# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ จากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้โดยแยกเป็นหัวข้อดังนี้

1. ความหมายของเครื่องประทับตรา
2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล
3. วัสดุและคุณสมบัติของวัสดุ
4. ประสิทธิภาพ
5. ส่วนประกอบของเครื่องประทับตรา
   - 5.1 โครงสร้างรูปตัวซี
   - 5.2 โปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์
   - 5.3 ระบบนิวแมติกส์
   - 5.4 ระบบไฮดรอลิกส์
   - 5.5 ระบบไฮดรอนิวแมติกส์
   - 5.6 เครื่องอัดลม
   - 5.7 ตัวกรองอากาศ
   - 5.8 วาล์วควบคุมความดันของลมอัด
   - 5.9 เกจวัดความดันของลมอัด
   - 5.10 ชุดเติมน้ำมันหล่อลื่น
   - 5.11 วาล์วควบคุมทิศทาง
   - 5.12 กระบอกสูบนิวแมติกส์
   - 5.13 อุปกรณ์ตรวจจับ
   - 5.14 เครื่องพิมพ์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## ความหมายของเครื่องประทับตรา

เครื่องประทับตรา หมายถึง เครื่องมือกลชนิดหนึ่งที่ได้พัฒนาจากการใช้แรงงานคนกดคันโยกมาเป็นการควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยมีพีเอลซี (PLC) เป็นตัวควบคุมการทำงานของชุด เครื่องพิมพ์ (Pinter) และชุดไฮดรอนิวแมติกส์ได้อย่างลงตัวสามารถปรับตั้งความเร็วและการทำงานได้ด้วยการใช้โปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ ทำให้มีความแม่นยำสม่ำเสมอ และแรงที่กดลงบนกระดาษเท่ากันทุกแผ่น

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบเครื่องประทับตรา

| เครื่องประทับตราแบบใช้คนกดคันโยก | เครื่องประทับตราที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ |
|---|---|
| 1. มีผู้ควบคุมเครื่องประทับตรา จำนวน 1 คน | 1. มีผู้ควบคุมเครื่องประทับตรา จำนวน 1 คน |
| 2. ผู้ควบคุมต้องทำการป้อนกระดาษที่ละแผ่นเข้าเครื่องแล้วใช้แขนกดคันโยกเพื่อทำการประทับตรา | 2. ผู้ควบคุมป้อนกระดาษที่ตัวช่องเครื่องพิมพ์ครั้งละ 1 – 70 แผ่น แล้วกดสวิทซ์เพื่อให้เครื่องทำงานเองโดยอัตโนมัติพร้อมมีตัวเลขบอกจำนวนแผ่น |
| 3. แรงจากคนกดเครื่องประทับตราลงบนคันโยกจะไม่สม่ำเสมอ | 3. แรงจากการกดเครื่องประทับตราจะมีความสม่ำเสมอหรือเท่ากันทุกแผ่น |
| 4. ตำแหน่งการประทับตราจากการกดคันโยกจะไม่อยู่ในตำแหน่งเดิมซึ่งจะทำให้เกิดการปลอมแปลงได้ง่าย | 4. ตำแหน่งการประทับตราจะมีตำแหน่งเดียวกันจึงยากต่อการปลอมแปลง |
| 5. มีความเมื่อยล้าหรืออาจจะเกิดการอักเสบของกล้ามเนื้อแขนได้ | 5. ใช้แรงกดจากกลไกการเมื่อยล้าจะไม่เกิดขึ้นเนื่องจากมีการควบคุมแบบอัตโนมัติ |

## ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลส่วนใหญ่ที่ออกแบบแล้ว นำมาประกอบเป็นชุดประกอบ (Assembly) หรือนำเอาชุดประกอบหลาย ๆ ชุดมาประกอบรวมกันเป็นเครื่องจักรกล เช่น เครื่องกลึง เครื่องใส ได้อย่างเหมาะเจาะพอดี (Optimum) การจะออกแบบชิ้นส่วน หรือเครื่องจักรกลที่ใช้งาน ได้ดีนั้น ประการแรกจะต้องมีการรวบรวมวิธีแก้ปัญหาในการออกแบบได้หลายรูปแบบ มี

ประสบการณ์มากพอสมควร มีพื้นฐานทางวิศวกรรมลึกซึ้งรวมทั้งการมีจินตนาการ ความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์ที่ดี และมีความรู้เกี่ยวกับวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) ด้วย (มานพ ตันตระบัณฑิตย์, 2540)

การออกแบบเครื่องจักรกล นอกจากจะต้องคิดถึงความเป็นไปได้เชิงวิศวกรรม ความสะดวกในการใช้งานและง่ายต่อการบำรุงรักษาแล้วยังต้องคำนึงถึงความแข็งแรงทนทานอีกด้วย เครื่องจักรกลจะแข็งแรงทนทานมากน้อยเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของชิ้นส่วนประกอบ ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณชิ้นส่วนประกอบให้มีความแข็งแรงพอเพียงกับขนาดและภาระของเครื่อง และจะต้องออกแบบให้ถูกต้องเหมาะสมสะดวกแก่การถอดประกอบและเปลี่ยนแทนได้ เมื่อเกิดการชำรุดเสียหาย หรือหมดอายุการใช้งาน (บรรเลง ศรนิล และกิตติ นิงสานนท์, 2530)

1. หลักเกณฑ์ทั่วไปในการออกแบบเครื่องจักรกลและชิ้นส่วนในทางวิศวกรรม วิธีการดำเนินการออกแบบเครื่องจักรกล หรือชิ้นส่วนจะต้องประกอบไปด้วยหลักการ และขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 การวางแผน เน้นการเลือกงานที่จะออกแบบ

1.2 แนวคิด เน้นการแจงรูปแบบของการออกแบบ การแบ่งแยกของระบบทำงานรวมไปเป็นระบบการทำงานย่อย (Subsystem) การรวมแนวการออกแบบเพื่อให้เกิดเป็นระบบทำงานรวม การประเมินคุณค่าแนวการออกแบบในเชิงวิศวกรรม และเชิงเศรษฐศาสตร์

1.3 การออกแบบร่าง เป็นการออกแบบร่างอย่างเป็นมาตราส่วน โดยจะต้องมีการประเมินคุณค่าการออกแบบร่างเชิงวิศวกรรม และเชิงเศรษฐศาสตร์ และการปรับปรุงออกแบบร่างให้ดีขึ้นด้วยการออกแบบรูปร่างโซนต่าง ๆ ให้ดูเหมาะสมมากขึ้น

1.4 การออกแบบรายละเอียด เป็นการออกแบบชิ้นส่วนย่อยให้มีความเหมาะสม การเขียนรายละเอียด การเขียนแบบ การเลือกใช้ชิ้นส่วนมาตรฐาน เช่น สกรู สลัก โซ่ สายพาน ฯลฯ ตารางรายการวัสดุ วิธีการผลิต การประกอบ การขนส่ง และการเก็บรักษา การตรวจสอบต้นทุนการผลิต การสร้างชุดต้นแบบ (Prototype) หรือโมเดล (Model) และการตัดสินใจเพื่อการผลิต

2. การออกแบบทางวิศวกรรมเครื่องกลและการออกแบบเครื่องกล หมายถึง การออกแบบสิ่งต่าง ๆ ระบบต่าง ๆ ของเครื่องจักรกล ผลิตภัณฑ์ โครงสร้าง อุปกรณ์ และเครื่องต่าง ๆ สำหรับการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล ส่วนใหญ่แล้วจะใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์วัสดุและวิทยาศาสตร์ทางวิศวกรรมเครื่องกล

การออกแบบเครื่องจักรกลจะต้องมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดจำแนกชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่าง ๆ ตั้งแต่การคำนวณจากข้อมูลที่ทราบ เช่น งานที่ทำได้กำลังงานที่ใช้ แล้วคำนวณหาแรงในแต่ละส่วน ตามลำดับหน้าที่การทำงานของเครื่อง โดยใช้หลักการของกลศาสตร์ แล้วทำการออกแบบแต่ละชิ้นส่วนเพื่อให้สามารถทำงานได้ ตามหน้าที่โดยไม่พังหรือเสียหาย

เราจำเป็นจะต้องใช้หลักการความแข็งแรงของวัสดุนำมาช่วยแก้ปัญหาทางวิศวกรรม โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะให้ชิ้นส่วนเครื่องจักรมีความถูกต้องเหมาะสม ในวิธีการนั้น ผู้ออกแบบจะต้องทำการวิเคราะห์ความเค้น (Stress) เพื่อตัดสินใจที่จะให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ สามารถรับความเค้นสูงสุด (Maximum Stress) แต่ละชนิดได้ (อนันต์ วงศ์กระจ่าง, 2533)

ข้อที่ผู้วิจัยต้องพิจารณาในการออกแบบ สิ่งสำคัญที่สุดที่จะต้องคำนึงถึงในการออกแบบ คือ ความแข็งแรง (Strength) ซึ่งจัดเป็น องค์ประกอบหลักในการกำหนดรูปร่างและขนาดของชิ้นส่วน จึงกล่าวได้ว่าความแข็งแรงจึงเป็นข้อพิจารณาในการออกแบบที่สำคัญอย่างหนึ่ง และสิ่งอื่น ๆ อีกหลายอย่าง ที่จะต้องพิจารณา ซึ่งอาจจะเป็นสิ่งที่ทำให้มีผลกระทบกระเทือนต่อการออกแบบชิ้นส่วน หรือต่อทุกระบบ และในสภาพการออกแบบที่อยู่ใต้ข้อกำหนด ข้อพิจารณาบางอย่างในการออกแบบจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดวิกฤตขึ้นได้ซึ่งนั่นก็หมายถึงชิ้นส่วน หรือเครื่องจักรกลหรือระบบที่ได้ออกแบบมีความเสียหาย ไม่สามารถใช้งานได้หรือใช้งานได้ไม่ถึงขีดความสามารถตามที่ออกแบบไว้ ดังนั้นในการออกแบบดังกล่าว จะเป็นแนวทางในการกำหนดชนิดวัสดุ ขบวนการทำและการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับรถตัดหญ้าควบคุมด้วยวิทยุบังคับ

โปรแกรมเมบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์ (Programmable Logic Controller) บุคคลทั่วไปหรือทางช่องอุตสาหกรรมจะเรียกว่า “PLC” ซึ่งเป็นที่เข้าใจตรงกัน ดังนั้นในงานวิจัยเล่มนี้จะเรียกเป็นคำย่อภาษาอังกฤษว่า PLC

PLC (Programmable Logic Controller) เป็นอุปกรณ์ควบคุมชนิดหนึ่ง ที่นำมาแทนการควบคุมที่ใช้รีเลย์ทำให้สะดวกขึ้น เพราะเป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์และใช้การเขียนโปรแกรมทำนองเดียวกับคอมพิวเตอร์แทนการเดินสายไฟฟ้า

PLC มีหน่วยอินพุตและเอาต์พุตแบบลอจิก (ON/OFF) และแบบอนาล็อก (Analog) จึงทำให้สามารถควบคุมเครื่องจักรได้ทุกชนิด นอกจากนั้นแล้วยังมีหน่วยอินพุตและเอาท์พุตจำนวนมาก ทั้งมีขนาดเล็กและราคาถูก

PLC เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นโมดูล สามารถตรวจสอบด้วยตัวเอง เพราะฉะนั้นเมื่อเสียหายก็ทำได้โดยเปลี่ยนโมดูลเท่านั้น และ PLC สามารถตรวจสอบสภาวะ “ON” หรือ “OFF” ของอุปกรณ์ภายนอกตามโปรแกรมได้ ทำให้สามารถตรวจหาข้อบกพร่องได้อย่างรวดเร็ว

PLC มีคำสั่งที่ใช้เขียนโรแกรม 4 ภาษาคือ ภาษาแลดเดอร์ ภาษาบูลลีน ภาษาบล็อก และภาษาคำสั่ง ข้อความภาษาอังกฤษ โดยภาษาแลดเดอร์และภาษาบูลลีนใช้กับ PLC ขนาดเล็กที่แทนรีเลย์ เคาน์เตอร์ และไทเมอร์ ส่วนภาษาบล็อกและภาษาคำสั่งข้อความภาษาอังกฤษเหมาะกับ

PLC ขนาดใหญ่ และการควบคุมที่ซับซ้อน มีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2541)

