



เครื่องทำแผ่นยางพาราอัตโนมัติ
(SHEETED RUBBER AUTOMATIC PROCESS)

นาย เชาวฤทธิ์ สุขรักษ์ 39013380
นาย นเรศ ปกแก้ว 39013388
นาย วรากร สำเภาเงิน 39013397
นาย สันติชัย ช่วยบำรุง 39013402

เลขเรียกหนังสือ..... ปพ ๖๖๓๓ ๑๖๓
เลขทะเบียน..... ๖๖๖๖๖๖
วัน เดือน ปี..... ๑๖ ตค ๖๖

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๑๖๖๖๖๖

SHEETED RUBBER AUTOMATIC PROCESS

Mr. Chaowarit	Sukrak	39013380
Mr. Nared	Pokkeaw	39013388
Mr. Warakorn	Samphaongoen	39013397
Mr. Santichai	Chouybamrung	39013402

A THESIS SUBMITTED IN PRATIAL FULFLLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้าที่
รูปที่ 2.23 (a) วงจรมอเตอร์ไฟตรง	
(b) วงจรมอเตอร์ที่เขียนแทนแรงเคลื่อนไฟ	35
รูปที่ 2.24 แสดงวงจรของ Shuntmotor	37
รูปที่ 2.25 แสดงลักษณะ IMO แบบ 1 เฟส	41
รูปที่ 2.26 แสดงตำแหน่งของมุม θ ที่วัดจากสนามแม่เหล็กของขดลวดบน Stator	41
รูปที่ 2.27 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด-ความเร็วของ IMO แบบ 1 เฟส	43
รูปที่ 2.28 IMO แบบ Split-Phase	44
รูปที่ 2.29 แสดง Phasor Diagram ของกระแสในขดลวดหลัก	44
รูปที่ 2.30 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด - ความเร็วโดยทั่วไปของ IMO แบบ Split-Phase	45
รูปที่ 2.31 IMO แบบ Capacitor	45
รูปที่ 2.32 แสดง Phasor Diagram ของกระแสในขดลวดหลัก	46
รูปที่ 2.33 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด - ความเร็วของ IMO แบบ Capacitor	46
รูปที่ 2.34 (ก) IMO Capacitor, ซึ่งใช้ขดลวดช่วยสตาร์ท a และตัวเก็บประจุ ทั้งในขณะสตาร์ทและทำงานปกติ	
(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด - ความเร็ว IMO ที่แสดงในรูป (ก)	47
รูปที่ 2.35 (ก) IMO ใช้ตัวเก็บประจุ 1 ชุดในการสตาร์ท และอีก 1 ชุดในการทำงานปกติ	
(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด - ความเร็วของ IMO ที่แสดงในรูป (ก)	47
รูปที่ 2.36 แสดงตำแหน่งของสนามแม่เหล็กจาก Rotor, Br ซึ่ง Lag สนามแม่เหล็ก จาก Stator, Bs เป็นมุม δ	48
รูปที่ 2.37 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด - ความเร็วของ Hysteresis Motor	49
รูปที่ 2.38 วงจรสมมุติของ Universal Motor	49
รูปที่ 2.39 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด - ความเร็ว ของ Series DCMO กับ Universal Motor	50
รูปที่ 2.40 แสดงผลของการปรับแรงดัน I/P	51
รูปที่ 2.41 ภาพแสดงโครงสร้างของสเตปปีงมอเตอร์ ชนิดปรับค่า รีลัคแตนซ์ ได้	52
รูปที่ 2.42 การหมุนของ Rotor เมื่อเปลี่ยนการกระตุ้นเฟส 1 ไปเฟส 2	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.43	(ก) แสดงโครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์แบบปรับค่ารีล็กแตนซ์ได้ชนิด 3 เฟส โดยมี Stator 12 ซี่ และ Rotor 8 ซี่	
	(ข) แสดงโครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์แบบปรับค่ารีล็กแตนซ์ได้ชนิด 4 เฟส โดยมี Stator 8 ซี่ และ Rotor 6 ซี่	
	(ค) แสดงโครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์แบบปรับค่ารีล็กแตนซ์ได้ชนิด 3 เฟส โดยมี Stator 2 ซี่ ในแต่ละ Pole	54
รูปที่ 2.44	แสดงโครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์ ชนิดแม่เหล็กถาวร	55
รูปที่ 2.45	แสดงโครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์ ชนิดไฮบริด	56
รูปที่ 2.46	แสดงทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก	57
รูปที่ 2.47	แสดงการเกินของเส้นแรงแม่เหล็ก	57
รูปที่ 2.48	กราฟแสดงสเตปของการหมุนในโหมดของการทำงานแบบ	
	(ก) หมุนต่อเนื่อง (ข) หมุนเป็นสเตป	59
รูปที่ 2.49	(ก) แสดงการเคลื่อนที่เมื่อเป็นลำดับการกระตุ้นแบบ 1 เฟส	
	(ข) แสดงการเคลื่อนที่เมื่อเป็นลำดับการกระตุ้นแบบ 2 เฟส	
	(ค) แสดงการเคลื่อนที่เมื่อเป็นลำดับการกระตุ้นแบบกึ่งสเตป	60
รูปที่ 2.50	Block Diagram ของวงจรควบคุมสเตปป์มอเตอร์ แบบวงจรเปิด	61
รูปที่ 2.51	แสดงวงจรสำหรับการกระตุ้นเฟสแบบกระตุ้น 2 เฟส หมุนทิศทางเดียว	62
รูปที่ 2.52	การกำหนดทิศทางการหมุน โดยการใช้คำสั่งตัวเลือกทางลอจิก	62
รูปที่ 2.53	การควบคุมสเตปป์มอเตอร์ แบบ 4 เฟส โดยการควบคุมลำดับการกระตุ้นแบบ 2 ทิศทาง	63
รูปที่ 2.54	แสดงการเชื่อมต่อระหว่างวงจรจัดลำดับการกระตุ้น และวงจรขับกระแส	63
รูปที่ 2.55	วงจรสมมุติของขดลวดในสเตปป์มอเตอร์	64
รูปที่ 2.56	ขับเพรสเซอร์แบบไดโอด	65
รูปที่ 2.57	ขับเพรสเซอร์แบบไดโอด และตัวต้านทาน	65
รูปที่ 2.58	ขับเพรสเซอร์แบบ ซีนอร์ไดโอด	66
รูปที่ 2.59	ตัวไคร์ฟเวอร์แบบ 4 เฟส กับ ขับเพรสเซอร์แบบไดโอด และต่อกับตัวต้านทาน	67
รูปที่ 2.60	โครงสร้างของ PLC	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้าที่
รูปที่ 2.61 โครงสร้างของหน่วยประมวลผลกลาง	69
รูปที่ 2.62 Input /Output Copying	72
รูปที่ 2.63 Input Scanning and Reaction Time	73
รูปที่ 2.64 Signal Processing in the CPU	74
รูปที่ 3.1 ชุดผสมยางพารา+น้ำ+น้ำกรด	77
รูปที่ 3.2 อ่างทำแผ่นยางและ แผ่นกั้นแผ่นยาง	78
รูปที่ 3.3 ชุดคั่งแผ่นยาง	79
รูปที่ 3.4 สายพานลำเลียง (Conveyer)	80
รูปที่ 3.5 ลูกรีด	81
รูปที่ 3.6 ชุดปิด-เปิดประตูอ่างน้ำยาง	83
รูปที่ 3.7 ชุดควบคุมการยกเครน	84
รูปที่ 3.8 PLC และ ชุด Control Motor	85
รูปที่ 3.9 Sheeted Rubber Automatic Process	85
รูปที่ 4.1 การทดลองชุดควบคุมการยกเครน	87
รูปที่ 4.2 การทดลองชุดควบคุมการเปิด-ปิดประตูอ่างน้ำยาง	88
รูปที่ 4.3 การทดลองชุดควบคุมการคั่งแผ่นยาง	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างส่วนประกอบของน้ำยาขรรคมชาติ

4



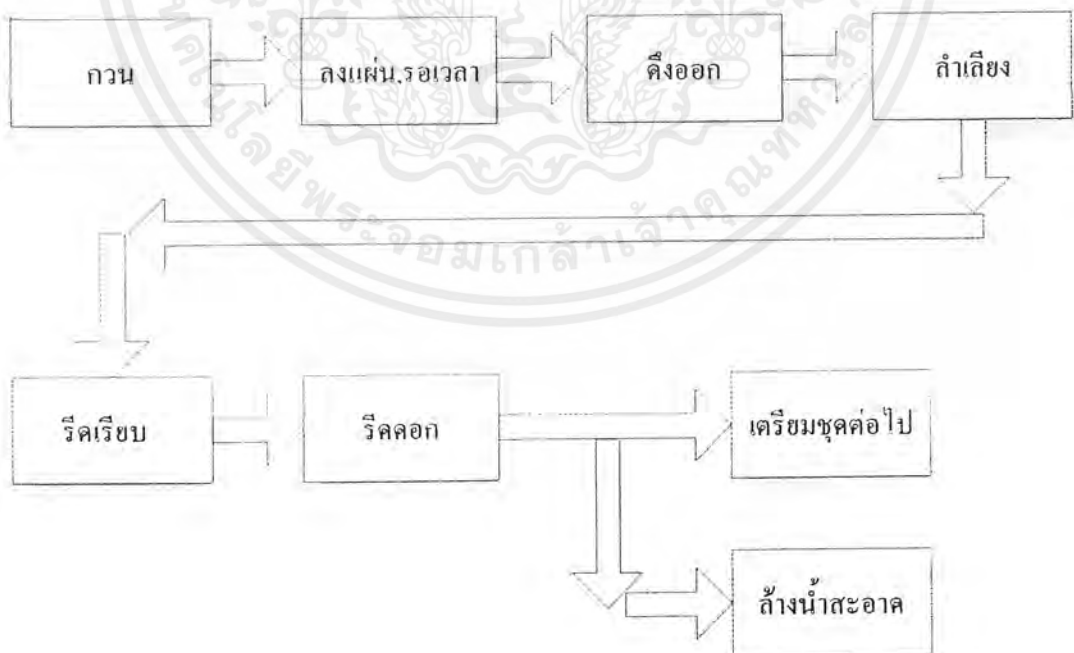
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ประชากรในภาคใต้และภาคตะวันออกมีการประกอบอาชีพในหลาย ๆ อาชีพ เพื่อเลี้ยงชีวิตและครอบครัว หนึ่งในอาชีพนั้น คือ การทำสวนยางพารา เกษตรกรบางคนอาจจะนำน้ำยางที่ได้จากการกรีดยางไปขายในตอนเช้า แต่บางคนก็จะนำน้ำยางที่ได้นั้นมาทำเป็นยางแผ่น แล้วส่งขายซึ่งจะได้ราคาดีกว่าการขายน้ำยางพารา

กรรมวิธีในการทำยางแผ่นซึ่งกว่าจะได้มาแต่ละแผ่นนั้นจะใช้เวลาค่อนข้างนาน และต้องใช้แรงงานคนเป็นหลักทำให้เสียเวลาและต้องเหน็ดเหนื่อยในการทำ ดังนั้นเครื่องทำแผ่นยางพาราอัตโนมัติเครื่องนี้จึงมีประโยชน์อย่างมากต่อเกษตรกรที่ทำยางพาราแผ่นออกขายเป็นอาชีพ การทำงานของเครื่องจะมีขั้นตอนการทำงานเหมือนกับการทำยางแผ่นทั่ว ๆ ไป แต่จะประยุกต์นำเอาเทคโนโลยีมาใช้ประกอบด้วย ทำให้ประหยัดระยะเวลาและแรงงานคนไปได้มาก การทำงานของเครื่องทำแผ่นยางพาราอัตโนมัติ จะมีขั้นตอนการทำงานตาม Block Diagram คร่าว ๆ ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่หรือใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2541

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
 สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
 คณะวิศวกรรมศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องทำแผ่นยางพาราอัตโนมัติ

ผู้จัดทำ

นาย เซวฤทธิ์ สุขรัญย์ 39013380
 นาย นเรศ ปกแก้ว 39013388
 นาย วรากร สำเภาเงิน 39013397
 นาย สันติชัย ช่วยบำรุง 39013402

อาจารย์ที่ปรึกษา

 (เสถียร)

(ผศ. วิริยะ กองรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHEETED RUBBER AUTOMATIC PROCESS

Mr.Chaowarit	Sukrak	39013380
Mr.Nared	Pokkeaw	39013388
Mr.Warakorn	Samphaongoen	39013397
Mr.Santichai	Chouybamrung	39013402

ADVISOR

Asst.Prof. Viriya Kongratana

ABSTRACT

This thesis is presents the detail of the Automatic Sheeted Rubber Process which is the original project got idea from rubber plate making of agriculturist who have rubber plant occupation. The advantage of Sheeted Rubber Automatic Process are reducing labor force, making a lot of rubber plate at a time, high quality have the same type. Instead of labor force, this machine had automatic working control by using PLC (Programmable Logic Control), which is prominent in sequential control. To start with damming rubber liquid to the plate, to pull one rubber plate at a time, then, to transport rubber plate to the rubber deflator by sequential conveyor.

เครื่องทำแผ่นยางพาราอัตโนมัติ

นายเชาวฤทธิ์	สุขรักษ์	39013380
นายนเรศ	ปกแก้ว	39013388
นายวรากร	สำเภเงิน	39013398
นายสันติชัย	ช่วยบำรุง	39013402

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.วิริยะ กองรัตน์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงรายละเอียดของโครงการประดิษฐ์เครื่องทำแผ่นยางพาราอัตโนมัติ ซึ่งเป็นโครงการต้นแบบที่ได้แนวคิดมาจากการทำแผ่นยางพาราของเกษตรกรผู้ประกอบอาชีพทำสวนยาง เพื่อให้เป็นการลดการใช้แรงงานคน สามารถผลิตยางออกมาได้คราวละมากๆ มีคุณภาพที่ดีและเหมือนกัน

การควบคุมการทำงานให้เป็นแบบอัตโนมัติทำโดยใช้ PLC (Programmable Logic Control) ซึ่งเด่นในทางการควบคุมแบบลำดับขั้น (Sequential Control) ซึ่งเอาไปควบคุมการทำงานของคน โดยเริ่มตั้งแต่การกั้นน้ำยางให้เป็นแผ่น จากนั้นก็ทำการดึงแผ่นยางออกมาที่ละแผ่น แล้วลำเลียงโดยสายพานลำเลียง (Conveyor) ไปเข้าตัวรีดยาง

สำหรับการควบคุมการทำงานของเครื่องนั้นจะใช้ PLC (Programmable Logic Controller) เป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องทั้งหมด ซึ่งจะได้กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของ PLC ในบทที่ 2

วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ

1. เพื่อนำเทคโนโลยีเข้าไปร่วมพัฒนาอุตสาหกรรมยางพารา
2. เป็นเครื่องต้นแบบในการพัฒนาเป็นเครื่องใช้งานจริงต่อไป
3. เพื่อนำความรู้ที่ได้ศึกษา เอามาประยุกต์ในการทำงานจริง
4. ได้มีโอกาสฝึกทักษะและแก้ปัญหาในการทำงานจริง
5. เพื่อเรียนรู้และฝึกการทำงานร่วมกัน

ขอบเขตของโครงการ

1. Motor กวนน้ำยางให้เข้ากัน ทำโดยใช้ DC Motor ขนาดเล็ก
2. ตัวเปิด-ปิด ท่อน้ำยาง ทำโดยใช้ Solinoid Valve
3. ตัวเปิด-ปิด ประตูอ่างทำแผ่น โดยควบคุมด้วย DC Motor
4. การควบคุมระยะทางการเคลื่อนที่ตัวดึงแผ่นกั้นยาง ควบคุมโดย Stepping Motor
5. การควบคุมตะขอดึงแผ่นกั้นยาง ทำโดยใช้ DC Motor ขนาดเล็ก
6. การเลื่อนแผ่นกั้นขึ้นลงโดยใช้ AC Motor
7. การลำเลียงแผ่นยางเข้าไปในเครื่องรีด ทำโดยใช้สายพานลำเลียง (Conveyor) โดยใช้ AC Motor เป็นตัวขับ
8. เครื่องรีดลูกกลิ้งเหล็ก จำนวน 2 ชุด คือ ชุดรีดเรียบ และชุดรีดลายดอก โดยใช้ AC Motor เป็นตัวขับ
9. การควบคุมการทำงานเป็นลักษณะการควบคุมแบบลำดับ (Sequence Control) หรือการควบคุมแบบเปิด (Open Loop Control) โดยใช้ PLC (Programmable Logic Control) เป็นตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยางพารา (*Hevea brasiliensis*)

ยางพารา เป็นพืชอยู่ในสกุล Euphorbiaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่แถวกลุ่มน้ำอะเมซอน ในประเทศบราซิล ได้มาเจริญงอกงามอยู่ในเอเชีย และเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของเกษตรกรในภาคใต้ และภาคตะวันออกของประเทศไทย ปัจจุบันประเทศไทยผลิตยางส่งออกเป็นอันดับสามของโลก ถือได้ว่า ยางพาราเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อการครองชีพของประชาชนทางภาคใต้ และภาคตะวันออก

ยาง (Rubber) เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ (Macramolecule) หรือที่ทางเคมีเรียกว่า เป็นสารประกอบพอลิเมอร์ (Polymer) นั้น มีคุณสมบัติพิเศษประการหนึ่งที่เป็นเอกลักษณ์ คือ มีความยืดหยุ่นได้ (Elasticity) ในอุตสาหกรรมยางจึงเรียกยางอีกอย่างหนึ่งว่า Elastomer ในอดีตก่อนสงครามโลกครั้งที่ 1 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตภัณฑ์ยางมีเพียงยางจากต้นพืช เช่นยางพารา ซึ่งเป็นพืชที่ปลูกอย่างกว้างขวางในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งถือเป็นแหล่งกำเนิด วัตถุดิบยางธรรมชาติที่สำคัญที่สุดในปัจจุบัน และอาจนับได้ว่าเป็นพืชชนิดเดียวที่ให้อายุธรรมชาติที่นำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในประเภทอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง ในปัจจุบัน ได้มีการผลิตยางสังเคราะห์ขึ้นมากมาย เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ประกอบโครงการงาน

2.1 ยางและน้ำยาง

2.1.1 น้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางสดจากต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลว สีขาว หรือ สีครีม ในทางเคมีจัดเป็น สารแขวนลอย มีความหนาแน่น 0.975-0.980 กรัม/มิลลิลิตร มี PH ประมาณ 6.5-7.0 ความหนืด ไม่แน่นอน มีส่วนประกอบของสารต่าง ๆ ไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น พันธุ์ยาง อายุต้นยาง การกรีด และฤดูกาล เป็นต้น

ปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางธรรมชาติในสภาพน้ำยางสดไม่แน่นอน คือตั้งแต่ 25-45% ความแตกต่างระหว่างปริมาณสารที่เป็นของแข็งทั้งหมดกับปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางสดจะ ประมาณ 3% แต่ถ้าป็นน้ำยางสดเป็นน้ำยางข้นแล้ว ความแตกต่างนี้จะลดลงเหลือประมาณ 1-2% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและการปรับเครื่องปั่น

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)
- สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content. TSC)	36
- เนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content. DRC)	33
- สารพวก โปรตีน	1-1.5
- เถ้า	สูงถึง 1
- น้ำตาล	1
- น้ำ...ในปริมาณที่รวมกับสารอื่น ๆ แล้วเป็น 100	-

ยางธรรมชาติ เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ที่มีคาร์บอน 5 อะตอม และไฮโดรเจน 8 อะตอม เขียนเป็นสูตรเคมีคือ C_5H_8 เรียกชื่อทางเคมีว่า โพลีไอโซพรีน (Polyisoprene) โครงสร้างโมเลกุลยางเป็นแบบ Cis-Configuration มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000,000 รูปร่างของอนุภาค

เอกสารนี้เป็นรูปปกคลุม หรือรูปลูกแพร์ขนาด 0.05-5 ไมครอน (μ , $1\mu = 10^{-4}$ ซม.) ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยางมีความยืดหยุ่นได้ เนื่องจากโมเลกุลขนาดใหญ่ของยางแต่ละโมเลกุลเป็นขดของสายโมเลกุลที่เกิดจากหน่วยย่อยไอโซพรีนต่อเนื่องกัน ยางชั้นหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยขดของสายโมเลกุลที่พันกันอย่างยุ่งเหยิง สารโมเลกุลเหล่านี้ จะมีคุณสมบัติถูกหักงอ หรือยืดได้ (Flexible) การดึงหรือยืดขึ้นยางก็เท่ากับยืดสายโมเลกุลของยางให้คลายออก แต่เมื่อปล่อยคืนให้ความอิสระกับชั้นยาง สายโมเลกุลของยางก็จะพยายามหดตัวกลับมาขดอยู่ในสภาพเดิม

2.1.2 ชนิดของยางธรรมชาติ

ปัจจุบันยางดิบจากธรรมชาติ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง มีจำหน่ายหลายชนิดซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ยางแห้ง (Dry Rubber) และน้ำยางข้น (Concentrated Latex)

ยางแห้ง

ยางธรรมชาติในรูปของยางแห้งอาจแบ่งเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะของกรรมวิธีการผลิต คือ

1. ยางแบบธรรมดา ผลิตโดย Conventional Process ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางเครพ
2. ยางแบบระบุคุณภาพมาตรฐาน ผลิตโดยมีเงื่อนไขการระบุคุณภาพมาตรฐานสากล Technically Specified Process ได้แก่ ยางแท่ง (Block Rubber)
3. ยางแบบอื่น ๆ มีกรรมวิธีการผลิตเฉพาะตัว เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เหมาะสมกับงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชนิดใดชนิดหนึ่งโดยเฉพาะ หรือเพื่อวัตถุประสงค์จะปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของยางธรรมชาติ ตัวอย่างในกลุ่มนี้ ได้แก่ ยางที่มีความหนืดคงที่ (CV, Viscosity Stabilized Rubber) ยางที่มีคุณสมบัติพิเศษในกระบวนการผลิต (SP, Superior Processing Rubber) ยางผสมน้ำมัน (OENR, Oil-Extended Natural Rubber) ยางเทอร์โมพลาสติก ยางอิพอกซิไดซ์ ยางผง ยางเหลว เป็นต้น

น้ำยางข้น

น้ำยางข้นที่ผลิตจำหน่ายทั่วไป อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ น้ำยางข้นธรรมดาที่ไม่ได้ผ่านการทรีตกับสารเคมีหรือวิธีการใด ๆ ที่ให้โมเลกุลยางเปลี่ยนแปลงไป ส่วนอีกประเภทหนึ่งเป็นน้ำยางข้นที่ได้ผ่านการทรีตด้วยสารเคมี หรือด้วยการฉายรังสีให้โมเลกุลของยางเปลี่ยนแปลง ซึ่งเรียกว่า น้ำยางพรีวิลคาไนซ์ (Prevulcanised Or Vulcanised Latex) หรือ น้ำยางคงรูป

2.1.3 การใช้ประโยชน์จากยางธรรมชาติ

ยางแห้ง

การใช้ยางธรรมชาติในการผลิตผลิตภัณฑ์ล้อยานพาหนะและอะไหล่ จะมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาเป็นการใช้งานชิ้นส่วนเครื่องกล รองเท้า และส่วนประกอบของรองเท้า และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ

ยางแผ่นรมควันชั้น 2,3,4, และ 5 ใช้มากในงานผลิตยางล้อยานพาหนะ และยางชิ้นส่วนอะไหล่ ส่วนยางคุณภาพดีจะใช้มากในงานการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในทางการแพทย์ ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการใส่สีสีต่าง ๆ ส่วนงานผลิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานเครื่องกล ท่อยาง รองเท้ายาง มักจะใช้ยาง TTR 20,50 หรือ ยางครอปสีน้ำตาล หรือยางแผ่นรมควันชั้น 1-5 และยางสกัมและใช้ในงานผลิตภัณฑ์คุณภาพต่ำ เช่น พื้นรองเท้า ยางปูพื้น ยางล้อเลื่อน เป็นต้น

น้ำยางข้น

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ น้ำยางข้นในกระบวนการผลิต ได้แก่

1. ผลิตภัณฑ์จุ่มแบบพิมพ์ (Latex Dipping) ได้แก่ ถุงมือต่าง ๆ เช่น ถุงมือผ่าตัด ถุงมือตรวจ ถุงมือใช้งานบ้าน ถุงมืออุตสาหกรรม เป็นต้น ลูกโป่ง ถุงยางอนามัย หัวนมยาง และท่อสวนปัสสาวะ (Catheters) เป็นต้น
2. ผลิตภัณฑ์น้ำยางในอุตสาหกรรมพรม เช่น Tufted Carpet จะใช้น้ำยางอบหลังพรมเพื่อที่จะยึดเส้นพรมเอาไว้ ชั้นน้ำยางที่ใช้ยึดนี้ เรียกว่า Anchor Coat ใช้ในการยึดผ้ากระสอบให้ติดกับหลังพรม ขบวนการนี้เป็นการทำ Secondary Backing เพื่อให้ Tufted Carpet มองดูเหมือนพรมที่ถักทอ เช่น พรมแบบ Witton และพรม Axminsters เป็นต้น และใช้เป็นตัวทำฟองน้ำ เคลือบด้านหลังของพรม (Carpet Backing) ทำให้เมื่อเดินบนพรมดังกล่าว จะรู้สึกนุ่มเหมือนกับพรมที่ทอหนาและราคาแพง
3. ผลิตภัณฑ์ยางฟองน้ำ (Latex Foam) ใช้ทำที่นอน หมอน เบาะรองนั่ง เป็นต้น
4. สายยางยึด (Latex Tread) เช่น ยางยึดขอบกางเกงใน ถุงเท้า และเสื่อยกทรง ยางรัดขาไก่ และยางรัดป้ายชื่อติดกระเป๋า เป็นต้น
5. ฟูกโยชนสัตว์ และกาบมะพร้าว จะใช้น้ำยางเป็นตัวยึดขนสัตว์ หรือเส้นโยกามมะพร้าวเหล่านี้เอาไว้
6. ท่อยาง สายน้ำเกลือ
7. กาว น้ำยางประกบผ้า ในอุตสาหกรรมรองเท้าและเสื่อผืน
8. ผลิตภัณฑ์หล่อเข้าพิมพ์ (Casting) เช่น ตุ๊กตา หน้ากาก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำยางคกรูป

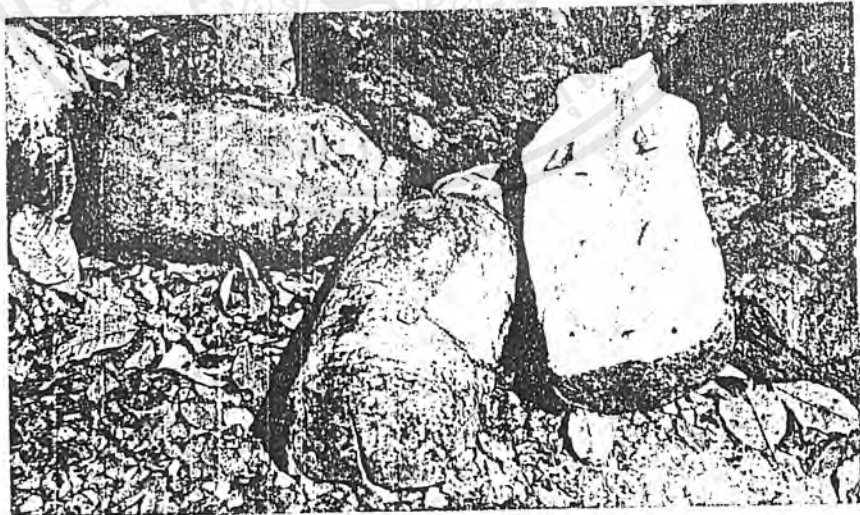
ใช้ในงานผลิตผลิตภัณฑ์น้ำยางพวงกุ่มแบบ เช่น ถุงมือใช้งานต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์หล่อเข้าพิมพ์ ท่อสวนปีศาจวะ หัวนมสำหรับเด็ก การเชื่อมเส้นใย เคลือบงานประดิษฐ์ดอกไม้ ผลไม้ เป็นต้น

2.1.4 วิธีการรวบรวมน้ำยางสด

การใช้แอมโมเนีย

เป็นการกระทำเพื่อลดระยะเวลาให้น้ำยางสดจับตัวช้าลง การใช้แอมโมเนียกับน้ำยางนั้น จะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษในเรื่องของความเข้มข้น และวัตถุประสงค์ในการใช้ เพราะหากน้ำแอมโมเนียที่ใช้เข้มข้นเกินไป จะเป็นผลให้น้ำยางแผ่นเป็นสีน้ำตาล จึงกำหนดเป็นข้อห้ามไว้ว่า ห้ามนำน้ำยางสดที่ผสมแอมโมเนียมาใช้ผลิตเป็นยางแผ่นผึ่งแห้งเด็ดขาด

หากจำเป็นต้องใช้แอมโมเนียผสมน้ำยางสด อันเนื่องมาจากความห่างไกลจากโรงงาน การขนส่งลำบาก หรือต้องใช้เวลาในการลำเลียงน้ำยางนานกว่า 1 ชั่วโมง และน้ำยางสดที่จะรวบรวมนี้จะรวบรวมเพื่อทำเป็นยางแผ่นรมควัน (ไม่ใช่ยางแผ่นผึ่งแห้ง) หรือขายให้โรงงานเอกชนเพื่อทำน้ำยางข้นหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางแนะนำให้ใช้ แอมโมเนียในรูปของสารละลายความเข้มข้น 1% บรรจุในขวดเล็ก ๆ ให้คนกรีดยางใช้หยดลงในถ้วยรองรับน้ำยางเมื่อการกรีดยางแต่ละครั้ง ๆ ละ 4 - 5 หยด



รูปที่ 2.1 ยางจับตัวเป็นก้อนเสียหายในภาชนะใส่น้ำยาง เนื่องจากการผสมน้ำยางด้วยแอมโมเนียเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้โซเดียม ซัลไฟต์ (Sodium Sulphite)

โซเดียมซัลไฟต์ เป็นผงสีขาว มีกลิ่นฉุนของกำมะถัน รสเค็ม ละลายน้ำได้ง่าย เมื่อละลายน้ำจะเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียอันเป็นเชื้อสาเหตุให้น้ำยางบูดเสียหายได้ช่วยป้องกันให้ยางจับตัวกันเป็นก้อนและป้องกันไม่ให้เกิดฟองอากาศ (Air Rubber) จากการหมักหมม (Fermentation) ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูยางผลัดใบ และในวันหลังฝนตกซึ่งมักจะมีจุลินทรีย์มาก และจะทำให้น้ำยางจับตัวเสียหายได้ง่าย

แนะนำให้ ใช้โซเดียมซัลไฟต์แห่งบริสุทธิ์ 1 ปอนด์ ผสมในน้ำสะอาด 3 แกลลอน จะได้สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ 3% น้ำหนักต่อปริมาตร (W/V) ในอัตรา 5 ออนซ์ ต่อน้ำยางสด 4 แกลลอน หรือคิดอีกวิธีหนึ่ง คือ ใช้โซเดียมซัลไฟต์ ในอัตรา 0.02 - 0.05 กรัม ต่อ DRC 100 กรัม ลงในถังเก็บน้ำยางก่อนการขนส่งอาจใช้โซเดียมซัลไฟต์ ป้องกันการจับตัวเป็นเม็ดพริกขิงของน้ำยางสด ตั้งแต่ขั้นตอนการกรีดยาง โดยใช้หยดสารละลายน้ำยากันบูด โซเดียมซัลไฟต์ 3% น้ำหนัก/ปริมาตร ลงในถ้วย 2 - 3 หยด เลยก็ได้

ภาชนะที่ใช้ถ้ำเลี้ยงน้ำยางสด

ถังน้ำยางต้องสะอาด ปราศจากฝุ่นละออง น้ำสกปรก และรวมทั้งเศษขี้ยาง ที่แห่งกรังติดอยู่ ทั้งในและนอกถังหลังเทน้ำยางออกแล้ว ต้องล้างถังให้สะอาดทุกครั้งหากละลายแม้เพียงครั้งเดียว ก็



รูปที่ 2.2 ถังถ้ำเลี้ยงน้ำยางสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเกิดเศษขี้ยางเกาะติดแน่นและสะสมหนาแน่นไปเรื่อย ๆ จนแคะไม่ออก และต้องทิ้งไปในที่สุด ถึงได้น้ำยางจะต้องมีฝาปิดมิดชิด เพื่อป้องกันน้ำยางหกหล่นระหว่างขนส่ง และช่วยป้องกันมิให้ฝุ่นละอองหรือเศษวัสดุใด ๆ เข้าไปผสมได้ เศษวัสดุเจือปนนี้ให้รวมถึงเศษเปลือกยาง และเศษขี้ยางได้ น้ำหนักยางมากขึ้นเป็นวิธีการเอาเปรียบเจ้าของสวนยางของคนกริดยางเล็ก ๆ น้อย ๆ แต่เกิดผลเสียหายต่อการบุคหน้าของน้ำยางทั้งหมด หากมีกรณีเช่นนี้ ก่อนเทน้ำยางจากถังเก็บน้ำยางลงในภาชนะที่ใช้ลำเลียงน้ำยางสด ให้กรองเอาเศษวัสดุเจือปนเนื้อออกเสียก่อน

