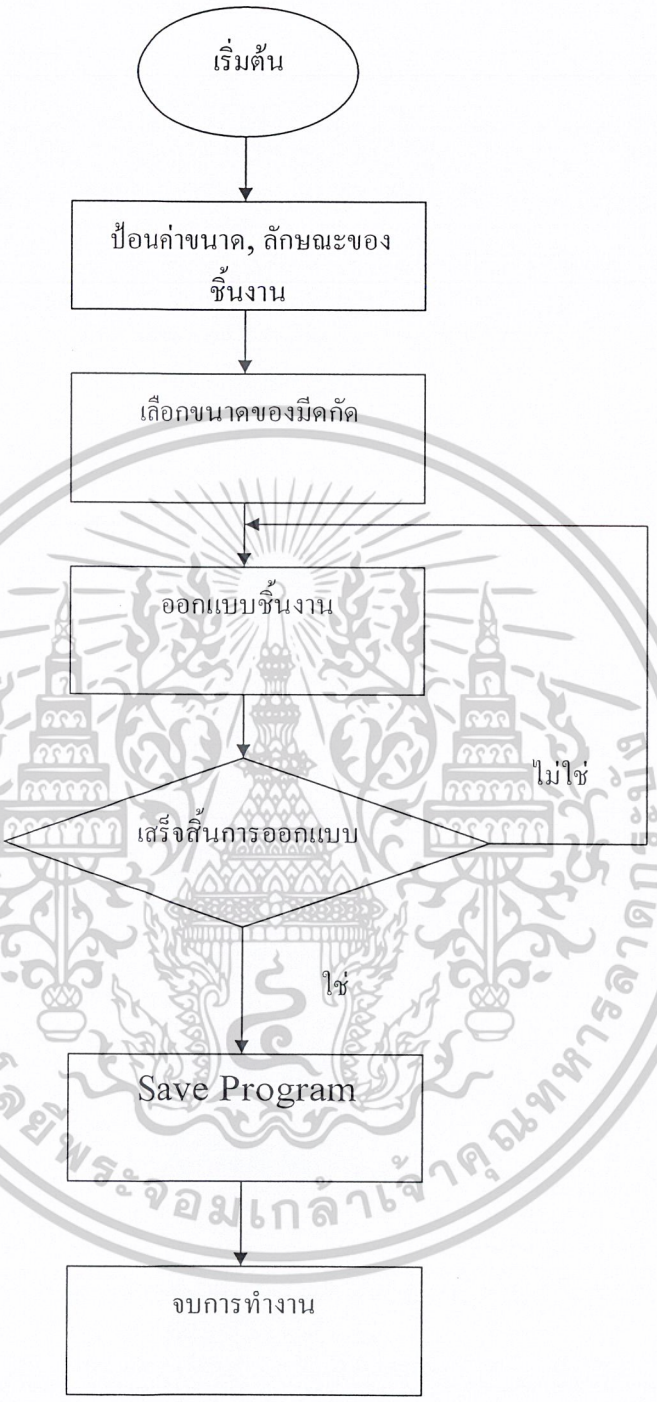
กระบอกสูบจะยืดออกเพื่อยึดจับชิ้นงานเมื่อมีสัญญาณ 5 โวลต์เข้าทางอุปกรณ์หมายเลข 1.2 และจะหดกลับเมื่อได้สัญญาณ 5 โวลต์เข้าทางอุปกรณ์หมายเลข 1.3 ข้อควรระวังก็คือ อย่าส่งสัญญาณให้อุปกรณ์ 1.2 และ 1.3 พร้อมกันเพราะจะทำให้ ขดลวดทั้งสองไหม้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart การทำงานของเครื่อง CNC และแขนกล

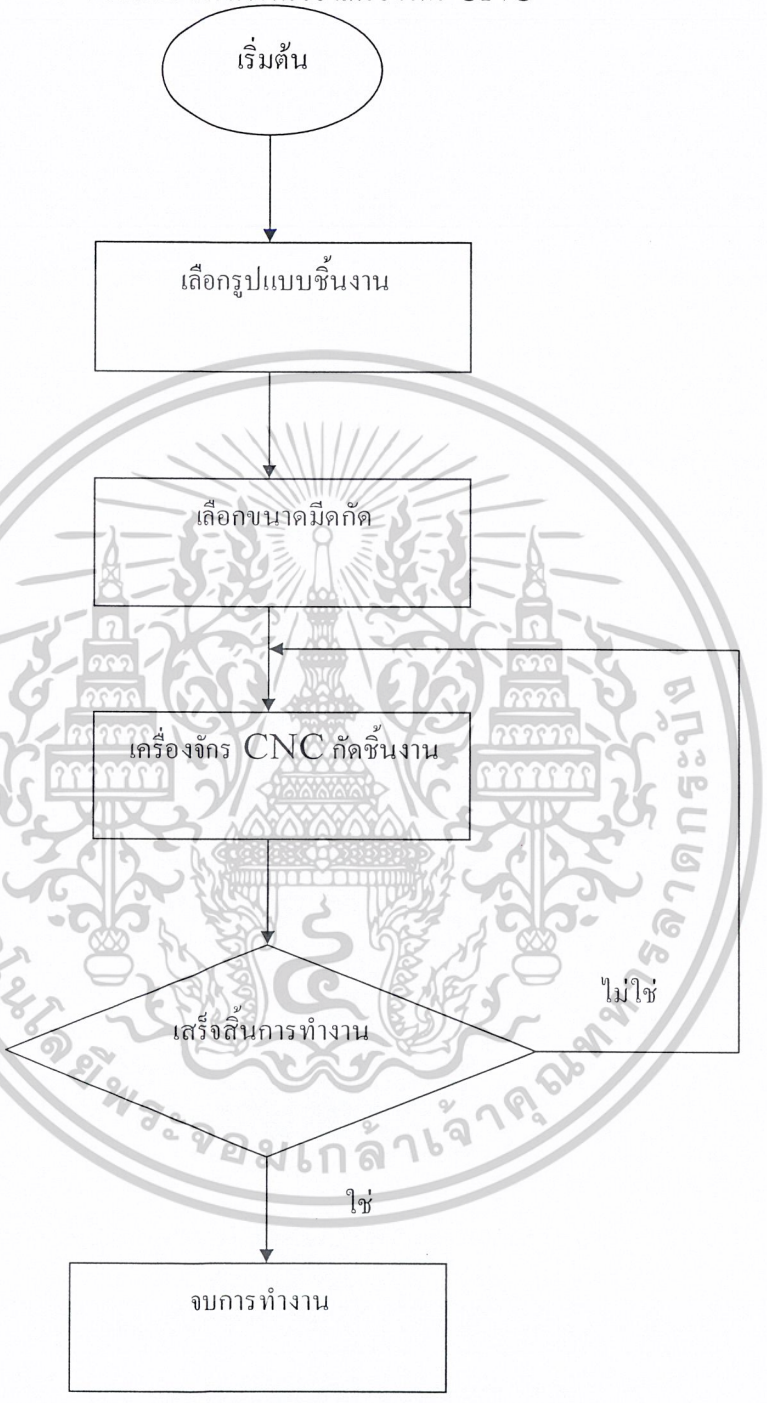
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart การออกแบบชิ้นงาน



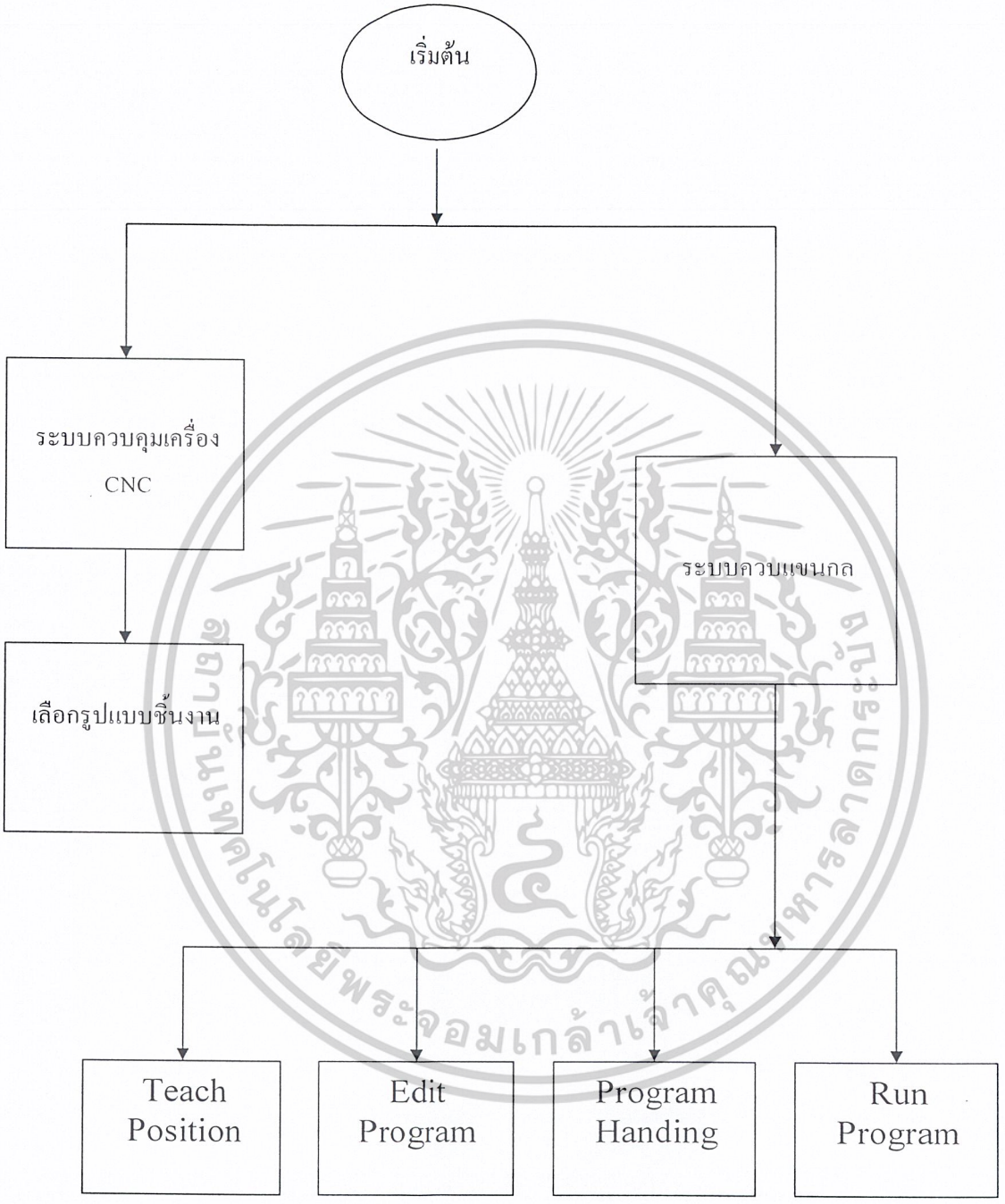
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart การทำงานของเครื่องจักร CNC