PLC มีข้อดี ดังต่อไปนี้

1. แก้ไขได้ง่าย
2. ติดต่อกับระบบอื่นได้ง่าย
3. ติดตั้งง่าย
4. ลดการเดินสายไฟฟ้าควบคุม
5. เนื้อที่ติดตั้งน้อยกว่า
6. มีความน่าเชื่อถือสูงกว่า
7. บำรุงรักษาง่าย และซ่อมแซมง่าย
8. มีประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่า

จะเห็นว่า PLC สามารถควบคุมเครื่องจักรได้ทุกชนิด อีกทั้งมีประสิทธิภาพสูง น่าเชื่อถือกว่าระบบควบคุมแบบเดิม

## วัสดุและคุณสมบัติของวัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องมืออุปกรณ์ ชิ้นส่วนต่าง ๆ มีมากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จะสร้าง เป็นการยากที่จะกำหนดถึงชนิดของวัสดุอย่างใดอย่างหนึ่งให้แน่นอนลงไปได้ผู้ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ การกำหนดวัสดุในการออกแบบควรจะต้องมีความเข้าใจพื้นฐานของวัสดุชนิดต่าง ๆ ตั้งแต่คุณสมบัติ ชนิดและมาตรฐาน ขนาดมาตรฐาน ที่ผลิตออกจำหน่าย ตลอดจนกรรมวิธีทางความร้อนที่จะใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุ

**1. คุณสมบัติทางกลของวัสดุ** หมายถึง คุณสมบัติของวัสดุในการตอบสนองต่อแรงทางกล (Mechanical Force) ที่มากระทำไม่ว่าจะเป็นลักษณะใดก็ตาม

คุณสมบัติทางกลของวัสดุเป็นข้อมูลสำคัญที่สามารถช่วยให้เราตัดสินใจเลือกใช้ชนิดของวัสดุตามความต้องการในการออกแบบได้ถูกต้อง คุณสมบัติทางกลของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบดังนี้

1.1 ความแข็งแรง เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัสดุ ก็จะเกิดแรงต้านภายในวัสดุขึ้นเพื่อต้านแรงที่มากระทำนั้น ถ้าแรงที่มากระทำมีค่ามากกว่าแรงภายในวัสดุที่จะต้านได้ วัสดุนั้นจะเสียรูป ขาดหรือแตกหักไป ความสามารถในการต้านทานแรงของวัสดุนี้คือความแข็งแรง

1.2 ความเค้น เป็นผลมาจากแรงภายนอกมากระทำกับชิ้นส่วน โดยคิดกระจายสม่ำเสมอบนพื้นที่หน้าตัดของชิ้นส่วนที่รับแรง ค่าของความเค้นนี้จะเป็นสิ่งชี้บอกว่า ขณะนั้นชิ้นส่วนอยู่ภายใต้แรงเท่าใดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หน้าตัด เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าความแข็งแรงของวัสดุที่ทำชิ้นส่วนนั้น

1.3 ความเครียด คือ อัตราการยืดหรือหดตัวของวัสดุ เมื่ออยู่ภายใต้แรงกระทำต่อความยาวเดิม วัสดุที่มีความเหนียวสูงจะยืดตัวได้มากจะมีค่าความเครียดสูง วัสดุที่มีความแข็งแรงสูงและมีความแข็งแรงจะมีความเครียดต่ำ (อนันต์ วงศ์กระจ่าง, 2533)

**2. ภาระและความเค้น** การรับภาระของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลจะเกิดจากการที่มีแรงมากระทำต่อชิ้นส่วนตามทิศทางที่แรงมากระทำ โดยจะมีแรงดึง แรงอัด แรงเฉือย แรงดัด และแรงบิด สำหรับแรงกดนั้น จะรวมการกดโก่งและแรงกดตามพื้นที่ การกดโก่งนั้นแรงกดโก่งจะทำให้ชิ้นส่วนเครื่องจักรโก่งงอ ส่วนแรงกดตามพื้นที่นั้นจะเกิดการสัมผัสของชิ้นส่วนสองชิ้น เช่น แรงกดของเพลาในรองเพลา

ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ตัวอย่างเช่น เพลาของกระปุกเกียร์ที่มีการรับแรงดัดและแรงหมุนบิดในเวลาเดียวกัน ในกรณีเช่นนี้จะเรียกว่า **การรับภาระร่วม** การที่มีแรงกระทำต่อชิ้นงานจะทำให้เกิดความเค้นในชิ้นงาน ความเค้นนี้จะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของขนาดแรงและรูปร่างขนาดภาคตัดขวางของชิ้นงานที่รับแรงดัด แรงหมุนบิดและแรงกดโก่ง โดยจะกำหนดเป็นนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (มานพ ตันตระบัณฑิตย์, สำลี แสงห้าว และสุทิน จิตร์เจริญ, 2544)

**3. ประเภทของภาระ** แรงที่กระทำต่อชิ้นส่วนเครื่องจักรกลในระยะเวลานาน สามารถแบ่งได้ดังนี้

3.1 ภาระสถิตย์ (Statics Load) เป็นลักษณะที่ภาระหรือแรงกระทำต่อชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ความเค้นจะเริ่มจากศูนย์ไปถึงค่าสูงสุดแล้วอยู่คงที่ ดังรูปที่ 2.1 ก.

ตัวอย่าง การหมุนของเพลาขับของพัดลม ความเค้นบิดจะเกิดการที่เพลาเริ่มหมุน (ศูนย์) ไปจนถึงความเร็วรอบที่ (ค่าความเค้นบิดจะอยู่สูงสุดคงที่)

3.2 ภาระพลวัต (Dynamics Load) จะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดพิกัดหรือทิศทางของความเค้นไปตลอด ซึ่งสามารถแบ่งแยกได้ดังนี้

ก. ภาระพลวัตขึ้นลง (Fluctuating Load หรือ Varying Load) ความเค้นจะขึ้นลงระหว่างศูนย์ถึงค่าสูงสุด รูปที่ 2.1 ข.

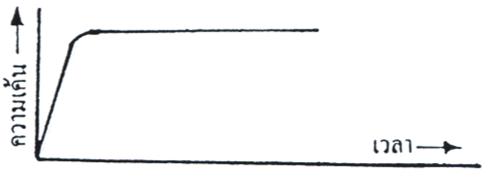
ตัวอย่าง การรับภาระดัดของกระเดื่องกดลิ้นไอดีหรือไอเสียในเครื่องยนต์สันดาปภายใน

ข. ภาระพลวัตสลับ (Alternating Load) ความเค้นจะสลับขึ้นลงตลอดระหว่างค่าความเค้นบวกและค่าความเค้นลบ รูปที่ 2.1 ค.

ตัวอย่าง เพลาที่หมุนขับในทิศทางตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกา เพลาจะรับภาระดัดหรือบิดหรือภาระทั้งสองรวมกัน

ค. ภาระพลวัตทั่วไป (General Dynamic Load) ความเค้นจะมีค่าระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด และค่าต่ำสุดโดยอิสระ รูปที่ 2.1 ง.

ตัวอย่าง การหมุนบิดของเพลากัดสปินเดิลในขณะกัดนอนชิ้นงานที่รับภาระพลวัตหรือมีร่องบาก จะเกิดแตกหักหรือขาดเนื่องจากการล้าของเนื้อวัสดุได้ง่ายหรือเร็วกว่าชิ้นงานที่รับภาระสถิตย์

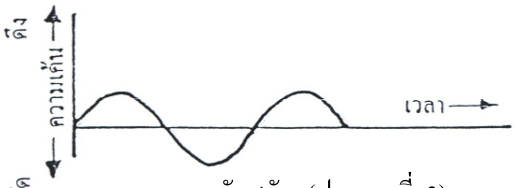



ภาระสถิต (ภาระประเภทที่ I)

ก.

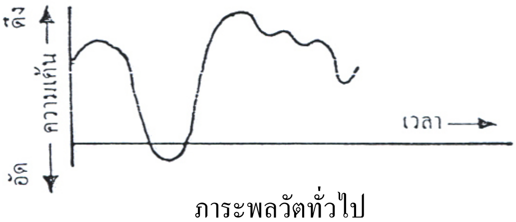
ภาระพลวัตขึ้นลง (ประเภทที่ 2)

ข.




ภาระพลวัตสลับ (ประเภทที่ 3)

ค.




ภาระพลวัตทั่วไป

ง.

รูปที่ 2.1 ประเภทของภาระ

ที่มา (มานพ ตันตระบัณฑิตย์, สำลี แสงห้าว และสุทิน จิตร์เจริญ, 2536, หน้า 3)

**4. การบิด** โมเมนต์ที่กระทำต่อชิ้นส่วนในลักษณะที่ทำให้เกิดการบิดเรียกว่าโมเมนต์บิด (Torsional Moment or Torques) โมเมนต์นี้เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้วัสดุเกิดการเสียหายได้ ถ้าหากโมเมนต์ที่กระทำกับวัสดุมากเกินไป ฉะนั้นในการออกแบบชิ้นส่วนให้รับโมเมนต์บิดจึงต้องพิจารณาไม่ให้โมเมนต์บิดมากเกินไปในการกระทำกับชิ้นวัสดุนั้น (กิตติ อินทรานนท์, 2539)

4.1 แรงบิด (Torsional Loaded) หมายถึงส่วนของโครงสร้างที่รับแรงหรือโมเมนต์ที่พยายามบิดส่วนของโครงสร้างนั้นไปจากตำแหน่งเดิม

4.2 โมเมนต์บิด (Torsional Momentor Torauces) คือ โมเมนต์ที่พยายามบิดท่อนวัสดุให้เปลี่ยนไปจากตำแหน่งเดิม มีค่าเท่ากับผลรวมทางพีชคณิตของโมเมนต์ของแรงต่าง ๆ รอบแกนของท่อนวัสดุนั้น

## ประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพตามพจนานุกรมไทย ฉบับปรับปรุงใหม่พิมพ์ครั้งที่ 15, 2538 ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

ประสิทธิภาพ (ประ - สิต - ทิ - พาบ) หมายถึง ความคล่องตัวในการปฏิบัติงานให้สำเร็จ

ส่วนประสิทธิภาพของเครื่องประทับตราสำหรับงานทะเบียนมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรีจะเป็นความสามารถในการทำงานของเครื่องประทับตราได้จำนวน 1 แผ่นในเวลา 18 วินาที หรือในเวลา 1 ชั่วโมง สามารถประทับตราได้จำนวน 200 แผ่น ดังนั้นในเวลา 1 วันหรือ 8 ชั่วโมง จึงสามารถประทับตราได้ 1,600 แผ่น จึงเป็นเครื่องบอกให้ทราบถึงคุณลักษณะเฉพาะเครื่องประทับตราสำหรับงานทะเบียนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมา

## ส่วนประกอบของเครื่องประทับตรา

### 1. โครงสร้างรูปตัวซี

โครงสร้างรูปตัวซี (C) เป็นโครงสร้างที่ถูกสร้างขึ้นตามการออกแบบและพัฒนาเพื่อให้กระบอกสูบจับยึดทำจากเหล็ก St 37 ที่มีขาด 200 x 55x 40 มิลลิเมตร จำนวน 2 ท่อน และขนาด 55 x 50 x 42 มิลลิเมตร จำนวน 1 ท่อน เป็นเหล็กขึ้นรูปที่มีราคาไม่แพง ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างรูปตัวซี

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยการใช้กระบอกสูบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร กดด้วยแรงลมขนาด 7 บาร์ (มาตรฐานทั่วไปที่ใช้ในอุตสาหกรรม) ปรากฏว่าเกิดรอยนูนเพียงเล็กน้อย ดังนั้นได้มีการเพิ่มแรงกดให้มากขึ้นโดยการเพิ่มขนาดของกระบอกสูบให้ใหญ่เป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร โดยยังใช้ความดันของลม 7 บาร์ เหมือนเดิมซึ่งก็ทำให้เกิดรอยนูนมากขึ้นแต่ยังไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่าเครื่องประทับตราที่จะสร้างขึ้นจะต้องมีแรงมากกว่า 7 บาร์ มากดจึงจะทำให้เกิดรอยนูนตามความต้องการ แต่ในทางปฏิบัติ การใช้แรงกดมากกว่า 7 บาร์ และแนวคิดในการออแบบเครื่อง ทางผู้วิจัยต้องการเครื่องที่มีขนาดเล็ก และกะทัดรัดสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก อีกทั้งกระดาษที่ใช้ก็ไม่มีความจำเป็นอะไรที่จะต้องใช้แรงมาก จากการวิเคราะห์ปัญหาพบว่า เกิดจากตัวตราที่ใช้ในการประทับตราที่สร้างออกมาแล้วไม่ดีพอ จึงได้ทำการแก้ไขใหม่โดยการสั่งทำชุดตรารอยนูนของมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรีอีก 1 ชุด