2.1.5 การหาน้ำหนักเนื้อยางแห้ง

น้ำยางสดจากต้นยางพารานั้น โดยทั่วไปจะมีเนื้อยางแห้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางจริง ๆ เรียกว่า เนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content) เรียกย่อ ๆ เป็นที่รู้จักกันทั่วไปว่า ดี อาร์ ซี (DRC) ความเข้มข้นของน้ำยางสดจะเปลี่ยนไปได้หลายกรณี แม้จะเป็นน้ำยางสดจากต้นเดียวกันก็ตาม ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้แก่ พันธุ์ยาง อายุต้นยาง สถานที่ปลูกยาง วิธีการบำรุงรักษาสวนยาง ฤดูกาล ชนิดของปุ๋ยที่ใช้ ฯลฯ ดังนั้น ค่า DRC จะอ่านได้ตั้งแต่ประมาณ 25% ถึง 50% ค่า DRC โดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ 30% โดยน้ำหนักการซื้อขายน้ำยางสดโดยทั่วไปในปัจจุบัน จะมีวิธีการวัด DRC อยู่ 2 วิธีกล่าวคือ

1 การใช้เครื่องมือวัดความเข้มข้นของน้ำยาง (Latexometer)

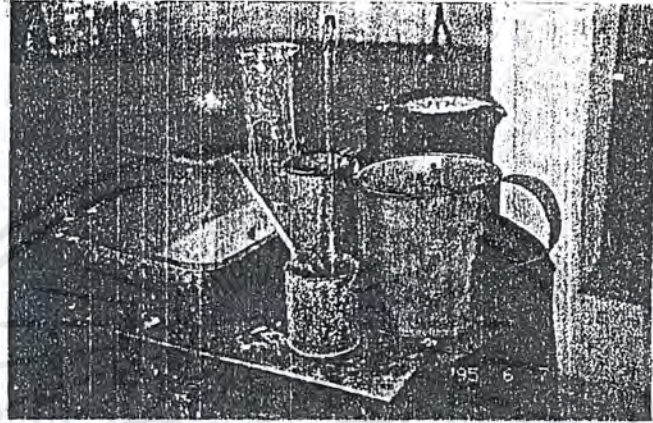
เป็นเครื่องมือที่มีพื้นฐานมาจากเครื่องวัดความเข้มข้นของของเหลว (Hydrometer) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเครื่องมือวัดความถ่วงจำเพาะของน้ำ ต่อมาเมื่อผู้คิดค้นแปลงเครื่องประเภทนี้มาเป็นเครื่องวัดความเข้มข้นของน้ำยาง (Latexometer) วิธีใช้ง่าย ๆ เพียงหย่อนเครื่องมือนี้ลงในน้ำยางสด แล้วอ่านค่าความเข้มข้นจากก้านของเครื่องวัดนี้ ก็จะทราบค่า DRC ของน้ำยางได้ทันที ปัจจุบันเครื่องมือแบบนี้มีผลิตขายกันหลายบริษัทเรียกชื่อการค้าแตกต่างกันออกไป เช่น เมโทรแลค (Metrolac) และซีต (Zeal) เป็นต้น

เครื่องวัด DRC นี้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานอุตสาหกรรมเพื่อหา "ความเข้มข้นรวมของน้ำยาง" เพื่อประโยชน์ในการคำนวณหาปริมาณสารเคมีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตเท่านั้น แต่ปัจจุบันได้แพร่หลายไปสู่การใช้หา DRC ในการซื้อขายยางสดจากเจ้าของสวนรายย่อยทั่ว ๆ เพราะทราบค่า DRC ในระยะเวลาอันรวดเร็วจ่ายเงินค่าน้ำยางได้ทันที

แต่ข้อจำกัดของเครื่องมือก็คือ จะมีความเที่ยงตรงใกล้ความจริงที่สุดที่อุณหภูมิ 84°F หรือประมาณ 28 C และที่ความเข้มข้นของน้ำยางที่ DRC 35% เท่านั้น ถ้าหากอุณหภูมิต่ำกว่าหรือความเข้มข้นต่ำกว่า ก็จะอ่านค่าผิดไปในทางต่ำลงเช่นกัน ตรงกันข้ามคือ หากอุณหภูมิสูงกว่า 84°F และ

เอกสารนี้เป็น DRC สูงกว่า 35% ก็จะอ่านค่า DRC ได้สูงกว่าความเป็นจริงเช่นกัน ข้อเท็จจริงดังกล่าวนี้ เจ้าของไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวนยางมักจะเสียเปรียบพ่อค้าในประเด็นการหา DRC อยู่เสมอ อาจโดยวิธีการเอาเครื่องมือนี้แช่น้ำ ให้เย็นอยู่เสมอ เพื่ออ่านค่า DRC ได้ต่ำกว่าความเป็นจริงหรืออ่านค่า DRC ไม่เกิน 40% เป็นต้น



รูปที่ 2.3 เครื่องมือวัดหาค่า DRC

วิธีใช้เครื่องวัด DRC

เนื่องจากเนื้อยางแห้งมีน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรน้อยกว่าน้ำ จึงจะลอยตัวหนาแน่นอยู่บริเวณผิวหน้ามากกว่าบริเวณก้นถัง เมื่อจะวัดหาค่า DRC ให้ใช้ไม้กวนน้ำยางให้เข้ากันก่อน แล้วจึงตักน้ำยางมา 1 ส่วน ผสมกับน้ำสะอาด 1 ส่วน แล้วเทใส่ลงในกระบอกทรงสูง ความจุ 1 ลิตร



รูปที่ 2.4 หย่อนเครื่องวัด DRC ลงในกระบอกทรงสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบอกนี้จะทำด้วยโลหะหรือแก้วก็ได้เช่นกัน เอาเครื่องวัดน้ำยางหย่อนลงไปใ้ในกระบอกแล้ว ปลดอxygenให้เครื่องวัดหยุดนิ่ง แล้วจึงอ่านค่าตัวเลขที่ก้านเครื่องมือ ณ จุดที่ตัดกับผิวน้ำ อ่านได้เท่าไร ให้คูณด้วย 2 ก็จะได้ทราบ DRC โดยประมาณได้

หากเจ้าของสวนมีภาชนะใส่น้ำยางมากกว่า 1 ถัง ให้ใช้วิธีตักน้ำยางสดที่ผ่านการกวนให้ เข้ากันดีแล้วจากทุกถัง ถึงละเล็กละน้อยเท่า ๆ กัน มาเทรวมกัน กวนให้เข้ากันอีกครั้ง ผสมน้ำ 1 เท่า ตัว แล้วเทลงในกระบอกทรงสูงแล้วจึงใช้เครื่องมือวัด DRC ก็จะทราบค่าเฉลี่ย DRC ของทุกถัง ได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น

2. การใช้วิธีอบแห้ง

เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในขณะที่หลักการก็คือ การนำน้ำยางสดซึ่งนำมาทำเป็นแผ่นแล้วอบให้ แห้ง จะเหลือเนื้อยางแห้งล้วน ๆ เมื่อชั่งน้ำหนักเนื้อยางแห้งได้เท่าไร ก็ใช้วิธีคำนวณหาเนื้อยาง ยางแห้งของน้ำยางสดทั้งหมดได้

ตัวอย่างการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ DRC

	น้ำยางสด 20 กรัม	อบแห้งได้เนื้อยางแห้ง 7.1 กรัม	
ดังนั้น	น้ำยางสด 100 กรัม	อบแห้งได้เนื้อยางแห้ง	$\frac{7.1 * 100}{20} = 7.1 * 5$
			$= 35.50$ กรัม

2.1.6 การทำยางแผ่นดิบ (Un Smoked Sheet)

ยางแผ่นดิบ (Un-Smoked Sheet) เขียนย่อ ๆ ว่า USS ในที่นี้หมายถึงยางแผ่นดิบที่ยังไม่ผ่านการอบแห้งหรือรมควัน

การทำยางแผ่นดิบของชาวสวนยางโดยทั่วไปนั้น มักจะทำตามความถนัดหรือความเคยชิน ที่ผ่านมา บางแห่งก็ทำตามความเชื่อจำกัดอื่นๆ เช่น ขาดแคลนแรงงานไม่มีน้ำสะอาด ฯลฯ ผลที่ออกมา ก็คือยางแผ่นดิบของไทยทั่วไปนั้นมีรูปร่างหน้าตา หนา-บาง แตกต่างกัน ที่เห็นชัดคือยางแผ่นดิบ ทางภาคตะวันออก มักเป็นยางเหลืองแผ่นบางกว่าทางใต้ เช่น เบตง ซึ่งนิยมทำยางแผ่นหนาและยาว เพื่อสะดวกในการขนส่งลำเลียงจากสวนยางบนภูเขาซึ่งต้องใช้พาหนะรถมอเตอร์ไซด์เป็นส่วนใหญ่

กรดฟอรั่มิก (Formic Acid)

เป็นกรดที่ผลิตจากสารอินทรีย์ องค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยธาตุหลัก 3 ธาตุ คือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นธาตุที่ไม่เป็นพิษภัยตกค้าง (Residual effect) ทั้งสิ้น

กรดฟอรั่มิกนี้มีขายทั่วไปในท้องตลาด มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นตั้งแต่ 0-95% ก่อนใช้จะต้องทำให้เป็นสารละลายเจือจาง 2% เสียก่อน เพื่อให้เป็นกรดอ่อนค่อย ๆ ทำให้น้ำยางแข็งตัว โครงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างของเนื้อยางไม่ถูกกระทบกระเทือน โดยฤทธิ์ของกรดจึงมั่นใจได้ว่าจะได้ผลผลิตยางแผ่นที่มีคุณภาพเนื้ออย่างที่ดี

วิธีการเจือจางกรด 90% ให้เป็น 2%

การคำนวณเนื้อกรดออกฤทธิ์ (Active Ingredient) ก่อนข้างยุ่งยากเพราะต้องเอาน้ำหนักเนื้อกรดออกฤทธิ์จริงในน้ำกรดว่ามีอยู่ที่กรัมต่อลูกบาศก์เช่นติเมตรในที่นี้จึงใช้วิธีการคำนวณง่ายๆ ซึ่งทดลองใช้แล้วได้ผลดี คือ

วิธีคำนวณ

	มีเนื้อกรด 90 กรัม ในน้ำกรด	100	ลูกบาศก์เซ็นติเมตร
ดังนั้น	มีเนื้อกรด 2 กรัม ในน้ำกรด	$\frac{100 * 90}{2}$	(ลูกบาศก์เซ็นติเมตร)

จากผลการคำนวณนี้ แปลความหมายไปสู่การปฏิบัติได้ว่าการเจือจางน้ำกรด 90% เป็นน้ำกรด 2% นั้น ได้นำน้ำกรดมา 1 ส่วนผสมกับน้ำสะอาด 45 ส่วน

2.2 ทฤษฎีและหลักการด้านเครื่องกล

2.2.1 สายพาน

การส่งกำลังทางกลจากเพลานหนึ่งไปยังเพล่อีกอันหนึ่ง อาจทำได้สามวิธี คือโดยใช้เพียงใช้สายพาน หรือใช้โซ่ การส่งกำลังโดยสายพานเป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ (Flexible) ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับ การส่งกำลังโดยใช้เพียงข้อดีก็คือ มีราคาถูกและใช้งานง่าย รับแรงกระชุกและการสั่นสะเทือนได้ดี ขณะที่ใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลลาที่อยู่ห่างกันมาก ๆ และค่าใช้ง่ายในการบำรุงรักษาต่ำ เป็นต้น แต่มีข้อเสียคือ อัตราทดไม่แน่นอนนักเนื่องจากการสลิป (Slip) และการครีพ (Creep) ของสายพาน และต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลลาหรือปรับแรงตึงสายพานระหว่างใช้งาน นอกจากนั้นยังไม่อาจใช้งานที่มีอัตราทดสูงสุดมากได้ ซึ่งมักใช้กับอัตราทดไม่เกิน 5

ชนิดและวัสดุสายพาน

สายพานแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ตามลักษณะหน้าตัดของสายพาน คือ สายพานแบน (Flat Belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สายพานลิ้ม (V-Belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู สายพานกลม (Ropes) มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม และ ไทม์มิงเบิ้ลท์ (Timing Belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่จะทำเป็นร่องคล้ายฟันเพื่อลดองความยาวของสายพาน สายพานแต่ละชนิดจะมี

ลักษณะในการใช้งานต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุที่ใช้ทำสายพานจะต้องมีค่าความต้านแรงสูง (Strength) สามารถปิดตัวได้ดี และจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสสูง

วัสดุที่ใช้ทำสายพานซึ่งใช้งานกันมากก็คือ หนัง (Oak-Tanned Leather) แต่ถ้าเป็นการใช้งานเป็นพิเศษ เช่น อยู่ในบรรยากาศที่มีความชื้น มีไอของสารเคมี หรือมีน้ำมันอยู่ด้วย ก็มักใช้สายพานแบบ Chrome Leather เพื่อให้สายพานมีอายุการใช้งานได้นานพอสมควร จึงมักใช้ค่าความเค้นในการออกแบบ สายพานต่ำกว่าความต้านแรงดึงสูงสุดของสายพานมาก โดยทั่วไปจะใช้ค่าความปลอดภัยประมาณ 10 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของสายพานจะมีค่าประมาณ 0.04-0.05 และความเร็วใช้งานของสายพานจะอยู่ในช่วง 1000-2000 m/min

สายพานอีกชนิดหนึ่งคือสายพานยาง (Rubber Belts) สายพานประเภทนี้จะมีฝ้ายหรือผ้าใบเป็นไส้ภายในและมียางหุ้มอยู่ภายนอก ยางที่ใช้หุ้มจะเป็นยางที่อบด้วยกำมะถันในอุณหภูมิสูง (Vulcanised) เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความต้านแรง สายพานยางเหมาะสำหรับใช้กับงานที่มีน้ำมันกลางแสงแดด เมื่อเปรียบเทียบกับสายพานหนังแล้ว สายพานยางจะมีราคาถูกกว่า แต่อายุการใช้งานสั้นกว่า สายพานยางทนต่อสภาพบรรยากาศในการใช้งานได้ดีกว่าสายพานหนัง ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของสายพานยางจะมีค่าประมาณ 0.30-0.40 และสามารถรับแรงดึงได้ประมาณ 20 N ต่อชั้น ต่อความกว้างสายพาน 1 mm

สายพานบาลาตา (Balata Belts) เป็นยางคล้ายสายพานยาง แต่ไม่ต้องผ่านกรรมวิธีอบด้วยกำมะถัน ทนต่อกรดและความชื้นได้ดี แต่อุณหภูมิใช้งานไม่ควรเกิน 40 C สายพานชนิดนี้มีความต้านแรงมากกว่าสายพานยางประมาณ 25 %

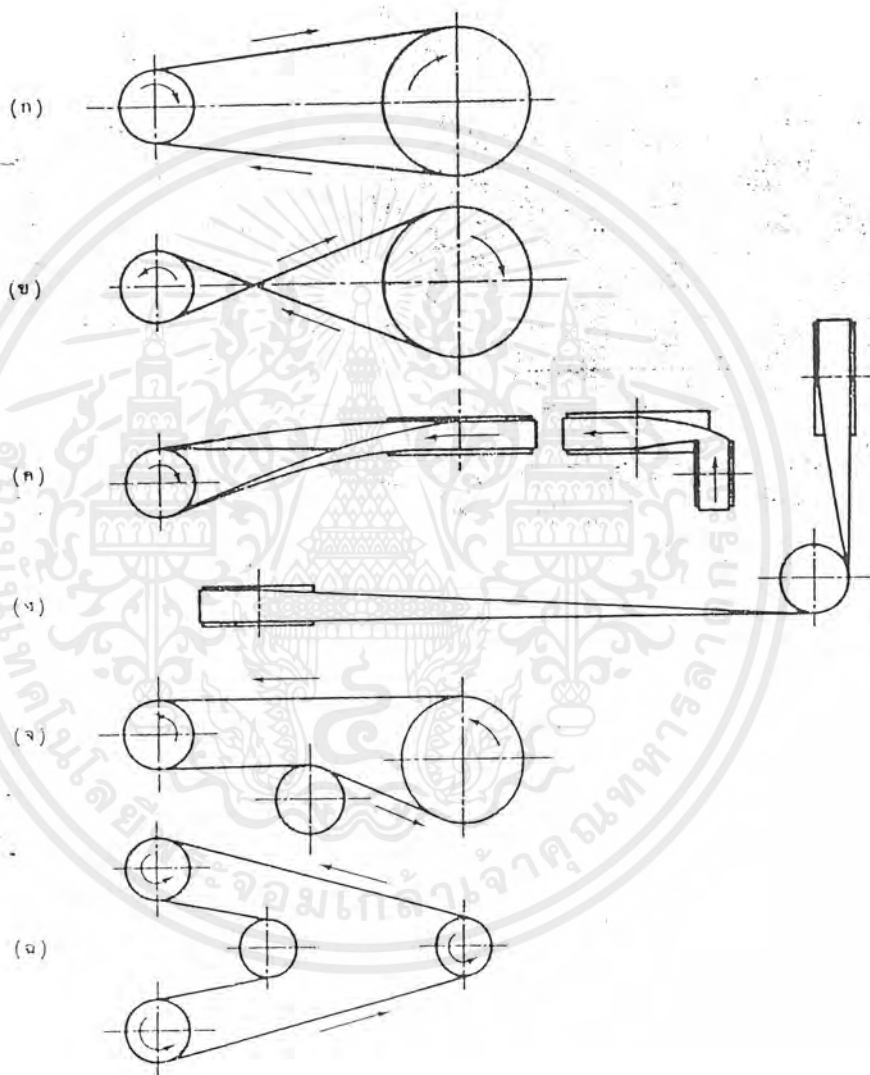
สายพานผ้าถัก (Textile Belts) ทำจากฝ้ายหรือผ้าใบซ้อนกันเป็นชั้น ๆ แล้วยึดติดกัน จากนั้นจึงเคลือบ ด้วยน้ำมันลินซีด (Linsced) เพื่อทำให้สายพานกันน้ำได้ มักใช้กับงานประเภทชั่วคราว สายพานทุกชนิดที่กล่าวมานี้จะยึดตัวได้ดี ดังนั้นเมื่ออยู่ภายใต้แรงดึงจะยึดตัวทำให้เกิดการสลิปบน ล้อสายพาน (Pulley) ในทางปฏิบัติจึงมักจะยึดสายพานให้ตึงไว้ก่อนใช้งาน ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดการสลิปของสายพาน

ลักษณะการขับด้วยสายพาน

เนื่องจากคุณสมบัติในการอ่อนตัวของสายพาน จึงอาจจัดลักษณะการขับของสายพานได้ต่าง ๆ กันลักษณะทั่วไปที่นิยมใช้ในการขับด้วยสายพานดูได้จากรูป

เมื่อต้องการขับเพลลาที่อยู่ขนานกัน และต้องการให้เพลลาทั้งสองหมุนในทิศทางเดียวกัน ก็จะทำให้ได้ในลักษณะดังรูป 2.5(ก) ซึ่งเรียกว่าโอเพนไดรฟ์ (Open Drive) และถ้าเพลลาอยู่ห่างกันมากควรจะให้สายพานตึงล่างตึง (Tight) และค้ำบนหย่อน (Slack) แต่ถ้าต้องการให้เพลลาทั้งสองหมุนสวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ลักษณะการขับด้วยสายพาน (ก) โอฟินไครว์ (ข) ครอสไครว์ (ค) ควอเตอร์เทอนไครว์ (ง) มิวล์ไครว์ (ฉ) แสดงการขับโดยใช้ล้อช่วย (จ) ริเวสไครว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางกันก็ทำได้โดยใช้วิธีดังรูป 2.5(ข) ซึ่งเรียกว่าครอสไดรฟ์ (Crossed Drive) แต่การขับในลักษณะนี้จุดที่สายพานไขว้กันจะทำให้สายพานฉีก ทำให้สายพานเกิดการสึกหรอมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันมิให้สายพานสึกหรอมากเกินไปจึงควรจะให้ศูนย์กลางของล้อสายพานอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่ายี่สิบเท่าของความกว้างสายพาน และทำงานที่ความเร็วสายพานไม่เกิน 15 m/s

การขับแบบควอเตอร์เทอนไดรฟ์ (Quarter Turn Drive) ดังรูป 2.5 (ค) ใช้เมื่อเพลาทั้งสองตั้งฉากกัน และเพื่อป้องกันไม่ให้สายพานหลุดออกจากล้อสายพานในขณะที่ใช้งาน จึงต้องใช้ล้อสายพานที่กว้างเพียงพอ โดยทั่วไปมักจะต้องการกว้างมากกว่าความกว้างสายพานไม่น้อยกว่า 1.4 เท่า และก่อนใช้งานจะต้องทดสอบก่อนเสมอ ส่วนการขับแบบมิวล์ไดรฟ์ (Mule Drive) ดังในรูป 2.5 (ง) ใช้เมื่อเพลาทั้งสองตั้งฉากกัน แต่ไม่อาจจัดในลักษณะควอเตอร์เทอนไดรฟ์ได้ หรือเมื่อต้องการให้หมุนกลับทิศทางได้

เมื่อไม่สามารถใช้ขับในลักษณะโอเพนไดรฟ์ได้ เพราะส่วนโค้งสัมผัส (Arc of Contact) บนล้อสายพานเล็กมีค่าน้อยเกินไป (เพราะอัตราทดสูง และล้อสายพานอยู่ใกล้กันมาก) หรือเมื่อไม่อาจทำให้สายพานตึงโดยวิธีอื่น ก็อาจทำได้โดยใช้ล้อช่วย (Idler) ดังรูป 2.5 (จ) เป็นการช่วยให้สายพานสัมผัสกับล้อมากขึ้นซึ่งเพิ่มกำลังที่ส่งได้ด้วย ว่าการขับแบบรีเวอร์สไดรฟ์ (Reverse Drive) ใช้เมื่อต้องการส่งกำลังไปยังเพลาหลาย ๆ อันพร้อมกัน

2.2.2 โซ่

การขับด้วยโซ่มีโซ่อยู่มากทางด้านงานเครื่องจักรกล เนื่องจากมีลักษณะคล้ายกันการขับด้วยสายพาน โซ่จะคล้อยอยู่กับล้อโซ่หรือเฟืองโซ่ (Sprocket) ซึ่งติดอยู่บนเพลาขับและเพลาตาม อัตราทดของการขับจะขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง และการขับด้วยโซ่นี้จะไม่มีการสลิปเกิดขึ้นระหว่างโซ่กับเฟืองโซ่

เนื่องจากการขับด้วยโซ่มีความไวใจได้และถูกต้องตามหลักเศรษฐศาสตร์ จึงนิยมใช้มาก เช่น ในการส่งกำลังในเรือ เครื่องยนต์ เครื่องจักรกลการเกษตร เครื่องมือกล เครื่องทอผ้าและเครื่องจักรกลงานไม้ เครื่องพิมพ์ และในการขนส่งและขนถ่ายวัสดุ

การขับด้วยโซ่มือข้อคืออยู่ระหว่างการขับด้วยสายพานและการขับด้วยเฟือง ทางด้านราคาสมรรถนะ ในการส่งกำลังและการบำรุงรักษา โซ่สามารถขับได้ในระยะทางไกลกว่าสายพาน และขับได้พร้อมกันหลาย ๆ เพลา ซึ่งมีทิศทางหมุนตามกันหรือสวนทางกันก็ได้

ข้อดีของการจับด้วยโซ่

1. ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรงเท่ากับเฟือง
2. ไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงขั้นต้นในโซ่ด้านตึงเหมือนกับสายพาน ทำให้อายุใช้งานของแบร็งก์ที่รองรับเพลลาเพิ่มมากขึ้น
3. ไม่มีการสลิปในขณะที่ส่งกำลังเหมือนสายพาน ทำให้ได้อัตราทดที่แน่นอน
4. มีขนาดกะทัดรัดกว่าสายพาน เมื่อใช้งานด้วยอัตราทดเท่ากัน เฟืองโซ่จะมีขนาดเล็กกว่าล้อสายพานและถ้าต้องการวางกำลังเท่ากัน ความกว้างของโซ่จะน้อยกว่าสายพาน
5. ติดตั้งง่ายกว่าสายพานเพราะเพียงแค่คล้องเข้ากับเฟืองโซ่แล้วสอดสลักเข้าไปเท่านั้น
6. ใช้งานกับอุณหภูมิสูง บริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง

ข้อเสียของการจับด้วยโซ่

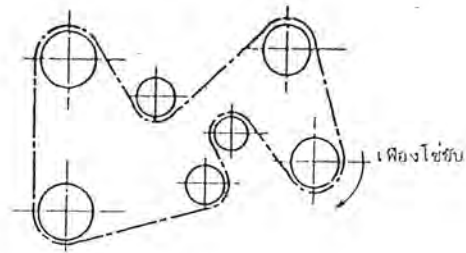
1. มีเสียงดัง
2. เนื่องจากความเร็วขอบสูงจะมีอันตรายเมื่อโซ่ขาด
3. ไม่มีความอ่อนตัวในการส่งกำลัง เพลลาจะต้องขนานกัน
4. ส่งกำลังแบบครอสไดรว์ไม่ได้
5. มีราคาแพงกว่าการจับด้วยสายพาน
6. ต้องมีการหล่อลื่น

การใช้งาน

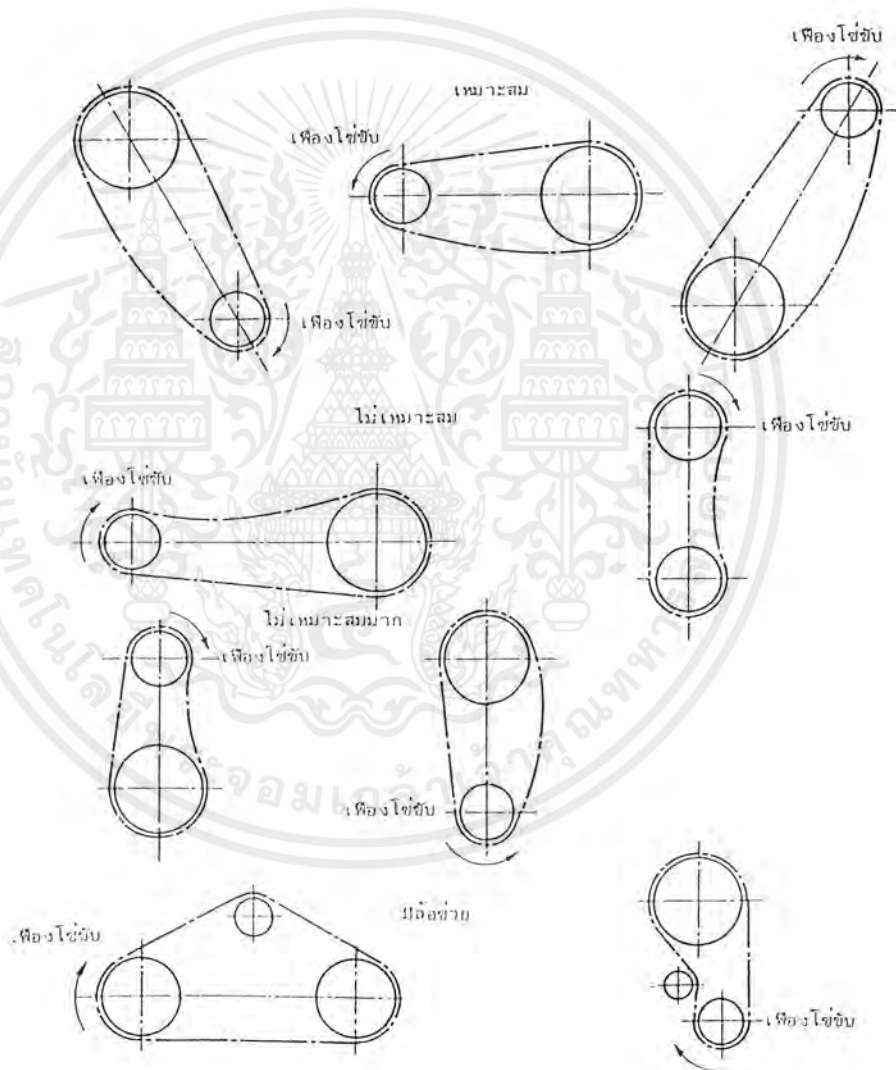
จากรูป 2.6 และ 2.7 จะพบว่า ในการจับด้วยโซ่อาจจับเพียงหนึ่ง เฟืองโซ่ หรือหลายเฟืองโซ่ก็ได้ และอาจหมุนในทิศทาง เดียวกันกับเฟืองโซ่จับหรือสวนทางกันได้ แต่อย่างไรก็ตามมีข้อสมมุติฐานว่าเฟืองโซ่จะต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน และเพลลาจะต้องขนานกันและอยู่ในแนวระดับด้วย ความเร็วขอบของเฟืองโซ่สามารถใช้ได้ถึง 20-25 m/s

สิ่งจำกัดในการส่งกำลังด้วยโซ่เมื่อใช้งานด้วยความเร็วปานกลางจนถึงความเร็วสูงสุดก็คือ การสึกหรอของข้อต่อและความต้านแรงด้า (Fatigue Strength) ของวัสดุชิ้นส่วนโซ่ นอกจากนี้แล้ว ถ้างานใช้งานด้วยความเร็วสูงจะต้องคำนึงถึงแรงที่จะเกิดขึ้นในโซ่ เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง ในการจับโดยโซ่หลายเส้นขนานกันเป็นสองชั้น (Double-Strand) หรือสามชั้น (Triple-Strand) อาจทำให้แรงที่กระทำกับโซ่ไม่กระจายไปเท่า ๆ กันตลอดความกว้างของโซ่ และถ้าหล่อลื่นไม่ดีพอ ก็จะเป็นสาเหตุประการสำคัญที่ทำให้โซ่สึกหรอได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงการขับเพลาหลายเพลาโดยการใช้เพียงหนึ่งเส้น



รูปที่ 2.7 แสดงการวางเฟืองที่ขับกันอย่างเหมาะสมและไม่เหมาะสมเพลาของเฟืองโซ่อยู่ในแนวระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

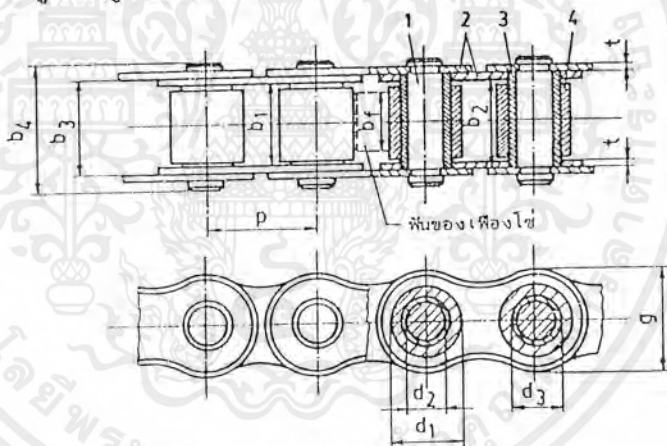
โซ่ที่คล้องอยู่บนเฟืองโซ่จะมีลักษณะคล้ายรูปหลายเหลี่ยมบนเฟืองโซ่ (ซึ่งจะกล่าวถึงภายหลัง) ทำให้แขนของแรงในแนวสัมผัสกับ เฟืองโซ่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาที่ส่งกำลังนอกจากนี้ในระหว่างที่โซ่เคลื่อนออกจากเฟืองโซ่ ข้อต่อโซ่แต่ละข้อจะเกิดการหมุนเทียบกับข้อต่อโซ่ข้างเคียงเป็นมุม 2α การหมุนนี้จะทำให้เกิดความเสียดทานขึ้น เป็นผลทำให้สูญเสียกำลังและโซ่สึกหรอ ผลต่อมาก็คือระยะพิชต์ของโซ่ เพิ่มขึ้นจนอาจหลุดออกจากเฟืองโซ่ได้