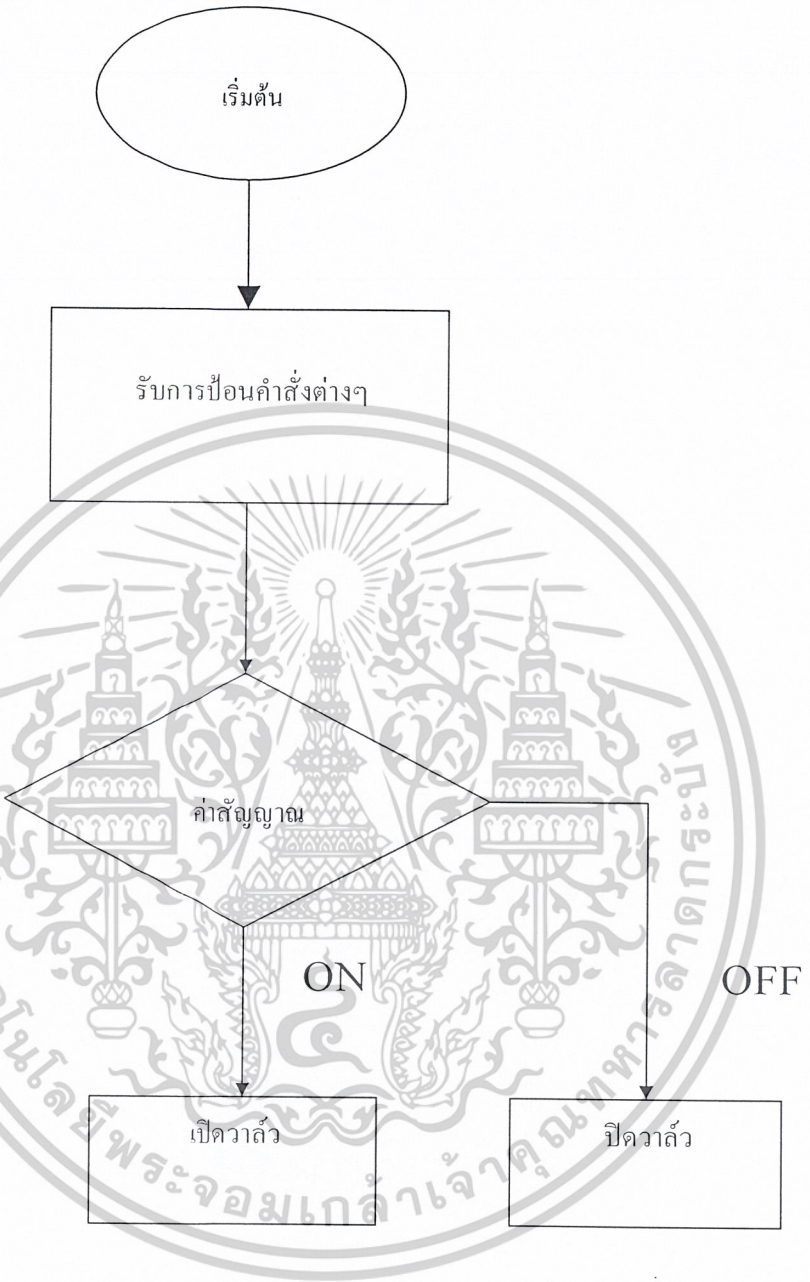
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart แสดงระบบรวม



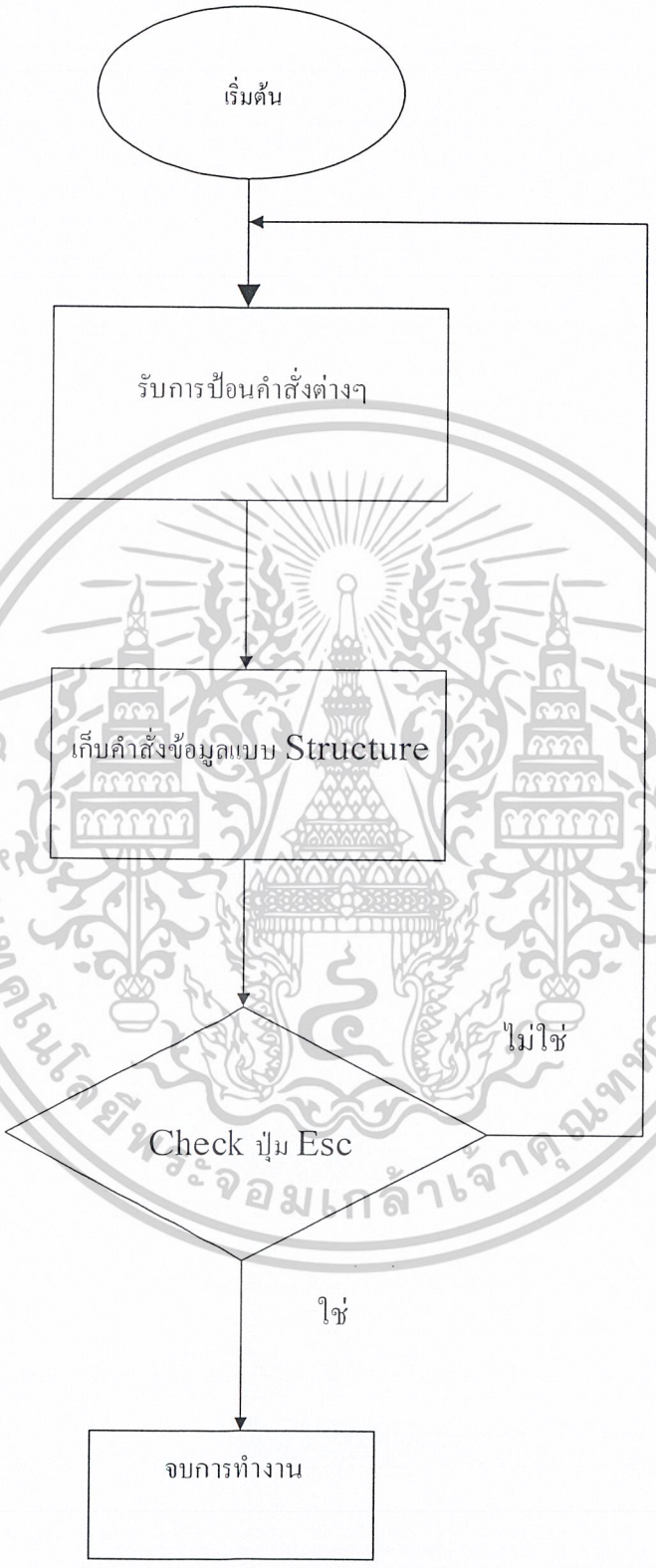
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart แสดงระบบรวม



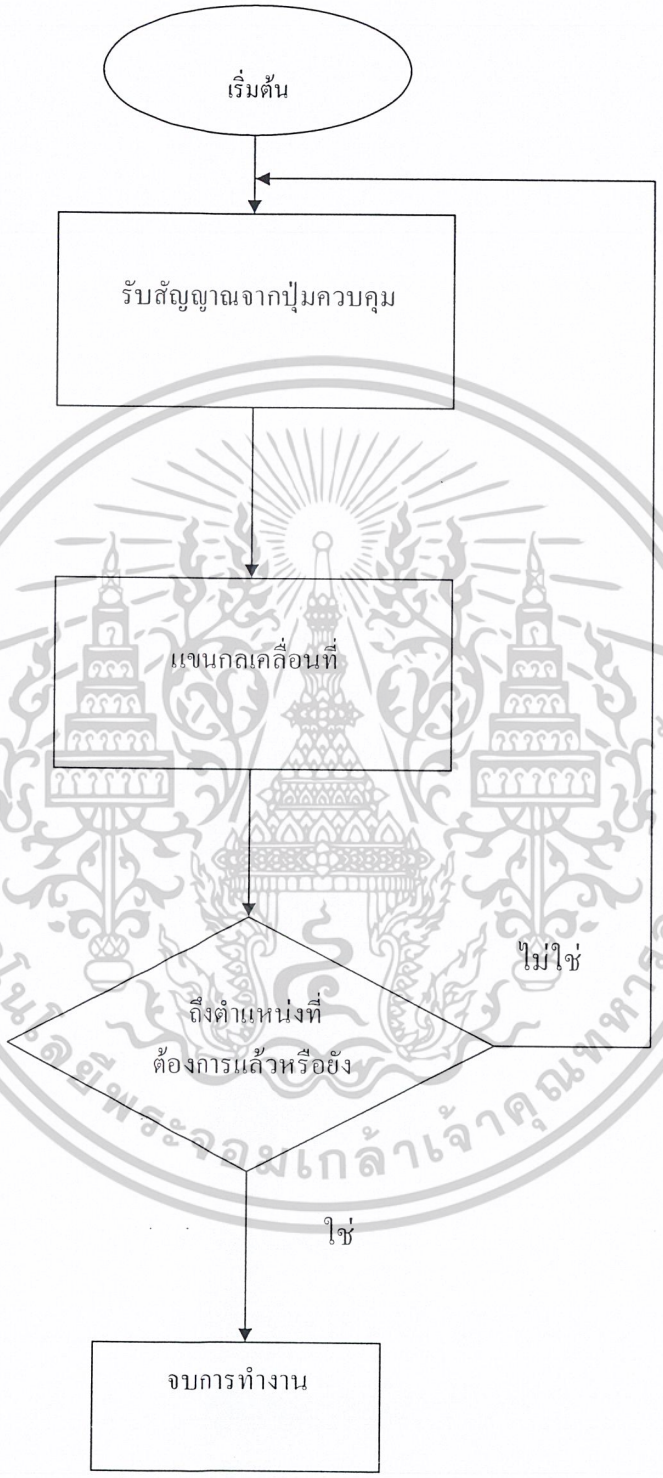
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart ฟังก์ชั่น Edit Program ของแขนกล