รูปที่ 2.3 รูปโครสร้างภายในของ PLC
(ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2542, หน้า 6)

จากรูปที่ 2.3 จัดเป็นลักษณะโครงสร้างภายในของ PLC ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ส่วนหลัก ดังนี้

1.1 ภาคอินพุต (Input Section)

1.2 ตัวประมวลผล (Central Processing Unit : CPU)

1.3 หน่วยความจำ (Memory)

1.4 ภาคเอาท์พุต (Output Section)

1.5 แหล่งจ่ายไฟ (Power Section)

**ภาคอินพุต (Input Section)**

ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามา จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลต่อไปยังตัวประมวลผล (CPU) เพื่อนำไปประมวลผลต่อโดยข้อมูลที่ได้รับเข้ามา เป็นสัญญาณอินพุทมาจากเซนเซอร์ (Sensor) ลิมิตสวิตช์ (Limit Sritch) และเอนโคดเดอร์ (Encoder) เป็นต้น

สัญญาณอินพุตจะเป็นสัญญาณแบบรีเลย์, พัลส์, แรงดัน (VOC) หรือกระแส (mA) สัญญาณเหล่านี้ได้ถูกส่งมาจากอุปกรณ์อินพุท เมื่อ PLC ได้รับสัญญาณอินพุทแล้ว หลังจากนั้นจะนำสัญญาณที่ได้ไปประมวลผลต่อไป อุปกรณ์อินพุทที่ให้สัญญาณดังกล่าวได้แก่ สวิตช์ Encoder, Proximity switch และ Photo Sensor เป็นต้น

**ตัวประมวลผล (Central Processing Unit : CPU)**

ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์/ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ UPC จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตต่าง ๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาท์พุท เพิ่มเติม

**หน่วยความจำ (Memory)**

ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง ซึ่ง PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ ROM และ RAM

RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็ก ๆ ต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึงเหมาะกับงานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อย ๆ

ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของ ROM และ RAM ไว้ด้วยกัน

**ภาคเอาท์พุต (Output Section)**

ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น

สัญญาณที่ออกมาจากภาคเอาท์พุทของ PLC ไม่ว่าจะเป็นเอาท์พุตแสดงอุปกรณ์อินพุท (Input Devices) แบบรีเลย์ หรือทรานซิสเตอร์ ก่อนที่สัญญาณจะผ่านไปยังอุปกรณ์เอาท์พุทได้ต้องผ่าน Buffer Relay ก่อน จึงจะสามารถต่อเข้าโหลดได้ หรือต้องต่อผ่านวงจรไดร์ฟก่อน เช่น ถ้าต้องการสัญญาณเอาท์พุทไปควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน ต้องผ่านวงจรไดร์ฟก่อนเนื่องจากกระแสที่จ่ายออกมาจาก PLC มีค่าน้อยเกินไป เป็นต้น

**แหล่งจ่ายไฟ** (Power Section)

ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำและหน่วยอินพุท/เอาท์พุท

**2. โปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์**

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

การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม จะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟ หรือที่เรียกว่า Hard – Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด – สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้า

น้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร (ธีรศิลป์ ทุมวิภาค และสุภาพร จำปาทอง, 2547)

2.1 การใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์

PLC สามารถใช้ซอฟต์แวร์ของคอมพิวเตอร์เพื่อทำหน้าที่ได้หลาย ๆ อย่าง เช่น ใช้ซอฟแวร์ทำการป้อนโปรแกรม แก้ไขข้อมูล ดูการทำงานของโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เป็นต้น

รูปที่ 2.4 การใช้ซอฟแวร์เพื่อปฏิบัติการต่าง ๆ ใน PLC

ที่มา (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2542, หน้า 24)

2.2 การเรียกชื่ออุปกรณ์ควบคุม

จะเรียกชื่อตัวควบคุมตัวนี้ว่า PLC หรือ PC ถูกต้องกว่า

จากหลักการพื้นฐานแล้ว อุปกรณ์ควบคุมตัวนี้จะทำงานในลักษณะเลขฐานสอง คือ “ปิด” หรือ “เปิด “ON” หรือ “OFF” หรือสัญญาณลอจิก (Logic) เท่านั้น แต่ปัจจุบันนี้ไม่ได้เป็นเช่นนั้นต่อไปอีกแล้วคือ สามารถรับและส่งสัญญาณอินพุต (Input) แบบต่อเนื่อง หรือสัญญาณอนาล็อก (Analog) ได้ ดังนั้นการเรียกชื่อว่า PLC จึงไม่น่าถูกต้อง ควรเรียกว่า PC ถึงจะถูกต้องกว่า (ตัว L ในตัวย่อ PLC มาจากคำว่า Logic) อย่างไรก็ตาม เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนของคำว่า PC ที่เป็นชื่อเรียกของ Personal Computer จึงยังคงเรียกเป็น PLC เช่นเดิม

2.3 คอมพิวเตอร์กับพีแอลซี

PLC เป็นคอมพิวเตอร์เฉพาะประเภทหนึ่ง จึงมีโครงสร้างเหมือนคอมพิวเตอร์ แต่มีข้อแตกต่างกันดังต่อไปนี้

2.3.1 PLC ถูกออกแบบให้มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ความร้อน ความหนาว ระบบไฟฟ้ารบกวน การสั่นสะเทือน การกระแทก

2.3.2 การใช้โปรแกรมของ PLC จะไม่ยุ่งยากเหมือนของคอมพิวเตอร์ PLC จะมีระบบตรวจสอบตัวเอง ทำให้ใช้งานได้ง่ายและบำรุงรักษาง่าย

2.3.3 PLC ทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้เพียงโปรแกรมเดียว ทำให้ไม่ยุ่งยาก ส่วนคอมพิวเตอร์จะทำงานที่โปรแกรมหลาย ๆ โปรแกรมพร้อมกัน จึงมีความยุ่งยาก

2.3.4 PLC ใช้ควบคุมกระบวนการผลิตทุกชนิด ทั้งแบบอนาล็อก และแบบลอจิก (ON – OFF)

2.4 ความสามารถของพีแอลซี

PLC สามารถควบคุมงานได้ 3 ลักษณะ คือ

2.4.1 งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง (Sequence Control) ตัวอย่างเช่น

(1) การทำงานของระบบรีเลย์

(2) การทำงานของไทเมอร์ เคาน์เตอร์

(3) การทำงานของ P.C.B Card

(4) การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ หรืองานที่เป็นกระบวนการทำงานของเครื่องจักรกลต่าง ๆ

2.4.2 งานควบคุมสมัยใหม่ (Sophisticated Control) ตัวอย่างเช่น

(1) การทำงานทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร

(2) การควบคุมแบบอนาล็อก (Analog Control) เช่น การควบคุมอุณหภูมิ (Temperature) การควบคุมความดัน (Pressure) เป็นต้น

(3) การควบคุม P.I.D. (Proportional – Intergral – Derivation)

(4) การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ (Servo – motor Control)

(5) การควบคุม Stepper – motor

(6) Information Handling

2.5 การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ (Supervisory Control) ตัวอย่างเช่น

2.5.1 งานสัญญาณเตือน (Alarm) และ Process Monitoring

2.5.2 Fault Diagnostic and Monitoring

2.5.3 งานต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์ (RS-232C/RS422)

2.5.4 Printer/ASCII Interfacing

2.5.5 งานควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม (Factory Automation Networking)

2.5.6 LAN (Local Area Network)

2.5.7 WAN (Wide Area Network)

2.5.8 FA., FMS., CIM. เป็นต้น

2.6 การทำงานของพีแอลซี

เครื่องจักรที่ควบคุมด้วย PLC จะมีความสามารถเขียนโปรแกรมการทำงานของเครื่องจักร และมีความยืดหยุ่นในการเขียนโปรแกรม เช่น การเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพิ่มเติมก็สามารถกระทำได้ ซึ่งรวมถึงมีไทเมอร์ (Timer) เคาน์เตอร์ (Counter) หรือคำสั่งพิเศษต่าง ๆ เช่น MOV Data และอื่น ๆ อีกมากมายเพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ภายนอก ไม่ว่าจะเป็นมอเตอร์ โซลีนอยด์ (Solenoid) หลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการติดต่อสื่อสารระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันหรืออาจจะติดต่อกับจอชนิดสัมผัส (Touch Screen) เพื่ออำนวยความสะดวกต่อสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุต ยิ่งไปกว่านั้นการติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อให้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม PLC อีกทีหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ขีดความสามารถในการควบคุมสูงขึ้นอีก

2.7 ขั้นตอนการใช้พีแอลซี

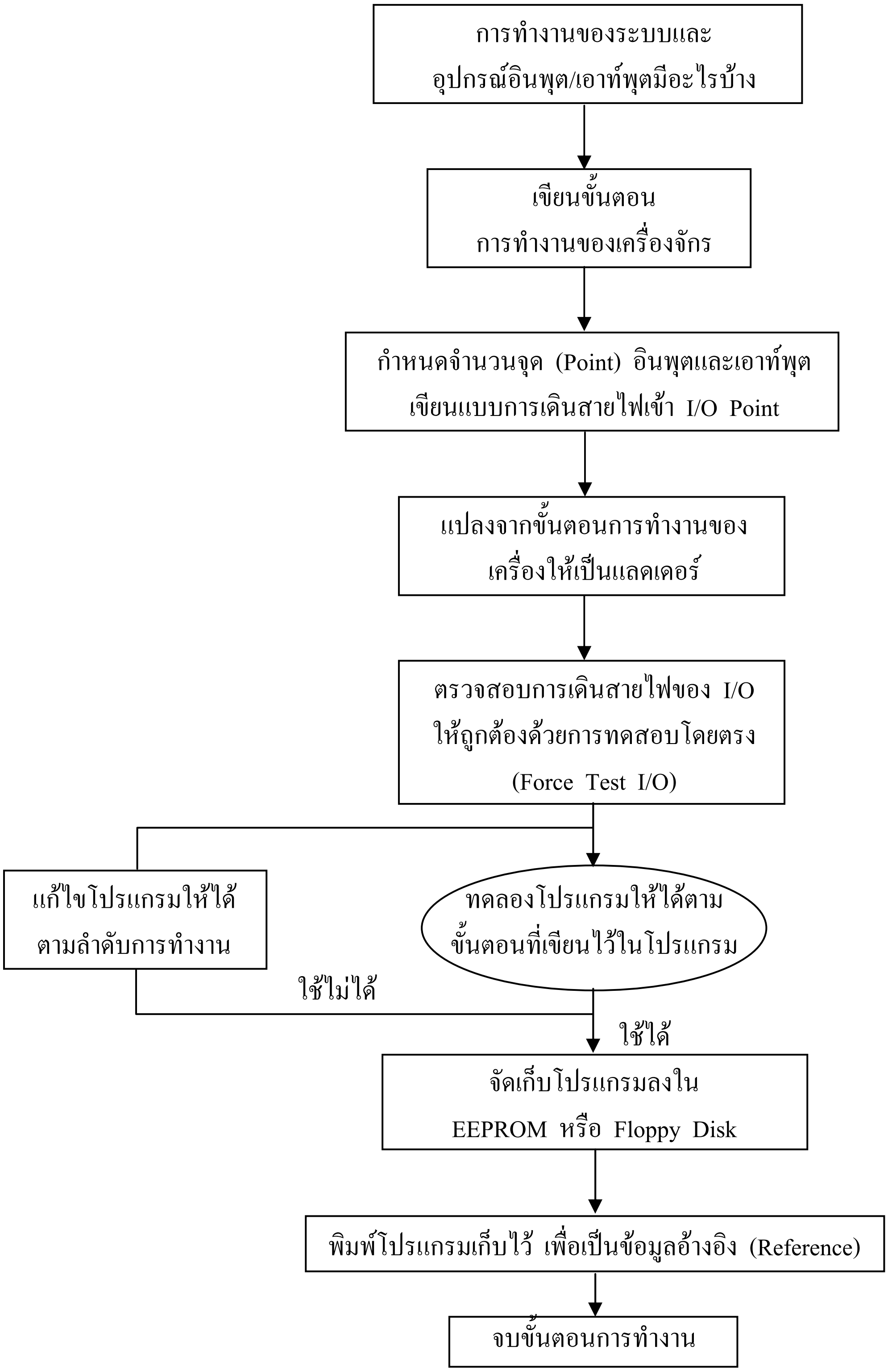
2.7.1 กำหนดขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