ชนิดของโซ่

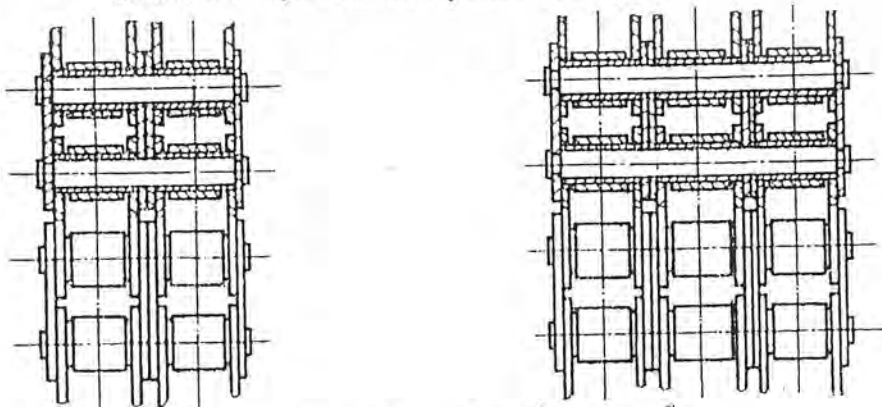
โซ่แบ่งออกเป็นชนิดใหญ่ๆ ได้ 3 ชนิด

1. โซ่โรลเลอร์ (Roller Chains)

โซ่ชนิดนี้ประกอบด้วยแผ่นต่อ (Link) ด้านนอกยึดติดกันด้วยสลัก และบุช (Bushes) โรลเลอร์กลวงสวมอยู่กับบุช ดังรูป 2.8 เมื่อใช้รับแรงมากอาจใช้แบบสองชั้นและสามชั้น ดังรูป 2.9



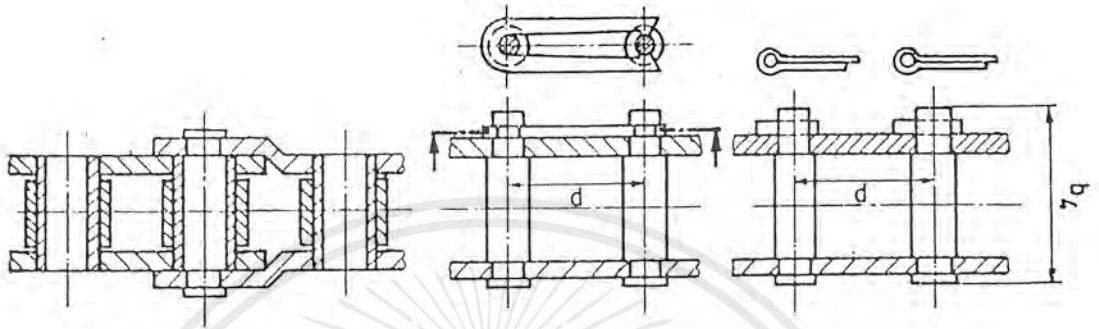
รูปที่ 2.8 โซ่โรลเลอร์ :1. สลัก, 2. แผ่นต่อด้านนอกและด้านใน, 3. บุช ที่อัดแน่นกับแผ่นต่อด้านใน, 4. โรลเลอร์หมุนได้อิสระบนบุช 3



รูปที่ 2.9 โซ่โรลเลอร์สองชั้นและสามชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ปลายต่อกันของโซ่ อาจใช้อุปกรณ์ในการต่อดังรูป 2.10



รูปที่ 2.10 ข้อต่อสำหรับโซ่โรลเลอร์ จากด้านซ้ายต่อกด้วยคอตเตอร์พิน
ต่อกด้วยสปริงรูปตัวยู และต่อกด้วยข้อต่อแบบพิเศษ

2. โซ่บุช (Bushed Chains)

โซ่ชนิดนี้แตกต่างกับโซ่โรลเลอร์ที่ตรงที่ไม่มีโรลเลอร์ ดังนั้นจึงสามารถออกแบบให้บุชและสลักมีขนาดใหญ่ได้มากกว่าโซ่โรลเลอร์ โดยที่ระยะพิตช์เท่ากัน โซ่โรลเลอร์ โดยที่ระยะพิตช์เท่ากัน โซ่บุชจึงรับแรงได้มากกว่าและแข็งแรงกว่า แต่เนื่องจากการใช้งานจะเกิดเสียงดังและการสึกหรอมาก โดยทั่วไปแล้วจึงนิยมใช้โซ่โรลเลอร์มากกว่าโซ่บุช

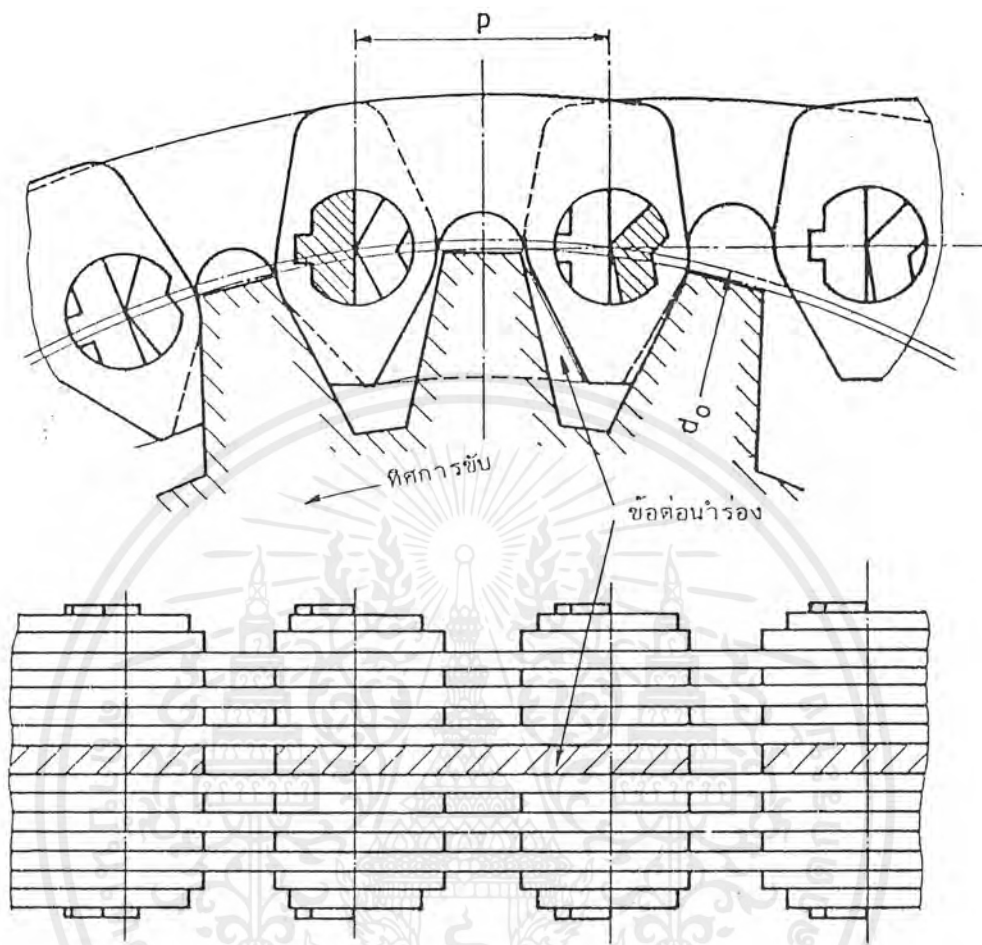
3. โซ่ฟัน (Toothed Chains)

โซ่ชนิดนี้อาจเรียกว่า Silent Chain ก็ได้ โซ่ฟันประกอบด้วยแผ่นต่อหลายแผ่นเรียงซ้อนกันและยึดติดกันด้วยสลักดังรูป 2.11 แผ่นต่อแต่ละแผ่นจะมีฟันสองฟัน ในขณะที่ส่งกำลังทำหน้าที่เป็นจุดหมุนของข้อโซ่ ทำให้โซ่แนบสนิทกับฟันบนเฟืองโซ่สึกหรอน้อย ซึ่งเฟืองโซ่ควรจะมีฟันไม่น้อยกว่า 12 ฟัน โซ่ใช้ขับเคลื่อนด้วยความเร็วสูงกว่าโซ่โรลเลอร์ทำงานได้โดยเกือบจะไม่มีเสียงดังแต่จะมีน้ำหนักมากกว่าโซ่โรลเลอร์ ราคาแพงกว่า และต้องการให้มีการบำรุงรักษาที่มากกว่าโซ่โรลเลอร์

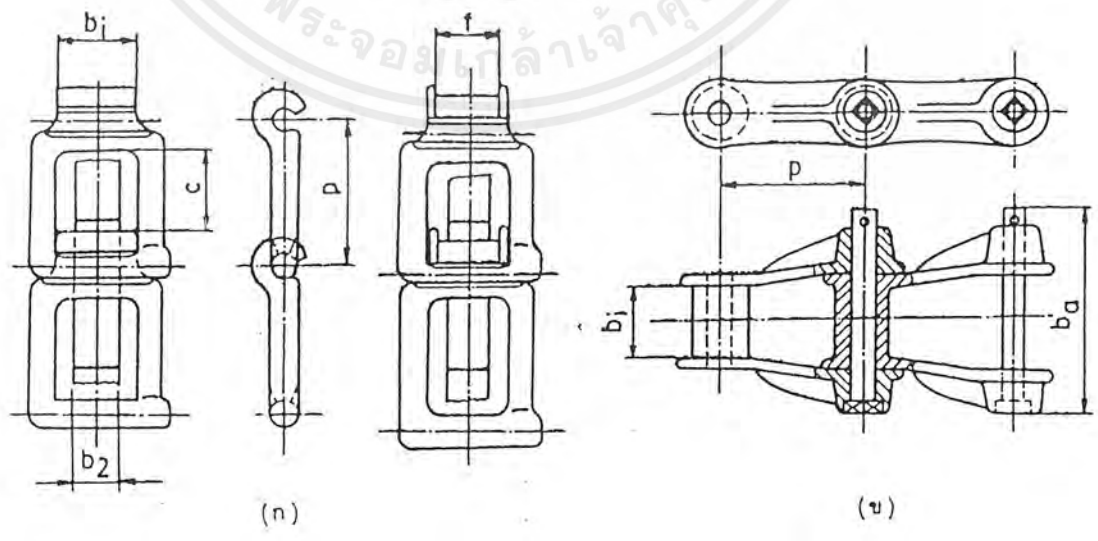
4. โซ่ชนิดอื่น

เมื่อใช้ส่งกำลังด้วยความเร็วต่ำ (ไม่เกิน 2 m/min) หรืองานที่ไม่ต้องการความแม่นยำนัก เช่นในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลการเกษตร ก็มักใช้โซ่ที่มีลักษณะดังรูป 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ในกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 โซ่ฟัน



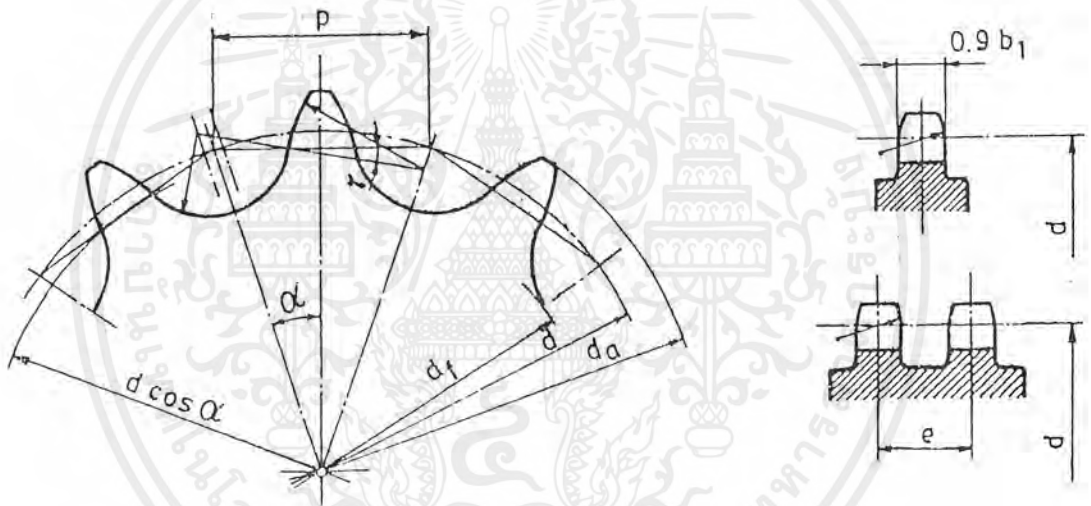
รูปที่ 2.12 โซ่ชนิดอื่น (ก) Detachable Joint Chain (ข) Steel Pin Chain

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

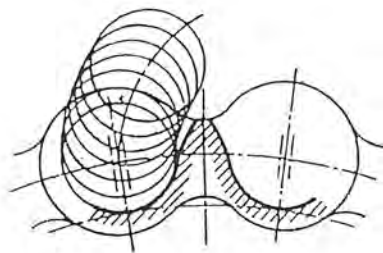
เฟืองโซ่

เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเฟืองโซ่ d ดังรูป 2.13 คือเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางของข้อต่อโซ่ที่คล้องอยู่บนเฟืองโซ่ ซึ่งก็คือวงกลมที่ลากผ่านมุมของรูปหลายเหลี่ยมที่เกิดขึ้นเนื่องจากโซ่คล้องบนเฟืองโซ่ เซอร์คิวลาพิตช์ p ของวงกลมพิตช์ซึ่งวัดตามส่วนโค้งของวงกลมพิตช์ จึงมีค่ามากกว่าระยะพิตช์ p ของโซ่ สำหรับเฟืองโซ่เฟืองหนึ่งจะมีมุมพิตช์ ซึ่ง

$$\sin \alpha = \frac{p}{d}$$



รูปที่ 2.13 เฟืองโซ่สำหรับโรเตอร์และโซ่บูช

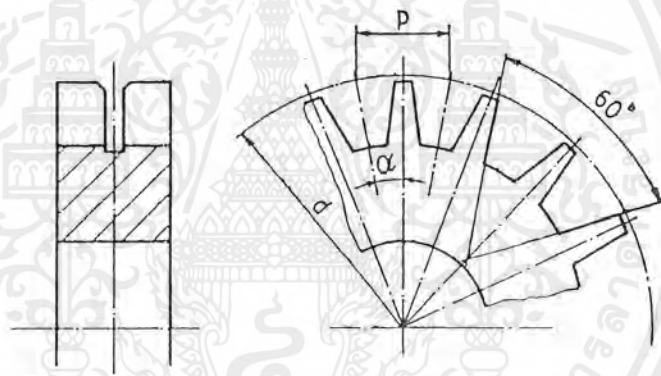


รูปที่ 2.14 การเคลื่อนไหวยของโรเตอร์ขณะส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของฟันเฟืองโซ่จะต้องทำให้การเคลื่อนที่ของโรเตอร์เป็นไปได้อย่างสะดวก ซึ่งจะเห็นการเคลื่อนที่ของโรเตอร์ได้ดังรูป 2.14 นอกจากนี้อาจจะมีลักษณะแตกต่างกันไปอีกตามความต้องการของบริษัทผู้ผลิต เพื่อให้โซ่มีมุมกด γ ตามความต้องการ

เฟืองโซ่สำหรับโซ่โรเตอร์และโซ่บุชดัง รูป 2.14 จะมีมุมกดแตกต่างกันไปมาก ถ้ามุมกด γ โทมากจะทำให้โซ่ยึดออกใกล้เคียงกันทุกข้อ แต่จะต้องทำให้โซ่ค้ำหย่อนตึงขึ้น และทำให้เกิดเสียงดังในขณะขับมากขึ้น เฟืองโซ่สำหรับโซ่ฟันมีฟันเป็นเส้นตรง มุมระหว่างฟันจะเท่ากับ 60 องศา ปลายฟันจะทำให้มนเพื่อป้องกันการสึกหรอในขณะขับ



รูปที่ 2.15 เฟืองโซ่สำหรับโซ่ฟัน

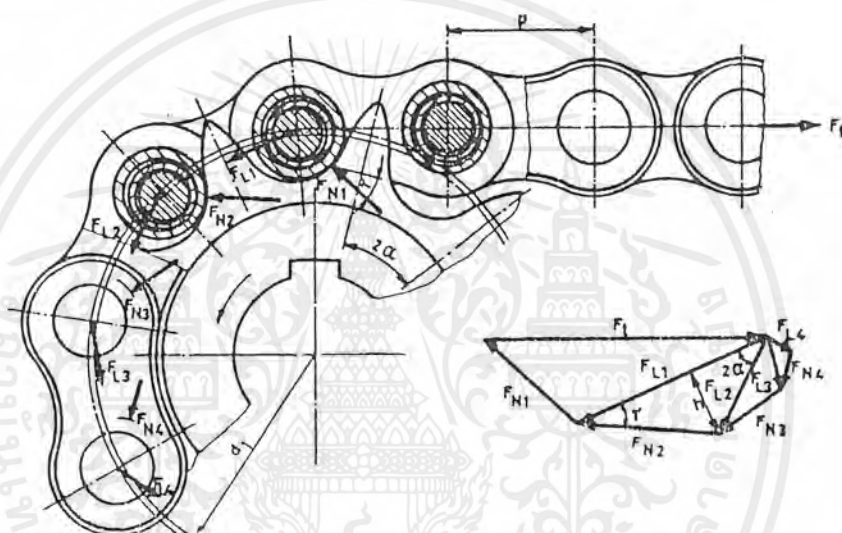
การส่งกำลัง

ในขณะส่งกำลังแรงในแนวเส้นสัมผัส F_t ที่เกิดจากโซ่กระทำกับฟันเฟืองโซ่ มีลักษณะดังรูป ซึ่งจะเห็นได้ว่าแรงตามแนวยาวของโซ่ F_l จะลดลงจากฟันหนึ่งไปยังอีกฟันหนึ่ง แผนภาพของแรงในรูป สร้างขึ้นได้โดยถือว่าที่ข้อต่อทุกข้อ ผลรวมของแรงบนข้อต่อตามแนวยาว F_{L1}

แรงตามแนวยาวของโซ่ยึด ถ้ามีค่าน้อยโซ่ก็จะยึดน้อยลงมุมที่ข้อต่อโซ่หมุนไปในขณะขับ โดยเฟืองโซ่มีค่าเท่ากับ 180 องศา หากด้วยจำนวนฟัน Z ของเฟืองโซ่ ดังนั้นถ้าเฟืองโซ่มีจำนวนฟันน้อย มุมหมุนของข้อต่อโซ่จะมีมาก ทำให้เกิดการสึกหรอที่บูชและสลักมากขึ้น และถ้าเฟืองโซ่มีระยะพิชต์เท่ากัน เฟืองโซ่ที่โตกว่าจะส่งกำลังได้น้อยกว่าเฟืองโซ่เล็ก ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงมีข้อเสนอแนะสำหรับการเลือกใช้จำนวนฟันของเฟืองโซ่ดังนี้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วต่ำมาก	$Z_{\min} = 12$
ความเร็วต่ำ	$Z_{\min} = 17$
ความเร็วปานกลาง	$Z_{\min} = 21$
ความเร็วสูง	$Z_{\min} = 25$
สำหรับการขับเพื่อทดเพิ่มความเร็วให้ใช้	$Z_{\min} = 23$



รูปที่ 2.16 การส่งกำลังจากเฟืองโซ่ไปยังโรลเลอร์

โดยปกติมักจะใช้จำนวนฟันของเฟืองโซ่เป็นเลขคี่ และจำนวนข้อต่อโซ่เป็นเลขคู่เพื่อช่วยให้ความถี่ในการสัมผัสระหว่างฟันของเฟืองโซ่กับข้อต่อโซ่สม่ำเสมอ

แรงในแนวเส้นสัมผัส

ในการส่งกำลัง ถ้าโซ่รับแรงสม่ำเสมอและเฟืองโซ่หมุนด้วยความเร็วคงที่ โซ่จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ V และมีแรงในแนวเส้นสัมผัส F_t ซึ่งจะหาค่าได้จากกำลังที่ส่ง W_p หรือโมเมนต์บิดที่ต้องการส่ง T

ความเร็วของโซ่หาได้จาก

$$V = \pi m = P_c \cdot Z \cdot n \cong p \cdot Z \cdot n$$

ดังนั้น แรงในแนวเส้นสัมผัส

$$F_t = W_p / V$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{หรือ } F_t = \frac{2\pi nT}{V} = \frac{2\pi nT}{pZn} = \frac{2\pi T}{2T} = \frac{2T}{d}$$

โดยที่ F_t คือ แรงในแนวเส้นสัมผัส
 W_p คือ กำลังงาน
 T คือ โมเมนต์บิด
 V คือ ความเร็วรอบของเฟืองโซ่
 Z คือ จำนวนฟันของเฟืองโซ่
 n คือ ความเร็วรอบของเฟืองโซ่

แรงดึงขั้นต้น

แรงดึงขั้นต้นในโซ่ด้านหย่อนที่เหมาะสมควรมีค่าเท่ากับแรงที่เหลืออยู่ในโซ่ด้านหย่อน คือ แรง F_{L1} (ในรูป 2.16) ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าได้โดยการพิจารณารูป

คือ

$$h = F_{L2} \sin 2\alpha = F_{N2} \sin \gamma$$

และ

$$F_{L1} = F_{L2} \cos 2\alpha + F_{N2} \cos \gamma$$

ดังนั้น

$$F_{L1} = F_{L2} \left(\cos 2\alpha + \frac{\sin 2\alpha \cos \gamma}{\sin \gamma} \right)$$

$$= F_{L2} \sin \frac{(2\alpha + \gamma)}{\sin \gamma}$$

และ

$$F_{L2} = F_{L1} \frac{\sin \gamma}{\sin(2\alpha + \sin \gamma)} = F_{L1} \frac{\sin \gamma}{\sin \frac{(360 + \gamma)}{Z}}$$

ถ้าให้ Z_b เป็นจำนวนฟันทั้งหมดในสวนโค้งสัมผัสระหว่างโซ่กับเฟือง ดังนั้นแรงที่เหลืออยู่ในโซ่จะเท่ากับ

$$F_t = F_t \frac{\sin \gamma}{\sin \frac{(360 + \gamma)}{Z}} Z_b$$

โดยที่ F_t = แรงดึงขั้นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

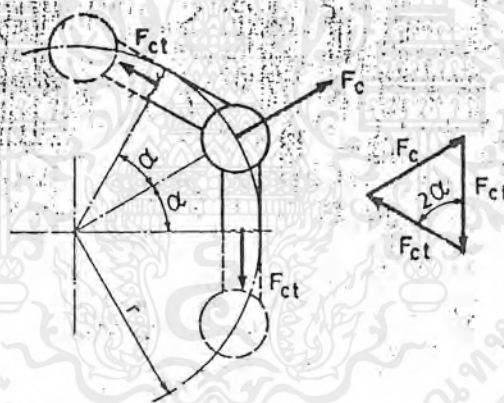
เมื่อให้ B เป็นมุมสัมผัส จะได้ว่า

$$Z_h = \frac{B.Z}{360}$$

ในทางปฏิบัติแรงที่เหลื่ออยู่นี้มีค่าน้อยมาก ตัวอย่างเช่น ถ้ามุมสัมผัส $B = 120^\circ$, $\gamma = 15^\circ$ และ $Z = 19 : F_1$ จะเท่ากับ 0.76 % ของ F_1 และถ้า $Z = 11 : F_1$ จะเท่ากับ 2.12% ของ F_1

แรงหนีศูนย์กลาง

ในขณะที่กำลังที่ข้อของโซ่จะมีแรงหนีศูนย์กลางในแนวรัศมีของเฟืองโซ่ F_c ดัง รูป 2.17 ซึ่งมีค่าเท่ากับ



รูปที่ 2.17 การแยกแรงหนีศูนย์กลาง F_c ออกเป็นแรงย่อย F_{ct}

$$F_c = m.r.W.V_2 = \frac{m.V_2}{r} = \frac{W}{g}V_2^2 \sin \alpha$$

โดยที่ F_c คือ แรงหนีศูนย์กลางในแนวรัศมี

W คือ น้ำหนักโซ่ต่อความยาว 1 m

และความยาวโซ่ $\cong 2r \sin \alpha$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแยกแรงนี้ออกเป็นแรงย่อยในแนวของข้อต่อโซ่ F_{ct} จะได้ว่า

$$\frac{0.5F_c}{F_{ct}} = \sin \alpha$$

ดังนั้น

$$F_{ct} = \frac{F_c}{2 \sin \alpha} = \frac{W \cdot V_2}{g}$$

จะเห็นได้ว่า F_{ct} ไม่ขึ้นอยู่กับมุม α และจำนวนฟันของเฟืองโซ่ แต่จะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ V เป็นอย่างมาก

ผลจากการเป็นรูปหลายเหลี่ยม (Polygon Effect)

เนื่องจากในขณะส่งกำลัง โซ่จะวางตัวบนเฟืองโซ่ในลักษณะของรูปหลายเหลี่ยม ดังนั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประสิทธิผล (Effective Diameter) ของเฟืองโซ่จะเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง d และ $d \cos \alpha$ ดังรูป 2.18 และความเร็วของโซ่จะเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง $V_{Max} = W_d / 200$ กับ $V_{Min} = W_d \cos \alpha / 2000$ จากการพิจารณาราคาคณิตของรูป 2.18 จะพบว่า

$$d = \frac{p}{\sin \alpha}, \quad 2\alpha = \frac{2\pi}{2rad} = \frac{360}{Z} \text{ องศา}$$

ให้มุมหมุนคือ ϕ จะได้สมการของการเคลื่อนที่ในช่วง $\phi = -\alpha$ ถึง $+\alpha$ ดังนี้

$$\text{ระยะทาง} \quad S + \Delta s = \frac{p \sin \phi}{2 \sin \alpha}$$

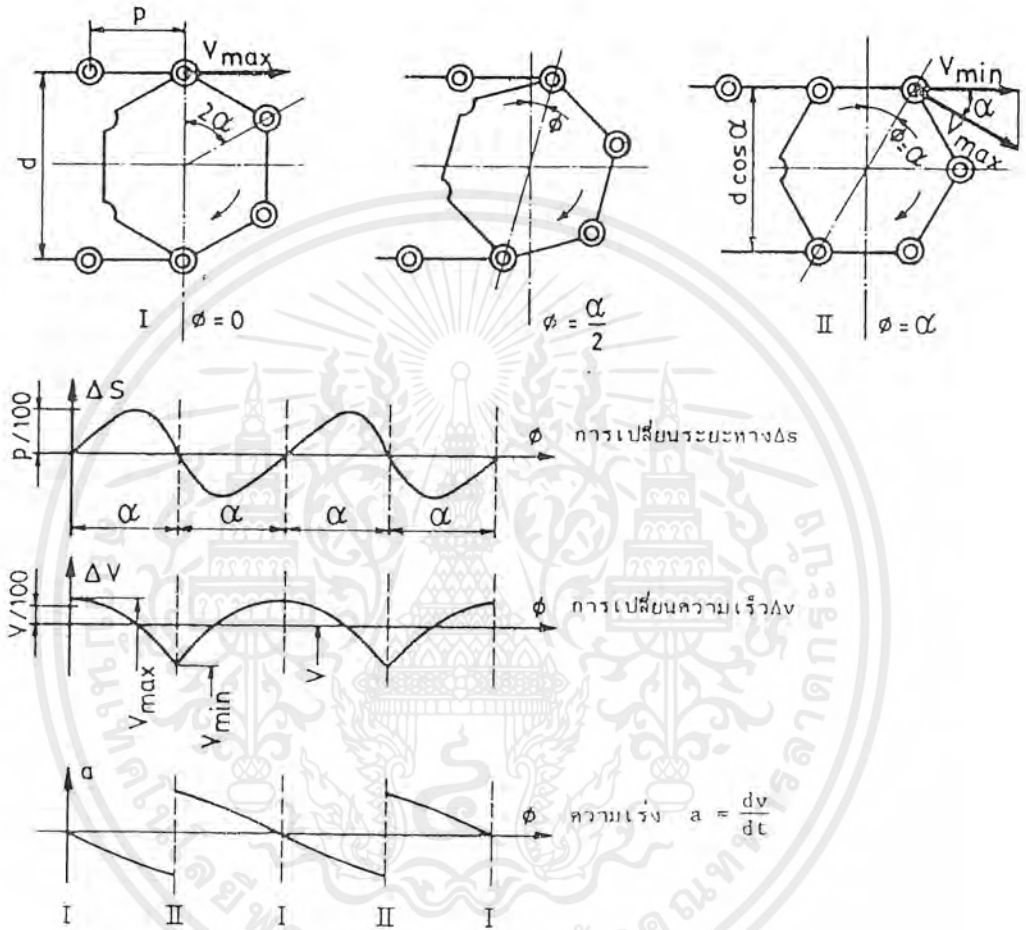
$$\Delta S_{Max} = \frac{p}{3.2Z_2} \quad \text{ที่} \quad \cos \phi = \frac{\sin \alpha}{\alpha}$$

$$\text{ความเร็ว} \quad V + \Delta V = \frac{W \cdot p \cos \phi}{2 \sin \alpha}$$

$$\Delta V_{Max} = \frac{W \cdot p}{3.8Z}$$

$$\text{ที่} \quad \phi = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ผลของการเป็นรูปหลายเหลี่ยมต่อการเคลื่อนที่ของโซ่ โดยความเร็วรอบของ

เฟืองโซ่คงที่ แสดงการพลอตเฟืองโซ่ที่มี 6 ฟัน กับมุมหมุน ϕ

$$\Delta V_{Max} = \frac{4.5V}{100}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงกระแทก

เมื่อโซ่เคลื่อนที่เข้าหาเฟืองโซ่ จะเกิดการกระแทกกันระหว่างข้อโซ่กับฟันของเฟืองโซ่ แรงกระแทกมีค่ามากเมื่อโซ่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง และเฟืองโซ่มีจำนวนฟันน้อยจึงจำเป็นต้องชุบแข็งเฟืองโซ่ เมื่อต้องการใช้งานที่ความเร็วสูง

ความเค้นในโซ่

โซ่โรลเลอร์ และ โซ่บูช

ความเค้นอัดบนสลัก $\sigma_c = \frac{F}{A}$

โดยที่ F คือ แรงดึงในโซ่ $= F_t + F_{ct}$

A คือ พื้นที่ที่เกิดการอัด $= d_2 d_3$

d_2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง

d_3 คือ ความกว้างด้านในของโซ่

การคำนวณหาขนาดโซ่

ในทางปฏิบัติในการคำนวณหาโซ่มักจะใช้วิธีเลือกขนาดโซ่จากแค็ตตาล็อกของบริษัทผู้ผลิตโซ่ โดยทำตามคำแนะนำในแค็ตตาล็อกนั้น ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป หลังจากที่ได้เลือกขนาดโซ่ได้แล้ว อาจตรวจสอบได้ว่าโซ่จะใช้งานได้หรือไม่ด้วยสมการ

$$F = \frac{F_b}{N_b}$$

โดยที่ F_b คือ แรงแตกหักน้อยที่สุดของโซ่

N_b คือ ค่าความปลอดภัยซึ่งควรมีค่าระหว่าง 7 ถึง 15

โซ่โรลเลอร์

ในการเลือกขนาดโซ่จะต้องทราบข้อมูลดังต่อไปนี้คือ

-กำลังงานที่ต้องการส่งเป็น kW

-ความเร็วรอบของเพลาขับและเพลาตามเป็น rpm

-การใช้งาน เช่น ชนิดของอุปกรณ์ขับและอุปกรณ์ที่ต้องการขับ

จากข้อมูลดังกล่าวนี้ จึงเริ่มต้นการเลือกขนาดโซ่ตามขั้นตอนดังนี้คือ หาจำนวนฟันของ

พินเนียน (คือจำนวนฟันบนเฟืองโซ่เล็ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้โซ่มีอายุใช้งานได้มากที่สุด ทำงานได้อย่างราบรื่น และมีสมรรถนะที่อำนวยประโยชน์ที่สุด การหาจำนวนฟันบนพินเนียน ควรพิจารณาดังต่อไปนี้

- ในการขับส่วนมากจะใช้จำนวนพีตซ์ของโซ่เป็นเลขคู่ และใช้พินเนียนที่มีฟันเป็นเลขคี่เพื่อให้แน่ใจได้ว่าโซ่และพินบนพินเนียนจะเกิดการสึกหรออย่างสม่ำเสมอ
- โดยทั่วไป ถ้าเป็นการขับอย่างสม่ำเสมอพินเนียนไม่ควรมีฟันน้อยกว่า 17 ฟันเนื่องจากว่าโซ่จะวางตัวบนพินเนียนในลักษณะของรูปหลายเหลี่ยม ทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้จะน้อยมากเมื่อพินเนียนมีจำนวนฟันมากขึ้น นั่นคือ เมื่อมากกว่า 17 ฟัน
- ถ้ามีการกระตุกเล็กน้อยควรใช้พินเนียนที่มีฟันอย่างน้อย 23 ฟัน
- พินเนียนควรผ่านกรรมวิธีทางความร้อน ให้มีความแข็ง HV10 - 55

2.2.3 มอเตอร์ (Motor)

มอเตอร์ (Motor) ที่ใช้ในโครงงานนี้จะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง(DC Motor)มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ(AC Motor) และสเตปป์มอเตอร์(Stepping Motor)