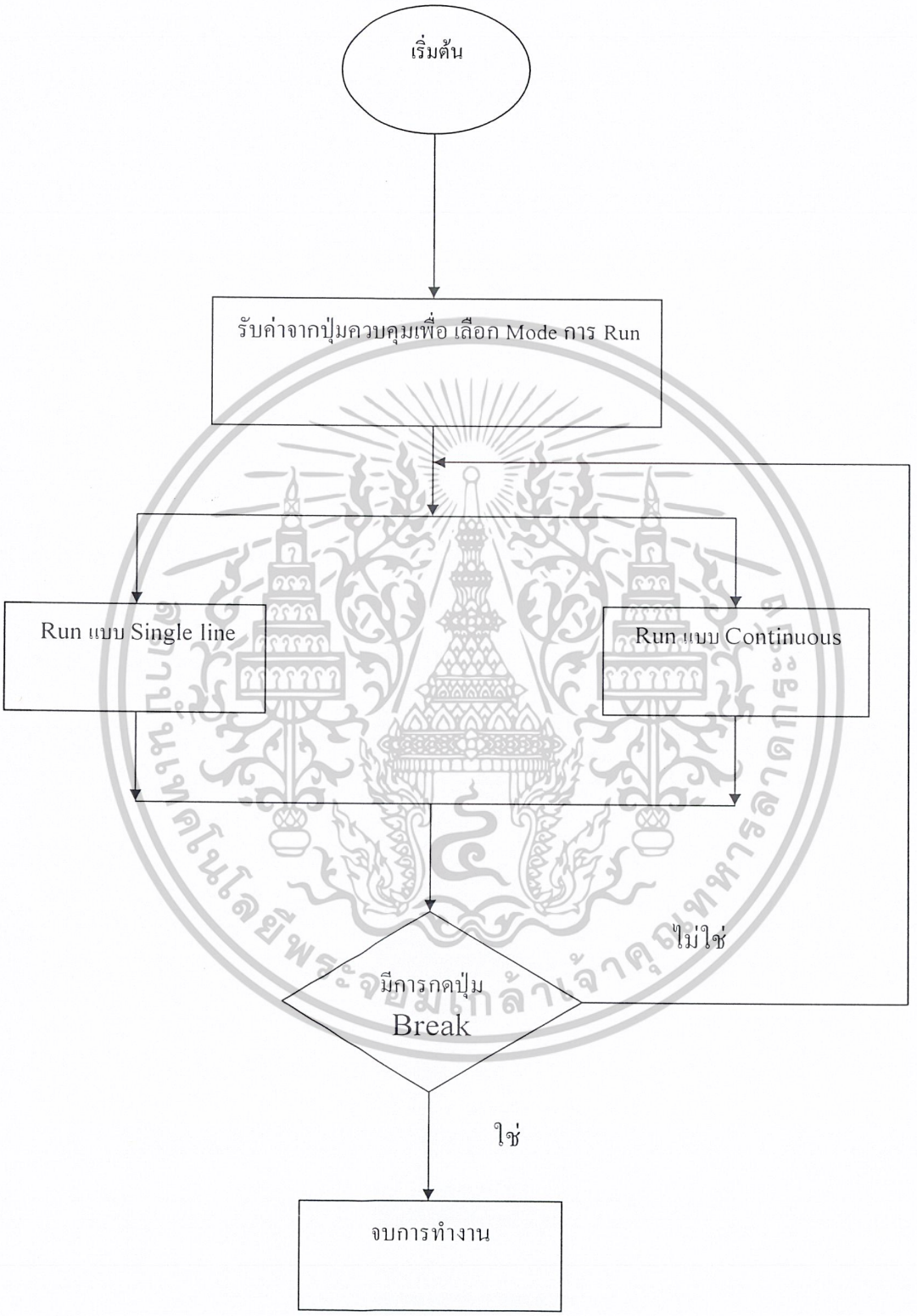
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart ฟังก์ชั่น Teach Position ของแขนกล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart Run Program ของแขนกล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Installation and User Manual

Boxford Duet
Turn and Mill
CNC Training Machine

Boxford Ltd.,
Wheatley, Halifax, West Yorkshire,
England, HX3 5AF.
(Registered Office)
Telephone: 0422 358311
Telex: 517410 BOXFRD G.
Fax: 0422 355924

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Safety

Working Practice

The moving parts of the machine are totally enclosed when the guard is closed, and an interlock prevents the spindle drive from running when the guard is open. The operator is therefore well protected against the risk of injury; however the following precautions should be observed to promote safe working procedures and to prevent damage to the machine:

Clothing

Do not wear loose clothing or jewellery which can get caught in machinery. Tie back long hair or contain it with a hat.

Cleanliness

Keep the work area tidy. Clean all swarf from the machine after use.

Switching On

Check that the POWER ON switch is set to OFF before switching on the mains supply.

Securing Tooling and Workpiece

Make sure that tooling clamps, chuck, and vice jaws are properly tightened.

Make sure that the chuck key and other securing keys are removed before closing the guard.

Care of Cutting Tools

Keep tools clean and sharp. Use the most suitable tool for the job.

Tool Settings

To avoid running a tool into the workpiece or chuck, make sure that tool offsets and workpiece datum are correctly set, and that the correct tool types and positions have been selected.

Performance and Limitations

Know the capabilities and limitations of the machine. Do not overstress the machine by selecting excessive feed rates and depth of cut.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stopping the Machine

WARNING:
DO NOT ATTEMPT TO STOP THE MACHINE BY OPENING THE GUARD. USE ONE OF THE METHODS GIVEN BELOW, AND WAIT UNTIL THE SPINDLE HAS STOPPED BEFORE OPENING THE GUARD.

When the machine is executing a production cycle, it can be stopped by any of four methods:

Emergency Stop Button (E-STOP)
Pressing the button stops the machine and aborts the production cycle. The button must be turned to release it, and to resume production the machine must be re-initialised and the cycle repeated from the beginning.

Inhibit/Run Switch
Setting the switch to INHIBIT stops the machine and aborts the production cycle in the same way as the E-STOP button.

POWER ON Switch
Setting the switch to OFF removes the power from the DUET machine and the power supply unit. To resume production, the machine must be re-initialised and the cycle repeated from the beginning.

Computer Keyboard
Pressing ESC stops the machine and interrupts the production cycle. Production can be resumed from the point where it was interrupted by re-selecting the file in use.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Guard Switches

For setting tool offsets, and when the Manual Mode option is used, the machine is controlled manually by the computer keyboard or mouse. For these purposes it is necessary to gain access to the chuck, workpiece and tooling. Safety switches detect when the guard is closed and restrict the operation of the machine under manual control as follows:

Spindle drive cannot be started unless guard is closed.

With guard open, toolholder can only be moved at slow speed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

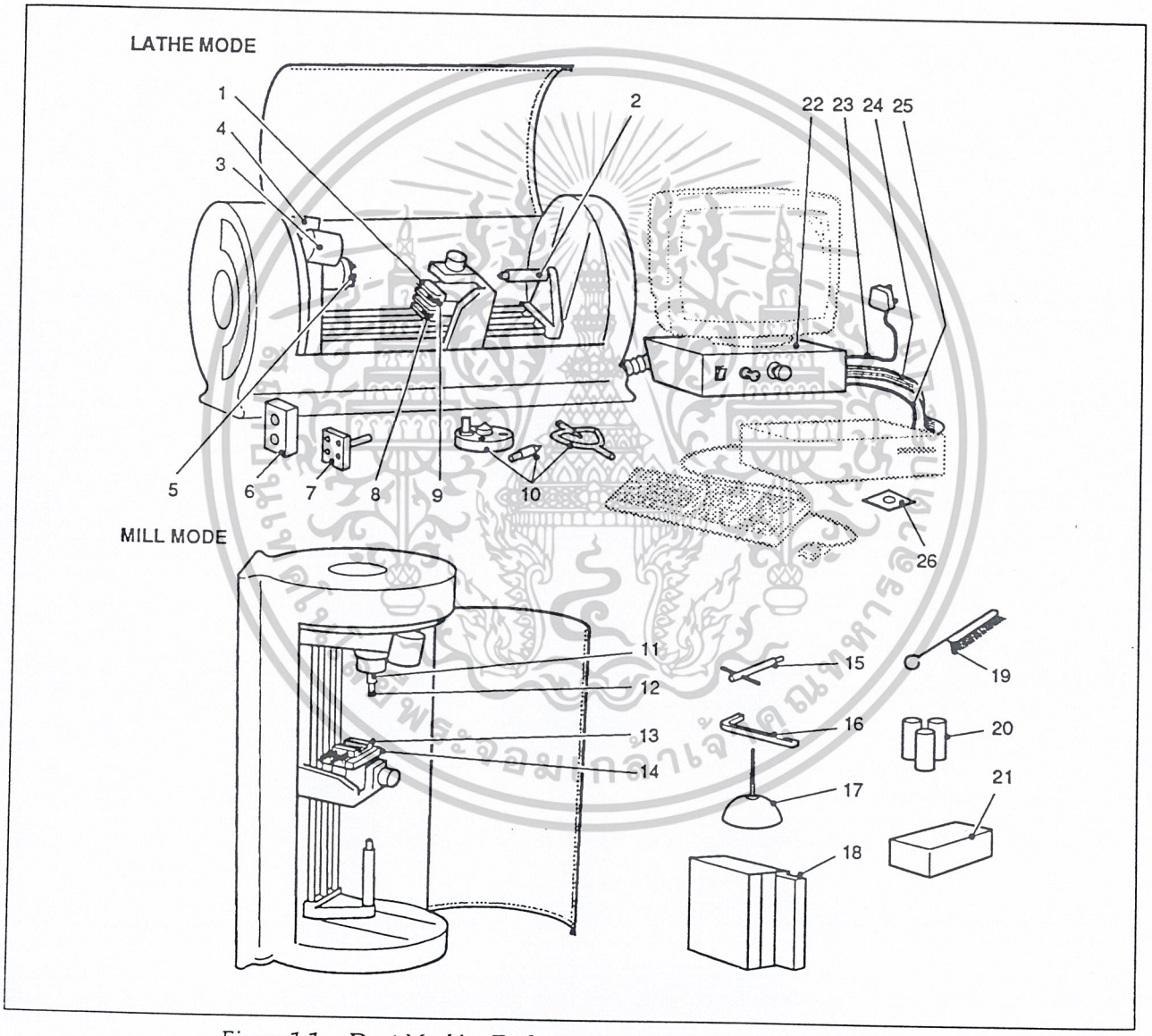


Figure 1.1 Duet Machine Tool and Accessories

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 Computer Requirements

The DUET machine tool is designed to be operated by the DUET software running on an IBM-compatible PC. The requirements of the PC are given below, together with guidelines for setting up the computer before connection to the machine and installation of the software.

Processor

The PC should be based on a 386 processor or higher.

Note:
The DUET software will not run on computers fitted with Intel 8088 or 8086 microprocessor chips.