2.7.2 กำหนดอินพุตและเอาต์พุตคือการกำหนด Address ของสวิทซ์กดปุ่ม (Push Button) หรือแมกเนติก (Magnetic) ว่าอยู่ในแชนแนลที่เท่าใด เช่น สวิทซ์กดปุ่ม (Push Button) จะต่อเข้าที่ขั้วต่อสาย (Terminal) 1 ก็คือ Bit 00 เป็นต้น

2.7.3 เดินสายไฟจากอินพุตเข้าที่ขั้นต่อสายด้านอินพุต (Input Terminal) และจากขั้วต่อสายด้านเอาต์พุต (Output Terminal) เข้าที่โหลด (Load) หรือรีเลย์ (Buffer)

2.7.4 เขียนโปรแกรมลงใน CPU ของ PLC เขียนตามขั้นตอนการทำงานของเครื่อง อาจจะเป็นในรูปของนีมอนิก (Mnemonic) หรือแลดเดอร์ก็ได้

2.7.5 การให้ PLC ทำงานตามโปรแกรม และการมอมิเตอร์ (Monitor) โปรแกรม หลังจากการเขียนโปรแกรมจบแล้ว สั่ง (Run) คือให้เครื่องจักรทำงานตามขั้นตอนที่เขียนไว้ในโปรแกรมตามต้องการ และดูสภาวะการทำงานที่หน้าจอ (Monitor)




รูปที่ 2.5 แผนผังการใช้ PLC

ที่มา (ธีรศิลป์ ทุมวิภาค และสุภาพร จำปาทอง, 2547, หน้า 65)

2.8 การนำพีแอลซีไปใช้งานกับระบบควบคุมอัตโนมัติ

ในระบบควบคุมอัตโนมัติ ส่วนที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม เพื่อปรับตั้งและสั่งงานให้ระบบทำงานได้อย่างอัตโนมัติตามต้องการ อาจเป็นอุปกรณ์จำพวก ไมโครคอนโทรลเลอร์ คอมพิวเตอร์ หรือ PLC การเลือกใช้งานอุปกรณ์ควบคุมในแต่ละแบบจะขึ้นอยู่กับลักษณะและระบบที่ต้องการควบคุม ซึ่งอุปกรณ์ที่กล่าวมานี้จะต้องสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกอื่น ๆ ได้ เช่นการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่รับและส่งสัญญาณแบบอะนาลอก เพื่อให้การควบคุมเป็นไปอย่างอัตโนมัติ

เราสามารถนำ PLC ไปใช้งานในระบบควบคุมอัตโนมัติได้ทุกระบบ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ควบคุมที่มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นระบบควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมความดัน ควบคุมการไหล ควบคุมระดับ หรือระบบอื่น ๆ เพียงแต่ต้องเลือกใช้งาน PLC ร่วมกับหน่วยอินพุต/เอาท์พุตให้ถูกต้อง เช่น ในระบบควบคุมอุณหภูมิสามารถเลือกใช้งาน PLC กับ Temperature Control Unit หรือจะใช้ PLC ร่วมกับหน่วยอินพุต/เอาท์พุตแบบอะนาลอกเพื่อรับสัญญาณจาก Temperature Sensor เช่น เทอร์โมคัปเปิล อาร์ทีดีดีที่ให้สัญญาณเป็นอะนาลอกก็สามารถทำได้

**หน่วยความจำ** PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำชนิด ROM ทำหน้าที่เก็บข้อมูลสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC และ RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ สำหรับหน่วยความจำชนิด ROM และ RAM ได้อธิบายไว้ในเนื้อหาเรียนรู้ PLC ขั้นต้นด้วยตนเอง ในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของหน่วยความจำอีกชนิดหนึ่ง คือ EEPROM สำหรับหน่วยความจำชนิดนี้จะติดตั้งอยู่บน Memory Cassette และ Flash Memory ที่อยู่ภายนอกของ PLC สามารถใช้ในการคัดลอกข้อมูล

1. EPROM (Erasable Programmable Read - only Memory) หน่วยความจำชนิดนี้จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบข้อมูล มีข้อดีตรงที่ข้อมูลจะไม่สูญหายแม้ไฟจะดับ จะลบข้อมูลต้องใช้แสงอัลตราไวโอเลต (Ultra – Violet) เท่านั้น และจะทำการเขียนข้อมูลลงไปได้โดยใช้เครื่องอัดโปรแกรม (PROM Writer) จึงเหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลบ่อย ๆ เช่น การเก็บสำรองโปรแกรมต้นฉบับ (Backup Original Program)

2. EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read - only Memory) หน่วยความจำชนิดนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบข้อมูล โดยถ้าต้องการลบข้อมูลก็ใช้ไฟฟ้าลบออกได้ จะรวมคุณสมบัติที่ดีของทั้ง RAM และ EPROM เอาไว้ด้วยกัน คือใช้วิธีการ

ทางไฟฟ้าเหมือนกับ RAM แต่การเข้าถึง (Access) ข้อมูลจะช้ากว่า นอกจากนั้นก็ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟเมื่อไฟดับ แต่ราคาจะแพงกว่าหน่วยความจำแบบอื่น

สำหรับหน่วยความจำแบบ EPROM และ EEPROM เป็นหน่วยความจำที่จะติดตั้งเพิ่มมาในส่วนของ Memory Cassettes ซึ่งเป็นอุปกรณ์เสริมพิเศษ (Optional) จะใช้หรือไม่ใช้ก็ได้

รูปที่ 2.6 หน่วยความจำแบบ EPROM และ EEPROM
ที่มา (ธีรศิลป์ ทุมวิภาค และสุภาพร จำปาทอง, 2547, หน้า 87)

**3. ระบบนิวแมติกส์**

คำว่า pneumatics เป็นคำที่มาจากภาษากรีก คือ pneuma มีความหมายว่า “ก๊าซที่มองไม่เห็น” ในสมัยนั้นรู้จักนิวแมติกส์เพียงหมายถึงการไหลของอากาศเท่านั้น แต่ในปัจจุบันนิวแมติกส์ หมายถึง ระบบที่ใช้อากาศอัดส่งไปตามท่อลมเพื่อเป็นตัวกลางการถ่ายทอดกำลังของไหลให้เป็นกำลังงานกล เช่น การทำให้กระบอกสูบลมหรือมอเตอร์ทำงาน ตัวอย่างงาน เช่น งานบรรจุหีบห่อสินค้า งานขนถ่ายวัสดุเครื่องมือลมทุกชนิดและการจับ ยึด เจาะ อัดปั๊ม ขึ้นรูปในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร (2541, หน้า 11) ได้กล่าวว่า ระบบนิวแมติกส์จะต้องมีอุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานดังนี้

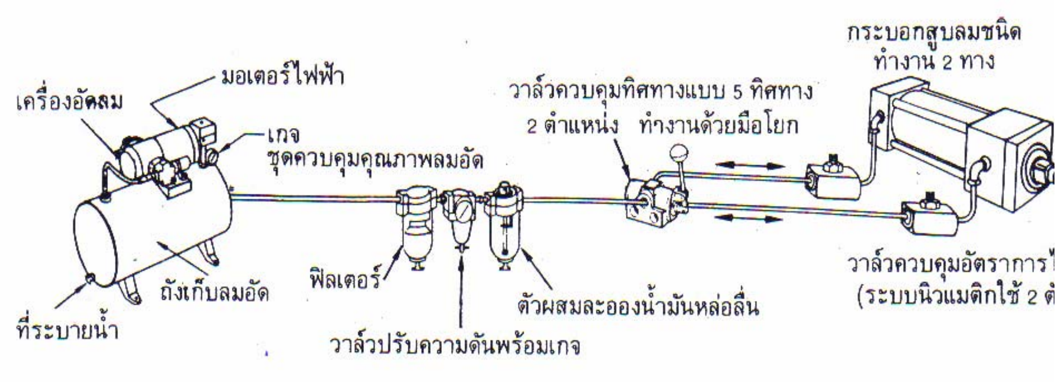
อุปกรณ์ต้นกำลังนิวแมติกส์ (Power Unit)

อุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพลมอัด (Treatment Component)

อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน (Controlling Component)

อุปกรณ์การทำงาน (Actuator or Working Component)

อุปกรณ์ในระบบท่อทาง (Piping System)




รูปที่ 2.7 อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบนิวแมติกส์
ที่มา (ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร, 2541, หน้า 10)

**1. อุปกรณ์ต้นกำลังนิวแมติกส์** ทำหน้าที่สร้างลมอัดที่มีคุณภาพเพื่อใช้ในงานระบบนิวแมติกส์ประกอบด้วย

**2. อุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพลมอัด** ทำให้อากาศอัดปราศจากฝุ่นละอองคราบน้ำมันและน้ำก่อนที่จะนำไปใช้ในระบบนิวแมติกส์ ประกอบด้วยกรองลมอัด (Air Filter) วาล์วปรับความดันพร้อมเกจ (Pressure Regulator) อุปกรณ์ผสมละอองน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator Oiler)

**3. อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน** หมายถึง ลิ้นควบคุมชนิดต่าง ๆ ในระบบนิวแมติกส์ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการเริ่มและหยุดการทำงานของวงจร ควบคุมทิศทางการไหลของลมอัด ควบคุมอัตราการไหลของลมอัดและควบคุมความดัน

**4. อุปกรณ์การทำงาน** ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังกล เช่น กระบอก สูบลมชนิดต่าง ๆ และมอเตอร์ลม

**5. อุปกรณ์ในระบบท่อทาง** ใช้เป็นท่อทางไหลของลมอัดในระบบนิวแมติกส์ระบบท่อนี้รวมถึงท่อส่งลมอัดและข้อต่อชนิดต่าง ๆ ด้วย

## 4. ระบบไฮดรอลิกส์

คำว่า hydraulics มาจากคำในภาษากรีก 2 คำ คือ hydro หมายถึง น้ำ และ aulis ซึ่งหมายถึง ท่อ (Pipe) เดิมคำว่า hydraulics จึงหมายถึงเฉพาะการไหลของน้ำในท่อเท่านั้น แต่ปัจจุบันคำนี้หมายถึงการไหลของของเหลวทุกชนิดที่ใช้ในระบบเพื่อเป็นตัวกลางการถ่ายทอดกำลังงานในการเปลี่ยนแปลงกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล คือ ทำให้กระบอกสูบไฮดรอลิกส์และมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ทำงาน ตัวอย่างงานเช่น ระบบเบรกในรถยนต์ แม่แรงไฮดรอลิกส์ เครื่องอัด

เกียร์อัตโนมัติ เครน กว้าน รถแทรกเตอร์และเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร (2541, หน้า 11) ได้กล่าวว่า ระบบไฮดรอลิกส์จะต้องมีอุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานดังนี้

อุปกรณ์ต้นกำลังไฮดรอลิกส์ (Primary Component)

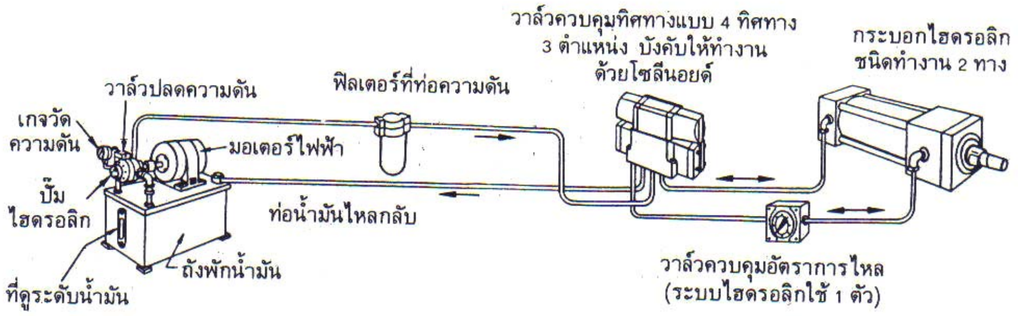
อุปกรณ์เก็บและปรับปรุงคุณภาพน้ำมันไฮดรอลิกส์ (Storage and Treatment Component)

อุปกรณ์สร้างการไหล (Transferring Component)

อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน (Controlling Component)

อุปกรณ์การทำงาน (Actuator or Working Component)

อุปกรณ์ในระบบท่อทาง (Piping System)




รูปที่ 2.8 อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์

ที่มา (ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร, 2541, หน้า 12)

**1. อุปกรณ์ต้นกำลังไฮดรอลิกส์** ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกส์เพื่อส่งจ่ายให้แก่ระบบไฮดรอลิกส์ ประกอบด้วยเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า