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

หลักการของมอเตอร์กระแสตรง มอเตอร์ คือ ตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล เพื่อนำพลังงานกลที่ให้ไปขับเคลื่อนสิ่งต่าง ๆ ตามที่ต้องการ อาการทางกลที่เกิดขึ้น ก็อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อมีกระแสไหลในตัวนำ ซึ่งอยู่ในสนามแม่เหล็กนั้น ย่อมทำให้เกิดแรงขึ้นในทิศทางที่หาได้จากกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่งขนาดของแรงที่เกิดขึ้น หาได้จาก

$$F = BiI$$

เมื่อ F คือ แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำหนึ่งตัว (นิวตัน)

B คือ ความหนาแน่นของสนามไฟฟ้า (เวเบอร์)

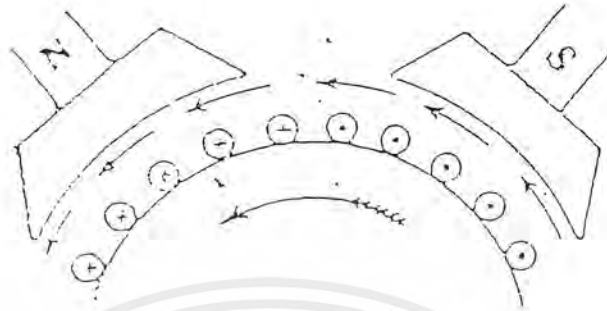
I คือ ความยาวของตัวนำ (เมตร)

แรง F เกิดขึ้น จะอยู่ในแนวที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก และกระแสที่ไหลผ่านในตัวนำนั้น ๆ

เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงนี้ โดยหลักการพื้นฐานโครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟ และมอเตอร์นั้น ไม่มีความแตกต่างในโครงสร้างเลยนั่นก็คือ เครื่องกลกระแสตรงเครื่องเดียวกันนั้นสามารถนำไปใช้งานสลับกันได้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงก็คล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง นั่นก็คือ มีเครื่องแบบ Shunt - Wound หรือ Series - Wound หรือ Compound - Wound เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 หลักการของมอเตอร์

จากรูปแสดงส่วนหนึ่งของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีหลายขั้วแม่เหล็ก เมื่อใส่เข้าไปในสนามกระตุ้น ย่อมทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก และเมื่อป้อนกระแสให้ไหลผ่านตัวนำที่อาร์เมเจอร์ ก็จะทำให้เกิดแรงขึ้นบนตัวที่อยู่ในสนามแม่เหล็กนั่นคือ ทำให้อาร์เมเจอร์หมุน ในที่นี้ได้กำหนดให้กระแสที่ไหลในตัวนำของอาร์เมเจอร์ที่อยู่ภายใต้ขั้วเหนือ N มีทิศทางของกระแสพุ่งเข้าไปข้างในดังทางดูครที่เป็นกากบาท ส่วนตัวนำที่อยู่ภายใต้ขั้วใต้นั้น ให้กระแสพุ่งออกมาข้างนอกดังหัวดูครที่เป็นจุด เมื่อเป็นเช่นนี้จึงหาทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำทุก ๆ ตัวที่อยู่ภายใต้ขั้วแม่เหล็กทั่ว N และ S ได้โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง

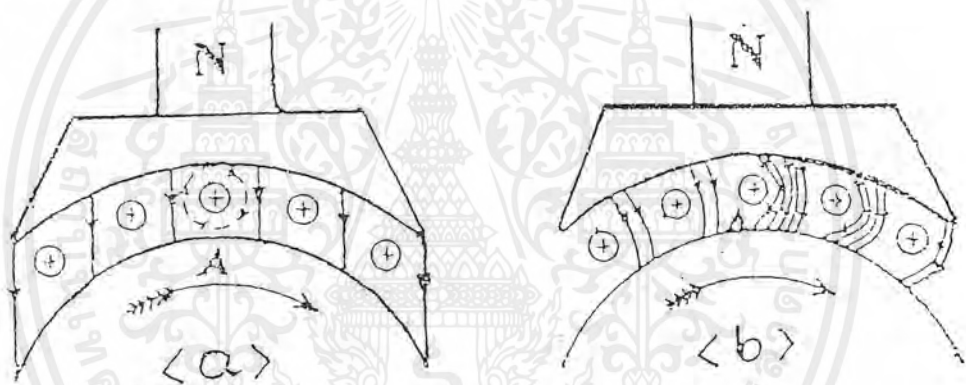
วิธีหาก็คือ กางมือซ้ายออกโดยให้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้และนิ้วกลาง ตั้งฉากซึ่งกันและกันจากนั้น ให้นิ้วชี้ชี้ไปตามทิศทางของสนามแม่เหล็กคือชี้จากขั้ว N ไป S ให้นิ้วกลางชี้ไปตามทิศทางการไหลทางการไหลของกระแสไหล ณ ที่ตัวนำที่ต้องการหาทิศทางการเคลื่อนที่นั้น ๆ นั่นคือ นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำนั้น ๆ จะพบว่าแรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำทุก ๆ ตัว ภายใต้ขั้วแม่เหล็กเดียวกัน จะมีทิศทางเดียวกัน และจะอยู่ในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวงของอาร์เมเจอร์นั้น ๆ และพบว่าแรงที่เกิดขึ้นภายใต้ขั้วแม่เหล็กทุก ๆ ขั้ว ที่สลับกัน ใต้นั้น จะมีทิศทางไปในทางเดียวกันทั้งสิ้น โดยแต่ละแรง จะอยู่ในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวงของอาร์เมเจอร์นั่นคือ ภายใต้ขั้วแม่เหล็กแต่ละขั้ว ก็จะทำให้เกิดแรงลัพธ์ขึ้นแรงหนึ่ง ฉะนั้นเมื่อมีหลายขั้วก็มีหลายแรง และทุก ๆ แรงต่างก็รวมกันเป็นแรงหนึ่ง ฉะนั้นจึงทำให้มอเตอร์หมุนไปได้จากแรงที่เกิดขึ้น

การเปรียบเทียบอากัปกริยาของเครื่องกำเนิดและมอเตอร์ (Comparision of Generator and Motor Action)

ดังได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่า เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงกันนี้ สามารถใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็ได้ นั่นคือ เมื่อทำงานเป็นมอเตอร์นั้น ก็จำเป็นต้องใส่พลังงานไฟฟ้าเข้าไปเพื่อได้พลังงานกลออกมาและเมื่อนำมาใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้านั้น ก็จำเป็นต้องใส่พลังงานกลเข้าไปขับให้ตัวหมุนเคลื่อนที่ เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าออกตามต้องการ จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ เราลองมาทำการพิจารณาการทำงานของเครื่องผลิตไฟฟ้าว่า ทำอย่างไรจึงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบอากัปกริยาภายในอาร์เมเจอร์ที่เกิดขึ้น ตามรูปที่ 2.20 (a) แสดงให้เห็นเพียงส่วนหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยการหมุน อาร์เมเจอร์ซึ่งมีตัวนำวิ่งผ่านสนามแม่เหล็กที่ขั้ว N หรือขั้ว S ก็ตาม แต่ในที่นี้ได้ทำการพิจารณาเฉพาะตัวนำ A ที่อยู่บนอาร์เมเจอร์วิ่งผ่านขั้ว N ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา จากกฎมือขวาของเฟลมมิง ก็พบว่า มีแรงเคลื่อนพุ่งเข้าไป ดังแสดงในรูปที่ 2.20 (a) เมื่อเครื่องผลิตไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟออกไปให้กับภาระไฟฟ้า จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำทุกตัว แต่ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะตัวนำ A เท่านั้น ดังนั้นเมื่ออาร์เมเจอร์ซึ่งมีตัวนำวิ่งผ่านสนามแม่เหล็กที่ขั้ว N หรือ S ก็ตาม แต่ในที่นี้ได้ทำการพิจารณาเฉพาะตัวนำ A ที่อยู่บนอาร์เมเจอร์วิ่งผ่านขั้ว N ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา จากกฎมือขวาของเฟลมมิง ก็พบว่า มีแรงเคลื่อนผลิตไฟฟ้าพุ่งเข้าไป ดังแสดงในรูปที่ 2.20 (a) เมื่อเครื่องผลิตไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟออกไปให้กับภาระไฟฟ้า จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำทุกตัว แต่ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะตัวนำ A เท่านั้น ดังนั้นเมื่ออาร์เมเจอร์ยังถูกขับให้หมุนไปทางเดิม (ตามเข็มนาฬิกา) โดยพลังงานกลภายนอกอยู่ด้วยกัน กำลังแรงที่เกิดอยู่ก็จะทำให้มีความรู้สึกลับกันไฟฟ้าเริ่มหมุนช้าลงไปที่เป็นเช่นนี้เพราะมีแรงลากแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Drag) คอยต้านการเคลื่อนที่ของตัวขั้วนั่นเอง อากัปกริยา หรืออาการที่เกิดขึ้นเช่นนี้นั้น สามารถมองเห็นชัดหรือเข้าใจได้ง่าย ดังรูปที่ 2.20 (b) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เส้นแรงทางด้านขวาของตัวนำ A ที่อยู่ในทิศทางการเคลื่อนที่ของอาร์เมเจอร์นั้น มีจำนวนแม่เหล็กมากกว่าทางด้านซ้าย ทั้งนี้เพราะเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนตัวนำ A ของทางขวามือนั้น ไปอัดหรือรวมตัวกันกับเส้นแรงแม่เหล็กสำคัญ N ส่วนข้างซ้ายจะไปแยกตัวกับแม่เหล็กหลัก ฉะนั้นทางด้านซ้ายจะมีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กน้อยกว่าการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กบนตัวนำ A นี้ หาได้โดยใช้ Cork 'S Rule' เพื่อให้ง่ายแก่การเข้าใจจึงอาจจะเปรียบเทียบได้ว่า เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในกริยาอาการต่างๆ เหล่านี้ ต่างก็เปรียบเสมือนเส้นยาง หรือหนังสติ๊กที่ใช้ยิงนก โดยมี A ซึ่งเป็นตัวนำเปรียบเสมือนว่าเป็นลูกหิน ฉะนั้นถ้ามีเส้นแรงเกิดขึ้นทางขวามากเท่าไร ก็จะทำให้เกิดแรงต้านที่อาร์เมเจอร์มากขึ้น หรืออาจพูดว่าเมื่อยิงคิงหนังสติ๊กให้ชัคออกไปไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่าไร ก็ย่อมจะมีแรงต้านในทิศทางตรงกันข้ามกับที่ชี้คหนึ่งสติกออกไปมากเท่านั้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เมื่อเครื่องผลิตกระแสออกไปมากเท่าไร ก็จะทำให้เครื่องหมุนช้าลงไปทุกที ถ้าหากว่าตัวที่หมุนอาร์มเจอร์ยังมีแรงดูดเท่าเดิม ฉะนั้นถ้าจะให้เครื่องผลิตไฟฟ้าวิ่งด้วยความเร็วเท่าเดิมได้ จึงจำเป็นต้องเพิ่มพลังงานกลขึ้นเช่นเดียวกัน สำหรับตัวนำอื่นที่อาร์มเจอร์ ก็จะมีอาการปฏิกิริยาเช่นเดียวกับตัวนำ A ไม่ว่าตัวนำนั้นจะอยู่ภายใต้ขั้ว N และ S นั่นคือแรงต้านจะเกิดขึ้นทุกๆ ตัวนำรวมกันตาม Vector ก็จะเป็นแรงลัพธ์แรงหนึ่งที่ยกต้านการหมุนของอาร์มเจอร์ในทิศทางสวนเข็มนาฬิกา ตลอดเวลาที่เครื่องกำลังจ่ายโหลด

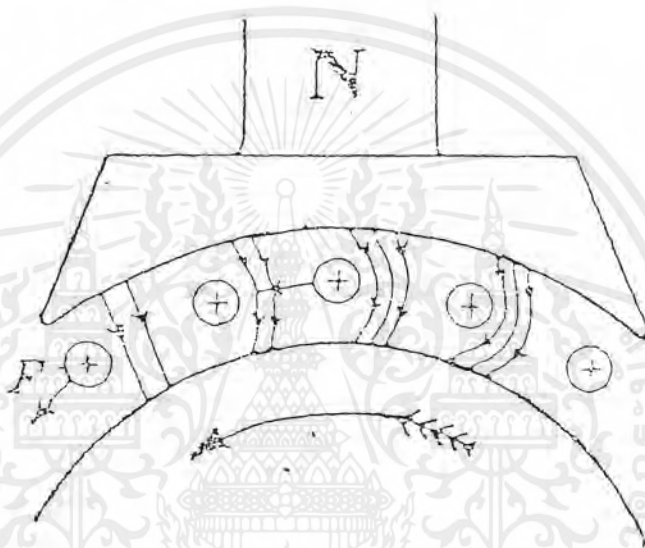


รูปที่ 2.20 อาการปฏิกิริยาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อได้รับ Load

สมมุติว่าเครื่องเดียวกันนี้ ถอดเอาตัวต้นกำลัง (Primover) ที่ใช้หมุนเครื่องกำเนิดไฟออกจากนั้นก็ใส่ไฟเข้าไป โดยให้กระแสไหลผ่านเข้าไปภายใต้ขั้ว N ดังรูปที่ 2.20 เมื่อมีกระแสไหลผ่านตัวนำในอาร์มเจอร์ ซึ่งอยู่ภายใต้สนามแม่เหล็กขั้ว N ก็ย่อมจะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นในตัวนำต่าง ๆ บนอาร์มเจอร์นั้นๆ นั่นก็คือ เกิดแรงบิด (Torque) ขึ้นบนอาร์มเจอร์ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา อาการปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับอาการปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเครื่องผลิตไฟเช่นกันแรงบิดที่เกิดขึ้นนี้หาทิศทางเคลื่อนที่ได้โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง นั่นคือ ขณะที่เครื่องได้ทำหน้าที่เป็นมอเตอร์ไปแล้วจะสังเกตเห็นว่า เมื่อกระแสที่ไหลในตัวนำยังอยู่ที่ทิศทางเดิม จะทำให้การเคลื่อนที่ไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาเช่นเดิม ซึ่งกันข้ามกับทิศของต้นกำลัง (Primover) ที่ใช้ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อเครื่องทำหน้าที่เป็นตัวผลิตไฟ (Generator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นพบว่า ในการเปลี่ยนรูปพลังงานนั้น ย่อมมีแรงต้านเกิดขึ้น นั่นคือ สำหรับเครื่องผลิตไฟฟ้านั้นจะเกิดแรงต้านทางกล หรือแรงแม่เหล็กตก (Magenetic Drag) ขึ้น ในทิศทางตรงกันข้ามกับแรงที่ใส่เข้าไป ฉะนั้น จึงต้องใส่กำลังเข้าไปให้มากกว่าแรงลากที่เกิดขึ้นนี้ จึงจะได้กำลังไฟออกมาจ่าย ให้กับภาระไฟฟ้าตามที่ต้องการได้ นั่นคือเครื่องผลิตไฟยังคงความเร็วที่ค่า ๆ หนึ่ง บางทีอาจจะให้หมุนที่ความเร็วเดิมหรือน้อยกว่าก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่า จะให้ Voltage ที่



รูปที่ 2.21 อากัปกริยาของมอเตอร์

ขั้วที่จ่ายไฟฟ้าภาระไฟฟ้า (Load) นั้นมีค่าคงที่ หรือใกล้เคียงคงที่ ไม่มีภาระไฟฟ้า ส่วนมอเตอร์นั้น ก็ ย่อมมีตัวต้านเกิดขึ้นเช่นกัน คือ แรงเคลื่อนไฟสวน (Back e.m.f.)

ทั้งมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ต่างก็เกิด อากัปกริยาของมอเตอร์ และการผลิตไฟที่เกิดขึ้นในเครื่องเดียวกัน นั่นคือ เมื่อเป็นมอเตอร์ก็เกิดอากัปกริยาของมอเตอร์ (Motor Action) ขึ้นก่อนแล้ว จึงค่อยเกิดอาการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator Action)

จากที่กล่าวมาข้างต้นนี้พบว่า เมื่อใส่กระแสเข้าไปในตัวนำ ย่อมทำให้เกิดการเคลื่อนที่นั่น คืออาร์มเจอร์ของมอเตอร์ เมื่อใส่กระแสเข้าไปในตัวนำ ย่อมทำให้เกิดการเคลื่อนที่นั่นคืออาร์มเจอร์ของมอเตอร์หมุน เมื่อตัวนำวิ่งตัดผ่านสนามแม่เหล็กย่อมทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นในตัวนำตามหลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งหาได้โดยการใช้ กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง ฉะนั้นจะเรียกแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้ว่า แรงเคลื่อนสวน "Back e.m.f." แรงเคลื่อนสวน E_b นี้ขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้ว จำนวนตัวนำทั้งหมดที่ต่ออนุกรมกัน ความเร็วที่มอเตอร์หมุนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนขั้วแม่เหล็กที่อยู่ภายในและจำนวนแผง Plate) ที่ขนานกัน แรงเคลื่อนไฟฟ้านี้มีแรงเคลื่อนเช่นเดียวกับแรงเคลื่อนที่เกิดจากการหมุน (Motiomal e.m.f.) นั่นเอง ปกติแล้วค่าต่าง ๆ ที่ทำให้ขนาดแรงเคลื่อนเปลี่ยนไปนี้ มีค่าคงที่ขกเว้นค่าเส้นแรงเคลื่อนต่อขั้วและความเร็วที่มีค่าเปลี่ยนแปลงได้ ฉะนั้นเมื่อมีแรงเคลื่อนสวนเกิดขึ้นตามที่กล่าวมาแล้ว ย่อมจะทำให้แรงเคลื่อนที่ใส่เข้าไปให้กับเครื่องนั้นเอาชนะแรงเคลื่อนสวนให้ได้ ทั้งเพราะต้องบังคับกระแสให้ไหลผ่านไปทิศทางที่สวนกับแรงที่สวนกับแรงเคลื่อนไฟสวน (Back e.m.f.) นั่นคือ กำลังส่วนที่ใส่เข้าไปนี้สามารถเอาชนะกำลังไฟสวนได้ ฉะนั้นจึงได้กำลังทางกลออกมาจากมอเตอร์และเห็นได้ชัดเจนไม่ว่าถ้าแรงเคลื่อนที่ใส่เข้าไปนี้ ไม่สามารถเอาชนะแรงเคลื่อนไฟสวนได้ ก็ไม่อาจที่จะมีกำลังทางกลออกมาได้

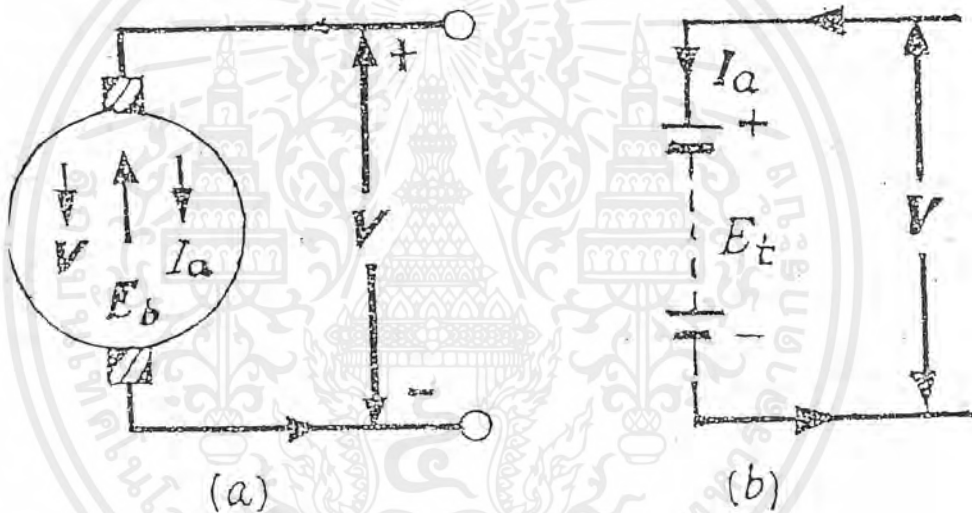


รูปที่ 2.22 แสดงทิศทางแรงเคลื่อนไฟ และกระแสที่เกิดขึ้นในมอเตอร์ซึ่งไหลไปในทางเดียวกัน แต่ตรงข้ามกับแรงเคลื่อนไฟสวน

สรุป จะเห็นได้ว่าแรงต้านทานที่เกิดขึ้นนั้น ๆ จะเป็นแรงชนิดเดียวกันกับแรงที่ใส่เข้าไป นั่นคือ ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดก็จะเกิดแรงต้านทางกลเกิดขึ้น เพราะใส่แรงกลเข้าไป และถ้าเป็นมอเตอร์ ก็เกิดแรงต้านทางไฟฟ้าขึ้นเพราะใส่แรงเคลื่อนเข้าไป

ความสำคัญของแรงเคลื่อนไฟสวน (Significance of The Back e.m.f.)

เมื่ออาร์มเจอร์เริ่มหมุน จะทำให้ตัวนำที่อยู่ในตัวนำที่อยู่ในอาร์มเจอร์ตัดเส้นแรงแม่เหล็กที่มาจากสนามแม่เหล็กหลัก หรือสนามแม่เหล็กดัดแปรที่อยู่ในมอเตอร์นั้น นั่นคือ เกิดการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟบนตัวนำภายในอาร์มเจอร์ ซึ่งเป็นไปตามกฎการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟที่เกิดขึ้นนี้หาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟได้ โดยใช้กฎมือขวาของเฟลมมิ่งและพบว่าทิศทางสวนกับแรงเคลื่อนไฟที่ใส่เข้าไปให้กับมอเตอร์ ดังนั้น จึงเรียกแรงเคลื่อนที่เกิดขึ้นนี้ว่าแรงเคลื่อนสวน (Back e.m.f. = E_b) ดังรูปที่ 2.23 (a)



รูปที่ 2.23 (a) วงจรของมอเตอร์ไฟตรง (b) วงจรของมอเตอร์ที่เขียนแทนแรงเคลื่อนไฟสวนได้ด้วยแบตเตอรี่ E_b

จากที่เกิด E_b ขึ้นนี้ จึงเขียนวงจรสมมูลย์ของมอเตอร์ได้ดังรูป 2.23 (b) ซึ่งเหมือนกับว่ามีแบตเตอรี่ E_b ต่อคร่อมอยู่ระหว่างแรงเคลื่อนไฟ V ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ นั่นคือ ในการที่จะให้ I_a ไหลได้ในอาร์มเจอร์นั้น จะต้องมีกำลังไฟจำนวนหนึ่งที่เอาชนะกำลังสวนนี้ กำลังไฟที่เอาชนะกำลังสวนนี้ได้ คือ $E_b I_a$

ในกรณีที่เซตหรือแบตเตอรี่ กำลังที่เอาชนะการสวนนี้ก็คือ กำลังที่เปลี่ยนไปเป็นกำลังทางเคมี แต่ในมอเตอร์นั้นกำลังที่เอาชนะการสวนนี้ ก็คือ กำลังที่เปลี่ยนไปเป็นกำลังกลนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นคือ กระแส I_a จะมีค่า = แรงเคลื่อนไฟที่ได้ในวงจร / ค.ต.ท.ในวงจรของอาร์เมเจอร์
 = Net voltage / Armature Circuit Resistance

$$= \frac{V - E_b}{R_a}$$

จากแรงเคลื่อนที่หมุนของตัวนำในสนามแม่เหล็กมีค่า $E = \phi ZSP / 60a$ ดังนั้นจะได้
 $E_b = \phi ZSP / 60a$

จะพบว่า E_b ขึ้นอยู่กับตัวประกอบต่างๆ เช่น ϕ, Z, P และ a แต่เนื่องจากว่า $Z, P/a$ เป็นค่าคงที่ในการพันอาร์เมเจอร์ของแต่ละเครื่องที่แตกต่างกันไปดังนั้นจึงได้

- E_b คือ $K_e \phi S$
 K_e คือ ค่าคงที่ทางไฟฟ้า = $PZ/60A$
 P คือ Pole
 Z คือ จำนวนตัวนำทั้งหมดของอาร์เมเจอร์
 a คือ จำนวนแผงที่ขนานกันในอาร์เมเจอร์
 S คือ จำนวนรอบต่อนาที
 ϕ คือ เส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งขั้ว (Weber)

สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าของ Motor (Voltage Equation of Motor)

จากกฎของ Kirchoff ได้

$$V = E_b + I_a R_a = \text{Voltage Equation}$$

E_b คือ แรงเคลื่อนไฟต้านหรือกลับหรือสวน (Back e.m.f.) โวลต์

V คือ แรงเคลื่อนไฟที่ขั้วมอเตอร์ (Terminal Voltage) โวลต์

จากสมการข้างบนจะได้

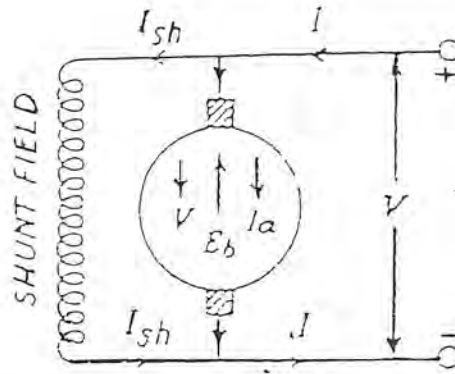
$$VI_a = I_a E_b + I_a^2 R_a$$

VI_a คือ ไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์ (Watt)

$E_b \cdot I_a$ คือ กำลังที่เกิดขึ้นในอาร์เมเจอร์ ซึ่งสมมูลกับกำลังที่เกิดขึ้น P_m ในอาร์เมเจอร์ (Watt)

$I_a \cdot R_a$ คือ การสูญเสียกำลังอันเนื่องมาจากค่าความต้านทานในอาร์เมเจอร์ (Watt)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แสดงวงจรของ Shunt Motor

ภาวะที่มีกำลังสูงสุด (Condition for Maximum Power = Pmax)

กำลังทางกลที่เกิดขึ้นในอาร์เมเจอร์

$$P_m = VI_a - I_a^2 R_a$$

$$P_{Max} \text{ จะเกิดขึ้นได้เมื่อ } \frac{dP_m}{dI_a} = 0$$

$$\frac{dP_m}{dI_a} = V - 2I_a R_a = 0$$

$$I_a R_a = \frac{V}{2}$$

$$\text{ขณะที่ } V = E_b + I_a R_a \text{ และ } I_a R_a = \frac{V}{2}$$

$$V = E_b + \frac{V}{2} \quad \text{นั่นคือ } E_b = \frac{V}{2}$$

ดังนั้น P_{Max} เมื่อ $E_b = \frac{V}{2}$ ในสภาวะเช่นนี้ไม่มีจริงในทางปฏิบัติ เพราะจะทำให้

กระแสมีค่ามากเกินไปกว่ากระแสค่าปกติในมอเตอร์ ยิ่งกว่านั้นครึ่งหนึ่งของอินพุตที่ใส่เข้าไป ก็จะทำให้เกิดการสูญเสียไปในรูปของความร้อนและยังรวมถึงการสูญเสียอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นด้วยซึ่งจะต้องนำมาพิจารณาด้วย ฉะนั้นประสิทธิภาพจะมีค่าน้อยกว่า 50%

แรงบิด (Torque)

แรงบิด ก็คือ การหมุนหรือเกิดการบิดของโมเมนต์ของแรง ๆ หนึ่งที่กระทำรอบแกนอันหนึ่งวัดได้จากผลคูณของแรงกับรัศมี ณ ที่แรงไปกระทำ

พิจารณาที่รัศมี r มีแรง F นิวตันมากระทำบนวงล้อนี้ จึงทำให้เกิดการหมุนด้วยความเร็ว S รอบ/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{แรงบิด} = F * r \quad \text{นิวตัน . เมตร}$$

$$\begin{aligned} \text{งานที่ได้ใน 1 รอบจากแรงนี้} &= \text{แรง} * \text{ระยะทาง} \\ &= F * 2\pi r \quad \text{จูลส์} \end{aligned}$$

$$\text{งานที่ทำต่อวินาที} \quad W = F * 2\pi r * S$$

$$\text{แต่} \quad 2\pi S = \text{มุมเป็นเรเดียนต่อวินาที}$$

$$F * r = \text{แรงบิด } T$$

$$\text{งานที่ทำต่อวินาที} = T * \theta \quad \text{จูลส์}$$

$$\text{กำลังที่เกิดขึ้น} = T * \theta \quad \text{จูลส์}$$

แรงบิดที่เกิดขึ้นในอาร์เมเจอร์ (Armature Torque of a Motor)

ให้ T_m เป็นแรงบิดที่เกิดขึ้นจากอาร์เมเจอร์ เมื่อมอเตอร์วิ่งด้วยความเร็ว S รอบ/วินาที

$$\text{งานที่ทำต่อวินาที} = T_m * 2\pi S \quad \text{วัตต์}$$

$$\text{หรือกำลังที่เกิดขึ้น} \quad P_m = T_m * 2\pi S \quad \text{วัตต์}$$

เรารู้ว่ากำลังไฟฟ้าได้เปลี่ยนไปเป็นกำลังกลในอาร์มาเจอร์ $= E_b I_a$ วัตต์

$$T_m * 2\pi S = E_b I_a$$

$$T_m = \frac{ZP}{2\pi a} \phi I_a = 0.159 \frac{ZP}{a} \phi I_a \quad \text{นิวตัน.เมตร}$$

เมื่อ S เป็นความเร็ว (rps.)

แรงบิดที่แกน (Shaft Torque = T_{sh})

แรงบิดที่เกิดขึ้นในอาร์เมเจอร์นั้น ไม่ได้นำไปใช้งานทีเดียว ทั้งนี้ต้องจ่ายให้กับการสูญเสียอันเนื่องมาจาก Iron และ Friction ใน Motor แรงบิดที่เอาไปใช้งานก็คือแรงบิดที่แกน (T_{sh})

กำลังม้าที่ได้จากการหมุนมอเตอร์ก็คือ B.H.P. นั่นเองซึ่งเป็นกำลังม้าที่ได้จากการ Brake Motor

$$T_{sh} = \frac{735.5 * B.H.P.}{2\pi S} \quad \text{Metric}$$

เมื่อ S เป็นความเร็ว (rps.)