A maths co-processor is recommended. This can increase the speed of the software operation by 200-400% depending on the type of co-processor, and the effects will be most noticeable when the 3D viewing feature is used in Lathe mode.

Note:
It is possible to run the DUET software on a 286 machine, but this will require the computer to run at its absolute limit and is therefore not recommended. If a 286 machine must be used, refer to Configuring 286 Machines below – you will need some knowledge of editing CONFIG.SYS files and altering CMOS settings, and an understanding of computer memory layout.

Configuring 286 Machines

The 286 provides less XMS support than the 386/486 in that a memory manager specific to the computer chip set must be used. Some 286 machines use plug-in boards offering extra memory, and the memory manager required to access this memory will be supplied with the board. More modern designs build the required circuitry on to the computer board itself, and the memory manager should be found on the disks supplied with the computer. Third party manufacturers (such as Quarterdeck) offer managers that will operate on the more common chip sets (such as the NEAT chip set).

The appropriate memory manager specific to the memory management circuitry on your own 286 machine must therefore be included in the CONFIG.SYS file. You must also include the HIMEM.SYS file to allow programs to access the memory.

The 286 machine cannot mix EMS and XMS as easily as higher processors. It is likely that you will have to band XMS to a megabyte boundary,(for example, above 1 Mbyte or above 2 Mbyte). If your machine has only 2 Mbyte of RAM, you will have to use the area betwen 640 kbyte and 1 Mbyte as EMS memory. You will not therefore be able to use this memory for other things:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

do not load DOS high, and do not shadow the ROM/VGA BIOS to this area. You may need to alter the CMOS settings to achieve this.

Finally, the 286 machine should be configured to offer at least 12 pages (192 kbyte) of EMS, and 192 kbyte of XMS.

Operating System

DOS version 3.3 or later is required.

Disk Drives

A hard disk, and a 3.5 in floppy disk drive of 1.4 Mbyte or 720 kbyte capacity are required. It is not possible to run the DUET software from the floppy disk drive.

RAM

A minimum of 2 Mbyte is required, including XMS (Extended Memory), of which at least 512 Kbytes must be free, and EMS (Expanded Memory).

To make use of XMS and EMS, the corresponding memory drivers HIMEM.SYS and EMM.SYS must be loaded on the hard disk, and must be specified in the CONFIG.SYS file.

To make sure that the memory capacity and configuration are acceptable, you should therefore:

- Check the amount of RAM available
- Check the contents of the CONFIG.SYS file to see whether the drivers are specified,
- If the drivers are not specified, check the contents of the hard disk to identify the drivers, and
- Edit the CONFIG.SYS file to include the drivers.

If you are not sure how to do this, consult the DOS manual for your computer; the following is a general guide:

1. To check the amount of RAM available, at the C:\> prompt type: **MEM**. The value should be greater than 2 Mbyte (2000 kbyte).
2. To check the contents of the CONFIG.SYS file, at the C:\> prompt type: **TYPE CONFIG.SYS** and press Return. A typical file reads as follows:

```
BUFFERS=20
FILES=30
DEVICE=C:\DOS\EMM386.SYS
DEVICE=C:\DOS\HIMEM.SYS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The exact names of the drivers may vary, but usually start with EMM, (for example EMM.SYS or EMM386.EXE). Some drivers combine the functions of both HIMEM and EMM, and these may have a name similar to 386MAX.SYS.

3. If the drivers are not specified in the CONFIG.SYS file, look for them in the directory that contains the DOS files.
4. Add the drivers to the CONFIG.SYS file by using an appropriate DOS command such as EDLIN, (consulting the DOS manual if necessary).
5. Re-boot the computer to make the drivers active.

Parallel Port and Printer

The DUET machine must be connected to a parallel (LPT) port on the PC, which is also the port normally used for connecting a printer. If a printer is to be used for producing hard copies of programs, one of the following options should be taken:

1. If the PC has two parallel ports, the DUET machine can be connected to one port and the printer to the other. The DUET software can be configured to use the appropriate ports as detailed in Section 5 - Installation.
2. If the PC has only one parallel port, either have a second port fitted (which can be done for a moderate cost), or fit a 25-way switch to the parallel cables.
3. The final option is to interchange the machine and printer connectors as required.

Serial Port and RS232 Data Cable

The DUET software enables programs to be exported to another PC. If this facility is required, a suitable cable and free serial port will be needed.

Mouse

The DUET machine must be connected to a serial (COM) port on the PC. If a mouse is to be used, it should be connected either to a dedicated mouse port or to a second serial port. If necessary, re-configure the PC to use the appropriate port leaving a serial port free for connection to the DUET machine (see Section 5 - Installation). Alternatively, the DUET software can be operated from the keyboard.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

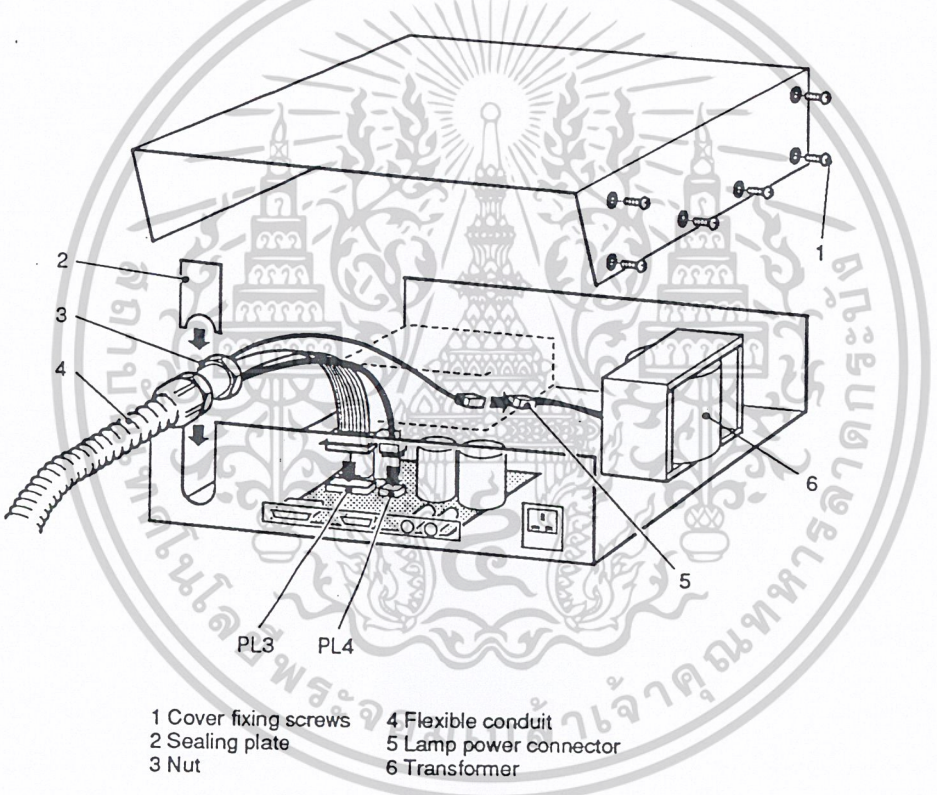


Figure 5.1 Connecting DUET to Control Unit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

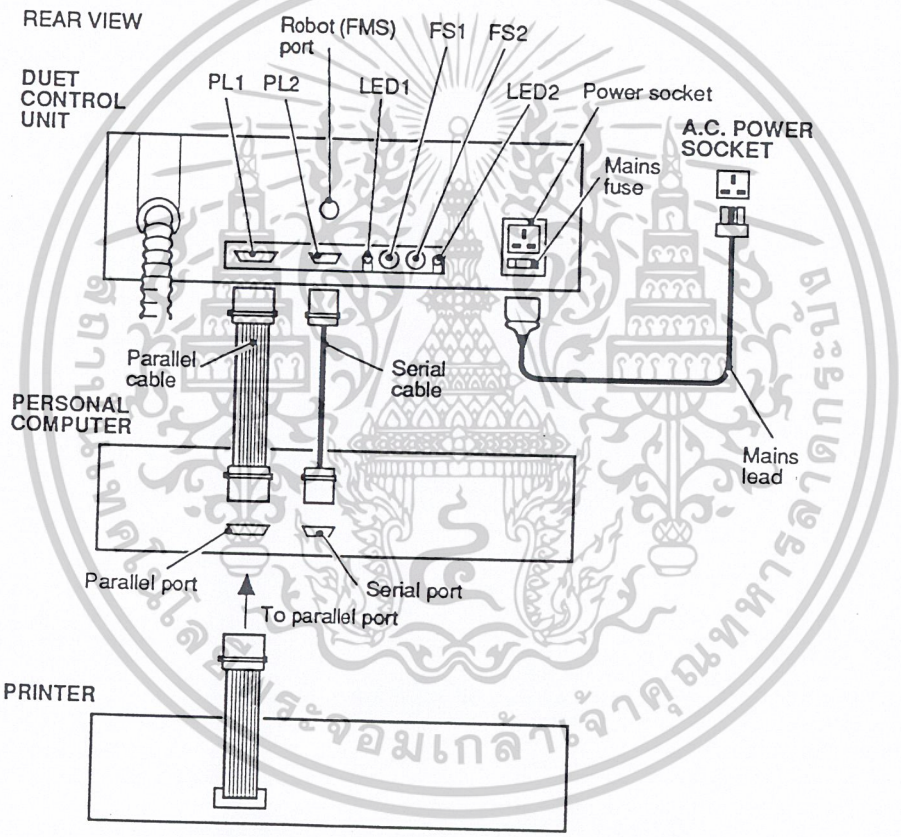


Figure 5.2 Connecting PC and Power Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 Installing a Robot for FMS Operation (Figure 5.3)

A robot can be connected to the port at the back of the control unit (see Figure 5.2). The port accepts an input (CYCLE START) signal and provides an output (CYCLE COMPLETED) signal.

The port must be activated by using the CONFIG menu in the DUET software, (see 5.4 Configuring the DUET software).