**2. อุปกรณ์เก็บและปรับปรุงคุณภาพน้ำมันไฮดรอลิกส์** ทำหน้าที่เป็นที่พักของน้ำมัน ขจัดสิ่งสกปรก ขจัดฟองอากาศ และระบายความร้อนของน้ำมันไฮดรอลิกส์ ประกอบด้วยถังพักน้ำมัน ไฮดรอลิกส์ ไส้กรองน้ำมันไฮดรอลิกส์ และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ที่ใช้กับถังพักน้ำมัน

**3. อุปกรณ์สร้างการไหล** ทำหน้าที่สร้างอัตราการไหล ประกอบด้วยปั๊มไฮดรอลิกส์ชนิดต่าง ๆ

**4. อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน** หมายถึง วาล์วควบคุมชนิดต่าง ๆ ในระบบไฮดรอลิก เช่น วาล์วควบคุมทิศทางการไหล ใช้ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของก้านสูบ วาล์วควบคุมอัตราการไหลใช้จำกัดปริมาณน้ำมันที่เข้าลูกสูบเพื่อควบคุมความเร็วของก้านสูบ วาล์วควบคุมความดันใช้ควบคุมความดันในระบบ

**5. อุปกรณ์การทำงาน** ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล เช่น กระบอกสูบไฮดรอลิกส์หรือมอเตอร์ไฮดรอลิกส์

**6. อุปกรณ์ในระบบท่อทาง** ทำหน้าที่เป็นท่อทางการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกส์ในระบบประกอบด้วยแป๊ป (Pipe) ท่อ (Tube) สายน้ำมันไฮดรอลิกส์ (Hoses) ข้องอ (Bendling) และข้อต่อชนิดต่าง ๆ (Fittings)

## 5. ระบบไฮดรอนิวแมติกส์

ระบบนิวแมติกส์ใช้ในการขับเคลื่อนงานที่ต้องการความเร็วสูง แต่ต้องการแรงไม่สูงมากนัก เช่น ไม่เกิน 3,000 กิโลกรัมแรง ถ้าให้ได้แรงเกินกว่านี้จะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานมากเมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่น ซึ่งณรงค์ ตันชีวะวงศ์ (2547, หน้า 145 – 148) กล่าวว่า ระบบนิวแมติกส์อาจมีข้อได้เปรียบในการใช้งานหลายกรณี แต่ในงานเครื่องมือกลบางอย่างซึ่งต้องใช้การขับเคลื่อนงานอย่างช้า ๆ แต่มั่นคงสม่ำเสมอจะใช้ระบบนิวแมติกส์โดยตรงไม่ได้ เนื่องจากลมมีคุณสมบัติหยุ่นตัวได้ ต่างกับระบบไฮดรอลิกส์ ซึ่งให้ความเร็วในการป้อนงานได้อย่างสม่ำเสมอ แต่ถ้าหากใช้ระบบไฮดรอลิกส์โดยตรงก็จะเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากในกรณีที่ไม่ต้องการแรงสูงมากนัก ดังนั้นจึงมีการผนวกข้อดีของระบบไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์เข้าด้วยกันโดยใช้ลมเป็นพลังงานขับเคลื่อนและใช้น้ำมันเป็นตัว ควบคุมความเร็วจะทำให้ได้งานที่ให้แรงไม่สูงนัก แต่สามารถปรับความเร็วให้มั่นคงและสม่ำเสมอได้

**การใช้ลมบังคับน้ำมัน**

การใช้วงจรผสมระหว่างระบบนิวแมติกส์และระบบไฮดรอลิกส์มีข้อได้เปรียบกว่าการใช้พลังงานใดพลังงานหนึ่งเพียงชนิดเดียววงจรนี้มีชื่อเรียกกันทั่วไปว่า วงจร “ลมบนน้ำมัน” (Air Over Oil) โดยใช้ลมอัดดันลูกสูบและบังคับความเร็วโดยการปรับอัตราการไหลของน้ำมัน

การทำงานทำได้โดยการใช้ถังปิดมิดชิดใส่น้ำมันลงไปจำนวนหนึ่งและใช้ลมป้อนเข้าถังนี้ทางด้านบน ผลักน้ำมันให้ไหลออกทางด้านล่างของถังแล้วส่งเข้ากระบอกสูบ ความดันน้ำมันในกระบอกสูบจะเท่ากับความดันลมที่ป้อนเข้าถัง ฉะนั้นแรงที่ได้จากการทำงานทั้งการใช้ลมโดยตรงและใช้ลมดันน้ำมันจะเท่ากัน แต่ต่างกันที่ถ้าใช้ลมร่วมกับน้ำมันจะสามารถบังคับการไหลได้ดีกว่าเพราะน้ำมันไม่มีการหยุ่นตัวเหมือนลมอัด ตัวอย่างของหลักการทำงานนี้คือ

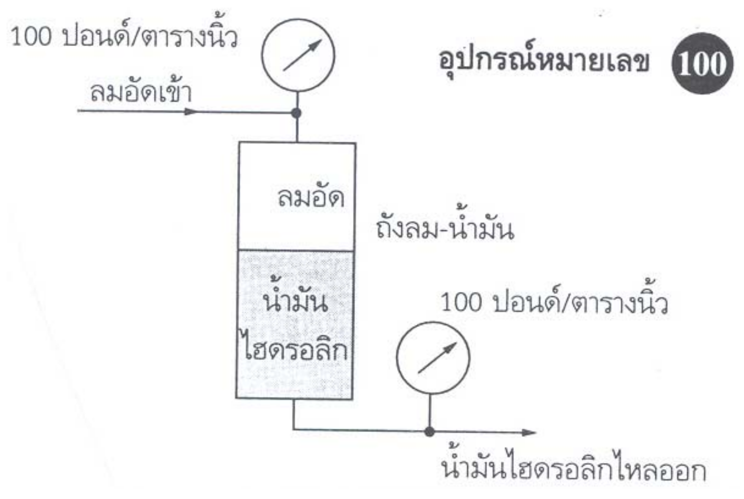
1. ก้านสูบจะเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ แต่มั่นคง และไม่เกิดการกระตุก

2. สามารถบังคับให้หยุดที่จุดต่าง ๆ ระหว่างช่วงชักได้อย่างแม่นยำ

3. ในงานเครื่องมือกลสามารถหยุดการป้อนมีดได้อย่างทันที ณ ตำแหน่งที่ต้องการ

เมื่อต้องการบังคับกระบอกสูบขนาดใหญ่ให้หยุดระหว่างช่วงชัก ถ้าเป็นกระบอกสูบลมแล้วจะไม่สามารถบังคับให้หยุดในตำแหน่งที่ต้องการได้และถ้าหลังจากการหยุดแล้วโหลดมีการเปลี่ยนแปลงก็จะไม่สามารถค้างที่ตำแหน่งนั้นได้ ตัวอย่างของการใช้งานในระบบนี้ที่เห็นได้ชัด ได้แก่ งานเลื่อนลิ้นงานป้อนมีดต่าง ๆ ในงานเครื่องมือกล เช่น งานกลึง เจาะ กัด ฯลฯ จะป้อนงานได้อย่างราบเรียบถึงแม้จะมีความเร็วช้าก็ตาม การกระตุกขณะป้อนชิ้นงานก็ไม่เกิดขึ้น ในกรณีเช่นนี้หากใช้ระบบไฮดรอลิกส์โดยตรงก็จะเป็นการสิ้นเปลืองเพราะต้องมีแหล่งพลังงาน (Power Source) ของระบบไฮดรอลิกส์อีกทั้งงานชนิดนี้ไม่ต้องการแรงของกระบอกสูบมากนัก การใช้ลมอัดดันน้ำมันนี้ไม่สามารถใช้ได้ผลในทุกกรณีเพียงแต่ช่วยเพิ่มความมั่นคงของพลังงาน และประหยัดกว่าการใช้ระบบไฮดรอลิกส์โดยตรง กระบอกสูบที่ใช้ในระบบนี้เป็นกระบอกสูบลมชนิดใช้ซีลลูกสูบแบบป้องกันการรั่วได้ดีเป็นพิเศษเพื่อป้องกันการรั่วของน้ำมันไอดรอลิกส์ดังรูปที่ 2.9

**วงจรลมดันน้ำมัน**




ภาพที่ 2.9 หลักการทำงานของระบบลมดันน้ำมัน

ที่มา (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2547, หน้า 146)

ระบบลมดันน้ำมันใช้หลักการเช่นเดียวกับระบบลมอัดโดยตรง แต่ใช้การบังคับการไหลของ น้ำมันเพื่อให้ก้านสูบเลื่อนได้อย่างมั่นคง ระบบที่มีการใช้ลมโดยตรงอยู่แล้วสามารถเปลี่ยนมาใช้ระบบลมดันน้ำมันได้โดยติดตั้งถังน้ำมันระหว่างวาล์วบังคับทิศทางและกระบอกสูบ หากใช้ลมความดัน 6 บาร์ จะได้น้ำมันความดัน 6 บาร์เช่นกัน โดยไม่เกิดการสูญเสียความดันเลย ระบบน้ำมันแบ่งออกเป็นชนิดถังเดี่ยวและถังคู่

**6. เครื่องอัดลม**

ระบบนิวแมติกส์ มีความจำเป็นมากที่จะต้องใช้ลมอัด เพราะต้องใช้ลมอัดไปควบคุมการทำงานในระบบและตัวที่ผลิตลมอัดนี้คือ เครื่องอัดลม ซึ่งจะทำการอัดลมหรืออากาศเข้าไปเก็บไว้ในถังเก็บลม โดยเครื่องอัดลมจะเปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกล ซึ่งจะอัดลมจากความดันปกติไปถึงความดันสูง แล้วนำเอาลมอัดที่อัดไว้ไปเก็บที่ถังพักลม ส่วนการนำไปใช้งานนั้นต้องผ่านเข้าไปชุดปรับปรุงคุณภาพลมอัด เนื่องจากอากาศที่ถูกอัดที่มีความดันสูงจึงจำเป็นต้องปรับความดันลมอัดให้มีความเหมาะสมกับอุปกรณ์ใช้งานในระบบนิวแมติกส์ความดันของลมอัดที่นำไปใช้งานมีตั้งแต่ 4 – 15 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตรขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการว่าจะนำไปใช้กับงานชนิดใด ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของเครื่องอัดลมไว้ดังนี้

มนูญ ชื่นชม (2544, หน้า 7) ได้กล่าวว่า เครื่องอัดลมทำหน้าที่เป็นแหล่งผลิตพลังงานทางนิวแมติกส์โดยเพิ่มความดันให้อากาศ เครื่องอัดลมจะใช้พลังงานไฟฟ้าในการหมุนมอเตอร์ที่ใช้อัดลม เครื่องอัดลมถูกออกแบบขึ้นเพื่อทำการอัดลมที่ความดันบรรยากาศให้ได้ 1 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร เรียกว่า “โบลเวอร์” (Blower) ส่วนเครื่องอัดลมที่ให้ความดันลมน้อยกว่า 0.1 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตรนั้นเรียกว่า “พัดลม” (Fan) โดยทั่วไประบบนิวแมติกส์จะใช้เครื่องอัดลมเป็นต้นกำลัง

เครื่องอัดลมแบบลูกสูบชัก ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางเพราะเครื่องอัดลมแบบนี้ไม่ใช่อัดได้เฉพาะความดันต่ำและความดันปานกลางเท่านั้น แต่สามารถอัดให้ความดันสูง ๆ ได้ และดูดลมได้มากถึง 400 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 จังหวะดูดและส่งลดอัด

ที่มา (ปรวิตร ลิมปวัฒนะ, 2540, หน้า 34)

ถ้าต้องการอัดให้ได้ความดันสูง ๆ ควรเลือกใช้เครื่องอัดอากาศลูกสูบชักแบบอัดหลายขั้น (Multistage Compressor) อากาศจะถูกอัดเข้าโดยลูกสูบแรกและมีการหล่อเย็นภายในก่อนจะถูกอัดขั้นต่อไป ปริมาตรของกระบอกสูบที่สองจะเล็กกว่าในลักษณะของอัตราส่วนการอัด ความร้อนจะเพิ่มสูงขึ้นอีกในขณะอัด และต้องมีการลดความดันโดยการหล่อเย็นในระบบดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 เครื่องอัดลมแบบลูกสูบชัก

ที่มา (ปรวิตร ลิมปวัฒนะ, 2540, หน้า 38)

ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องอัดลมแบบลูกสูบชัก ใช้มอเตอร์ขนาด 0.33 แรงม้า ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ ที่ความเร็วของมอเตอร์ 1,440 รอบต่อนาที เป็นตัวต้นกำลังสามารถผลิตความดันของลมอัดได้ตั้งแต่ 7 – 20 บาร์ ที่อัตราการไหล 55 ลิตรต่อนาที มีขายตามท้องตลาดทั่วไป

ประวิตร ลิมปะวัฒนะ (2540, หน้า 33) ได้ให้ความเห็นว่าเครื่องอัดลมมีหน้าที่อัดอากาศให้มีความดันสูงขึ้นตามความต้องการจะขึ้นอยู่กับลักษณะงานและต้องพิจารณาถึงความดันใช้งานและปริมาณการจ่ายลมด้วย

จะเห็นได้ว่าเครื่องอัดลมเป็นแหล่งพลังงานที่เป็นตัวเพิ่มความดันอากาศ ให้มีความดันสูงและจ่ายไปยังแหล่งที่ต้องการนำไปใช้งาน โดยอาศัยมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวช่วยให้เครื่องอัดลมทำงาน

ข้อดีของลมอัด

1. ทนต่อการระเบิด ลมอัดไม่มีอันตรายจากการระเบิดหรือติดไฟ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ราคาแพงสำหรับป้องกันการระเบิด

2. รวดเร็ว ลมอัดมีความรวดเร็วในการทำงานสูงลูกสูบลมมีความเร็วในการทำงาน 1 ถึง 2 เมตรต่อวินาที ถ้าเป็นลูกสูบแบบพิเศษสามารถให้ความเร็วในการทำงานได้ถึง 10 เมตรต่อวินาที

3. การส่งถ่ายง่าย การส่งลมอัดไปตามท่อในระยะทางไกล ๆ สามารถทำได้ง่ายและลมอัดที่ใช้แล้วไม่ต้องนำกลับปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศได้เลย

4. เก็บรักษาได้ง่าย ลมอัดสามารถกักเก็บไว้ในถังเก็บลมได้ง่าย ดังนั้นอุปกรณ์ทำงานสามารถทำงานได้ต่อเนื่องจากการใช้ลมอัดนี้

5. ความปลอดภัยจากงานเกินกำลัง อุปกรณ์ที่ใช้กับระบบลมอัดจะไม่เกิดการเสียหายถึงแม้ว่างานจะเกินกำลัง (Over Load)

6. การควบคุมอัตราความเร็ว ความเร็วของลูกสูบสามารถปรับได้ง่าย ๆ ตามต้องการโดยใช้วาล์วควบคุมอัตราไหลของลม

7. การควบคุมความดัน ความดันของลมอัดที่ต้องการสามารถควบคุมได้ง่าย ๆ โดยใช้วาล์วควบคุมความดัน

8. สะอาด ลมอัดมีความสะอาดทำให้อุปกรณ์และเครื่องมือสะอาดหมดจด

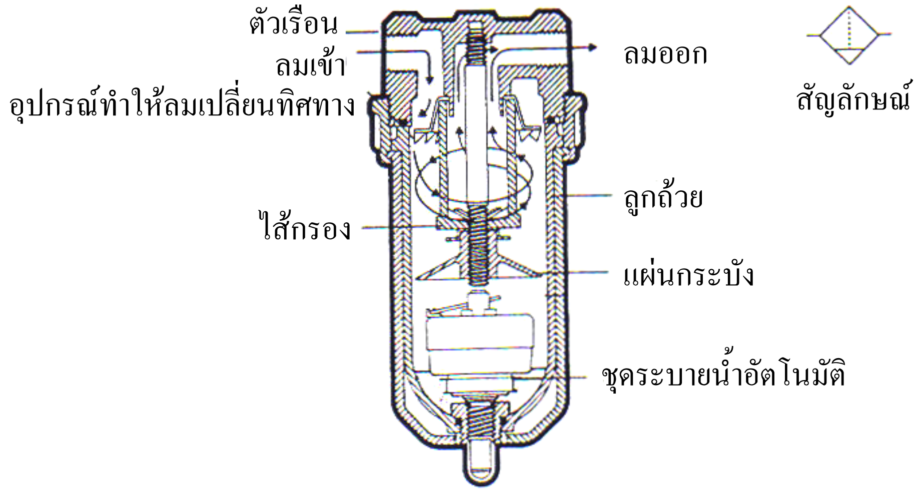
9. โครงสร้างง่าย ๆ เช่น ลูกสูบลม จะมีโครงสร้างง่าย ๆ ธรรมดามีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงจะไม่มีกลไกยุ่งยาก ส่วนอื่น ๆ เช่น แขนเหวี่ยง เยื้องศูนย์ เพลาเกลียวและอื่น ๆ

10. การตั้งค่าระยะช่วงชัก โดยการปรับระยะหยุดหรือช่วงชักของลูกสูบทำให้สามารถปรับระยะช่วงชักได้ทุกตำแหน่งจากน้อยสุดจนถึงมากสุดตามที่ต้องการ

11. อุณหภูมิขณะใช้งาน ลมอัดที่สะอาด (ปราศจากความชื้น) สามารถทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง

**7. ตัวกรองลมอัด**

เมื่อเครื่องอัดลมทำการอัดลมเพื่อให้มีความดันเพิ่มขึ้นนั้นลมที่ถูกเครื่องอัดลมดูดเข้าไปเพื่ออัดเก็บในถังเก็บลมนั้น จะมีส่วนผสมของมวลสารอื่น ๆ ด้วย เช่น ไอน้ำ ฝุ่นผง หรือมวลสารที่ล่องลอยในบริเวณที่เครื่องอัดลมทำงานอยู่ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเอามวลสารที่ไม่ต้องการเหล่านี้ออกจากลมอัด เพราะมวลสารและสิ่งสกปรกต่าง ๆ นี้จะเป็นตัวที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานของระบบนิวแมติกส์เสียหาย ทำงานติดขัดอายุการใช้งานสั้นลงได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.12

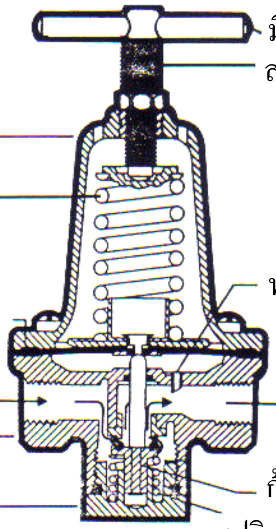


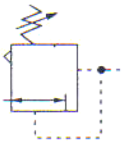

ภาพที่ 2.12 ตัวกรองลมอัด
ที่มา (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2547, หน้า 28)

ลมอัดไหลเข้ามาทางด้านท่อลมเข้า และไหลผ่านลงไปที่ตัวกรอง ลมอัดที่ไหลเข้ามาจะมีความดันสูง และต้องผ่านแผ่นกะบังบังคับการไหลทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ของลมอัดไปปะทะกับผนังของลูกถ้วย อากาศที่สะอาดก็จะไหลผ่านไส้กรองออกทางด้านท่อลมออก และสิ่งสกปรกก็จะติดอยู่ที่ไส้กรอง ส่วนละอองน้ำที่ติดอยู่ผนังของลูกถ้วย เมื่อสะสมกันมาก ๆ ก็จะไหลมารวมกันไปอยู่ด้านล่างของชุดกรองอากาศที่ด้านล่างของลูกถ้วยจะมีขีดจำกัด

ปริมาณละอองน้ำไม่ให้สูงเกินไป การระบายละอองน้ำออกสามารถทำได้โดยการระบายน้ำออกด้วยการหมุนสกรูที่ใต้ลูกถ้วยหรือติดตั้งตัวระบายน้ำอัตโนมัติที่ลูกถ้วยก็ได้

**8. วาล์วควบคุมความดันของลมอัด**



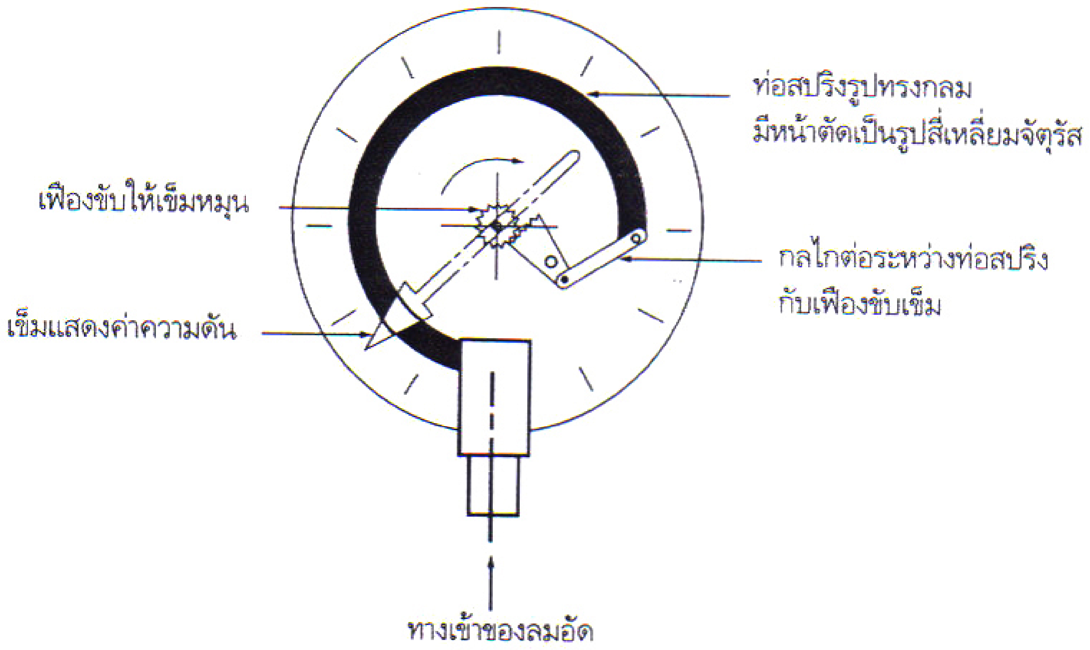




ภาพที่ 2.13 วาล์วควบคุมความดันของลมอัด
ที่มา (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2547, หน้า 28)

วาล์วควบคุมความดันจะทำหน้าที่ควบคุมความดันลมอัดให้คงที่ทางด้านออก เนื่องจากความดันลมอัดด้านเข้า จะมีความดันสูงหรือเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้ต้องใช้ชุดควบคุมความดันรักษาความดันให้คงที่ก่อนนำไปใช้งาน เพราะถ้าไม่มีการควบคุมความดันลมอัด โดยนำไปใช้งานจะทำให้อุปกรณ์นิวแมติกส์ชำรุดเสียหายได้ หรืออายุการใช้งานของอุปกรณ์สั้นลง เพราะอุปกรณ์แต่ละชนิดจะบอกความดันลมอัดที่ใช้กับอุปกรณ์ทุกชนิด ตลอดจนอาจทำให้ระบบการทำงานของวงจรนิวแมติกส์ทำงานผิดพลาดได้ โดยปกติความดันลมอัดที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์ประมาณ 6 – 8 บาร์ ชุดควบคุมความดันสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ชุดควบคุมความดันชนิดไม่มีการระบายความดันสู่บรรยากาศ
2. ชุดควบคุมความดันชนิดมีการระบายความดันสู่บรรยากาศ

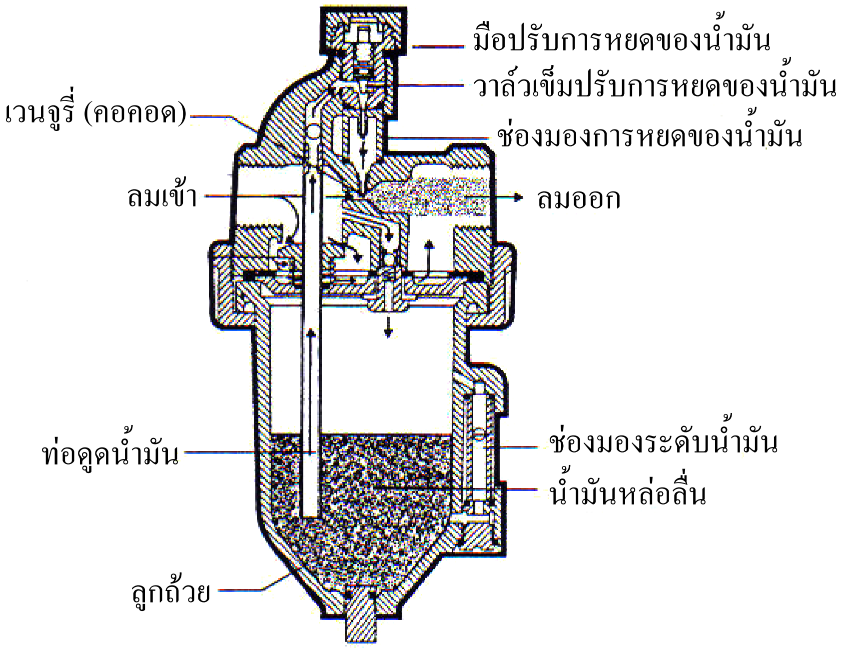
**9. เกจวัดความดันลมอัด**

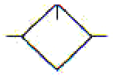



ภาพที่ 2.14 เกจวัดความดันลมอัด
ที่มา (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2547, หน้า 29)