SPEED REGULATION

Speed Regulation เป็นค่าผลต่างของความเร็วระหว่างไม่มีโหลด (Load) กับเมื่อได้รับโหลด (Load) เต็มที่

$$\% \text{Speed Reg} = \frac{N.L.Speed - F.L.Speed}{F.L.Speed} * 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะประจำของมอเตอร์

1. คุณลักษณะประจำของมอเตอร์แบบขนาน (Characteristics of Shunt Motor)

การ Start ของ Shunt Motor ไม่สามารถ Start ตอนมีโหลด (Load) ที่หนักได้ เพราะการกระทำเช่นนี้ข้อมทำให้มอเตอร์ต้องดึงกระแสจำนวนมากไปใช้ด้วย เนื่องจากมอเตอร์แบบขนาน (Shunt Motor) นี้มีการเปลี่ยนหรือลดความเร็วไม่มากนัก จากตอนมีภาระถึงตอนที่มีภาระเต็มที่ ดังนั้น จึงต่อเข้าหรือตัดออกได้จากภาระโดยทันทีทันใดได้ โดยไม่ต้องเกรงว่าจะมีความเร็วสูงมากเกินไปจนเป็นอันตราย อย่างไรก็ตาม มอเตอร์แบบนี้ให้แรงบิดตอนเริ่มแรกต่ำ (Low Starting Torque) ฉะนั้นจึงไม่นิยมใช้กับโหลด (Load) ที่ต้องการแรงบิดเริ่มแรกสูง แต่เนื่องจากว่าเป็นมอเตอร์ที่มีความเร็วค่อนข้างคงที่ ดังนั้นจึงเหมาะที่จะนำไปใช้ขับเคลื่อนของเครื่องกลึงและเครื่องจักรชนิดต่าง ๆ ที่ต้องการความเร็วคงที่โดยประมาณ

2. คุณลักษณะประจำของมอเตอร์ชนิดอนุกรม (Characteristics of Series Motor)

มอเตอร์แบบอนุกรมนี้เหมาะสมสำหรับที่จะจุโหลด (Load) หนัก ๆ ได้ ดังนั้นจึงจะเหมาะสมกับโหลด (Load) หนักขณะเริ่มแรก เช่น ปั่นจัน (Hoist) รถไฟฟ้า (Electric Trains) และอื่น ๆ เมื่อโหลดมาก ๆ จะทำให้มอเตอร์ต้องใช้กระแส I_a มาก ๆ ด้วย ดังนั้นความเร็วของมอเตอร์จะลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าหากว่ามอเตอร์มีโหลด (Load) น้อย ๆ จะทำให้ความเร็วมีค่าสูงขึ้นจะเป็นอันตรายต่อมอเตอร์ได้ นั่นคือ มอเตอร์อนุกรมต้องไม่ Start หรือให้เริ่มหมุนในขณะที่ไม่มีโหลด (Load) มิฉะนั้นจะทำให้มีความเร็วสูงมากเกินไปจนเป็นอันตรายกับมอเตอร์ได้อันเนื่องมาจากแรงหนีศูนย์กลางที่เกิดขึ้น ในที่นี้ควรสังเกตว่า มอเตอร์แบบนี้เป็นมอเตอร์ที่มีความเร็วเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของ Load ที่มอเตอร์รับได้

3. คุณลักษณะประจำตัวของมอเตอร์แบบผสม (Characteristics of Compound Motor)

ลักษณะประจำตัวของมอเตอร์ชนิดนี้ก็คือ การนำเอาคุณลักษณะของมอเตอร์ทั้ง 2 แบบมารวมกันทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน มอเตอร์ผสมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบโดยแบ่งตามลักษณะการต่อ Series Field เพิ่มเข้าไปให้กับ Shunt Motor ดังนี้

มอเตอร์แบบผสมชนิดสะสมหรือเสริมสนามแม่เหล็กให้มากขึ้น (Cumulative of Compound Motor) มอเตอร์แบบนี้จะเกิดแรงบิดที่อาร์มเจอร์สูงในขณะที่ได้รับโหลดทันทีทันใด และยังมีความเร็วที่ต่ำ ๆ หนึ่ง ในขณะที่มีภาระหรือโหลดนั้นก็คือ แม้ว่าจะไม่มีภาระ ก็ไม่ทำให้มอเตอร์มีความเร็วสูงเกินไปจนเกิดอันตรายได้ ในการนำมอเตอร์นี้ไปใช้งานกับการขับโหลดที่หนัก ๆ เช่น เครื่องโม่หิน เครื่องตัดเหล็ก หรือเครื่องอัดขี้ ลิฟท์ เป็นต้น

มอเตอร์แบบนี้สามารถปรับความเร็วของมันเองให้ลดลงอัตโนมัติ ในขณะที่ได้รับโหลดทันทีทันใด ในการเพิ่มพลังงานกลสะสมของเครื่องแบบนี้ ทำได้โดยการต่อ Pulley เข้าไป ซึ่งจะช่วยให้มีเสถียรภาพในการใช้งานดีขึ้น

มอเตอร์แบบชนิดที่มีสนามแตกต่าง (Differential Compound) เมื่อมอเตอร์ได้รับโหลดมากขึ้น แทนที่จะมีความเร็วลดลงไปก็กลับกลายเป็นว่ามีความเร็วเพิ่มขึ้นมาเท่าเดิมตามที่โหลดเพิ่ม ขณะที่โหลดเพิ่มมากขึ้น แต่มอเตอร์ชนิดนี้มีข้อเสียตรงที่ว่า เมื่อได้รับโหลดมากเกินไป ย่อมทำให้สนามแม่เหล็กอ่อนลงไปมาก นั่นคือความเร็วของมอเตอร์ ก็จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ๆ อย่างไม่เสถียรภาพ (Instability) และทำให้มอเตอร์วิ่งเกินเลยไป ซึ่งทำความเสียหายให้กับมอเตอร์ได้

ประสิทธิภาพและการสูญเสียต่าง ๆ (Losses and Efficiency)

การสูญเสียย่อมเกิดขึ้นกับเครื่องจักรทุกชนิด ในกรณีที่ เป็นมอเตอร์นี้ ก็มีการสูญเสียที่เกิดขึ้นเหมือน ๆ กันที่เกิดขึ้นกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

- การสูญเสียกำลังไปในลวดทองแดง (Copper Losses)
- การสูญเสียกำลังไปในทางแม่เหล็ก (Magnetic Losses)
- การสูญเสียกำลังไปในทางกล (Mechanical Losses)

สำหรับกรณีที่เกิดภาวะของกำลังสูงสุดขึ้นในมอเตอร์นั้น หาได้โดยหลักการที่กล่าวมาแล้วข้างต้น นั่นคือ

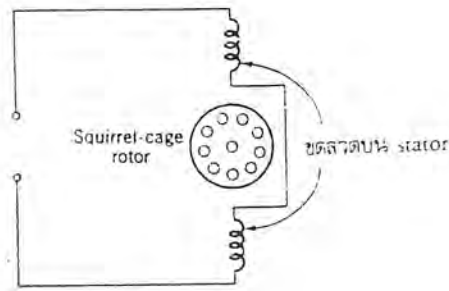
$$I_a R_a = \frac{V}{2} = E_b$$

สำหรับการเกิดประสิทธิภาพสูงสุด (Maximum Efficiency) นี้ เกิดขึ้นเมื่อการสูญเสียกำลังในขดลวดทองแดงที่อาร์เมเจอร์ (Armature Copper Losses) มีค่าเท่ากับการสูญเสียคงที่ (Constant Losses)

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor)

มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 1 เฟส (Single Phase Induction Motor)

มีลักษณะ โครงสร้างและส่วนประกอบ IMO แบบ 3 เฟส มี Rotor เป็นแบบ Squirrel-Cage โดยที่ขดลวดบน Stator ถูกออกแบบให้เป็น 1 เฟส IMO แบบ 1 เฟสที่มี Rotor แบบ Squirrel Cage สามารถถูกแสดงลักษณะได้ดังรูป 2.25

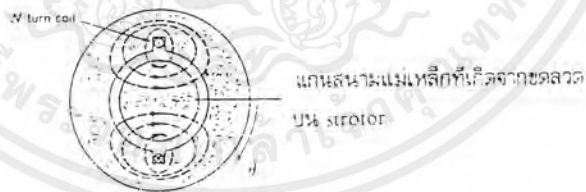


รูปที่ 2.25 แสดงลักษณะ IMO แบบ 1 เฟส

ขดลวดขั้ว Stator ถูกออกแบบพันไว้เพื่อให้สร้าง mmf ที่มีลักษณะใกล้เคียง Sinusoidal มากที่สุด IMO แบบ 1 เฟส ไม่มีแรงบิดในลักษณะเริ่มสตาร์ท ดังนั้นจึงใช้เทคนิคบางอย่างช่วยให้เริ่มสตาร์ท ได้ซึ่งจะอธิบายต่อไป ในกรณี ที่มีกระแสลักษณะ Coisnusoidal ไหลในขดลวดขั้ว Stator 1 เฟส เช่น ที่แสดงในรูป 2.25 จะทำให้เกิด mmf, \mathcal{F}_1 ซึ่งมีลักษณะดังนี้

$$\mathcal{F}_1 = F_{1\max} \cos \omega t \cos \theta$$

โดยที่ θ เป็นมุมที่วัดจากสนามแม่เหล็กของขดลวดขั้ว Stator เช่น ที่แสดงในรูป 2.25



รูปที่ 2.26 แสดงตำแหน่งมุม θ ที่วัดจากสนามแม่เหล็กของขดลวดขั้ว Stator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

mmf ในสมการ ถูกแยกเขียนให้อยู่ในเทอมของ Positive และ Negative Traveling Wave ได้ดังนี้

$$\mathcal{F} = \frac{1}{2} F_{1\max} \cos(\theta - \omega t)$$

$$\mathcal{F} = \frac{1}{2} F_{1\max} \cos(\theta + \omega t)$$

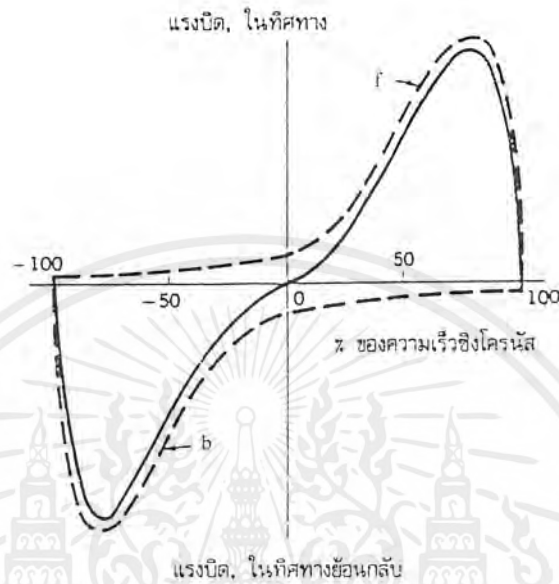
ซึ่ง คลื่น mmf ทั้ง 2 มีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศทางการเคลื่อนที่ตรงข้ามกัน และทำให้เกิดแรงบิดในทางตรงข้ามกัน

การวิเคราะห์ในเชิงลักษณะ

การวิเคราะห์ IMO แบบ 1 เฟส ในเชิงลักษณะ ทำได้โดยการตัดผลที่เกิดจาก Leakage Impedance ในวงจร Stator และ ผลที่เกิดจากกระแสเหนี่ยวนำในวงจร Rotor ออกจากการวิเคราะห์ ต่อไปนี้จะเป็นการวิเคราะห์ในกรณีที่ Rotor หยุดหมุน และขณะที่กำลังหมุน

ในกรณีที่ Rotor หยุดนิ่ง : คลื่นฟลักซ์ (ซึ่งเกิดจาก mmf ของวงจร Stator และ Rotor) ซึ่งมีทิศทางไปข้างหน้า (Forward Flux Wave) และคลื่นฟลักซ์ซึ่งมีทิศทางย้อนกลับ (Reverse Flux Wave) มีขนาดเท่ากัน และต่างก็ทำให้เกิดแรงบิดในทิศทางตรงกันข้ามกัน เป็น ผลให้แรงบิดขณะสตาร์ทเป็นศูนย์

ในกรณีที่ Rotor หมุน : ส่วนของกระแสในวงจร Rotor ซึ่งเกิดจากการเหนี่ยวนำของคลื่นฟลักซ์ซึ่งมีทิศทางย้อนกลับ จะมีค่ามากกว่าในกรณีที่ Rotor หยุดนิ่ง เป็นผลให้ Power Factor ลดลงกระแสส่วนนี้จะทำให้เกิด mmf ในทิศทางตรงกับ mmf ที่เกิดจากกระแสในวงจร Stator จึง ทำให้คลื่นฟลักซ์ซึ่งมีทิศทางย้อนกลับ มีขนาดลดลง ในทางกลับกัน ส่วนของกระแสในวงจร Rotor ซึ่งเกิดจากการเหนี่ยวนำของคลื่นฟลักซ์ซึ่งมีทิศทางไปข้างหน้า จะมีค่าน้อยกว่าในกรณีที่ Rotor หยุดนิ่ง เป็นผลให้ Power Factor สูงขึ้น ดังนั้น ในขณะความเร็วรอบของ Rotor เพิ่มขึ้น จะทำให้คลื่นฟลักซ์ ซึ่งมีทิศทางย้อนกลับมีขนาดลดลง ในขณะที่คลื่นฟลักซ์ซึ่งมีทิศทางไปข้างหน้ามีขนาดเพิ่มขึ้น ผลรวมของขนาดจึงประมาณ เกือบคงที่ (เท่ากับในกรณีที่ Rotor หยุดนิ่ง) เป็นผลให้เกิด emf ค่าคงที่ ซึ่งเรียกว่า Counter emf. ในทิศทางตรงข้ามกับแรงดันภายนอกที่ต่ออยู่กับวงจร Stator ซึ่งมีค่าคงที่ การที่พิจารณาให้ Counter emf คงที่ได้ ก็เนื่องจากไม่พิจารณาผลที่เกิดจาก Leakage Impedance ในวงจร Stator. จากเหตุผลนี้ จึงทำให้สรุปได้ว่า ขนาดของคลื่นฟลักซ์ในกรณีที่ Rotor หยุดนิ่ง ดังนั้น ในกรณีที่ Rotor หมุน จึงสามารถแสดงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด - ความเร็วบิด ได้ดังรูป 2.27



รูปที่ 2.27 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด - ความเร็ว ของ IMO แบบ 1 เฟส

ขณะที่ Rotor หมุนอยู่ในช่วง Slip ต่ำ สนามซึ่งมีทิศทางไปข้างหน้าจะมีขนาดใหญ่กว่าสนามซึ่งมีทิศทางย้อนกลับหลายเท่า มีลักษณะคลื่นฟลักซ์คล้ายกับที่เกิดขึ้นใน IMO แบบ (หลาย) 3 เฟส ในขณะที่หมุนตามปกติ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด - ความเร็ว ของ IMO แบบ 1 และ (หลาย) 3 เฟส มีลักษณะใกล้เคียงกันหากมี Rotor แบบเดียวกันและทำงานโดยมีความหนาแน่นฟลักซ์เท่ากัน

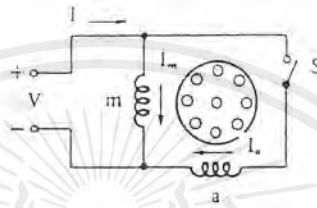
เทคนิคการสตาร์ท

IMO แบบ 1-เฟส ถูกจัดแยกเป็นหลายแบบตามวิธีสตาร์ท ส่วนการเลือกใช้แบบไหนนั้นขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การใช้งาน, คุณสมบัติการสตาร์ท และทำงานในสภาวะปกติ, ลักษณะของโหลด, ข้อจำกัดกระแสในขณะสตาร์ทและในขณะทำงานปกติ ในหัวข้อต่อไปนี้จะเป็นการอธิบายเกี่ยวกับ IMO แบบ ต่าง ๆ ตามวิธีการสตาร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

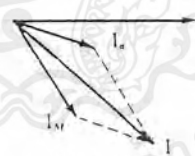
1. IMO แบบ Split - Phase

เป็นแบบที่มีขดลวด บน Stator จำนวน 2 ชุด คือขดลวดหลัก (Main Winding), m และขดลวดช่วยสตาร์ท (Auxiliary Winding), a ขดลวดทั้ง 2 มีแกนทำมุม 90 องศา มีลักษณะการต่อแสดงได้ดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 IMO แบบ Split - Phase

ขดลวด a มีอัตราส่วนความต้านทาน/รีแอกแตนซ์สูงกว่าขดลวด m จึงทำให้กระแส I_m และ I_a ต่าง ๆ เฟสกัน แสดงได้ดังรูป 2.29



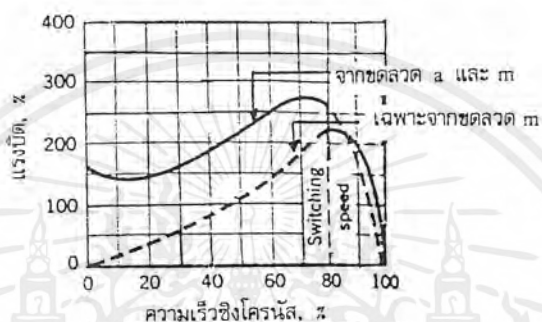
รูปที่ 2.29 แสดง Phasor Diagram ของกระแสในขดลวดหลัก, m และในขดลวดช่วยสตาร์ท, a ในขณะสตาร์ท

ซึ่งในขณะสตาร์ท, I_a Lead I_m ทำให้สนามแม่เหล็กถึงค่าสูงสุดตามแนวแกนของขดลวด a ก่อน และเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง จึงค่าสูงสุดตามแนวแกนของขดลวด m กระแสในขดลวดจึงมีลักษณะเช่นเดียวกับในกรณีที่เป็นกระแส 2 - เฟส ที่ไม่สมดุล และ IMO มีลักษณะเทียบได้กับ IMO แบบ 2-เฟส ไม่สมดุล เป็นผลให้สนามแม่เหล็กจากวงจร Stator มีลักษณะหมุน ทำให้ IMO เริ่มสตาร์ทได้ เมื่อสตาร์ท ขดลวด a จะถูกตัดออกจากวงจร Stator ด้วยสวิตช์ที่ทำงานด้วยแรงหนีศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลาง (เรียกว่า Centrifugal Switch) ซึ่งจะตัดวงจรเมื่อความเร็วรอบของ Rotor ถึงประมาณ 75 % ของความเร็วซิงโครนัส IMO แบบ Split-Phase ให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดความเร็วบิด - ความเร็ว ดังรูป 2.30

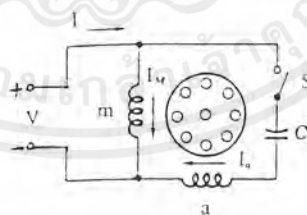
แรงบิดในขณะสตาร์ทค่าโดยทั่วไป ใช้งานเช่น พัดลม, ปั๊ม, เครื่องมือ , มีขนาด 40 - 370 W



รูปที่ 2.30 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด - ความเร็ว โดยทั่วไปของ IMO แบบ Split Phase

2. IMO แบบ Capacitor

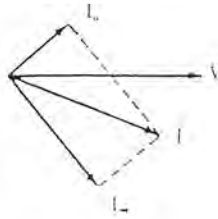
มีลักษณะเช่นเดียวกับ IMO แบบ Split Phase โดยที่ใช้ตัวเก็บประจุ ทำให้กระแส I_m และ I_a ต่างเฟสกัน ลักษณะการต่อของขดลวดและตัวเก็บประจุ แสดงได้ในรูป 2.31



รูปที่ 2.31 IMO แบบ Capacitor

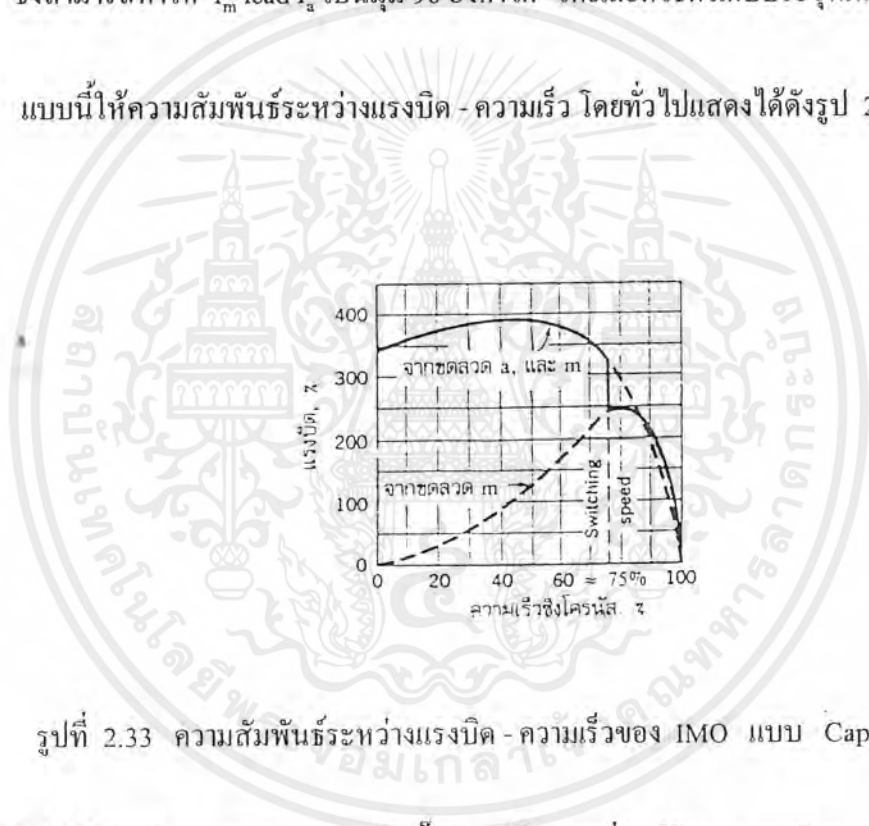
ซึ่งขดลวดช่วยสตาร์ท , a จะถูกตัดออกจากวงจร Stator หลังจากที่ IMO หมุนแล้วเมื่อเลือกใช้ ตัวเก็บประจุที่มีค่าคาปาซิแตนซ์เหมาะสม ก็จะทำให้กระแส I_m Lead I_a เป็นมุม 90 องศา ได้เช่นเดียวกับ IMO แบบ 2-เฟส สมดุลย์ ซึ่ง Phasor ของกระแสสามารถถูกแสดงได้ ดังรูปที่ 2.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 แสดง Phasor Diagram ของกระแสในขดลวดหลัก, m และในขดลวดช่วยสตาร์ท, a ซึ่งสามารถทำให้ I_m lead I_a เป็นมุม 90 องศาได้ โดยเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่เหมาะสม

IMO แบบนี้ให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด - ความเร็ว โดยทั่วไปแสดงได้ดังรูป 2.33



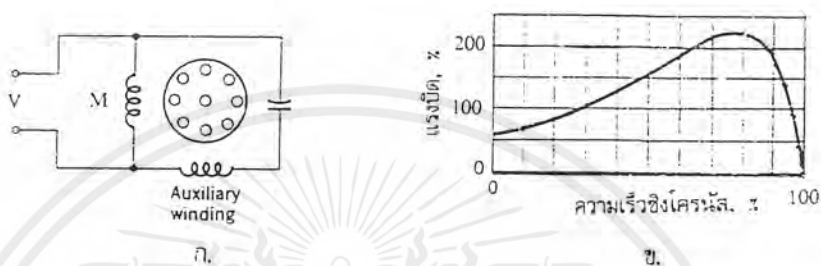
รูปที่ 2.33 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด - ความเร็วของ IMO แบบ Capacitor

โดยทั่วไป ใช้งานเช่น คอมเพรสเซอร์, บั๊ม, ตู้เย็น, เครื่องปรับอากาศ ในบางแบบ หลังจากสตาร์ทแล้วแล้ว ขดลวด a ตัวเก็บประจุไม่ถูกตัดออกจากวงจร Sator ซึ่งมีลักษณะของ IMO แบบนี้สามารถถูกแสดงได้ดังรูป 2.34 ซึ่งทำให้ Power Factor และประสิทธิภาพดีขึ้น เมื่อออกแบบให้เหมาะสมจะทำให้ IMO แบบ 2 เฟส ซึ่งไม่ทำให้เกิดสนามเคลื่อนที่ย้อนกลับเป็นผลให้ประสิทธิภาพของ IMO ดีขึ้นและ Pulsating Torque ที่มีถี่สูง ($= 2f$) ลดลง (หรือเป็นศูนย์)

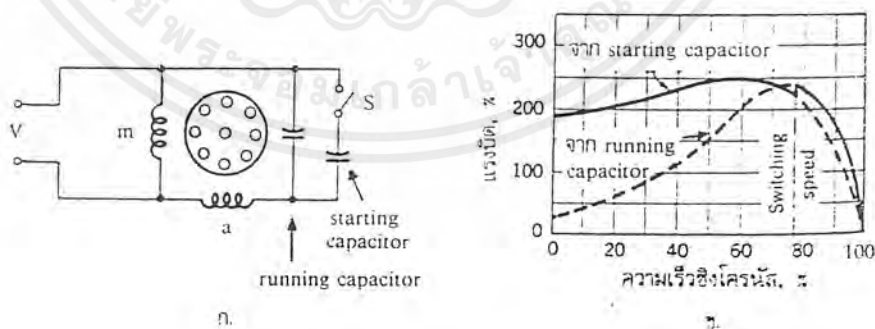
ตัวเก็บประจุ จะสะสมพลังงานและลดการกระเพื่อมของกำลังงาน I/P จากระบบไฟฟ้า เป็นผลให้เสียงของ IMO ลดลงในขณะที่ทำงาน โดยตัวเก็บประจุจะถูกเลือกใช้เพื่อให้เกิดความเหมาะสมทั้งในขณะที่สตาร์ทและขณะทำงานปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ใช้ตัวเก็บประจุ 2 ชุด คือ 1 ชุด เพื่อการสตาร์ทและอีก 1 ชุดเพื่อการทำงานปกติซึ่งตามทฤษฎีแล้วจะช่วยให้ได้คุณสมบัติที่ดีขึ้นทั้งขณะสตาร์ทและทำงานปกติ ลักษณะการต่อขดลวดและตัวเก็บประจุเป็นดังรูป 2.35



รูปที่ 2.34 ก. IMO Capacitor, ซึ่งใช้ขดลวดช่วยสตาร์ท a และตัวเก็บประจุทั้งในขณะสตาร์ทและทำงานปกติ
 ข. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด - ความเร็ว IMO ที่แสดงในรูป ก



รูปที่ 2.35 ก. IMO.ใช้ตัวเก็บประจุ 1 ชุดในการสตาร์ทและอีก 1 ชุดในการทำงานปกติ
 ข. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด-ความเร็ว ของ IMO ที่แสดงในรูป (ก)

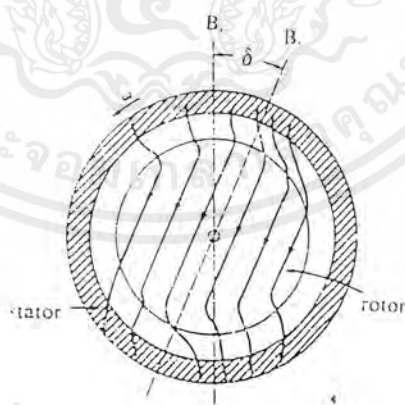
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเก็บประจุที่มีค่าต่ำ (เรียกว่า Running Capacitor) ซึ่งต่อไว้เพื่อทำให้คุณสมบัติขณะทำงานปกติ จะถูกต่อถาวรอยู่กับขดลวดช่วยสตาร์ท a และตัวเก็บประจุที่มีค่าสูงกว่า ซึ่งต่อไว้เพื่อใช้ในการสตาร์ท (เรียกว่า Starting Capacitor) จะถูกต่อขนานอยู่เช่นที่แสดงในรูป 2.35 ก. และจะถูกตัดออกจากวงจร Stator หลังจากที่ IMO หมุนถึงความเร็วประมาณ 75% ของความเร็วซิงโครนัส สำหรับ IMO ขนาด 370 W โดยทั่วไป Starting Capacitor มีค่าประมาณ 300 μF เป็นแบบ Electrolytic เพื่อให้สามารถรับกระแสในขณะสตาร์ทได้ ส่วน Running Capacitor จะมีค่าประมาณ 40 μF เป็นแบบ AC Paper, Foil หรือ Oil Type เพื่อการทำงานต่อเนื่อง

3. Hysteresis motors

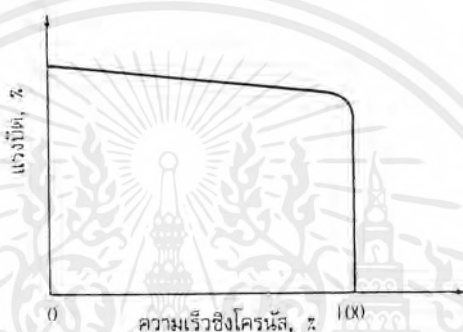
เป็นมอเตอร์ที่ใช้ปรากฏการณ์ทาง Hysteresis ทำให้เกิดแรงบิดทางกล Rotor ทำด้วยวัสดุแม่เหล็ก ทรงกระบอก, ผิวเรียบ, ไม่มีร่อง และไม่มีขดลวด Stator อาจจะเป็น 1 หรือ 3-เฟส ในกรณีที่ขดลวดบน Stator เป็นแบบ 1-เฟส ต้องใช้ตัวเก็บประจุต่อร่วมกับขดลวดช่วยสตาร์ท, a เพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่เรียบที่สุดที่จะเป็นไปได้ ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียที่จะเกิดขึ้น เมื่อต่อแรงดันเข้ากับขดลวด 3 เฟส (หรือ 1 เฟส ที่มีขดลวดช่วยสตาร์ท) ในวงจร Stator จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นภายในมอเตอร์ และเหนี่ยวนำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กขึ้นภายใน Rotor

การสูญเสียแบบ Hysteresis ที่เกิดขึ้นภายใน Rotor จะทำให้สนามแม่เหล็กจาก Rotor, B_r อยู่ในตำแหน่ง Lag สนามแม่เหล็กหมุนจาก Stator, B_s ดังนั้น จึงเกิดแรงบิดขึ้น เช่นที่แสดงได้ดังรูป 2.36



รูปที่ 2.36 แสดงตำแหน่งของสนามแม่เหล็กจาก Rotor, B_r ซึ่ง Lag สนามแม่เหล็กจาก Stator, B_s เป็นมุม δ

นอกจากนั้น สนามแม่เหล็กหมุนจาก Stator จะทำให้เกิดกระแสไหลวน (Eddy Current) ขึ้นที่ Rotor. ซึ่งกระแสไหลวนนี้จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มแรงบิดที่ Rotor เมื่อ Rotor หมุนด้วยความเร็วเชิง โครนัส ก็จะไม่มีสนามแม่เหล็กหมุน (จาก Stator) ตัดผ่าน Rotor และ Rotor ก็จะเป็นเหมือนกับแท่งแม่เหล็กถาวร แรงบิดที่เกิดขึ้นจะมีขนาดขึ้นอยู่กับมุมระหว่างสนามแม่เหล็กจาก Stator และ Rotor โดยขนาดของมุมขึ้นอยู่กับการเกิด Hysteresis ภายใน Rotor ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด-ความเร็ว ของ Hysteresis Motor โดยทั่วไปถูกแสดงได้ดังรูป 2.37

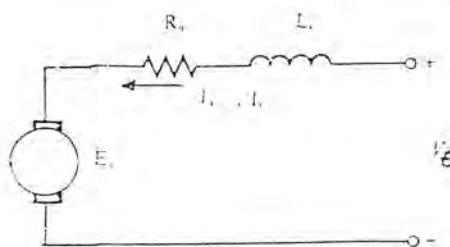


รูปที่ 2.37 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด-ความเร็วของ Hysteresis Motor.