When the port is activated, the input and output signals operate as follows:

Input Signal Signal from robot to start machine cycle. Remote switch must be capable of handling 10mA at 5V.

Output Signal Signal from DUET that machine cycle has been completed. Output will handle 100mA at up to 12V.

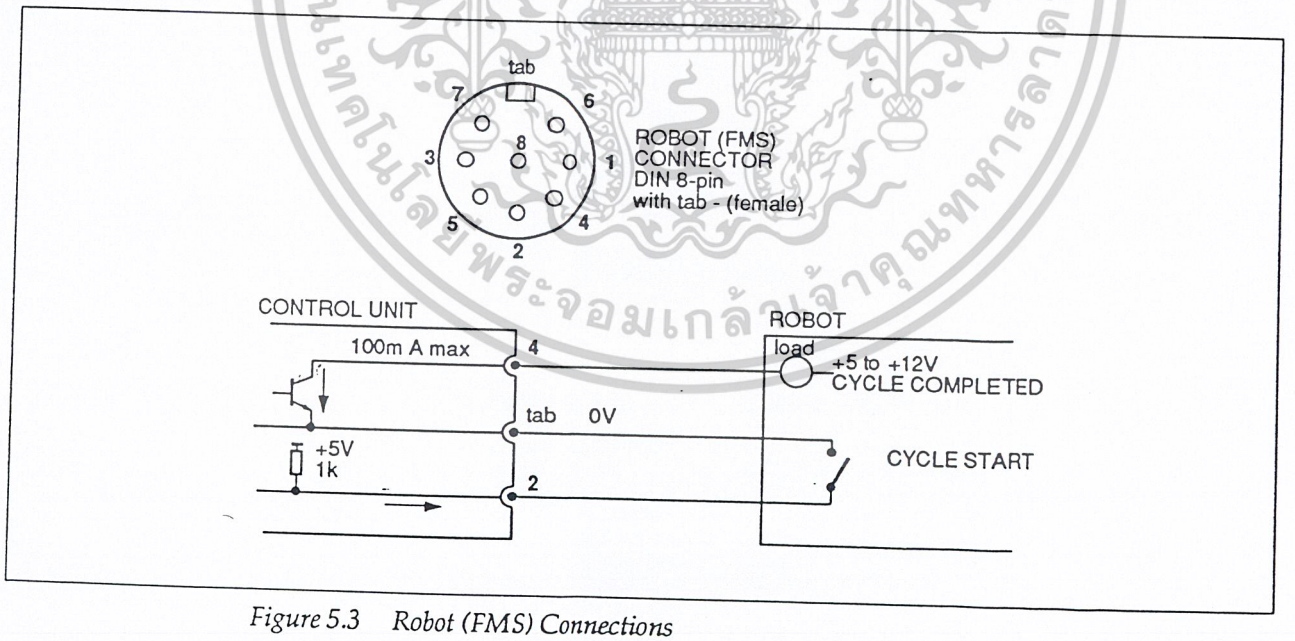


Figure 5.3 Robot (FMS) Connections

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 Configuring the DUET Software

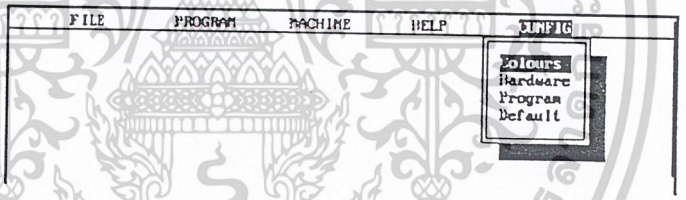
Before the DUET machine is used, the software must be configured to suit your computer system and programming preferences. The **Lathe and Mill** modules of the software must be configured independently; the procedure is the same for each module.

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.

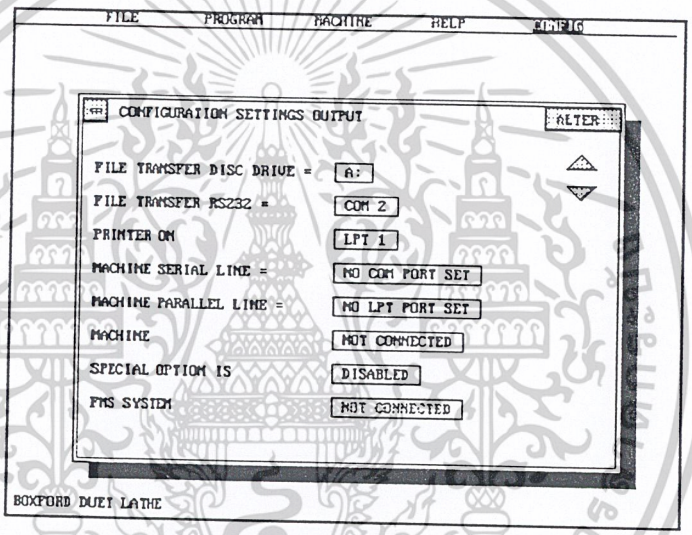
The **Program** option sets the units of measurement and other parameters associated with CNC programming and graphics.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MACHINE SERIAL LINE:

Set the COM port to which the machine serial cable is connected, (usually COM1).

MACHINE PARALLEL LINE:

Set the LPT port to which the machine parallel cable is connected.

MACHINE :

The options are CONNECTED and NOT CONNECTED. Set CONNECTED to enable the PC to communicate with the machine.

SPECIAL OPTION IS:

This option is reserved for future use, and the options are ENABLED and DISABLED. Set DISABLED.

FMS SYSTEM IS:

This option is used to activate the robot port when the DUET machine is used with an FMS system, and the options are CONNECTED and DISCONNECTED. Set DISCONNECTED initially; the setting can be altered to CONNECTED if a robot is to be used.

Using a Mouse:

To select the parameter to be set, either click on the required box or click on ▲ or ▼.

Click on [ALTER] to display the options, and click on the required option.

Using the Keyboard:

Press [↑] or [↓] to select the parameter to be set.

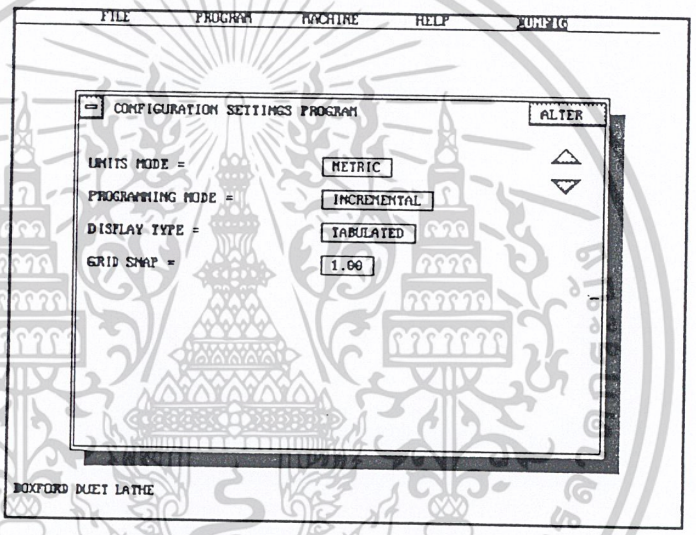
Press [A] to select [ALTER] and display the options.

Press [↑] or [↓] to select the required option

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program

8. Select **Program** from the **CONFIG** menu. The screen shows the CONFIGURATION SETTINGS PROGRAM display with typical settings as shown:



Make the initial settings in the same way as for the Hardware option. It will probably be necessary to change the settings later when producing a program as detailed in the TURNING and MILLING manuals.

UNITS MODE:

Sets the units of measurement to be used by the software in CNC and CAM programming and in displaying the workpiece graphically. The options are Imperial (inch), Metric, and Met/Imp which uses a combination of the other two.

PROGRAMMING MODE:

The options are **Absolute** and **Incremental**, which determine the system of co-ordinates used in CNC programs. Accept the current setting initially; further details of absolute and incremental co-ordinates are given in the TURNING and MILLING manuals.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DISPLAY TYPE:

This parameter sets the format in which manual programs are displayed; the options are **Tabulated** and **Compact**. Set **Tabulated** for the initial setting, as this format will be more easily understood in the early stages of training.

GRID SNAP:

Sets the fineness of the graphics grid to which lines drawn on the screen will 'snap'. Accept the default setting initially; it can be changed later during programming.

9. Display the SAVE SETTINGS box and save the settings as for the **Program** option.

The DUET machine and software should now be correctly configured and ready for use. Take some time to explore the options of the **Lathe** and **Mill** modules of the software by referring to Section 7 - Using the DUET Software, until you are familiar with the menus, options and displays. This will save time when using the TURNING and MILLING manuals in which the accent is on producing CNC and CAM programs and machining components.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

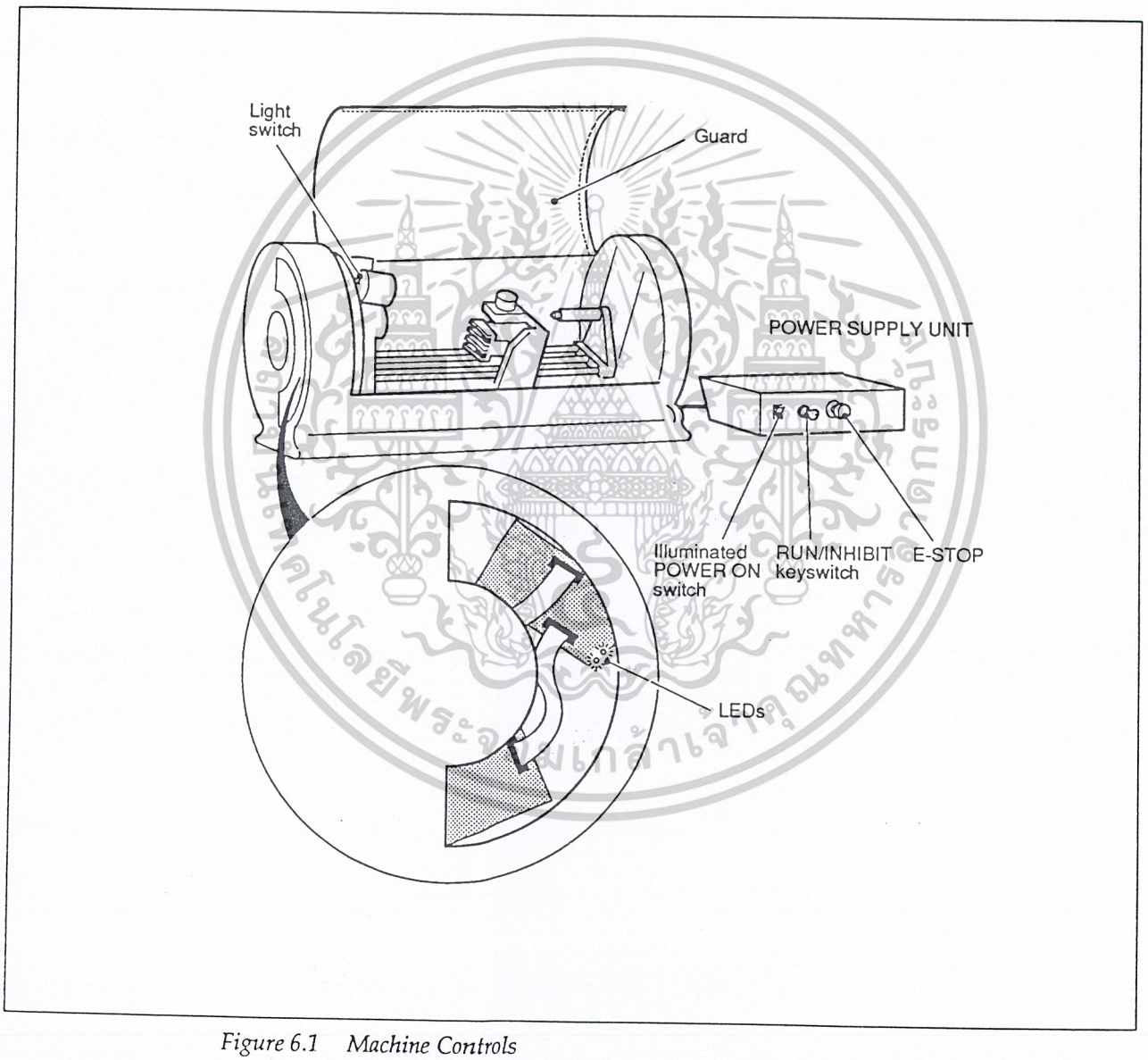


Figure 6.1 Machine Controls

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IF YOU CHANGE THE TOOLING, DO NOT ATTEMPT TO MACHINE A COMPONENT UNLESS YOU HAVE CORRECTLY SET THE OFFSETS AS DETAILED IN THE TURNING OR MILLING MANUAL.

The MACHINE option also provides direct manual control of the machine with a mouse or the keyboard, by means of the Manual Mode option. The use of this option can be practised provided that care is taken not to run the tool into the chuck or workpiece.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

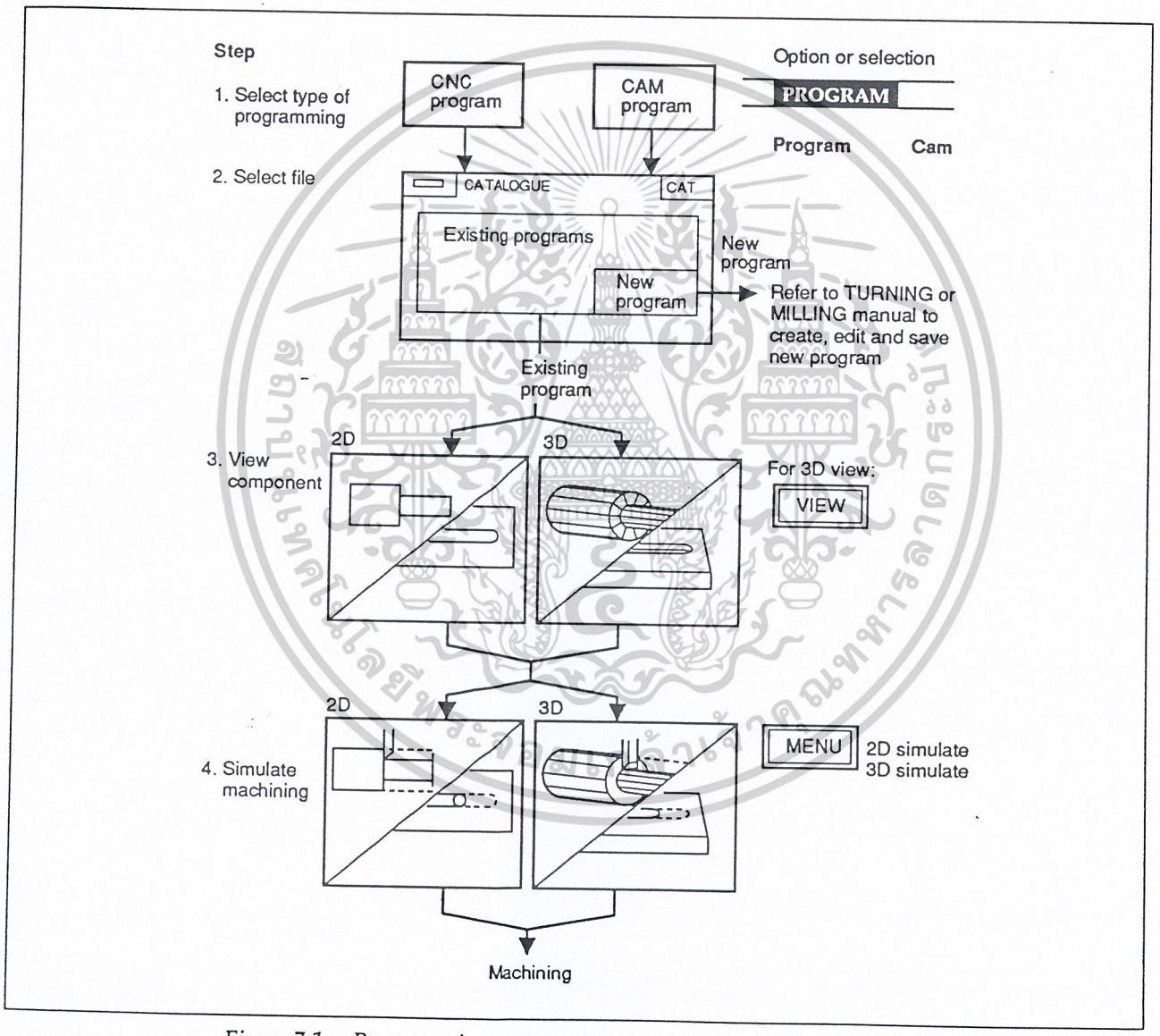


Figure 7.1 Programming

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

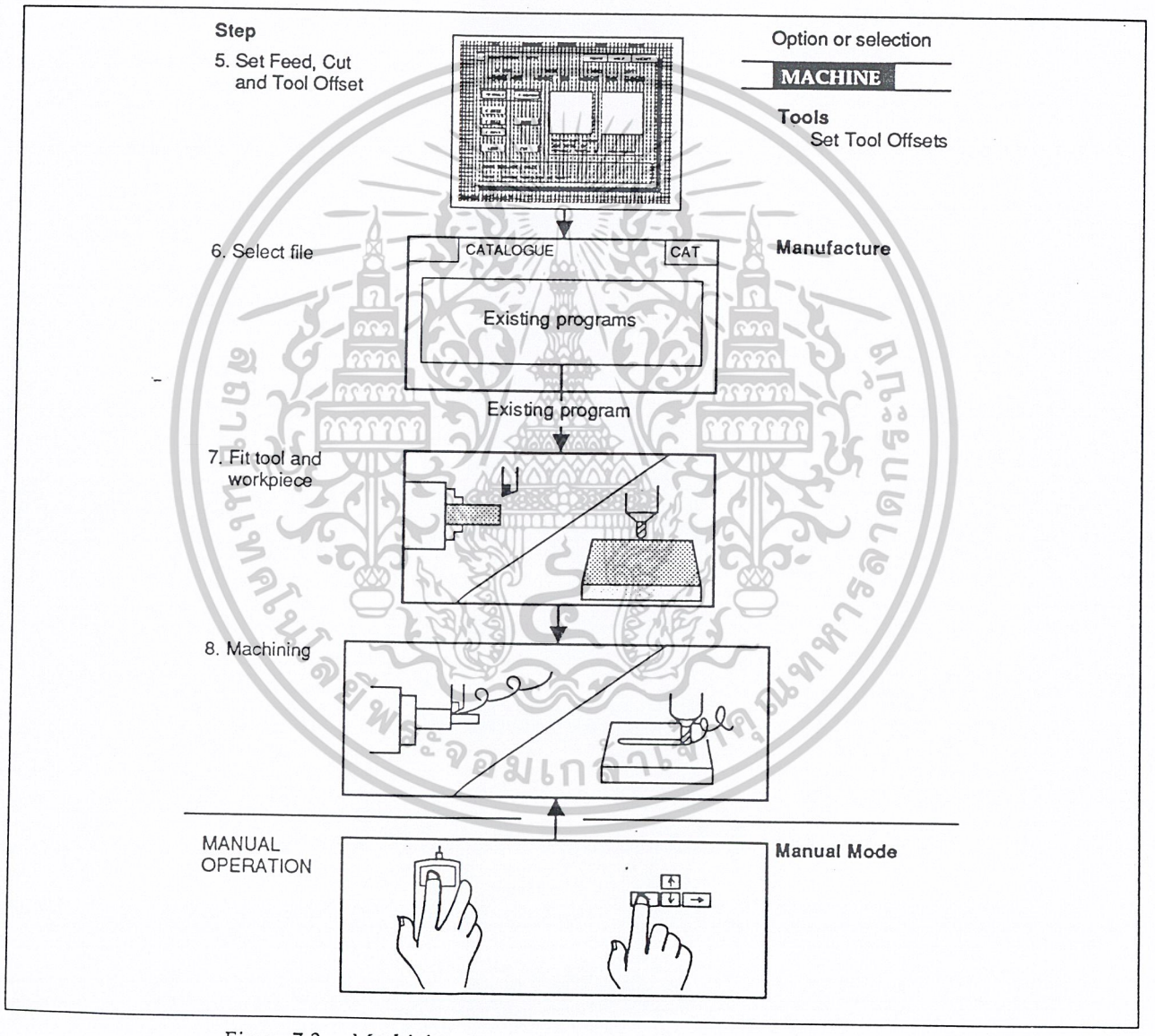
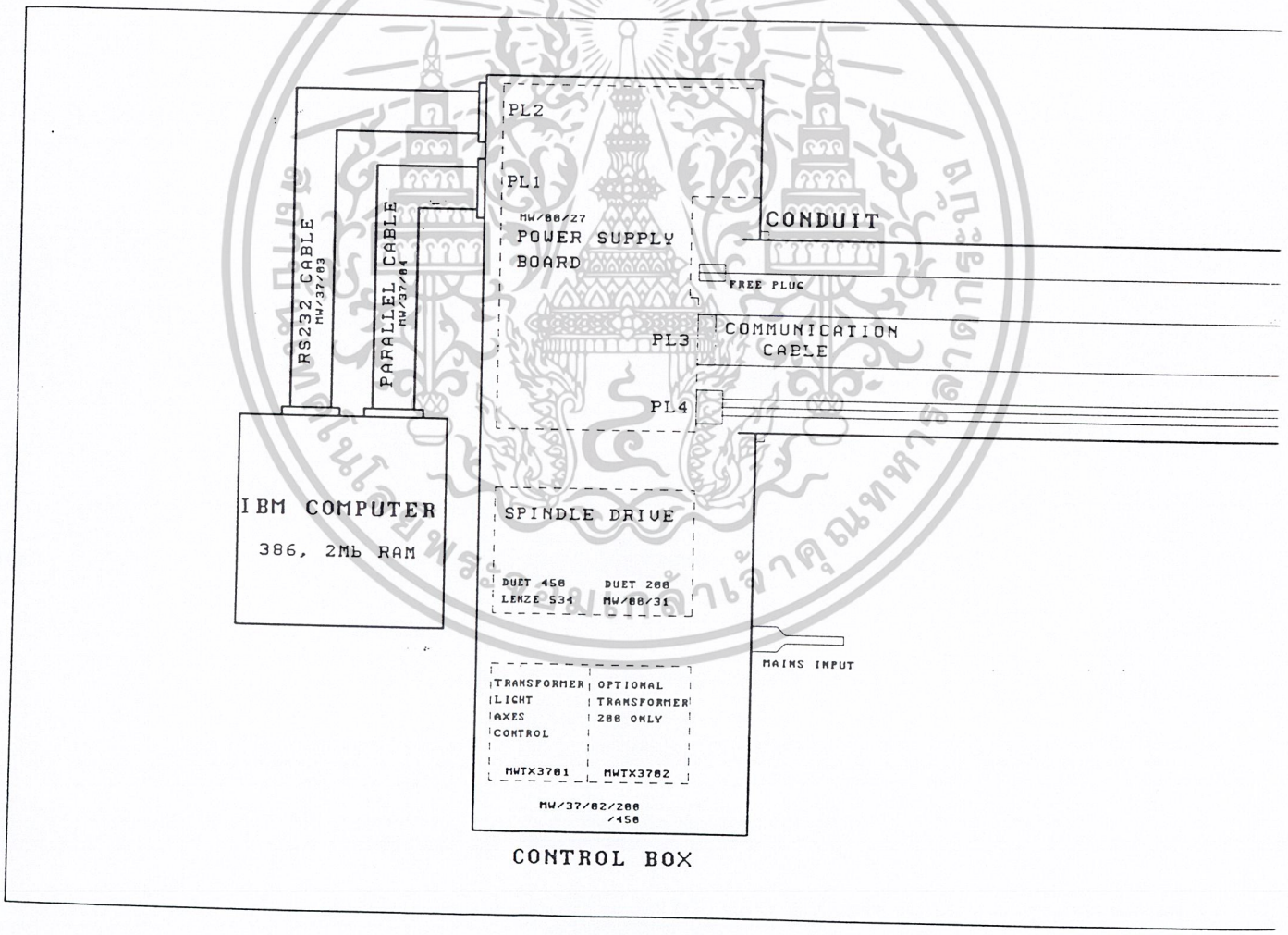


Figure 7.2 Machining

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

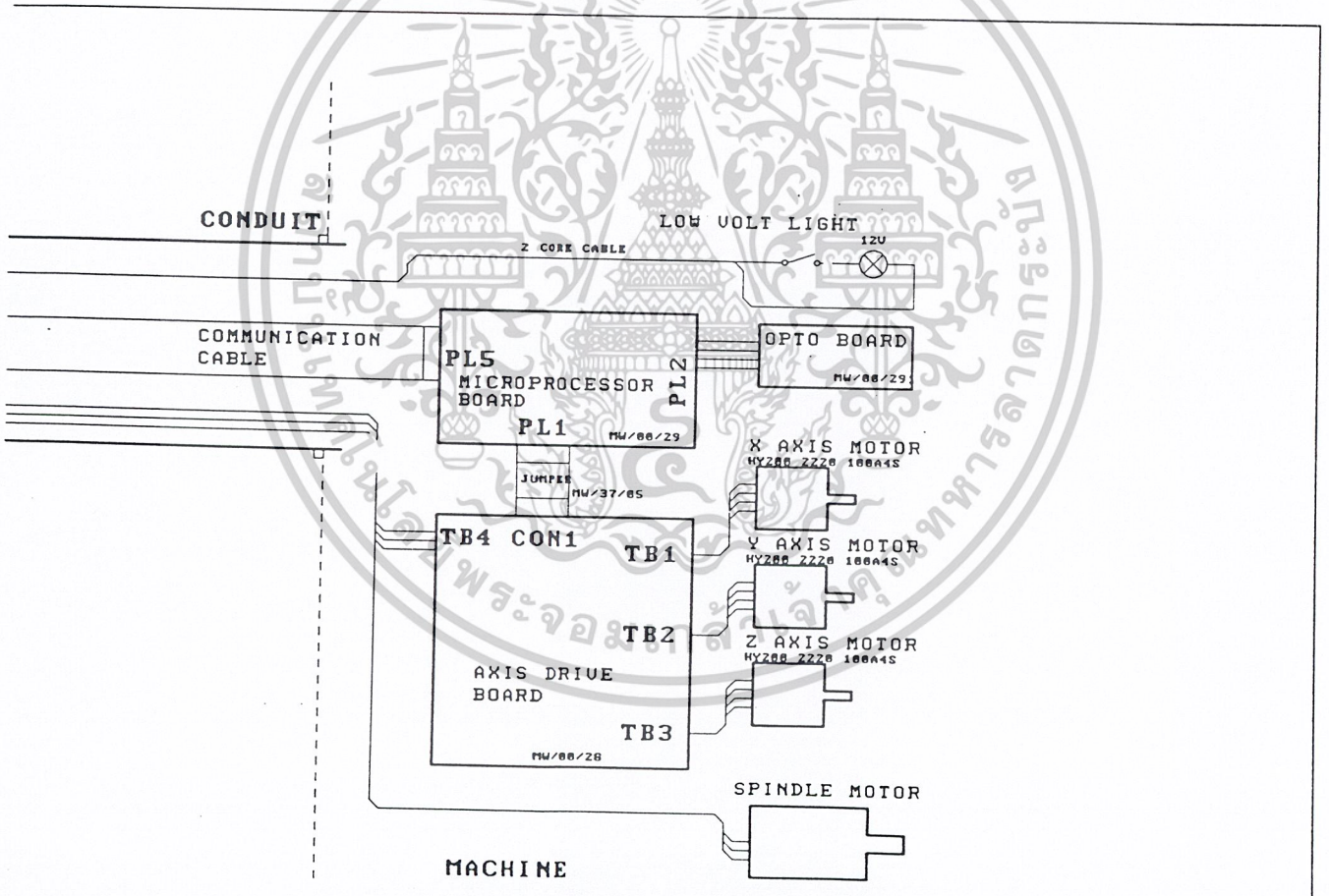


Figure 8.1 System Schematic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

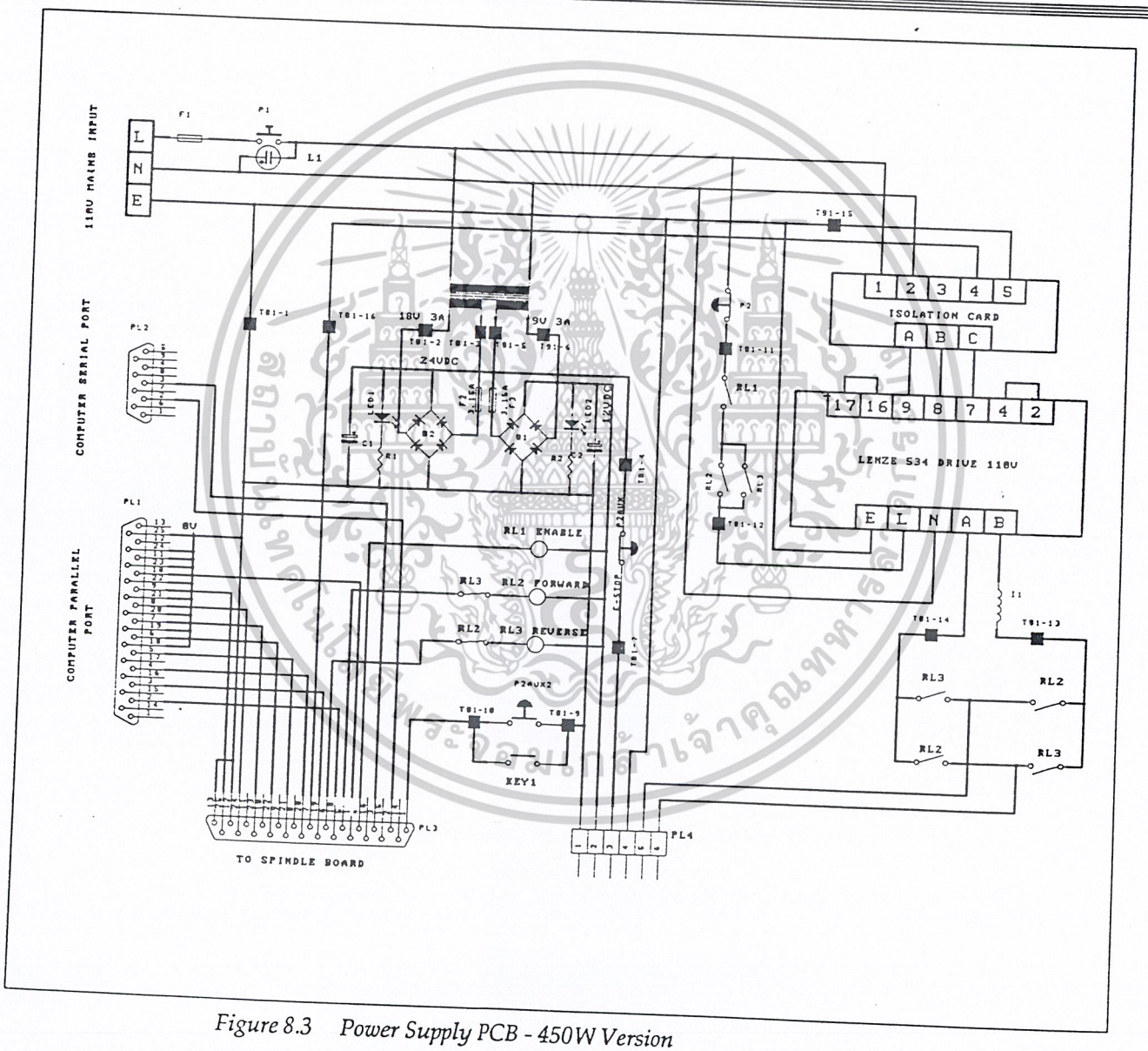


Figure 8.3 Power Supply PCB - 450W Version

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

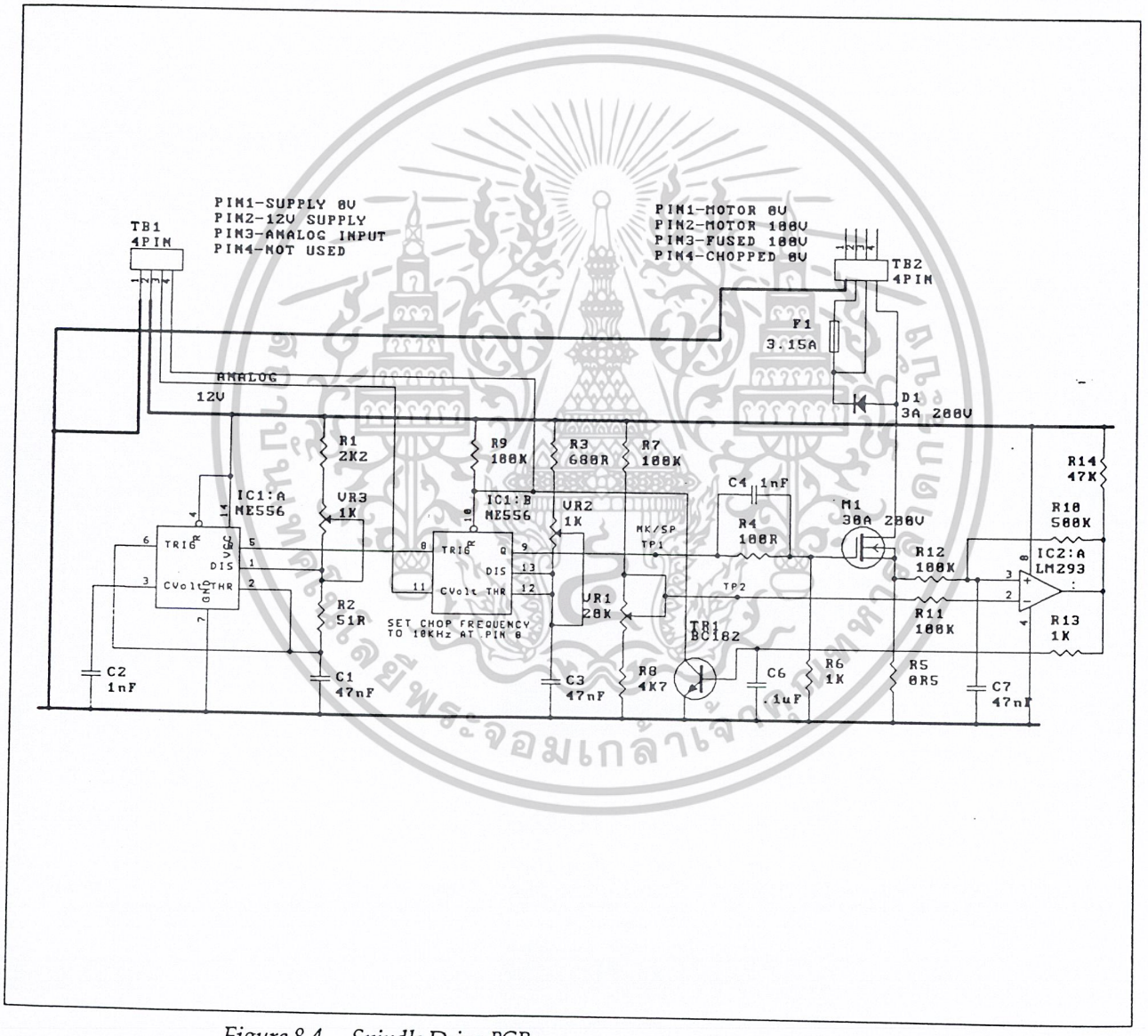


Figure 8.4 Spindle Drive PCB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 (With system powered up and software running)	Reference
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	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

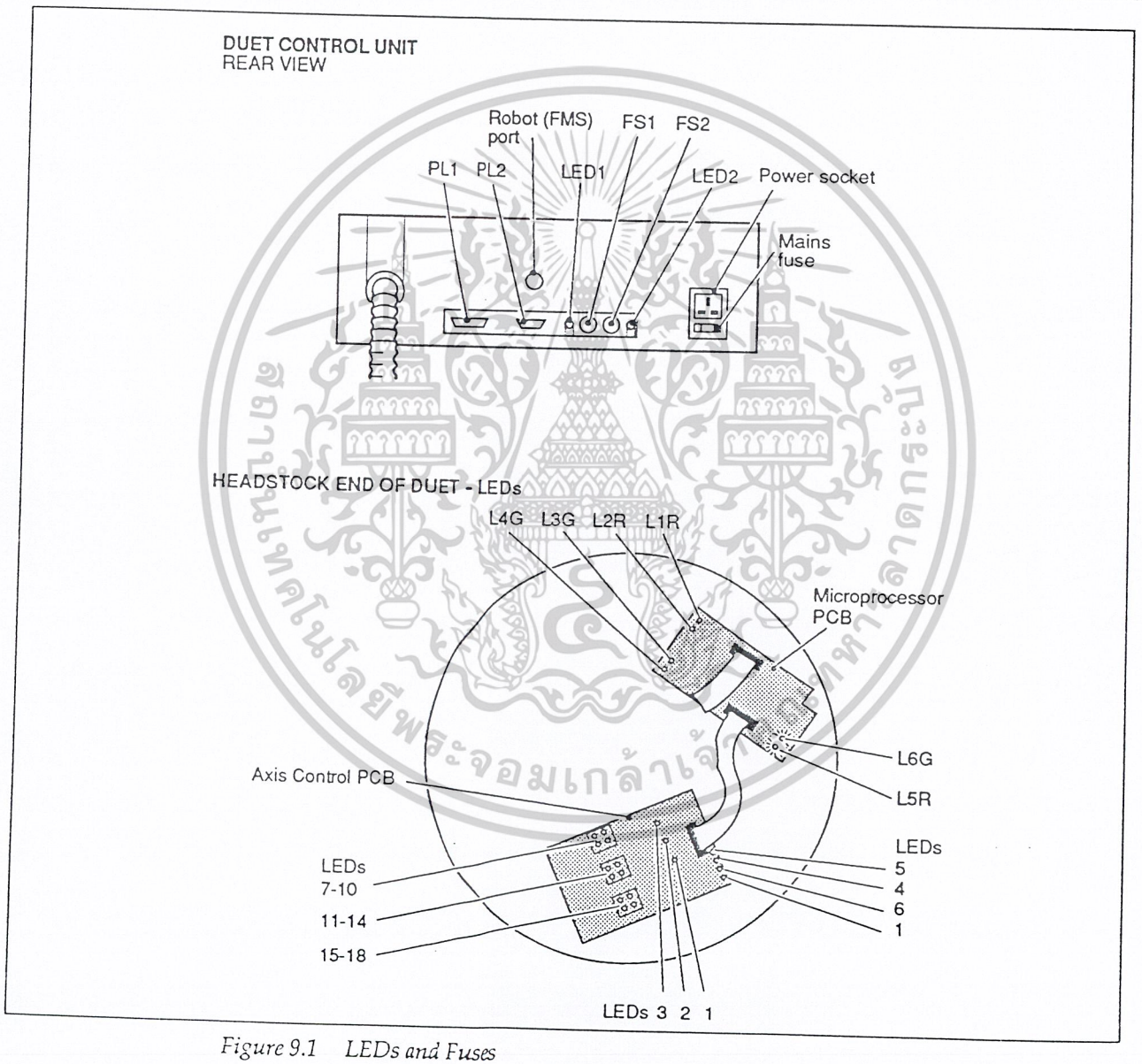


Figure 9.1 LEDs and Fuses

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*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:

L5R is OFF and L6G is ON - the control program is running satisfactorily.

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: With the machine powered up, but control software not loaded (L5R ON and L6G OFF), an even mark/space ratio should be seen. 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.

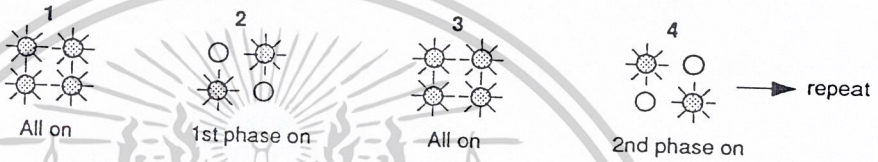
9.2.4 Axis Control PCB

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.3 Software Fails to Run

Most problems will be caused lack of available memory. If your computer is a 386 or 486 running either MSDOS or DRDOS, the DUET INSTALL program will identify, and in many cases automatically rectify, any problems.

Make the following checks, referring to Section 4 - Computer Requirements where indicated:

1. Is the computer fitted with an 8088 or 8086 chip?

   (The DUET software will not run on these types).

2. Is the computer a 286?

   If so, refer to Section 4. It will not be possible to install the DUET software until the computer's memory is correctly configured.

3. Does the computer have a minimum of 2 Mbyte of RAM?

   The DUET software will not run with less than this amount. To find out how much memory your computer has, refer to Section 4.

4. Does your computer support both XMS (Extended Memory) and EMS (Expanded Memory) ?

   If you think your computer may not offer both of these, refer to Section 4 for guidance in adding this support.

5. Does your computer have sufficient available memory?

   It may be that your computer has more than 2 Mbyte of memory, but that much of this is being used by other memory-resident programs, leaving little memory free to run the DUET Software. If you think that this may be the cause of the problem, refer to the DOS manual for guidance in limiting the amount of memory that other programs are allowed to use. Such programs are typically RAM disks or disk caches.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.4 Maintenance

Keep the DUET machine free from dirt and swarf.

Lightly oil the slideways at regular intervals.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ผศ.ชาลี ตระการกูล, “เทคโนโลยีซีเอ็นซี”, สมาคมสงเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น) 2538
2. ปานเพชร ชินินทร, “นิวเมติกส์อุตสาหกรรม”, ซีเอ็ด (2539)
   ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์, “นิวเมติกส์อุตสาหกรรม”, ซีเอ็ด (2539)
3. พรจิตร ประทุมสุวรรณ, ”พื้นฐานหุ่นยนต์และเครื่องจักรกลอัตโนมัติ ระบบไฮดรอลิกส์ และ นิวเมติกส์”, กรุงเทพ: เรือนแก้วการพิมพ์ 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณน้องๆ ที่ช่วยถามว่าเสร็จหรือยัง จะจบหรือเปล่า ช่วยกระตุ้นพวกพี่
ขอขอบคุณเพื่อนๆที่ คอยอยู่เป็นเพื่อนกันทำงานตลอดเวลา
ขอขอบคุณพ่อแม่ ที่คอยเป็นกำลังสำคัญในการคอยเป็นแรงบันดาลใจอยู่ข้างหลัง การทำงาน
ขอขอบคุณอาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา ที่เป็นอาจารย์โปรเจค ช่วยให้คำแนะนำดีๆ ในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้