เกจวัดความดันลมอัดใช้สำหรับวัดความดันในวงจรนิวแมติกส์ ปกติจะติดตั้งอยู่ทางออกของตัวควบคุมความดันลมอัด เกจวัดดันลมอัดดังรูปที่ 2.14 จะเป็นแบบท่อสปริงรูปทรงกลม โค้งงอในแนวรัศมี และมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นท่อกลวง ส่วนปลายข้างหนึ่งยึดติดกับช่องที่ให้ความดันลมอัดผ่านเข้ามาภายในขดสปริง เมื่อมีแรงดันของลมท่อสปริงรูปทรงกลมจึงยืดออกให้ท่อตรงส่วนปลายอีกด้านของท่อสปริงจะยึดติดกับชุดกลไกต่อระหว่างท่อสปริงกับเฟืองเข็ม กลไกเหล่านี้จะเพิ่มตัวแสดงการเคลื่อนไหวของท่อสปริงขด หรือบอกความดันภายในระบบนั่นเอง

**10. ชุดเติมน้ำมันหล่อลื่น**



สัญลักษณ์

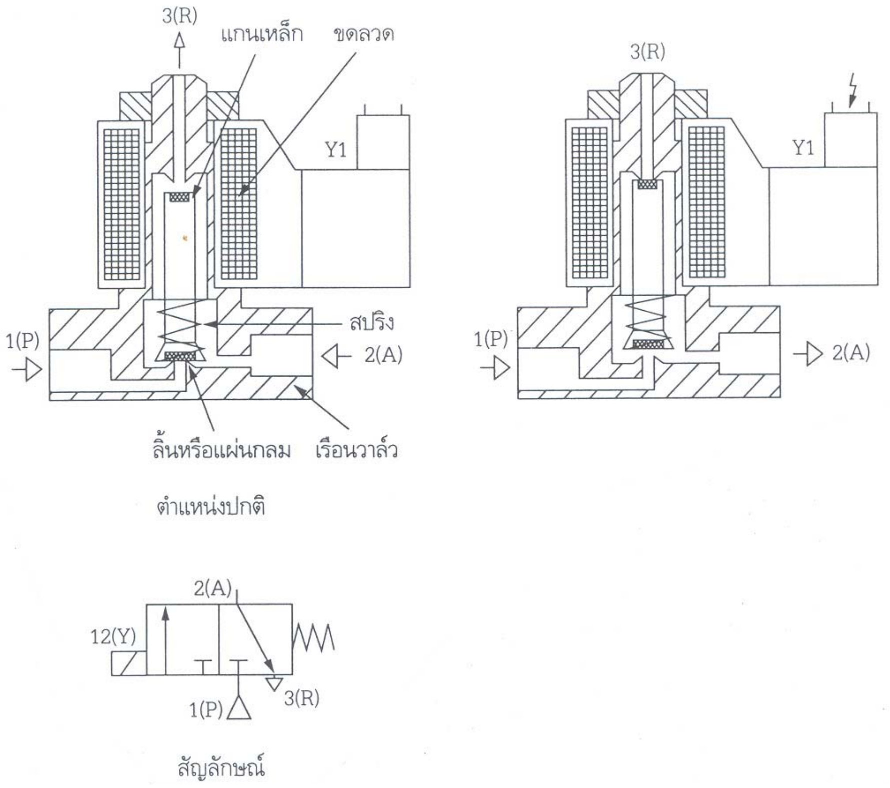
ภาพที่ 2.15 ชุดเติมน้ำมันหล่อลื่น
ที่มา (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2547, หน้า 30)

ชุดน้ำมันหล่อลื่นจะมีหน้าที่เป็นตัวจ่ายสารหล่อลื่นให้กับอุปกรณ์นิวแมติกส์ โดยจะปนไปกับลมอัดในการใช้งาน เพื่อลดการสึกหรอ และความฝืดของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น วาล์ว ข้อต่อ ลูกสูบ เป็นต้น

ชุดน้ำมันหล่อลื่นจะอาศัยหลักการของช่องแคบที่ความดันแตกต่างกันคือ ความเร็วของลมอัดที่ไหลผ่านช่องแคบมีความเร็วสูง จึงทำให้เกิดการดูดน้ำมันขึ้นมาผสมกับลมอัดที่ไหลผ่านเป็นละอองน้ำมันหล่อลื่น เพื่อนำไปใช้ในระบบหล่อลื่นอุปกรณ์ต่าง ๆ ต่อไป ดังรูปที่ 2.15 ในปัจจุบันส่วนมากอุปกรณ์นิวแมติกส์จะใช้วัสดุเทอร์โมพลาสติก (Thermopastic) แทนวัสดุชิ้นเก่า ทำให้ชุดน้ำมันหล่อลื่นไม่ค่อยมีบทบาทมากนักในปัจจุบัน และระบบการผลิตในอุตสาหกรรมบางประเภทไม่จำเป็นต้องใช้การหล่อลื่น เช่น อุตสาหกรรมผลิตอาหารและยา อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์

**11. วาล์วควบคุมทิศทาง**

วาล์วควบคุมทิศทาง 3/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง แสดงได้ดังรูปที่ 2.16




รูปที่ 2.16 วาล์วควบคุมทิศทาง 3/2 เลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า
เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง
ที่มา (ฐิฑารีย์ ถมยา, 2546, หน้า 123)

หลักการทำงาน

ตำแหน่งปกติ เมื่อยังไม่มีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า ก็จะยังไม่มีอำนาจแม่เหล็กสปริงจะดันให้ลิ้น 1(P) ปิด ลดจาก 2(A) ระบายออกทาง 3(R)

ตำแหน่งทำงาน เมื่อให้กระแสไฟไหลผ่านขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กดึงดูดแกนเหล็กเลื่อนลิ้นให้เคลื่อนที่เป็นผลทำให้ลิ้นเปิด ลมจาก 1(P) จะต่อถึง 2(A)

การนำไปทำงาน ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบทางเดียวโดยใช้วงจรควบคุมเป็นระบบไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์

**12. กระบอกสูบนิวแมติก**

กระบอกสูบนิวแมติกเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานของความดันลมซึ่งเกิดจากเครื่องอัดลมให้เป็นพลังงานกล แรงที่ได้จากกระบอกสูบจะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบและความดันลม สามารถแบ่งประเภทของกระบอกสูบออกได้เป็นการเคลื่อนที่ในแนวตรง (Linear) และการเคลื่อนที่แบบแกว่งไป-มาในแนวหมุน (Rotary)

รูปที่ 2.17 กระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว
ที่มา (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2545, หน้า 125)

กระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว ชนิดสปริงดันกลับ กระบอกสูบชนิดนี้จะมีรูลมเพียงรูเดียวใช้สำหรับให้ลมอัดเข้าดันลูกสูบให้วิ่งออก ส่วนจังหวะถอยกลับด้วยแรงของสปริงภายในกระบอกสูบ ดังนั้น การใช้งานของกระบอกสูบชนิดนี้จึงควรใช้ในจังหวะดันออกเท่านั้น เพราะจังหวะถอยกลับจะกลับด้วยแรงสปริง ถ้าหากโหลดมีมากกว่าแรงสปริงจะทำให้ก้านสูบหดกลับไม่ได้

รูปที่ 2.18 กระบอกสูบชนิดช่วงชักสั้น
ที่มา (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2545, หน้า 126)

ตารางที่ 2.2 แรงของกระบอกสูบชนิดช่วงชักสั้น

| แรงในทางทฤษฎี | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| กระบอกสูบทิศทางเดียว | | | | | | | (กิโลกรัมแรง) |
| | ขนาดกระบอกสูบ (มม.) | ความดันที่ใช้ (กก.แรง/ซม.$^2$) | | | แรงสปริงเริ่มต้น | แรงสปริงสิ้นสุด | โหลดในแนวแกนของก้านสูบสูงสุด |
| | | 3 | 5 | 7 | | | |
| ชนิดสปริงดันกลับ | 12 | 1.9 | 4.2 | 6.5 | 1.4 | 0.4 | 0.23 |
| | 16 | 4.5 | 8.5 | 12.5 | 1.5 | 0.6 | 0.61 |
| | 20 | 7.8 | 14.1 | 20.3 | 1.6 | 0.6 | 0.67 |
| | 25 | 12.6 | 22.4 | 32.2 | 2.1 | 1.1 | 1.63 |
| | 32 | 21.7 | 37.8 | 53.8 | 2.4 | 1.5 | 1.77 |
| | 40 | 34.5 | 59.7 | 84.8 | 3.1 | 1.3 | 1.77 |
| | 50 | 52.9 | 92.1 | 131.4 | 5.5 | 2.5 | 3.1 |
| ชนิดสปริงดันกลับ | 12 | 1.4 | 3.2 | 4.8 | 1.1 | 0.3 | 0.23 |
| | 16 | 2.4 | 5.4 | 8.4 | 2.1 | 0.4 | 0.61 |
| | 20 | 4.2 | 8.9 | 13.6 | 2.8 | 0.5 | 0.67 |
| | 25 | 8.3 | 15.8 | 23.4 | 3.0 | 1.0 | 1.63 |
| | 32 | 15.0 | 27.1 | 39.2 | 3.0 | 2.0 | 1.77 |
| | 40 | 28.6 | 49.1 | 70.8 | 3.0 | 2.0 | 1.77 |
| | 50 | 40.9 | 73.9 | 106.9 | 8.5 | 2.5 | 3.1 |

ที่มา (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2545, หน้า 89)

**13. อุปกรณ์ตรวจจับ**

อุปกรณ์ตรวจจับหรือเซนเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในการควบคุมการทำงานในงานอุตสาหกรรมค่อนข้างสูง โดยเฉพาะกระบวนการทำงานที่เป็นแบบอัตโนมัติ นั่นคือ จะใช้ทำหน้าที่ในการตรวจจับ หรือรับสัญญาณจากกระบวนการทำงาน หรืออุปกรณ์ทำงาน ซึ่งเป็นค่าทางฟิสิกส์หรือกายภาพต่าง ๆ เช่น ความร้อน แสง สี เสียง การเคลื่อนที่ ระยะทาง เป็นต้น แล้วเปลี่ยนสัญญาณเหล่านั้นให้อยู่ในรูปที่อุปกรณ์ควบคุมสามารถตอบสนองได้ ดังรูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 การใช้เซนเซอร์ในงานอุตสาหกรรม

ที่มา (พรจิต ประทุมสุวรรณ, ม.ป.ป., หน้า 140)

ในที่นี้เมื่ออุปกรณ์ควบคุมเป็นระบบทางไฟฟ้า เฉพาะฉะนั้นสัญญาณจากเซนเซอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการตรวจจับที่จะส่งให้กับระบบควบคุมก็ต้องเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าด้วย ซึ่งสัญญาณทางไฟฟ้าที่นำมาใช้กับระบบควบคุมสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะด้วยกันคือ

1. สัญญาณอนาล็อก
2. สัญญาณดิจิตอล
3. สัญญาณไบนารี่

**อ็อฟติกเซนเซอร์** (OPTIC SENSOR)

เซนเซอร์ประเภทนี้จะใช้แสงในการตรวจจับชิ้นงาน ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้แสงอินฟาเรดและแสงสีแดงโดยในที่นี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ด้วยกันคือ

**แบบแยกตัวรับและตัวส่ง** (THROUGH BEAM SENSOR)

อ็อฟติกเซนเซอร์ประเภทนี้จะแยกตัวรับและตัวส่งอยู่คนละตำแหน่งกัน แต่จะต้องอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน บางครั้งอาจเรียกเซนเซอร์ประเภทนี้ว่าเป็นแบบทางเดียว (One – Wey Light Barrier) ระยะทางที่ใช้ในการตรวจจับจะไกลกว่าประเภทอื่น ๆ

รูปที่ 2.20 การใช้งานของ THROUGH BEAM SENSOR
ที่มา (พรจิต ประทุมสุวรรณ, ม.ป.ป., หน้า 146)