แรงบิดที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจาก Hysteresis ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นฟลักซ์ (จาก Stator) และวัสดุที่ใช้ทำ Rotor ดังนั้นจึงทำให้แรงบิดมีค่าเกือบคงที่ตลอดช่วงความเร็ว จาก 0 ถึงความเร็วเชิงโครนัส Hysteresis Motor ขนาดเล็กมาก อาจจะถูกออกแบบให้ขึ้นบน Stator เป็นแบบ Shaded Pole เพื่อให้สามารถสตาร์ทได้ มอเตอร์ชนิดนี้ถูกใช้ในนาฬิกาไฟฟ้า

4. Universal Motor

เป็น Series DCMO ที่ใช้ได้กับแรงดันตรงและสลับ มีวงจรมอเตอร์เช่นที่แสดงในรูป 2.38



รูปที่ 2.38 วงจรมอเตอร์ของ Universal Motor

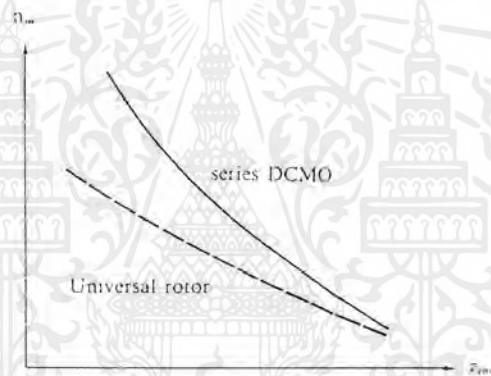
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อชั่วแรงดัน V กลับหรือสลับ จะทำให้กระแสในวงจรรออาร์มเจอร์และวงจรมอเตอร์กลับในเวลาเดียวกัน ซึ่งทำให้แรงบิดที่เกิดขึ้นมีทิศทางคงเดิม ด้วยเหตุนี้จึงสามารถต่อแรงดันสลับเข้ากับ Series DCMO ได้ โดยที่แรงบิดเกิดขึ้นในทิศทางเดียวกันตลอดเวลา

Universal Motor จะได้รับการออกแบบให้โครงสร้างของ Stator และขั้วสนามประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็กซ้อนกัน เพื่อเป็นการลดการสูญเสียในแกน

เมื่อ Universal Motor ถูกต่อกับแรงดันสลับ จะทำให้เกิดการสปาร์กที่แปรงถ่าน ในขณะที่เกิด Commutation มากกว่าเมื่อทำงานด้วยแรงดันตรง ทั้งนี้เพราะเกิดแรงดันเหนี่ยวนำในขดลวดที่กำลังเกิด Commutation มากขึ้น ซึ่งเป็นผลเนื่องจาก Transformer Action

คุณสมบัติของ Universal Motor เมื่อเทียบกับ Series DCMO ถูกแสดงได้ดังรูป 2.39



รูปที่ 2.39 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด-ความเร็วของ Series DCMO กับ Universal Motor

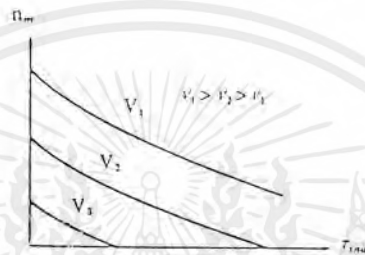
สาเหตุที่ทำให้คุณสมบัติแตกต่างกันเพราะ

1. ขดลวดอาร์มเจอร์และขดลวดสนามจะมีค่ารีแอกแตนซ์มากที่ความถี่ 50 หรือ 60 Hz ทำให้เกิดแรงดันลุดที่รีแอกแตนซ์มาก ด้วยเหตุนี้ E_b จึงมีค่าน้อยกว่า ในขณะที่มอเตอร์ทำงานด้วยแรงดันตรง มอเตอร์ในขณะที่ทำงานด้วยแรงสลับ จึงมีความเร็วต่ำกว่าในขณะที่ทำงานด้วยแรงดันตรงที่ค่าแรงบิด (กระแสในวงจรรออาร์มเจอร์) เดียวกัน

2. ในขณะที่มอเตอร์ทำงานด้วยแรงดันสลับ ซึ่งแรงดันมีค่า Peak เป็น 2 เท่าของค่า rms. จึงทำให้เกิดการอิ่มตัวทางแม่เหล็กได้ที่ค่ากระแสเข้าใกล้ค่า Peak การอิ่มตัวนี้ทำให้ค่า rms ของฟลักซ์ลดลง และทำให้แรงบิดเหนี่ยวนำลดลง การที่ฟลักซ์ลดลงเช่นนี้ ทำให้ความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการขัดแย้งกับผลจากข้อ 1 ได้บ้าง

Universal Motor ไม่เหมาะสมกับการใช้งานที่ต้องการความเร็วรอบคงที่ แต่มอเตอร์แบบนี้มีขนาดเล็ก ให้ค่าแรงบิด/กระแส สูงกว่ามอเตอร์แบบ 1-เฟส อื่น ๆ จึงถูกนำไปใช้งานที่ต้องการแรงบิดสูงเช่น เครื่องเจาะและอุปกรณ์ในบ้าน

การควบคุมความเร็วของ Universal Motor ทำได้โดยการปรับค่า rms ของแรงดัน I/P ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด-ความเร็วที่ค่าแรงดันต่าง แสดงได้ดังรูป 2.40



รูปที่ 2.40 แสดงผลของการปรับแรงดัน i/p

3. สเตปป์ิ่งมอเตอร์ (Stepping Motor)

ในปัจจุบันนี้จะเห็นว่า สเตปป์ิ่งมอเตอร์ มีการใช้งานอยู่หลาย ๆ งาน เช่น ในเครื่องพิมพ์ เครื่องพอลิแคเตอร์ และอื่น ๆ เนื่องจากมอเตอร์ชนิดนี้สามารถให้ความเที่ยงตรงในการเคลื่อนที่ได้ค่อนข้างสูง และยังใช้การควบคุมแบบวงจรมืด (Open Loop) ซึ่งทำให้ง่ายต่อการควบคุม

การควบคุมสเตปป์ิ่งมอเตอร์ ส่วนใหญ่จะใช้ 2 วิธี คือ วิธีแรกใช้วงจรถติจติควบคุม ส่วนวิธีที่สอง ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ในการควบคุม ซึ่งจำเป็นจะต้องทำชุดเชื่อมต่อ (Interface) ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับสเตปป์ิ่งมอเตอร์ และจะต้องมีซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการควบคุมสเตปป์ิ่งมอเตอร์ ได้นั่นเองถูกต้องและมีความละเอียดค่อนข้างสูง

สเตปป์ิ่งมอเตอร์ เป็นอุปกรณ์จำพวกเครื่องเชิงกลทางไฟฟ้า ที่มีอินพุตเป็นกลุ่มของข้อมูลแบบเลขฐานสอง (Binary Number) และมีการให้เอาต์พุตออกมาเป็นการหมุนเชิงกล หรือหมุนไปเป็นสเตป ตามสัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้กับขด Stator ซึ่งจะเกิดแรงผลักดัน Rotor ให้ Rotor หมุนไป แต่ลักษณะของสเตปป์ิ่งมอเตอร์ จะมีขดของ Stator อยู่หลายขด ซึ่งเรียกว่า เฟส (Phase) ฉะนั้นเมื่อป้อนสัญญาณที่เป็นพัลส์ในลักษณะลำดับของเลขฐานสองโดยผ่านวงจรมอเตอร์จะทำให้มอเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่อง

ชนิดของสเตปป์ิงมอเตอร์

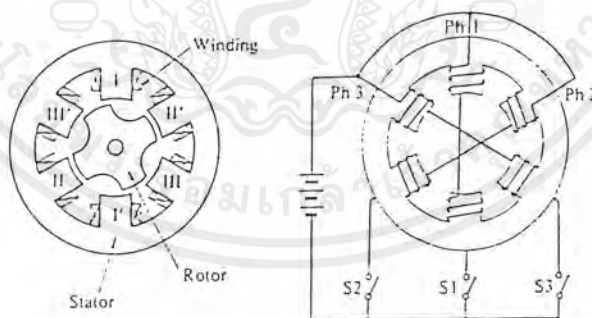
สเตปป์ิงมอเตอร์สามารถแบ่งได้ 3 ประเภทตามลักษณะโครงสร้างคือ

1. สเตปป์ิงมอเตอร์แบบปรับค่ารีลักแตนซ์ได้ (Variable Reluctance Stepping Motor), (VR)
2. สเตปป์ิงมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Stepping Motor), (PM)
3. สเตปป์ิงมอเตอร์แบบไฮบริด (Hybrid Stepping Motor), (HSM)

สเตปป์ิงมอเตอร์แบบปรับค่ารีลักแตนซ์ได้

โครงสร้างของมอเตอร์ชนิดนี้ มีลักษณะดังรูปที่ 2.41 โดยที่พื้นของทั้ง Stator และ Rotor ทำจากโลหะที่มีค่าเพอร์มิบิลิตี (Permeability) สูงเช่นแกนเหล็กอ่อน (Soft Iron)

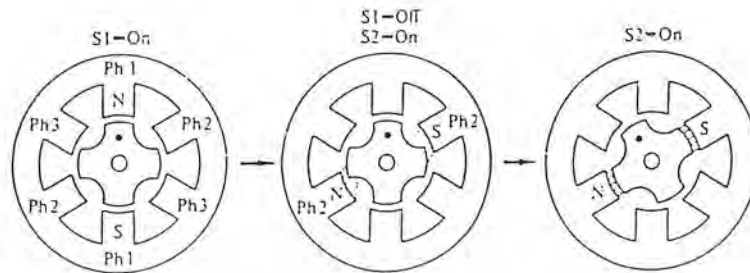
การหมุนเกิดขึ้นได้โดยเราให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันบน Stator ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กไปดึงดูดให้ Rotor หมุนได้ตามตำแหน่งของขั้วของขด Stator ที่ต้องการความเฉื่อยของ Rotor ของมอเตอร์ชนิดนี้มีค่าต่ำ ทำให้มีการตอบสนองที่เร็วถ้าขดลวดไม่ได้ถูกกระตุ้นแล้วแรงบิดแบบสถิต (Static Torque) จะมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งไม่เหมือนกับมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet)



รูปที่ 2.41 ภาพแสดงโครงสร้างของสเตปป์ิงมอเตอร์ชนิดปรับค่ารีลักแตนซ์ได้

สเตปป์ิงมอเตอร์แบบปรับค่ารีลักแตนซ์ได้นี้ เป็นพื้นฐานสำคัญที่แสดงการทำงานของสเตปป์ิงมอเตอร์ ซึ่งจะทำได้สามารถเข้าใจ การทำงานของสเตปป์ิงมอเตอร์ ชนิดอื่น ๆ ได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.42 การหมุนของRotorเมื่อเปลี่ยนการกระตุ้นเฟสจากเฟส 1 ไป เฟส 2

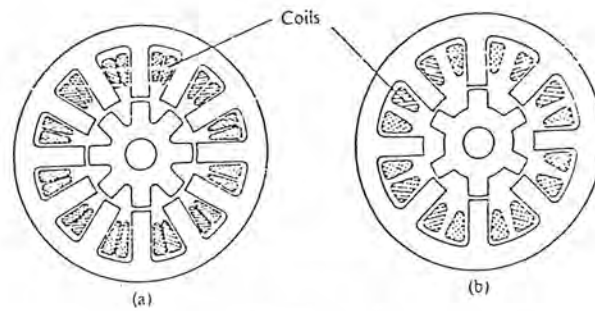
การที่จะทำให้ Rotor หมุน ขณะที่ Rotor อยู่ในตำแหน่งโพลที่ 1 เราจะจ่ายกระแสให้ขดลวดที่พันอยู่บนโพลที่ 2 ธรรมชาติของเส้นแรงแม่เหล็ก จะเดินทางบนเส้นทางตามเส้นทางที่มีค่ารีลัคแตนซ์ต่ำสุด เส้นแรงแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรง ที่ทำให้ Rotor หมุนเข้าสู่จุดที่ทำให้เส้นเดินทางได้สะดวกที่สุด ที่จุดนี้ Rotor จะอยู่ในตำแหน่งที่สมดุล ซึ่งขณะนี้ มอเตอร์ได้เคลื่อนที่เป็นระยะ 1 สเตป

การที่จะทำให้มอเตอร์หมุนอย่างต่อเนื่อง เราจะจ่ายกระแสให้ขดลวดเฟสต่าง ๆ เป็นลำดับ จากรูปที่ 2.42 การหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา เราจ่ายกระแสให้เฟส 1,2,3,1,...เป็นลำดับ และ 1,3,2,1,... ในทิศทวนเข็มนาฬิกา

จำนวนสเตปในแต่ละรอบของมอเตอร์ (S) จะขึ้นอยู่กับมุมของแต่ละสเตป (θ_s) จำนวนเฟส (m) และจำนวนซี่ฟันของ Rotor (N_r) ดังนั้น การเพิ่มความละเอียดของมุมสเตปจึงต้องเพิ่มที่จำนวนซี่ฟันของRotor หรือเพิ่มที่จำนวนเฟสของมอเตอร์ ดังรูปที่ 2.3 ก,ข) โดยมีความสัมพันธ์ออกมาเป็นสูตรดังนี้

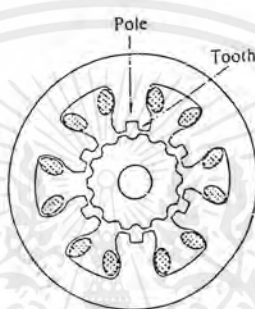
$$S = \frac{360}{\theta_s} = mN_r$$

จากรูปที่ 2.43 (ค) จำนวนซี่ฟันของ Stator ไม่มีผลต่อมุมสเตป แต่เพื่อรองรับกับซี่ฟันที่ละเอียดขึ้นของ Rotor แต่ในการเพิ่มเฟสหรือจำนวนซี่ฟันจะทำให้โครงสร้างของมอเตอร์ซับซ้อนมากขึ้นจึงแก้ปัญหาโดยการเพิ่มจำนวนขดของ Stator และ Rotor โดย Rotor แต่ละขดจะอยู่บนเพลลาเดียวกันแต่ซี่ฟันจะเรียงทำมุมกัน



(a)

(b)



- รูปที่ 2.43 ก) แสดงโครงสร้างของสเตปิ้งมอเตอร์แบบปรับค่ารีลัคแตนซ์ได้ชนิด 3 เฟส โดยมี Stator 12 ซี่ และ Rotor 8 ซี่
 ข) แสดงโครงสร้างของสเตปิ้งมอเตอร์แบบปรับค่ารีลัคแตนซ์ได้ชนิด 4 เฟส โดยมี Stator 8 ซี่ และ Rotor 6 ซี่
 ค) แสดงโครงสร้างของสเตปิ้งมอเตอร์แบบปรับค่ารีลัคแตนซ์ได้ชนิด 3 เฟส โดยมี Stator มีฟัน 2 ซี่ ในแต่ละโพล

สเตปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

มอเตอร์ชนิดนี้ มี Rotor เป็นแม่เหล็กถาวร ซึ่งมีอำนาจแม่เหล็กตามแนวรัศมี ดึงดูดกับขั้ว Stator ทำให้มีแรงบิดสแตติกเกิดขึ้นได้ ถึงแม้จะไม่ได้กระตุ้นขดลวดก็ตาม

มอเตอร์ชนิดนี้ มีข้อแตกต่างจากสเตปิ้งมอเตอร์แบบปรับค่ารีลัคแตนซ์ได้ ก็คือ Rotor จะเป็นแม่เหล็กถาวร จึงทำให้การพันขดลวดที่ Stator ต้องแตกต่างกันไปด้วย จากรูปจะเห็นว่า Stator ในแต่ละขั้วจะมีการพันขดลวดอยู่ ซึ่งถือว่าแต่ละขั้วคือหนึ่งเฟส ดังนั้นจากรูปจึงเป็นมอเตอร์ชนิด 4 เฟส การต่อวงจรกระตุ้นเฟสอย่างง่ายได้แสดงไว้ในรูปเช่นกัน จะเห็นว่าปลายขดลวดทุก ๆ เส้นจะถูกต่อเข้าด้วยกันเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ ดังนั้นเมื่อเกิดการกระตุ้นที่เฟสใดแล้ว ขั้ว Stator ที่เฟสนั้นก็จะกลายเป็นขั้วเหนือ ถ้าเราทำการกระตุ้นเฟสเรียงลำดับจาก 1 2 3 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

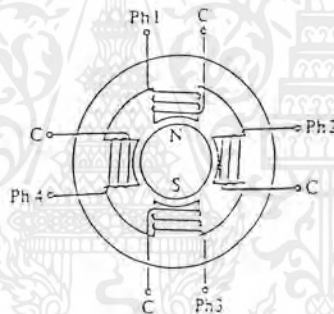
มอเตอร์ก็จะหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาโดยจะทำมุมการหมุน 90 องศาในแต่ละสเตป ดังนั้น จะเห็นว่าถ้าต้องการเพิ่มความละเอียดของสเตปของมอเตอร์ ก็จะสามารถทำได้ โดยการเพิ่มจำนวนขั้วของมอเตอร์ ให้มากขึ้น

โครงสร้างของมอเตอร์ชนิดนี้ ในส่วนStator จะเหมือนกับสเตปป์มอเตอร์แบบปรับค่ารีลัคแตนซ์ได้ แต่Rotorจะทำจากแม่เหล็กถาวร ซึ่งแม่เหล็กจะมีแรงดึงดูดกับโพล ที่ได้รับการกระตุ้นแรงดึงดูดระหว่างขั้วแม่เหล็ก จะทำให้เกิดแรงบิดให้Rotor อยู่ในตำแหน่งที่สมดุล สมการแรงดึงดูดระหว่างขั้วซึ่งเป็นดังสมการ

$$F = F_{Max} \cos\theta$$

และสมการแรงบิดซึ่งเป็น ดังสมการ

$$T = F * r$$



รูปที่ 2.44 แสดงโครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวร

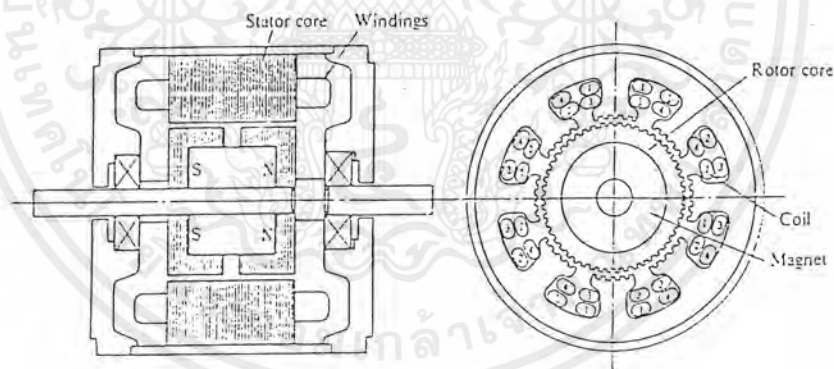
สเตปป์มอเตอร์แบบไฮบริด

มอเตอร์ชนิดนี้ จะมีโครงสร้างเป็นลักษณะผสม ของสเตปป์มอเตอร์ แบบแม่เหล็กถาวร และ สเตปป์มอเตอร์แบบปรับค่ารีลัคแตนซ์ได้ โดยโครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์ แบบไฮบริด จะมีสองตอน ทั้งสองตอนจะมีองค์ประกอบที่เหมือนกัน ทั้งStatorและRotor โดยระหว่าง Rotor ทั้งสองตอน จะมีเพลลาที่ทำจากแม่เหล็กถาวร และมีซี่ฟันเป็นแกนเหล็กอ่อน (Soft Iron) ในส่วน ของStator จะมีการพันขดลวดสองลักษณะคือ แบบพันขดลวดเฟสเดียว ในหนึ่งโพล (Unipolar) แบบนี้ต้องใช้วงจรกระตุ้นสองทาง และแบบพันขดลวดสองเฟสในหนึ่งโพล (Bifilar Scheme) ขดลวดที่พันคู่กันจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กต่างขั้วกัน

ลักษณะโครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์แบบไฮบริด

- จำนวนซี่ฟันของ Rotor และของ Stator มีจำนวนไม่เท่ากัน
- ตอน A และ B มีโครงสร้างเหมือนกัน
- ซี่ฟันของ Stator หรือ Rotor อย่างใดอย่างหนึ่งจะวางในลักษณะเหลื่อมกันระหว่างสองตอน
- Stator ของแต่ละตอนมี 8 ซี่ Stator หมายเลข 1 3 5 7 ทั้งใน ตอน A,B โดยพันในทิศทางตรงกันข้าม
- เฟสที่ 2 และ 4 จะพันขดลวดบนซี่ Stator หมายเลข 2 4 6 8 ทั้งใน ตอน A,B โดยพันในทิศทางตรงกันข้าม

แกนแม่เหล็กถาวร จะเหนี่ยวนำ Rotor ในตอน A ให้เป็นแม่เหล็กขั้วเหนือ และ Rotor ในตอน B ให้เป็นแม่เหล็กขั้วใต้



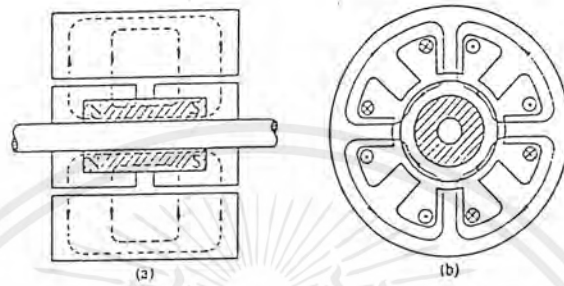
รูปที่ 2.45 แสดงโครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์ไฮบริด

การวางโครงสร้างของมอเตอร์ จะวางให้ซี่ฟันของ Rotor หรือ Stator อย่างใดอย่างหนึ่งวางเหลื่อมกันระหว่างทั้งสองตอน

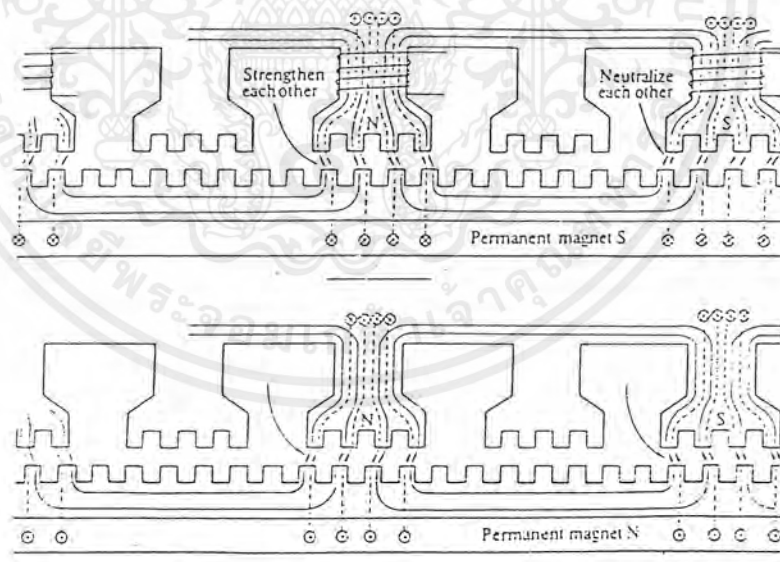
เส้นทางเดินของสนามแม่เหล็ก จะแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรกจะเดินทางผ่านโพลขั้วบวกไปยังซี่ฟันของ Rotor แล้วเข้าสู่โพลขั้วใต้ ครบวงจรโดยผ่านโครงของ Stator และอีกส่วนจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่าน โพลขั้วบวกผ่านซี่ Rotor แล้วผ่านขั้วใต้ของแม่เหล็กถาวร ไปยังขั้วเหนือ และผ่านซี่ Rotor กลับไปยังโพลขั้วเหนือ ครบวงจรโดย โครงของStator ดังรูป 2.47



รูปที่ 2.46 แสดงทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก



รูปที่ 2.47 แสดงทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อโพล 1,5 มีเส้นแรงพุ่งออกและโพล 3,7 มีเส้นแรงพุ่งรูป 2.47 ด้านบนแสดงถึงตอน B ของRotor สนามแม่เหล็กขั้วเหนือบนโพล 1 จะดึงดูดกับแกนแม่เหล็กขั้วใต้ ส่วนโพลที่ 3 เส้นแรงจะหักล้างกับแกนแม่เหล็ก ส่งผลให้เกิดแรงเคลื่อนRotorไปทางซ้าย ส่วนรูปที่ 2.47 ด้านล่างแสดงถึงตอน A ซึ่งแกนแม่เหล็กเกิดแรงดึงดูดกับโพลที่ 3 และหักล้างกับโพลที่ 1 ทำให้Rotor เคลื่อนที่มาทางซ้ายเช่นเดียวกัน ผลรวมจากแรงทั้งสองตอน ทำให้Rotorเคลื่อนที่ทางซ้ายเป็นระยะ $1/4$ เท่าของระยะห่างขั้วบนบนRotor

ถ้าให้การกระตุ้นเฟส 1 ทำให้โพลที่ 1,5 เป็นขั้วเหนือ โพล 3,7 เป็นขั้วใต้ และการกระตุ้นเฟส 3 เกิดผลตรงกันข้าม ทำนองเดียวกันการกระตุ้นเฟส 2 ทำให้โพล 2,6 เป็นขั้วเหนือ โพล 4,8 เป็นขั้วใต้ กระตุ้นเฟส 4 เกิดผลตรงกันข้าม การกระตุ้นให้มอเตอร์ หมุนต่อเนื่องในทิศตามเข็มนาฬิกา มีลำดับการกระตุ้นเฟสเป็น 1,2,3,4,1.....และ 1,4,3,2,1....ในทิศทวนเข็มนาฬิกา

คุณสมบัติของสเตปป์ิงมอเตอร์

1. เป็นลักษณะการควบคุมแบบ ไม่ต้องการการป้อนกลับ ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมตำแหน่ง หรือการควบคุมความเร็ว
2. ความผิดพลาดเกี่ยวกับตำแหน่งมีน้อยมาก เนื่องจากการเคลื่อนที่ของสเตปป์ิงมอเตอร์ นั้นเคลื่อนที่เป็นสเตป ด้วยมุมที่แน่นอน
3. สเตปป์ิงมอเตอร์จะถูกนำมาใช้ กับเครื่องมือที่ต้องการความละเอียดแม่นยำ และใช้อยู่ในเครื่องมือ ประเภทดิจิตอล เช่น เครื่องพลอตเตอร์
4. ไม่จำเป็นต้องใช้วงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อกเหมือนอินเตอร์เฟสกับไมโครคอมพิวเตอร์

การทำงานของสเตปป์ิงมอเตอร์

ถ้าจะแบ่งโหมดการทำงานของสเตปป์ิงมอเตอร์ตามอัตราความเร็วของแต่ละสเตป จะแบ่งออกได้เป็นสองแบบคือ

1. การเคลื่อนที่เป็นสเตป (Discrete Stepping Mode)
2. การเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Slewing Mode)

การหมุนทั้งสองแบบแตกต่างกันตรงที่ถ้ามีระยะพักระหว่างการเคลื่อนที่ของสเตป ก็จะเรียกว่าเป็นการเคลื่อนที่เป็นสเตป ตัวอย่างการทำงานแบบเป็นสเตปได้แก่เครื่องเล่นดิสก์ (Disk

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Drive) แต่ถ้าไม่มีการพักระหว่างการเคลื่อนที่ระหว่างสเต็ปก็จะเรียกว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง เราสามารถหาความเร็วรอบได้จากสมการ

$$n = \frac{60f}{s}$$

เมื่อ

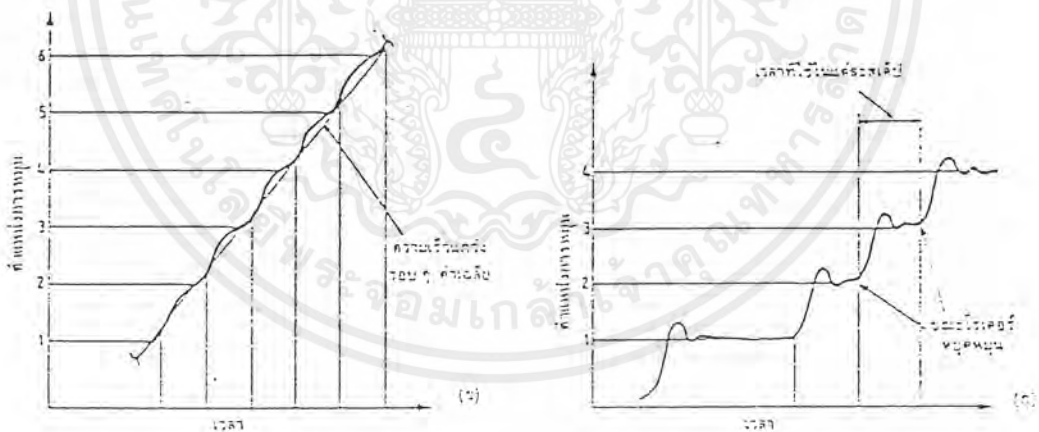
n คือ ความเร็วรอบ

f คือ ความเร็วของสเต็ป

s คือ จำนวนสเต็ปทั้งหมด

กราฟคุณลักษณะของสเต็ปปีงมอเตอร์

กราฟคุณลักษณะของสเต็ปปีงมอเตอร์นี้ จะเป็นการแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างอัตราความเร็วของสเต็ป กับแรงบิดคงแสดงในรูปที่ 2.49 สำหรับกราฟเส้นประ เราเรียกว่า “Start – Stop Curve” หรือ “Single – Step Load Curve” เป็นกราฟที่อยู่ในโหมดการหมุนเป็นสเต็ป และเป็นการแสดงถึงย่านของแรงบิด ที่มอเตอร์สามารถเริ่มและหยุดหมุนได้โดยปราศจากความผิดพลาด



รูปที่ 2.48 กราฟแสดงสเต็ปของการหมุนในโหมดการทำงานแบบ

ก. หมุนต่อเนื่อง

ข. หมุนเป็นสเต็ป

“Slew Curve” เป็นกราฟแสดงการทำงานในโหมดการหมุนแบบต่อเนื่อง แสดงให้เห็นถึงค่าแรงสูงสุด ที่สเต็ปปีงมอเตอร์สามารถจะกระทำได้ ที่อัตราของสเต็ปต่างๆ กัน ถ้ามีการใช้งานมอเตอร์

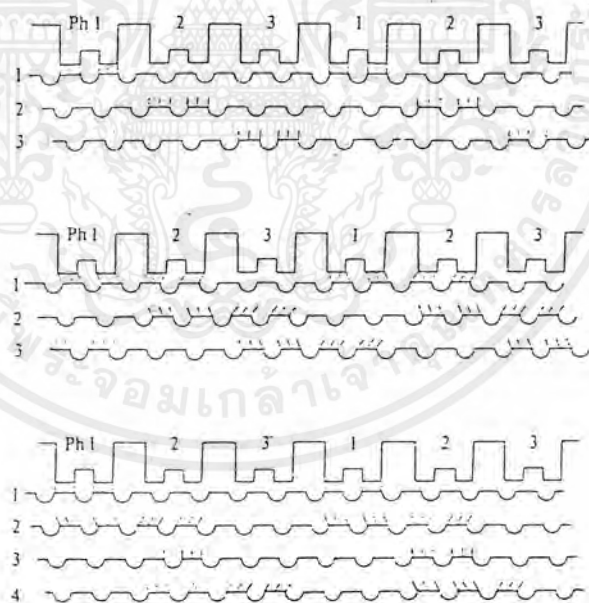
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเตปป์ิ่ง เหนือกราฟนี้ก็จะอาจจะทำให้ การทำงานเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ แต่ถ้าใช้งานภายใต้เนื้อที่ของกราฟที่กำหนดให้ ก็จะสามารณ์มั่นใจได้ว่าจะไม่เกิดความผิดพลาดขึ้น

ในกราฟ Slew Curve นั้นจะมีช่วงที่เส้นกราฟขาดหายไป ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการรีโซแนนท์ขึ้นซึ่งเป็นจุดที่ไม่เสถียร และไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นในการใช้งานมอเตอร์จึงควรจะต้องคำนึงถึงการใช้งานในย่านนี้ไว้ด้วย

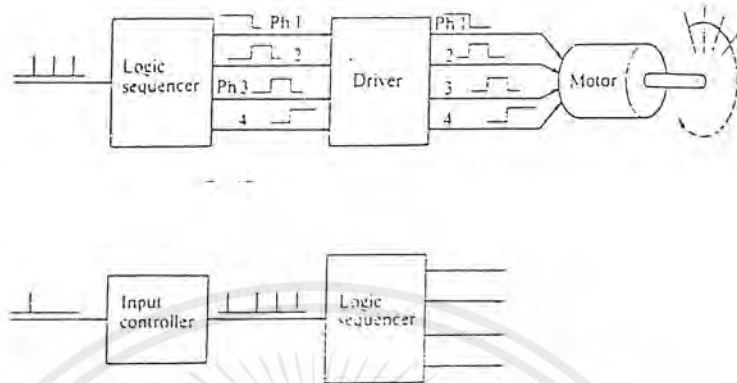
วงจรและระบบการขับสเตปป์ิ่งมอเตอร์สำหรับการควบคุมแบบวงจรมเปิด

วงจรมอเตอร์ และวงจรมอเตอร์สำหรับการควบคุม สเตปป์ิ่งมอเตอร์แบบวงจรมเปิด หนึ่งในปัญหาสำคัญที่สุด ในการประยุกต์ใช้สเตปป์ิ่งมอเตอร์ก็คือ ส่วนของวงจรมอเตอร์ ซึ่งวงจรมอเตอร์นี้มีทั้งแบบวงจรมเปิด และแบบวงจรมปิด ซึ่งในโครงการนี้เราใช้การควบคุมแบบวงจรมเปิด เนื่องจากมีความแม่นยำเพียงพอในการควบคุมตำแหน่ง



- รูปที่ 2.49 ก) แสดงการเคลื่อนที่เมื่อเป็นลำดับการกระตุ้นแบบ 1 เฟส
 ข) แสดงการเคลื่อนที่เมื่อเป็นลำดับการกระตุ้นแบบ 2 เฟส
 ค) แสดงการเคลื่อนที่เมื่อเป็นลำดับการกระตุ้นแบบกึ่งสเตป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.50 บล็อกไดอะแกรมของวงจรควบคุมสเตปป์มอเตอร์แบบวงจรเปิด

ระบบขับกระแส

ระบบขับกระแสของสเตปป์มอเตอร์ สามารถแสดงได้โดยรูปบล็อกไดอะแกรม ในรูปที่ 2.50 ซึ่งจากรูปจะเห็นว่า บล็อกไดอะแกรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ในรูป (a) คือส่วนของวงจรจัดลำดับกระตุ้น ก็จะใช้สถานที่สถานะทางด้านออก ที่มีการเปลี่ยนแปลง ในการควบคุมในการขับมอเตอร์ เพื่อให้สเตปป์มอเตอร์หมุนไปตามมุมสเตปป์ในทิศทางที่ต้องการ ซึ่งทิศทางที่หมุนไป ถูกควบคุมมาจากสถานะทางด้านเข้า ให้เป็นสถานะ H,L เพื่อกำหนดให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา และตามเข็มนาฬิกานั้นเอง ในรูป (b) แสดงถึงระบบทั้งหมด เมื่อมีการเพิ่มสเตปป์มากกว่า 2 สเตปป์หรือมากกว่านั้น สถานะต่าง ๆ ด้านอินพุตต้องมีพัลส์ที่เหมาะสม เพื่อควบคุมวงจรจัดลำดับกระตุ้นซึ่งจะเรียกว่า วงจรควบคุมด้านเข้า (Input Controller) ข้อได้เปรียบของวิธีนี้คือ สามารถใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ ในการ สร้างพัลส์ในการควบคุมความเร็วของสเตปป์มอเตอร์ ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้สเตปป์มอเตอร์มีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือสูง

วงจรจัดลำดับการกระตุ้น

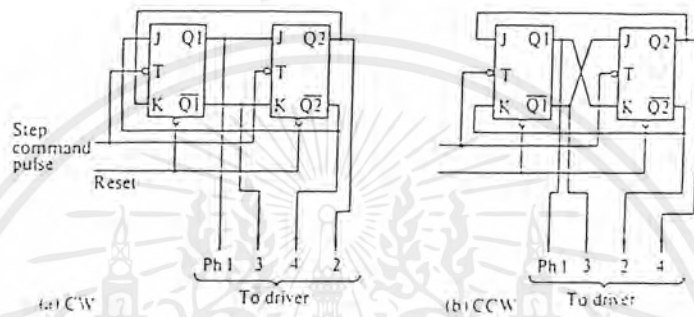
วงจรจัดลำดับการกระตุ้นนี้ เป็นวงจรควบคุมการกระตุ้นของขดลวด ของสเตปป์มอเตอร์ ที่ตอบสนองต่อพัลส์ที่ถูกส่งเข้ามา ซึ่งวงจรจัดลำดับการกระตุ้นนี้ ประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์แบบเลื่อน (Shift-Register) และเกตต่างๆ ซึ่งปัจจุบัน ไอซีที่เป็นรีจิสเตอร์แบบเลื่อน ซึ่งเหมาะสมในการใช้ควบคุมการจัดลำดับกระตุ้นคือฟลิปฟล็อปแบบ J-K (J-K Flip-Flop) และพวกลอจิกเกตต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การกระตุ้นแบบ 2 เฟส สำหรับสเตปป์มอเตอร์แบบ 4 เฟส

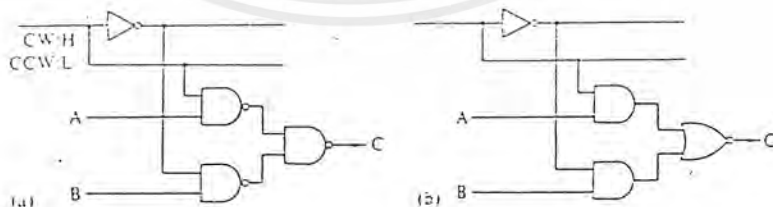
	R	1	2	3	4	5	6	...
Ph1, Q1	0	1	1	0	0	1	1	...
Ph2, Q2	0	0	1	1	0	0	1	...
Ph3, Q1	1	0	0	1	1	0	0	...
Ph4, Q2	1	1	0	0	1	1	0	...

	R	1	2	3	4	5	6	...
Ph1, Q1	0	0	1	1	0	0	1	...
Ph2, Q2	0	1	1	0	0	1	1	...
Ph3, Q1	1	1	0	0	1	1	0	...
Ph4, Q2	1	0	0	1	1	0	0	...



รูปที่ 2.51 แสดงวงจรลำดับการกระตุ้นเฟสแบบกระตุ้นสองเฟสหมุนทิศทางเดียว

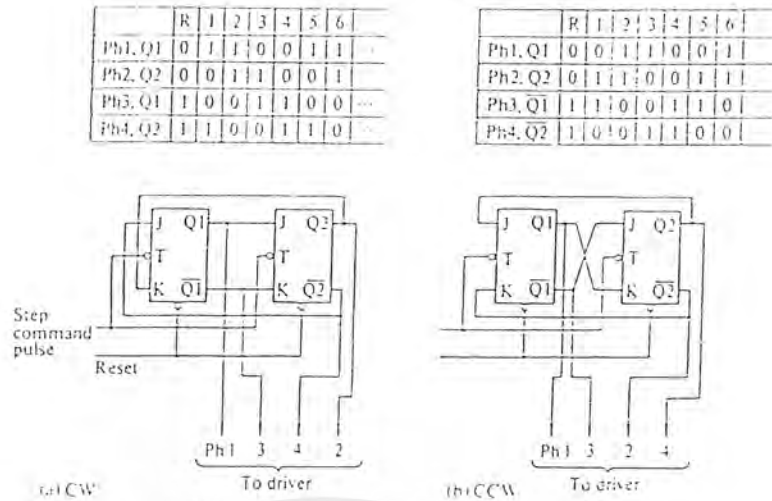
วงจรสร้างลำดับการกระตุ้นเฟสมีลักษณะการต่อคั่งรูป 2.51 โดยใช้สถานะสูงต่ำ (H-L) เป็นสถานะในการกระตุ้นนั้นคือถ้า Q1 ถูกกระตุ้นให้เป็น “H” ขดลวดเฟส 1 จะถูกกระตุ้น และถ้า Q1 ถูกกระตุ้นให้เป็น “L” ขดลวดในเฟสที่ 1 ก็จะไม่ถูกกระตุ้นถ้าเราเปรียบเทียบกับ 2 ตารางจากตารางในรูปที่ 2.51 (a) และ 2.15 (b) การกระตุ้นในทิศทางตรงกันข้ามกัน จะทำให้สเตปป์มอเตอร์หมุนในทิศทางต่างกัน



รูปที่ 2.52 การกำหนดทิศทางการหมุน โดยการใช้คำสั่งตัวเลือกทางลอจิก; ในวงจรรูป(a)

ให้ C=A สำหรับคำสั่งระดับ High “H” และให้ C=B สำหรับคำสั่งระดับ Low “L” ขณะที่ในวงจรรูป (b) , ให้ C=A สำหรับคำสั่ง High และให้ C=B สำหรับคำสั่ง Low

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

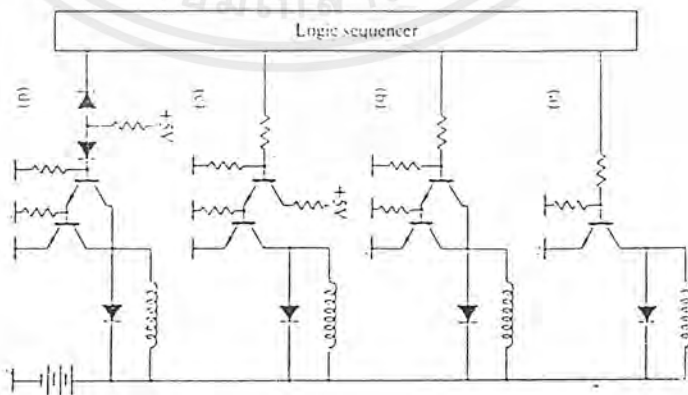


รูปที่ 2.53 การควบคุมสเตปป์มอเตอร์แบบสี่เฟส โดยการควบคุมลำดับการกระตุ้นแบบ 2 ทิศทาง

และถ้าจะเปลี่ยนทิศทางในการหมุนก็ทำได้ โดยเปลี่ยนลำดับในการเชื่อมต่อระหว่างในรูป (a),(b) ในรูป 2.52 (b) ให้ที่ตำแหน่ง C=A สำหรับในทิศทางที่คำสั่งเป็นระดับ “H” และให้ที่ตำแหน่ง C=B สำหรับในทิศทางที่คำสั่งเป็นระดับ “L” และในรูป 2.53 แสดงถึงการควบคุมแบบสองทิศทาง (Bi-directional Sequence) สำหรับการกระตุ้นแบบ 2 เฟส สำหรับสเตปป์มอเตอร์แบบ 4 เฟส

การเชื่อมต่อวงจรจัดลำดับการกระตุ้นและวงจรขับกระแส

สัญญาณจากด้านออกของวงจรจัดลำดับการกระตุ้นจะถูกส่งต่อมายังจุดด้านเข้าของวงจรขับกระแส โดยการปิดและเปิดของขดลวดของสเตปป์มอเตอร์วิธีที่ง่ายที่สุดที่เชื่อมต่อคือการต่อตามรูป 2.54 (a), (b) แต่ถ้ากระแสที่ออกมาไม่เพียงพอที่จะขับสเตปป์มอเตอร์ ได้ก็จำเป็นต้องใช้บัฟเฟอร์มาช่วยในการขับกระแสดังในรูป 2.54 (c) และ (d)

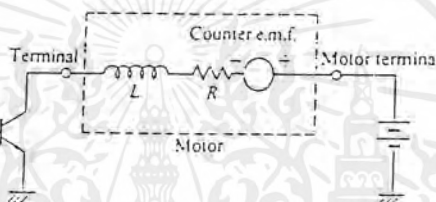


รูปที่ 2.54 แสดงถึงการเชื่อมต่อระหว่างวงจรจัดลำดับการกระตุ้นและวงจรขับกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรขับเคลื่อน

ในขดลวดของสเตปป์มอเตอร์ ประกอบด้วยค่าความต้านทาน และค่าความเหนี่ยวนำ เมื่อสเตปป์มอเตอร์หมุน จะเกิดแรงดันย้อนกลับ (Counter Electromotive Force , EMF) ถูกผลิตขึ้นในขดลวด ทำให้ในการออกแบบวงจรขับเคลื่อนต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่จำเป็นคือ กรณีที่แรงแม่เหล็กของสเตปป์มอเตอร์, ทรานซิสเตอร์ และแหล่งจ่ายแรงดันมอเตอร์ เหล่านี้จะแปรไปตามความคงทนในการผลิต และเงื่อนไขในการทำงาน เพราะฉะนั้นสเตปป์มอเตอร์ต้องถูกออกแบบให้ส่งกำลังออกมากที่สุด ที่ขนาดเล็ที่สุด



รูปที่ 2.55 วงจรสมมูลของขดลวดในสเตปป์มอเตอร์

ซัปรสเซอร์ในการลดค่าแรงดันกระชาก (Spike Voltage Suppressors)

เมื่อทรานซิสเตอร์ในรูป 2.56 คับลงจะมีแรงดันกระชาก (Spike Voltage) ที่มีค่ามากเกิดขึ้นตามสมการ

$$V = L \frac{di}{dt}$$

และแรงดันที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหาย ซึ่งมีวิธีอยู่หลายวิธีที่สามารถที่จะลดค่าแรงดันนี้ไม่ให้ทำลายทรานซิสเตอร์ ได้ดังนี้

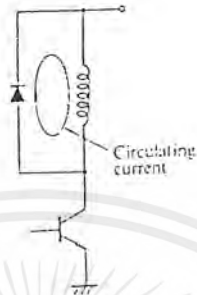
ก. ซัปรสเซอร์แบบไดโอด (Diode Suppressors)

เมื่อเกิดกระแสไหลวน (Circulating Current) หลังจากที่ทรานซิสเตอร์หยุดทำงาน ทำให้กระแสสลาย ไปเมื่อเวลาผ่านไป จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแส อย่างมากมายถ้ามีไดโอดต่ออยู่ในวงจร ดังรูป 2.56 เพราะศักดา ที่ขาคอลเลคเตอร์ (Collector) ของทรานซิสเตอร์ (Transistor) จะมีค่าเป็นดังสมการ

$$V_{ce} = E + V_{df}$$

V_{df} คือ ค่าแรงดันขั้วหน้า (Forward Voltage) ของไดโอด

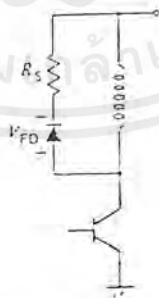
แต่มีข้อเสียของวิธีนี้คือ กระแสไหลวนที่เกิดขึ้นจะอยู่ในช่วงเวลานาน และจะทำให้เกิดการผลิตแรงบิดหยุดมอเตอร์ (Breaking Torque)



รูปที่ 2.56 ซับเพรสเซอร์แบบไดโอด

ข. ซับเพรสเซอร์แบบไดโอดและตัวต้านทาน (Diode and Resistor Suppressers)

ใช้ความต้านทานต่ออนุกรมเข้าไปกับไดโอดดังรูป 2.57 หลังจากที่ยานซิสเตอร์ถูกกระตุ้นเฟสให้อยู่ในสภาวะ “on” จะต้องใช้เวลาระยะหนึ่งก่อนที่จะเข้าสู่สภาวะที่ซับด้วยกระแสเต็มพิกัด ซึ่งผลอันนี้เกิดจากค่าคงที่เวลาอันเนื่องมาจากคุณสมบัติของตัวเหนี่ยวนำ โดยจะมีผลทำให้แรงบิดลดลงและการตอบสนองช้าลงด้วย วิธีแก้ปัญหอย่างหนึ่งก็คือ การต่อต้านความต้านทาน (R_c) อนุกรมเข้ากับขดลวดดังรูป เพื่อลดค่าคงที่เวลาให้น้อยลง แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังขึ้นในตัวต้านทานด้วยเช่นกัน



รูปที่ 2.57 ซับเพรสเซอร์แบบไดโอดและตัวต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านทานที่ใส่เข้าไปเพื่อจะทำให้เวลาในการเกิดกระแสไหลวน น้อยลงไปและมีค่าแรงดันสมการ แต่ก็มีผลในการเพิ่มขึ้นของแรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ด้วยเช่นกัน

$$V_{ce} = E + IR_a + V_{df}$$

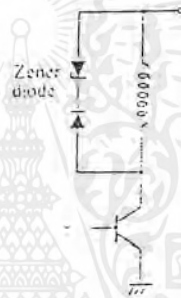
โดยมีค่า E คือ ค่าแรงดันของแหล่งจ่าย (Supply Potential)

I คือ ค่าของกระแสก่อนทรานซิสเตอร์หยุดทำงาน

R คือ ค่าความต้านทานของตัวทานซัปเพรสเซอร์

ค) ซัปเพรสเซอร์แบบซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode Suppressers)

วงจรจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.58 เมื่อเทียบกับ 2 กรณีแรกแล้ว การใช้ซีเนอร์ไดโอด จะทำให้เวลาในการเกิดกระแสไหลวนไปเร็วยิ่งขึ้น

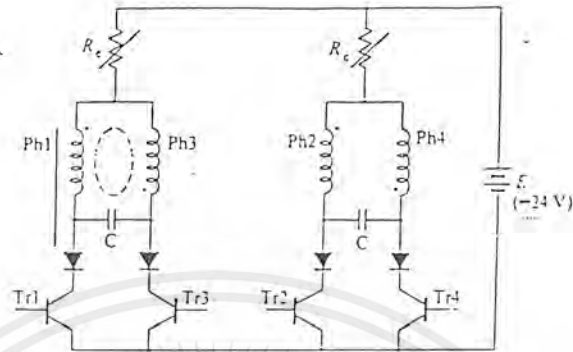


รูปที่ 2.58 ซัปเพรสเซอร์แบบซีเนอร์ไดโอด

ง. ซัปเพรสเซอร์แบบตัวเก็บประจุ (Condenser Suppressers)

ซึ่งรูปแบบของซัปเพรสเซอร์แบบ ตัวเก็บประจุมักถูกใช้ให้กับมอเตอร์แบบมีขดลวดสองทิศทาง (Bifilar-Wound Motor) ซึ่งวงจรแสดงได้ดังรูป 2.59

จากรูป 2.59 ตัวเก็บประจุ (Condenser) จะถูกใส่ระหว่างเฟส 1 กับ 3 และเฟส 2 กับเฟส 4 และตัวเก็บประจุนี้ ถูกใช้เมื่อทรานซิสเตอร์หยุดทำงาน ตัวเก็บประจุที่เชื่อมต่อระหว่าง ไดโอด จะดูดซับกระแสที่เกิดจากขดลวด เพื่อที่จะป้องกันทรานซิสเตอร์ พิจารณาได้จากตัวอย่างต่อไปนี้ คือ เมื่อตัวทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 (TR1) หยุดทำงานเพราะฉะนั้น ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 (TR2) และ ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 4 (TR4) ก็จะทำงาน แต่ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 3 (TR3) ยังคงทำงานอยู่ ดังนั้นขดลวดเฟสที่ 1 และเฟสที่ 3 ทำงาน เมื่อกระแสออสซิลเลท ที่มีทิศทางตรงกันข้ามกัน (Oscillating Component Current) ทำให้เกิดกระแสดรอนเซียน (Transient Current) จะไหลวนในวงจรตามเส้นประในรูป 2.59 ถ้าทรานซิสเตอร์ตัวที่ 3 ทำงาน เมื่อกระแสทรานเซียนกลายเป็นศูนย์นั้นคือ



รูปที่ 2.59 ตัวไดร์ฟเวอร์แบบ 4 เฟส กับซันเพรสเซอร์แบบไดโอดและต่อกับตัวต้านทาน แทนด้วย R_c ซึ่งถูกปรับค่าจนกระทั่งกระแสได้ตามค่าพิกัด

ตัวเก็บประจุจะเก็บประจุไว้จนมีประจุมากที่สุด ดังนั้นกระแส ด้านบวกที่มีค่า C ก็จะคายประจุผ่านขดลวดเฟส 1 ได้อย่างง่ายดาย โดยขบวนการเรโซแนนท์ ดังนั้นกระแสจะถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการใช้ตัวเก็บประจุที่เหมาะสม ที่จะใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ ที่พิกัดที่จำกัดในขอบเขตแคบ ๆ ซึ่งเราจะใช้ซันเพรสเซอร์ แบบตัวเก็บประจุเป็นตัวหน่วงทางไฟฟ้า (Electrical Damper) ช่วยหน่วง Rotor ไม่ให้เกิดการออสซิลเลท

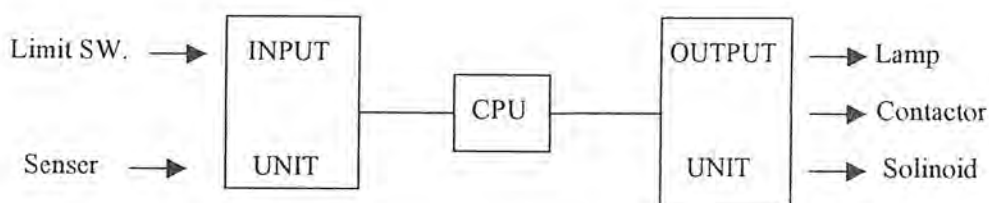
2.3 ทฤษฎีพื้นฐาน และหลักการทํางานของ PLC

โครงสร้างของ PLC

PLC ประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU Unit)
2. หน่วยอินพุท เอาท์พุท (Input / Output Unit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.60 โครงสร้างของ PLC

นอกจากส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนข้างต้นแล้ว PLC ยังประกอบด้วย หน่วยป้อนโปรแกรม (Programming Unit) ทำหน้าที่ติดต่อระหว่าง PLC กับผู้ใช้ รับโปรแกรมที่ผู้ใช้เขียนขึ้นเก็บไว้ในหน่วยความจำ ปกติแล้วหน่วยป้อนโปรแกรมจะเชื่อมต่อกับ PLC เมื่อผู้ใช้ต้องการป้อนตรวจสอบ หรือแก้ไขโปรแกรมเท่านั้น และ PLC เอง ก็สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องพึ่งหน่วยป้อนโปรแกรม ดังนั้นตามปกติแล้ว หน่วยป้อนโปรแกรมจึงไม่จัดเป็นส่วนประกอบของ PLC

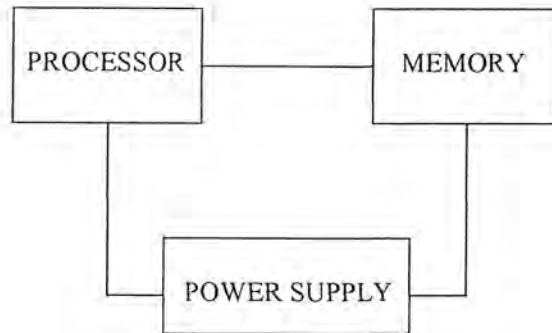
หน่วยประมวลผลกลาง (CPU Unit)

เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ประมวลผล โดยจะตรวจสอบข้อมูล Input จากอุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor Device) แล้วทำการประมวลผลตามโปรแกรมเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ใน หน่วยความจำ จากนั้นก็ส่งสัญญาณ Output ออกไปเพื่อทำการควบคุม Process ต่าง ๆ

หน่วยประมวลผลกลางนี้ประกอบด้วย

1. หน่วยประมวลผล (Processor)
2. หน่วยความจำ (Memory)
3. แหล่งจ่ายพลังงาน (Power Supply)

รูปที่ 2.61 แสดงโครงสร้างของหน่วยประมวลผลกลาง โดยหน่วยประมวลผลทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่อง นำข้อมูลมาจากหน่วยความจำ มาปฏิบัติเพื่อควบคุมอุปกรณ์ภายนอกผ่านหน่วย Input-Output ในขณะที่หน่วยจ่ายพลังงานทำหน้าที่จ่ายแรงดัน ไฟฟ้าให้กับหน่วยประมวลผลและหน่วยความจำ



รูปที่ 2.61 โครงสร้างของหน่วยประมวลผลกลาง

หน่วยประมวลผล (Processor)

ทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะต่าง ๆ ในหน่วยความจำและประมวลผลตามโปรแกรมต่าง ๆ ที่สร้างขึ้น (User Program) ควบคุมการติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่าง CPU กับหน่วย Input-Output และหน่วย Input-Output กับอุปกรณ์ภายนอก ติดต่อกับผู้ใช้และอุปกรณ์ร่วม ตรวจสอบสภาพการทำงาน of PLC โดยโปรแกรมบริหารระบบ (Operating System) เป็นผู้ควบคุมอีกทีหนึ่ง

หน่วยความจำ (Memory)

เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบ เพราะใช้เป็นที่เก็บโปรแกรม และข้อมูลของหน่วยความจำ และจะเป็นสิ่งที่กำหนดความสามารถของระบบ ปกติมักจะมีขนาดวัดกันเป็น Step ของคำสั่ง ในการโปรแกรมระบบที่มีขนาดของหน่วยความจำมาก จะทำให้ผู้ใช้สามารถเขียน โปรแกรมที่มีความซับซ้อนได้มากขึ้น เราจะแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. หน่วยความจำระบบ (System Memory) เก็บโปรแกรมบริหารระบบและ ข้อมูลของระบบ
2. หน่วยความจำผู้ใช้ (User Memory) เก็บโปรแกรมผู้ใช้ ข้อมูลของหน่วย Input-Output และอุปกรณ์ภายใน หน่วยความจำที่นำมาใช้กับ PLC มี 2 ชนิด เช่นเดียวกับที่ใช้ Computer ทั่วไป คือ
 - Volatile
 - Nonvolatile

ข้อมูลภายในหน่วยความจำแบบ Volatile จะสูญหายหมดถ้าไม่มีกระแสไฟฟ้า (สามารถใช้ Battery Backup ได้) ส่วนข้อมูลภายในหน่วยความจำแบบ Nonvolatile จะยังคงอยู่ถึงแม้ว่าจะไม่มีกระแสไฟฟ้า โปรแกรมบริหารระบบ (Supervisory Program หรือ Operating System) และข้อมูลของระบบจะเก็บอยู่ในหน่วยความจำแบบ Nonvolatile เช่น PROM EPROM EEPROM ในขณะที่โปรแกรมผู้ใช้ (User Program) อาจเก็บอยู่ในหน่วยความจำแบบใดก็ได้ ถ้าเป็นโปรแกรมที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงแก้ไขอีกก็จะเก็บในลักษณะเดียวกับโปรแกรมบริหารระบบ แต่ถ้ายังมีความจำเป็นต้องมีการตรวจสอบแก้ไขโปรแกรมนั้นอยู่ ก็จะเก็บไว้ในหน่วยความจำประเภท RAM โดยอาจมีหน่วยจ่ายพลังงานสำรองชั่วคราวขณะไฟฟ้าดับ ส่วนข้อมูลที่เป็นข้อมูลของหน่วย Input-Output และอุปกรณ์ภายใน (Data Memory) จะถูกเก็บอยู่ในหน่วยความจำแบบ RAM เท่านั้น เพราะเป็นข้อมูลที่มีการประมวลผลเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยอาจจะมีหน่วยจ่ายพลังงานสำรองหรือไม่ก็ได้

INPUT-OUTPUT UNIT

เป็นตัวการเชื่อมการติดต่อระหว่างหน่วยประมวลผลกลางกับอุปกรณ์ภายนอก โดยที่หน่วย Input ทำหน้าที่รับค่าสถานะจากอุปกรณ์ตรวจวัด และส่งผลที่ประมวลได้ไปที่หน่วย Output

Input Unit

หน่วย Input ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกที่เป็นสวิตช์ และตัวตรวจจับต่าง ๆ แล้วแปลงชนิดของสัญญาณขาเข้าดังกล่าว ไม่ว่าจะเป็น AC, DC ให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมมาก เพื่อส่งเข้าไปให้แก่หน่วยประมวลผลกลาง ดังนั้นในการเลือกใช้ประเภทของ Input นั้น จะต้องเรียกใช้ให้เหมาะสมและถูกต้องตามประเภทการใช้งานด้วย ไม่เช่นนั้นอาจจะเกิดความเสียหายขึ้นได้ ปกติ Input ที่ดีควรจะต้องมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. เปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณเข้า ให้เป็นระดับสัญญาณที่เหมาะสมกับระบบของ PLC
2. การส่งสัญญาณระหว่างหน่วย Input กับหน่วยประมวลผลจะติดต่อกันด้วยลำแสง โดยอาศัยอุปกรณ์ประเภท Photo Transister ทั้งนี้เพื่อแยกสัญญาณ Isolate ทางไฟฟ้าออกจากกัน เป็นการป้องกันไม่ให้หน่วยประมวลผลได้รับความเสียหาย เมื่อหน่วย Input เกิดลัดวงจร
3. ไม่มีการสั้นของหน้าสัมผัส (Contract Chattering)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output Unit

หน่วย Output ทำหน้าที่รับค่าสถานะที่ได้จากการประมวลผลของหน่วยประมวลผล เพื่อนำค่าสถานะเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น Relay Solenoid Lamp แสดงสถานะเป็นต้น นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ Isolate สัญญาณของหน่วยประมวลผลออกจากอุปกรณ์ Output โดยปกติแล้วหน่วย Output มีความสามารถในการขับ Load ด้วยกระแส 1-2 Amp. ในกรณีที่ Load ต้องการกระแสมากกว่านี้ ผู้ใช้จะต้องนำไปต่อเข้ากับอุปกรณ์ขับ หรือขยายอีกทีหนึ่ง

Output ของ PLC เป็นแบบใช้กับไฟกระแสตรง ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกันคือ Relay และ Transister

INPUT OUTPUT PROCESSING

การรับข้อมูลของหน่วย Input-Output มาประมวลผลตามโปรแกรมของผู้ใช้ และส่งข้อมูลสุดท้ายที่ได้จากการประมวลผลไปที่หน่วย Output เรียกว่าการ SCAN ซึ่งมีอยู่ 2 วิธี คือ

- Continuous Updating
- Mass Input – Output Copying

Continuous Updating

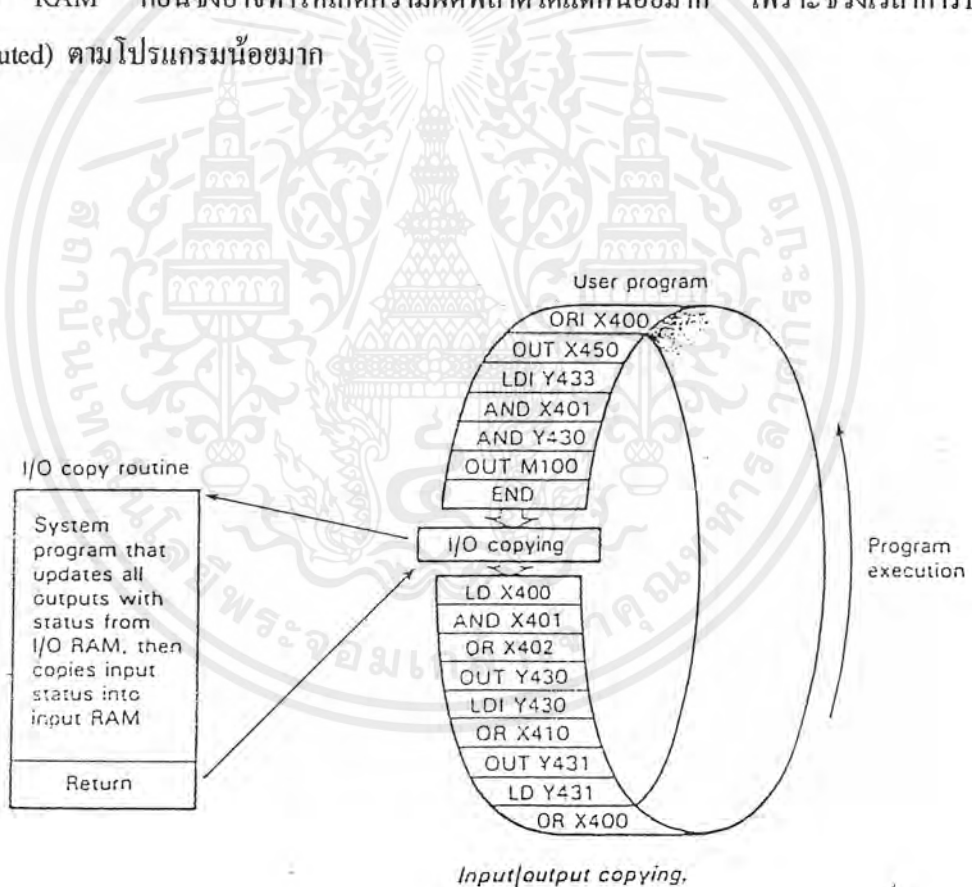
การ SCAN วิธีนี้จะ Scan ทีละคำสั่ง ขณะที่ CPU กำลัง Scan Input อยู่ในโปรแกรมคำสั่งจะมีการหน่วงเวลาเกิดขึ้น (Delay) เพื่อให้แน่ใจว่า Input ที่ได้มานั้นถูกต้อง (โดยทั่วไปการหน่วงจะใช้เวลาประมาณ 3 ms. เพื่อป้องกันการเกิดสัญญาณ Bounce ที่เกิดจากการกดสวิทช์และสัญญาณรบกวนอื่น ๆ ที่จะเข้าไปใน PLC) Output จะขับอุปกรณ์โดยตรง เมื่อได้ปฏิบัติตามโปรแกรม และจะ Latch ค่าไว้ในหน่วย Input-Output (ส่วนของหน่วยความจำ) เพื่อรักษาสถานะของ Output เอาไว้จนกว่าจะทำคำสั่งใหม่เสร็จ

Mass Input – Output Copying

PLC ที่มีขนาดใหญ่มี Input-Output เป็น 100 ตัว ถ้าทำแบบวิธี Continuous Updating จะทำงานได้ช้ามากเพราะต้องใช้เวลาถึง 3ms.ต่อคำสั่ง สำหรับการ Scan วิธี Mass I/O Copying นี้จะ Scan ทีละโปรแกรมเลย คือจากต้นโปรแกรมจนถึงจบโปรแกรมเลย คือการ Scan หนึ่งรอบนั่นเอง (Scan Time) ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 1-100ms.. ขึ้นอยู่กับขนาดความยาวของโปรแกรมของผู้ใช้ และชนิดของจำนวนของหน่วย Input-Output

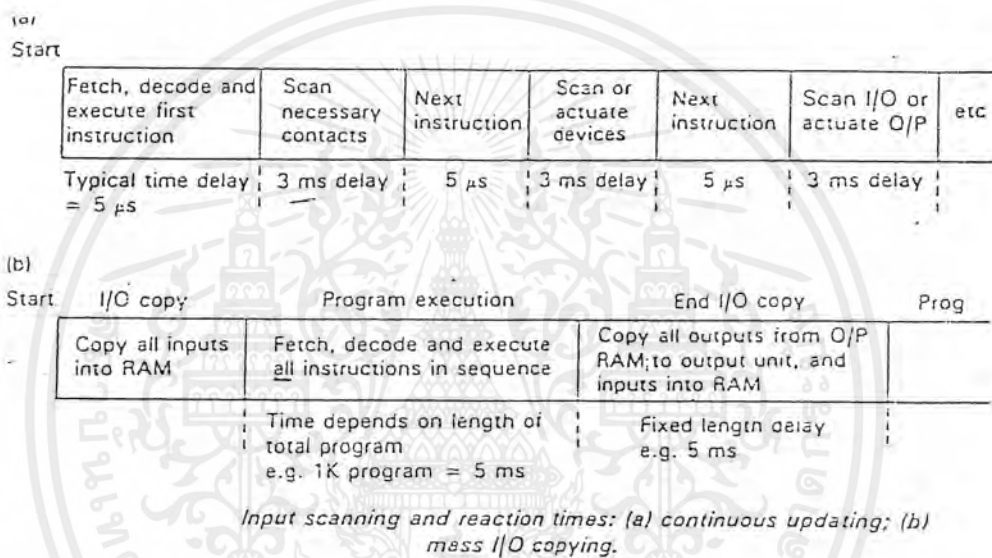
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ Scan จะเริ่มด้วยการรับค่าสถานะของอุปกรณ์ภายนอกจากหน่วย Input-Output มาเก็บไว้ในหน่วยความจำ (RAM) แล้วนำโปรแกรมควบคุมที่ผู้ใช้เขียนขึ้นมาทีละคำสั่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าของ Input ที่รับเข้ามา โดยเริ่มจากคำสั่งแรกจนถึงคำสั่งสุดท้าย ซึ่งถือว่าสิ้นสุดโปรแกรมในหน่วยความจำ ถ้าการทำงานของโปรแกรมทำให้สถานะของ Output เปลี่ยนแปลง ผลดังกล่าวจะถูกเก็บไว้ในที่ส่วน Output ของ I/O RAM และเมื่อจบโปรแกรมแล้วหน่วย I/O ส่งการเปลี่ยนแปลงของ Output จาก I/O RAM ไปที่หน่วย Output สถานะของ Output จะถูก Latch ไว้ก่อน จนกว่าจะทำการ Scan รอบใหม่เสร็จการ Scan แบบนี้ขณะที่กำลังปฏิบัติตามโปรแกรมอยู่ จะไม่ยอมรับ Input จนกว่าจะปฏิบัติเสร็จ ซึ่งค่าที่ Input เปลี่ยนแปลง ขณะที่กำลังปฏิบัติตามโปรแกรมอยู่นั้นจะถูกเก็บไว้ใน RAM ก่อนซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้แต่น้อยมาก เพราะช่วงเวลากการปฏิบัติ (Executed) ตามโปรแกรมน้อยมาก