**หมายเหตุ :** ในงานบางประเภทหรือบางลักษณะ อาจพบปัญหาในเรื่องของการติดตั้งเซนเซอร์ ความต้องการความแม่นยำค่อนข้างสูงในการตรวจจับ เพื่อตอบสนองความต้องการจึงมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการสนับสนุนการทำงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว คือ สายไฟอ็อพติกเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการนำและรับแสงไปยังสถานที่ที่ต้องการ

**14. เครื่องพิมพ์**

เครื่องพิมพ์คอมพิวเตอร์ เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ช่วยให้ชีวิตประจำวันของเราสะดวกสบายและเพลิดเพลินมากขึ้น โดยใช้แป้นพิมพ์และเม้าท์ในการป้อนข้อมูลและคำสั่ง ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงบนจอภาพ หรือพิมพ์ออกมาทางเครื่องพิมพ์ (Printers)

คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องจะมีองค์ประกอบพื้นฐานเหมือนกันหมด หากเราศึกษาว่าแต่ละชิ้นส่วนมีประโยชน์อย่างไร และทำงานร่วมกับชิ้นส่วนอื่น ๆ เข้าเป็นระบบได้อย่างไร เราก็จะสามารถดึงเอาความสามารถของคอมพิวเตอร์มาใช้ได้อย่างเต็มที่ ข้อสำคัญอีกประการหนึ่งคือเครื่องต่างรุ่นกันก็จะมีรายละเอียดปลีกย่อยที่ต่างกันออกไป ดังนั้นเราต้องศึกษาคู่มือของเครื่องเพื่อใช้งานได้อย่างถูกต้อง

14.1 เครื่องพิมพ์เป็นอุปกรณ์ประเภทฮาร์ดแวร์ชนิดหนึ่งของคอมพิวเตอร์ เป็นเครื่องพิมพ์ใน การพิมพ์งานลงในกระดาษ

14.2 ประเภทของเครื่องพิมพ์ เครื่องพิมพ์มีอยู่ 2 ประเภท คือ เลเซอร์ และอิงค์เจ็ท

14.2.1 เครื่องพิมพ์เลเซอร์ จะมีคุณภาพงานพิมพ์ที่ดีกว่าและเร็วกว่า แต่มักจะมีราคาสูงกว่า โดยเฉพาะถ้าเป็นเครื่องพิมพ์สี

14.2.2 เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท จะมีราคาถูกกว่า และส่วนใหญ่จะพิมพ์สีได้ ถ้ามีความประสงค์จะพิมพ์งานไม่ถึงร้อยแผ่นต่อสัปดาห์ เครื่องพิมพ์ชนิดนี้น่าจะเพียงพอต่อการใช้งาน

14.3 การเชื่อมต่อเครื่องพิมพ์

14.3.1 เครื่องพิมพ์เป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับตัวเครื่อง โดยวางเครื่องพิมพ์ให้อยู่ใกล้กับคอมพิวเตอร์ และต้องเว้นที่ไว้สำหรับใส่กระดาษด้วย

14.3.2 การใช้เครื่องพิมพ์ร่วมกับ “ฮับ” เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมโยงสัญญาณของอุปกรณ์เครือข่ายเข้าหากัน เหมือนกับเป็นชุมทางรถไฟ หรือชุมทางข้อมูลของเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เครือข่าย ดังนั้นทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบเครือข่ายที่ต้องการส่งข้อมูลไปหาอุปกรณ์อื่นที่จะต้องส่งข้อมูลผ่านฮับโดยการเชื่อมต่อสายมายังฮับ

การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เป็นระบบเครือข่ายระหว่างเครื่องสองเครื่องไม่ต้องใช้ “ฮับ” ก็ได้ อาจใช้เพียงสายไขว้

ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องพิมพ์ยี่ห้อ LEXMARK รุ่น Z 517 เป็นเครื่องพิมพ์ขนาด A4 ความเร็วในการพิมพ์สี 4 แผ่นต่อนาที ส่วนการพิมพ์ขาวดำ 11 แผ่นต่อนาที ใช้กระแสไฟฟ้า 220 โวล์ แปลงเป็นกระแสไฟตรง 30 โวล์ สามารถใช้กับกระดาษ A4 ลงมามีความกะทัดรัดราคาไม่แพงหาได้ง่าย มีขายตามท้องตลาดทั่วไป ผู้วิจัยได้ต่อวงจรเชื่อมโยงกับชุดควบคุมอัตโนมัติเป็นการสั่งงานให้เครื่องพิมพ์ทำงานตามโปรแกรมและเวลาที่ได้ตั้งเอาไว้ ซึ่งการทำงานของเครื่องพิมพ์นี้จะทำหน้าที่คอยป้อน (Feed) กระดาษแล้วหยุดในตำแหน่งที่ได้สั่งการของชุดควบคุมอัตโนมัติ เพื่อรอให้มีการประทับตราลงบนกระดาษตามตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นจึงป้อนกระดาษออกมาลงสู่ถาดรองรับจึงเป็นอันสิ้นสุดการทำงานต่อหนึ่งแผ่น จากนั้นจึงเริ่มการทำงานแผ่นต่อ ๆ ไป

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประสาทพร วงษ์คำช้าง (2544) ออกแบบแขนกลที่มีโครงสร้างเป็นแบบขนาน คือ มีโครงสร้างเป็นแบบปิด โดยรูปแบบของโครงสร้างนั้นเรียกว่า "โครงสร้างแบบสจ๊อต" การออกแบบนั้นจะคำนึงถึงการกระจายความหน่วงโดยการคำนวณหา Inertia Effispsoid จากโครงสร้างที่มีรูปร่างต่างกัน

จากการทดสอบโครงสร้างที่สร้างขึ้นนี้ ได้ทำการทดสอบ โดยใช้จุดกึ่งกลางของส่วนที่เคลื่อนที่ (Moving frame) เป็นตำแหน่งที่พิจารณาโดยกำหนดการเคลื่อนที่ของตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งต่าง ๆ 4 ตำแหน่งแล้วบันทึกค่าความยาวของตัวขับแต่ละตัว นำค่าที่ได้นี้มาคำนวณโดย Forward Kinematics จะได้ค่าตำแหน่ง (Position) และการเรียงตัว (Orientation) ในช่วงเวลาของการเคลื่อนที่ ผลการคำนวณคือ ส่วนที่เคลื่อนที่สามารถเคลื่อนที่แบบเลื่อนตัวด้วยความเร็วสูงสุดเท่ากับ 1.0 เมตรต่อวินาที และการเคลื่อนที่แบบหมุนด้วยความเร็วสูงสุดเท่ากับ 20 องศาต่อวินาทีได้ โดยมีความผิดพลาดของระยะการเคลื่อนที่ไม่เกิน 3.86 มิลลิเมตร ในระยะการเคลื่อนที่ 100 มิลลิเมตร และความผิดพลาดเชิงมุมสูงสุดไม่เกิน 1 องศา การทดสอบนี้เป็นการทดสอบที่มีความเร็วค่อนข้างสูง และค่าความผิดพลาดดังกล่าวนี้เป็นค่าความผิดพลาดรวม ซึ่งส่วนหนึ่งก็ขึ้นอยู่กับการประมาณค่าในส่วนของ Forward Kinematics โดยใช้การประมาณค่าของนิวตันราฟสัน (Newton-Raphson Method) ซึ่งในวิจัยต่อไปจะปรับปรุงส่วนของระบบควบคุมการเคลื่อนที่ข้อตัวขับเคลื่อนให้ดียิ่งขึ้นและการปรับปรุงการหา Forward Kinematics และจากผลการทดลอง พิจารณาจากความเร็ว และความผิดพลาดของการเคลื่อนที่นี้ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

สมบัติ ทองสุข, วินัย กายานนท์ และไพโรจน์ สุนทรกิตติสกุล (2541) ได้ศึกษาเครื่องอัดสัญลักษณ์ (Hot Press Machine) เป็นเครื่องประทับตราสินค้าลงบนเครื่องหนังแท้ หนังเทียมและพีวีซี โดยใช้ระบบนำความร้อนจากกระแสไฟฟ้าสลับแรงเคลื่อน 220 โวลต์ ผ่านลงหัวจ่ายความร้อน (Heater) ลงสู่แผ่นชิ้นงานโดยใช้ความร้อนและแรงกดของแรงผ่านกระบอกสูบที่ขับเคลื่อนและมีแรงดันลมถึงระดับ 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้เวลากด 15 – 20 วินาที ใช้ความร้อนมาตรฐาน 150 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้กดบนผิวหนังแท้ หนังเทียมและพีวีซี พร้อมความร้อนที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการช๊อตและลุกไหม้เกิดเป็นตราประทับ ซึ่งเป็นเครื่องหมายการค้าตามมาตรฐานสากลที่ระบุไว้ และเป็นข้อบังคับที่สำคัญของสินค้าส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ

โกศล โอฬารไพโรจน์ (2541) ได้ออกแบบและสร้างชุดต้นแบบเป็น "การพัฒนาต้นแบบเครื่องควบคุมที่โปรแกรมได้" ได้เป็นผลสำเร็จและทำการทดสอบการทำงานได้ผลเป็นที่

น่าพอใจและได้ทำการทดสอบใช้งานจริงโดยควบคุมลิฟต์จำลอง ผลการทดลองสามารถควบคุมการทำงานได้เป็นอย่างดี และ PLC ที่ทำการสร้างมีคุณสมบัติดังนี้

โครงสร้างประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ซีพียู.บอร์ด, บอร์ดโปรแกรมและแสดงผล, บอร์ดอินพุต/เอาต์พุต

หน้าที่การทำงานพิเศษของ PLC ได้ออกแบบให้ใช้ความสามารถของซีพียู. คือ การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตดอล, การส่งเอาต์พุตสัญญาณ PWM, การตรวจจับสัญญาณความถี่สูง, ฐานเวลาของคำสั่ง TIMER, HIGH SPEED TIMER ผู้วิจัยได้ออกแบบให้อยู่บนซีพียู.บอร์ดทั้งหมด

PLC ที่ออกแบบสร้างสามารถติดต่อกับอินพุต/เอาต์พุตได้ทั้งหมด 120 จุด ซึ่งเพียงพอสำหรับงานควบคุมที่มีขนาดปานกลาง

ความเร็วเฉลี่ยในการทำงานคำสั่งเบื้องต้น 3.4 $\mu s$

ความสามารถในการเก็บโปรแกรมแลดเดอร์ 4000 คำสั่ง

มีความสามารถในการดาวน์โหลดคำสั่งแลดเดอร์จากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตอนุกรม RS-232 และจัดเตรียมระบบติดต่อแบบเน็ตเวิร์คทาง RS-485 ซึ่งสามารถเลือกใช้งานสลับกับ RS-232

จากการศึกษางานวิจัยผู้วิจัยพบว่า มีการศึกษาหรือกล่าวถึงเครื่องประทับตรา เช่น สมบัติ ทองสุข, วินัย กายานนท์ และไพโรจน์ สุนทรกิตติสกุล ได้ออกแบบและสร้างเครื่องอัดสัญลักษณ์ซึ่งเป็นเครื่องประทับตราสินค้าลงบนเครื่องหนังแท้ หนังเทียมและพีวีซี โดยใช้ความร้อนจากแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลต์ ผ่านลงบนหัวจ่าย (Heater) ลงสู่แผ่นชิ้นงานโดยใช้ความร้อน 150 องศาเซลเซียส และแรงดันลม 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้เวลา 15 – 20 วินาที ส่วนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น โกศล โอฬารไพโรจน์ ได้ออกแบบและสร้างชุดต้นแบบเป็นการพัฒนาต้นแบบเครื่องควบคุมโปรแกรมได้ ได้เป็นผลสำเร็จและได้ทำการทดสอบโดยควบคุมลิฟต์จำลอง จากผลการทดลองสามารถควบคุมการทำงานได้เป็นอย่างดีและหน้าที่การทำงานพิเศษของ PLC ได้ออกแบบให้ใช้ความสามารถของ CPU คือการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ส่วน ประสาทพรวงษ์คำช้าง ได้ออกแบบการควบคุมแขนกลที่มีโครงสร้างแบบสจ๊วต การหาคำตอบของสมการเคลื่อนที่แบบผกผัน (Inverse Kinematics) ได้จากกระบวนการในรูปแบบปิด จากผลการทดลองพิจารณาจากความเร็วและความผิดพลาดของการเคลื่อนที่นี้จะได้ผลเป็นที่น่าพอใจ