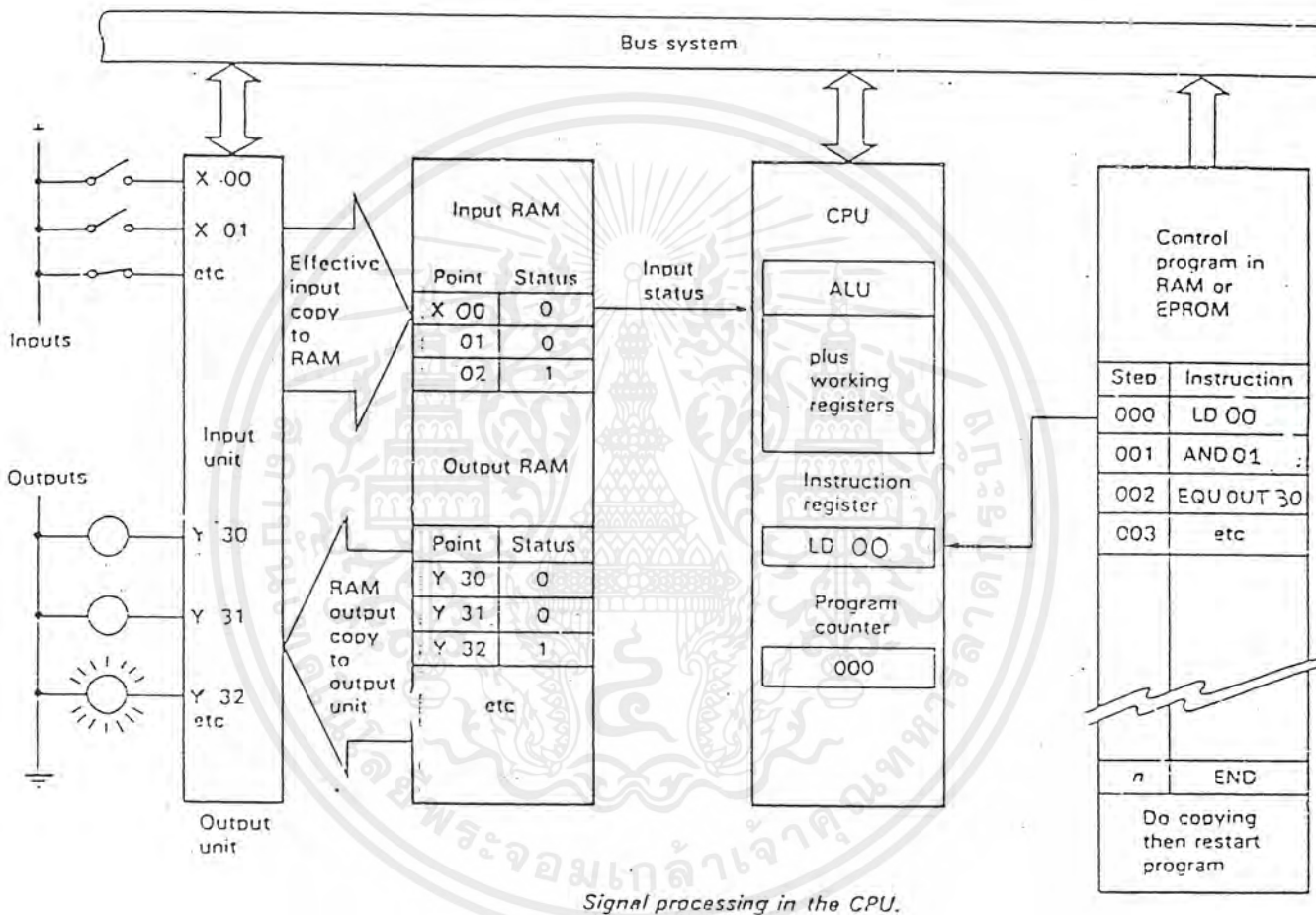
รูปที่ 2.62 Input /Output Copying

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.63 Input Scanning and Reaction Time

ช่วงเวลา Scan Time ของ PLC จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถของ PLC ในการตรวจสอบ และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะ ของอุปกรณ์ภายนอกและควบคุมเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิตว่ามีมากน้อยเพียงไร เช่น PLC ที่ช่วงเวลา Scan 10 ms. ย่อมไม่สามารถรับสถานะที่แท้จริงของอุปกรณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงทุก 4 ms. ถ้าใช้ PLC ดังกล่าวจะทำให้การควบคุมผิดพลาดหมด



รูปที่ 2.64 Signal Processing in the CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยจ่ายพลังงาน

หน่วยจ่ายพลังงาน จะทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้ส่วนต่าง ๆ ของ PLC คือ หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วย Input-Output โดยรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่โดยความนำเชื่อถือของ PLC จะขึ้นอยู่กับการทำงานของหน่วยจ่ายพลังงานนี้

หน่วยป้อนโปรแกรม

หน่วยป้อนโปรแกรมทำหน้าที่ ป้อนโปรแกรกลงในหน่วยความจำ ซึ่งโปรแกรมบริหารระบบจะนำไปประมวลผลเพื่อควบคุมอุปกรณ์ภายนอกอีกทีหนึ่ง การตรวจสอบแก้ไขโปรแกรมผู้ใช้ การแสดงค่าสถานะของ I/O ตัวตั้งเวลา ตัวนับเวลาต่าง ๆ ก็สามารถดำเนินการได้ด้วยหน่วยป้อนโปรแกรมนี้นี้



บทที่ 3

การออกแบบและประยุกต์ใช้งาน

โครงสร้างและส่วนประกอบของโครงการ

เนื่องจากเครื่องทำแผ่นยางพาราอัตโนมัติเครื่องนี้เป็นเครื่องต้นแบบ ดังนั้นวัสดุที่นำมาใช้ทำเป็นโครงสร้างจึงเป็นวัสดุที่หาซื้อได้ตามร้านค้าทั่ว ๆ ไป โดยใช้เหล็กฉากมาประกอบเป็นตัวโครง เพื่อรองรับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น Motor ดังทำให้น้ำยางจับตัว (Coagulating Tank) ชุดทำแผ่นยาง เป็นต้น

3.1 ชุดผสมยางพารา+น้ำ+น้ำกรด (Mixing of Latex, Water and Formic Acid)

3.1.1 มอเตอร์ (Motor)

Motor ที่ใช้เป็น Motor ใช้แรงดันไฟฟ้า 24 V. มีความเร็ว 30 รอบ/นาที ที่แกน Motor จะต่อเพลตออกมา และที่ปลายเพลตจะติดใบพัด เพื่อเป็นตัวกวนให้น้ำยาง น้ำกรด และน้ำ เข้ากันและเพื่อไม่ให้ส่วนผสมนั้นเกิดการแข็งตัวขึ้น

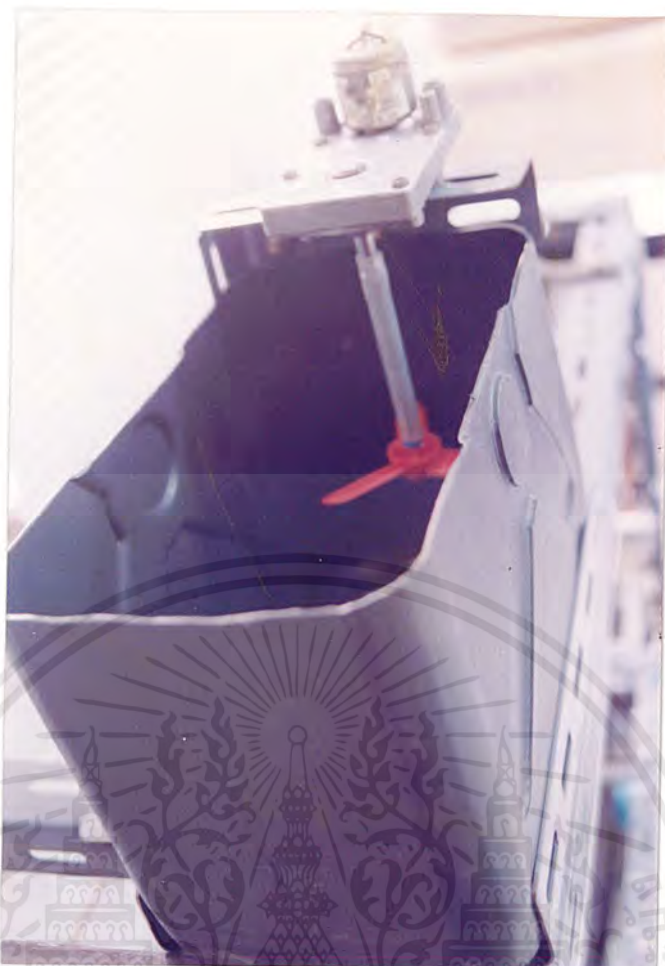
3.1.2 ถังถัง (Tank)

ถังนี้จะทำจากพลาสติก เพื่อเป็นที่ผสมให้ น้ำยาง น้ำ และน้ำกรด เข้ากัน โดยตัวถังจะมีขนาด กว้าง 15 ซม. ยาว 25 ซม. สูง 20 ซม. ที่ก้นถังจะต่อท่อเพื่อให้ น้ำยาง น้ำ และน้ำกรด ที่ผสมกันดีแล้ว ไหลผ่านไปยังถังทำแผ่นยาง ทำให้น้ำยางจับตัว (Coagulating Tank) โดยจะมี Solenoid Valve เป็นตัวเปิด-ปิด ควบคุมการไหล ซึ่งจะควบคุมจาก PLC

3.1.3 น้ำยางพารา (Latex)

น้ำยาง (Latex) เป็นสิ่งที่สังเคราะห์ขึ้นจากสิ่งมีชีวิต ถือเป็น Bio-Synthetic อย่างหนึ่ง ดังนั้นจึงเสื่อมและเสียคุณสมบัติได้ง่าย ในการนำน้ำยางมาแปรรูปเป็นยางดิบรูปต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการทำยางแผ่น ยางแท่ง หรือน้ำยางข้น ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของการปฏิบัติงานทุกครั้ง

ลักษณะของน้ำยางที่จะนำมาใช้จะต้องสะอาด ไม่มีน้ำลงไปปะปนไม่มีเศษขี้ยาง รวมทั้งเศษดิน และเศษเปลือกของต้นยาง หากพบว่าน้ำยางที่จะนำมาใช้แปรรูปกำลังจะจับตัวให้หยุดสารละลาย Sodium Sulphite ลงไปประมาณ 4-5 หยด



รูปที่ 3.1 ชุดผสมของพารา+น้ำ+น้ำกรด

3.1.4 กรดฟอร์มิก (Formic Acid)

เป็นกรดที่ผลิตจากสารอินทรีย์ องค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยธาตุเหล็ก 3 ธาตุ คือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นธาตุที่ไม่มีพิษตกค้างทั้งสิ้น กรดฟอร์มิกนี้มีขายตามท้องตลาด มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นตั้งแต่ 90-95% ก่อนใช้จะต้องทำให้เป็นสารละลายเจือจาง 2% เสียก่อน เพื่อให้เป็นกรดอ่อนค่อย ๆ ทำให้น้ำยางแข็งตัว โครงสร้างของเนื้อยางไม่ถูกกระทบกระเทือนโดยฤทธิ์ของกรด

3.1.5 น้ำใช้ (Water Supply)

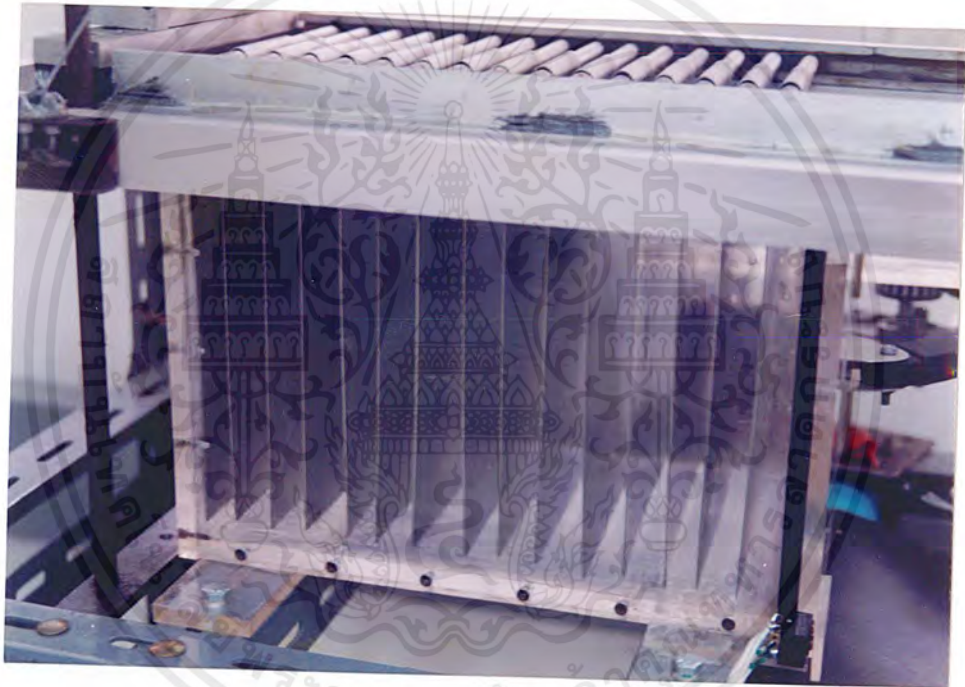
น้ำสะอาดเป็นสิ่งจำเป็นในการใช้ผลิตยางแผ่นคุณภาพดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการผลิตยางแผ่นผึ่งแห้ง ซึ่งต้องการยางสีเหลืองมะนาวนั้น จำเป็นต้องใช้น้ำสะอาดมาก ๆ

ส่วนใหญ่แล้วขั้นตอนที่จะต้องใช้น้ำมี 2 ขั้นตอน คือใช้ในการทำให้น้ำยางเจือจางลงให้ได้มาตรฐาน (Standardization) และใช้ในการล้างยางขณะกำลังรีดเท่านั้น

3.2 ชุดทำแผ่นยาง

3.2.1 อ่างทำแผ่นยาง

เป็นอ่างสี่เหลี่ยมทำด้วยพลาสติก เหตุที่ต้องทำด้วยพลาสติกเพราะสามารถทนการกัดกร่อนของกรดได้ อ่างนี้จะเป็นที่รองรับ น้ำยาง น้ำ และน้ำกรด ที่ได้รับการผสมจนเข้ากันได้ดีแล้ว การแบ่งแผ่นยางให้เป็นแผ่นก็จะถูกแบ่งในอ่างนี้เช่นกัน

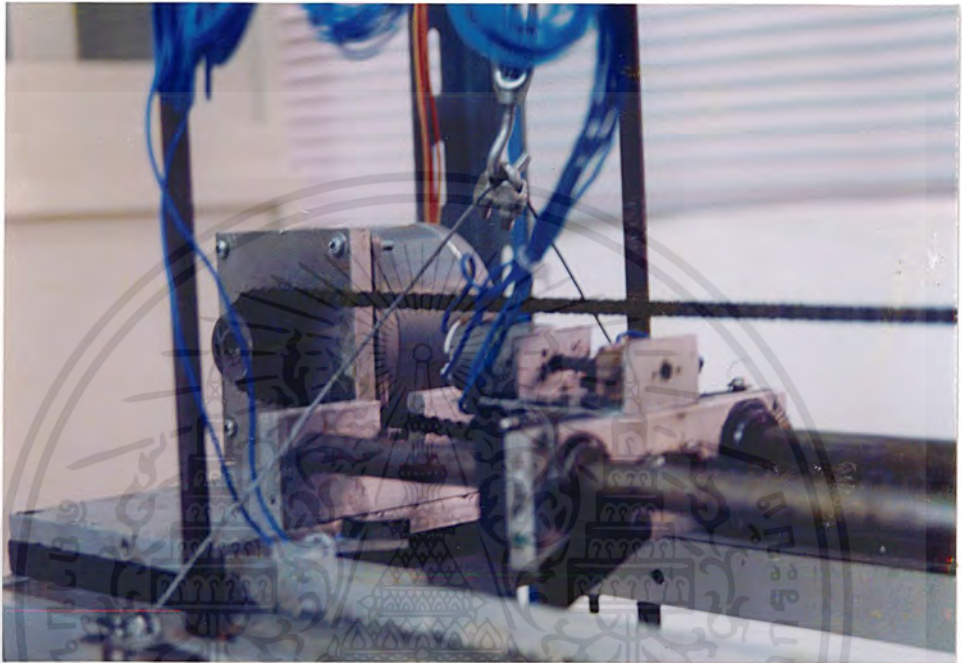


รูปที่ 3.2 อ่างทำแผ่นยางและ แผ่นกั้นแผ่นยาง

3.2.2 แผ่นกั้นแผ่นยาง

เป็นโลหะทำด้วยสแตนเลส (Stainless) ขนาด ที่ด้านบนของแผ่นจะมีแกนเหล็กยื่นออกมา และที่ปลายแกนเหล็กจะติด Bearing ไว้ เพื่อเวลาดึงแผ่นยางออกมานอกอ่างทำแผ่นยางจะได้เคลื่อนที่ได้ง่าย แผ่นกั้นแผ่นยางนี้จะลงมาในอ่างทำแผ่นยาง เพื่อแบ่งน้ำยาง น้ำ และน้ำกรดที่ผสมไว้เข้ากันดีแล้ว และกำลังจะแข็งตัวให้เป็นแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ชุดดึงแผ่นยาง

3.2.3 ชุดดึงแผ่นยาง

ชุดดึงแผ่นยางจะเคลื่อนที่ได้ด้วย Stepping Motor เมื่อ Stepping Motor หมุนจะทำให้ชุดดึงแผ่นยางเคลื่อนที่ ในการส่งกำลังจาก Stepping Motor ไปยังชุดดึงแผ่นยางจะใช้โซ่ในการส่งกำลัง จากการที่ใช้ Stepping Motor นี้จึงทำให้การควบคุมระยะทางของชุดดึงแผ่นยางมีความแม่นยำ เพราะว่าตัว Stepping Motor นี้ สามารถควบคุมให้หมุนได้ตามรอบที่เราต้องการ

3.3 สายพานลำเลียง (Conveyor)

ในปัจจุบันกระบวนการผลิตต่างๆจะต้องมีการลำเลียงสินค้าหรือวัตถุดิบเกิดการลำเลียงก็ถือว่าเป็นส่วนสำคัญเพราะถ้ามีการลำเลียงที่ดีก็จะเกิดความรวดเร็วในกระบวนการผลิต เกิดความประหยัด ความสะดวกในการทำงานความปลอดภัยไม่ว่าจะเป็นความปลอดภัยในตัวของสินค้าหรือวัตถุดิบหรือแม้กระทั่งผู้ควบคุมการผลิตหรือผู้ที่ทำงานก็ตาม ในการลำเลียงก็จะมีหลายวิธีด้วยกันตามแต่ลักษณะการผลิตและสินค้าว่าจะใช้วิธีใดจึงจะเหมาะสมที่สุดในกระบวนการผลิตแผ่นยางพาราที่มีการใช้สายพานลำเลียงมาช่วยขนส่งแผ่นยางเช่นกัน ด้วยลักษณะของเครื่องทำแผ่นยางพาราที่มีระยะระหว่างถังกันแผ่นกับตัวรีดจึงออกแบบให้มีการใช้สายพานในการลำเลียงแผ่นยางจากถังกันแผ่น ไปยังตัวรีด โดยมีโครงสร้างดังนี้



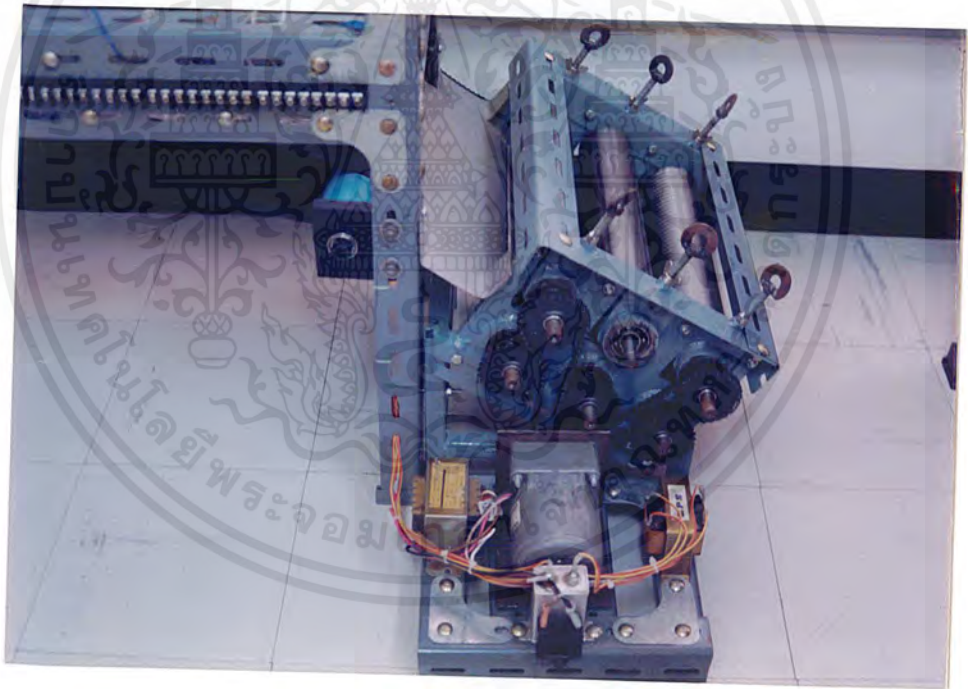
รูปที่ 3.4 สายพานลำเลียง (Conveyor)

ตัวสายพานทำด้วยยาง(มีความยืดหยุ่นเล็กน้อย)เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 19 x 100 cm. นำมาเย็บหัวท้ายเข้าด้วยกันให้เป็นวง ส่วนของลูกกลิ้งทำมาจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.75 cm. ยาว 26 cm. มีแกนโผล่ออกมา หัวท้ายของแกนจะติดแบร็ริงเพื่อช่วยให้ลูกกลิ้งหมุนได้สะดวก ในการขับเคลื่อนจะให้มอเตอร์ขับเคลื่อนลูกกลิ้งตัวล่าง และในกรณีที่ใช้ไปนานๆสายพานอาจจะหย่อนได้ก็มีการออกแบบรองรับไว้โดยมีตัวปรับความตึงของสายพานให้มีความตึงที่เหมาะสมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ลูกรีด (Deflating Mechine)

ใช้ AC Motor 1 ตัวเป็นตัวขับ ประกอบด้วยลูกรีดเรียบจำนวน 2 คู่ และลูกรีดลายจำนวน 1 คู่ ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 55 mm. ยาว 260 mm. ทั้ง 3 คู่ จะต้องวางให้ได้ระยะพอดีกับช่องว่างระหว่างลูกกึ่ง ลูกกึ่งคู่แรกจะห่างกันประมาณ 8 mm. คู่ที่สองจะห่างกันประมาณ 4 mm. คู่ที่สามเป็นลูกรีดลายจะห่างกันประมาณ 2 mm. ซึ่งหลังจากรีดเสร็จแล้วแผ่นยางจะมีความหนาประมาณ 3 mm. ทั้งนี้เพราะส่วนที่เป็นลายจะนูนขึ้นมานิดๆ ยางแผ่นที่จับตัวแล้ว(Coegulum) จะป้อนเข้าลูกรีด ไปบนรางอลูมิเนียมซึ่งลำเลียงมาโดยสายพานลำเลียงซึ่งแผ่นอลูมิเนียมจะยกขอบสูงนิดหน่อยและมีความกว้างพอดีกับความกว้างของแผ่นยาง



รูปที่ 3.5 ลูกรีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาของแผ่นยาง (Thickness of Sheet)

ความหนาของแผ่นยางจะเป็นตัวกำหนดว่ายางจะแห้งเร็วหรือช้า น้ำยางที่เจือจางได้มาตรฐานคือ เจือจาง 1.5 ปอนด์(เนื้อยางแห้ง) ต่อแกลลอน ยางที่จับตัวแล้วจะมีความหนา 16 mm. ด้วยเหตุนี้จึงแบ่งแผ่นเสียบให้ห่างกัน 16 mm. แผ่นยางที่จับตัวนี้เมื่อนำไปรีดเสร็จแล้วจะได้แผ่นยางหนา 3 mm.

จักรรีดลาย (Grooving of Marking Machine)

ประกอบด้วยลูกกลิ้งจำนวน 2 ตัว แต่ละตัวจะมีผิวหน้าที่ทำเป็นร่องลึกทำมุม 45 องศา กับแนวนอน แต่ละร่องจะกว้าง 3 mm. ลึก 3 mm. และห่างกัน 3 mm. ยางแผ่นจะคูสวยหรือไม่สวยขึ้นอยู่กับลักษณะของลายของลูกกลิ้ง นอกจากนี้ยางแผ่นที่ลายดีจะแห้งเร็วอีกด้วย

ความเร็วของลูกกลิ้ง (Speed of Roll)

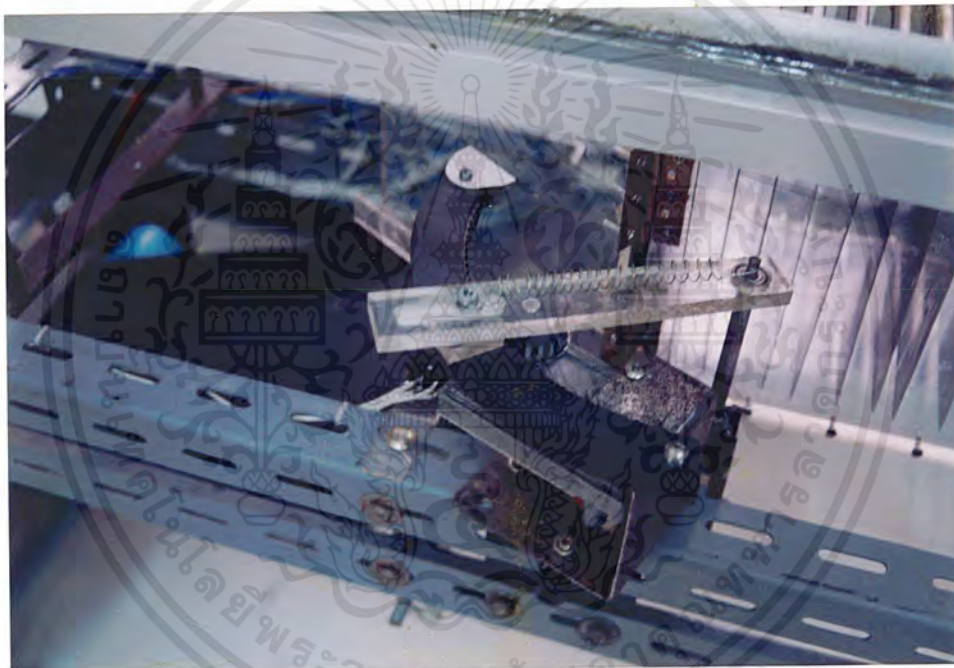
ความเร็วของลูกรีดรีบทั้งสามชุดจะเท่ากันแต่เมื่อทำการรีดแผ่นยางที่รีดด้วยลูกรีดลายจะมีความเร็วกว่าชนิดหน้อยคือประมาณ 20 เมตร/นาที

3.5 ถังน้ำรองรับแผ่นยางที่ผ่านการรีด

เป็นถังน้ำธรรมดาทำด้วยพลาสติกมีไว้เพื่อรองรับแผ่นยางที่ผ่านการรีดลายมาเรียบร้อยแล้ว โดยข้างในจะใส่น้ำไว้เพื่อเป็นการล้างกรด หรือสิ่งสกปรกออกจากแผ่นยางหลังจากนั้นจึงนำไปเป็นฟุ้งบนราวตากไว้ในร่ม ประมาณ 2 ชั่วโมง ให้สะเด็ดน้ำ เพราะยางที่ผ่านการรีดแล้วจะเปียกและจะมีความชื้นอยู่ประมาณ 25% ความชื้นส่วนนี้มีส่วนที่เป็น Serum อยู่ด้วยสามารถทำให้เกิด รา สนิมขึ้นได้ง่าย

3.6 ชุดปิด-เปิดประตูอัตโนมัติ

การเปิด-ปิด ประตูนั้นจะมีการควบคุม Motor ให้มีการกลับทิศทางหมุน ซึ่งมีการปิด และ เปิดออกเป็นมุม 90 องศา โดยจะมี Limit Switch ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งปิดสนิท และ ที่ตำแหน่ง ประตูเปิดออก 90 องศา ทั้งนี้การส่งแรงของ Motor ในการเปิดปิดประตูนั้นใช้เฟืองเป็นรูปเชดเตอร์ โดยมีสปริงเป็นตัวดึงให้เฟืองขับที่ติดอยู่กับ Motor ขบกันแน่นกับเฟืองรูปเชดเตอร์ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการ Slip ของเฟืองทั้ง 2 ตัว

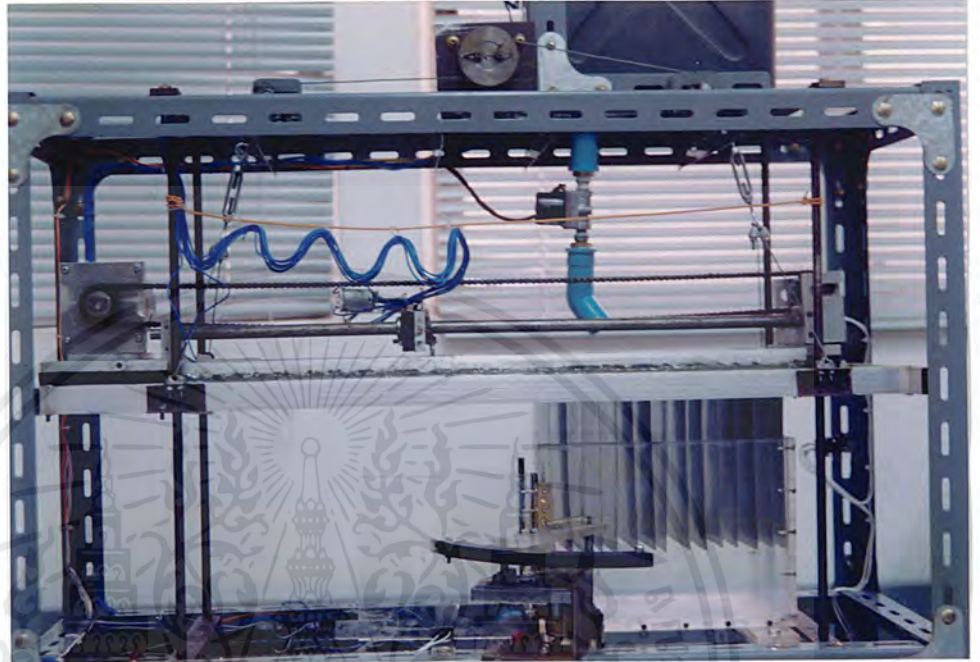


รูปที่ 3.6 ชุดปิด-เปิดประตูอัตโนมัติ

3.7 ชุดควบคุมการยกเครน

ชุดควบคุมการยกเครนนั้น จะมีการควบคุมระดับการยกขึ้นและปล่อยลงให้เครนหยุดอยู่ในจุดต้องการซึ่งมี 2 ระดับคือ ระดับหยุดด้านบน และระดับหยุดด้านล่าง โดยใช้ Limit Switch เป็นตัวส่งสัญญาณการควบคุม การจะเปลี่ยนระดับหยุดสามารถเปลี่ยนได้โดยง่าย เพียงแต่ปรับตำแหน่งระดับที่ติดตั้ง Limit Switch เท่านั้น ทั้งนี้การจะให้มีการเคลื่อนลง หรือขึ้น จะต้องมีชุดควบคุมทิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ชุดควบคุมการยกเครน

ทางหมุนของมอเตอร์ด้วย ส่วนมอเตอร์จะต้องมีลักษณะพิเศษ คือเป็นมอเตอร์เบรคซึ่งสามารถหยุดที่ระดับใดๆ ก็ได้ทั้งที่มี Load ถ่วงอยู่

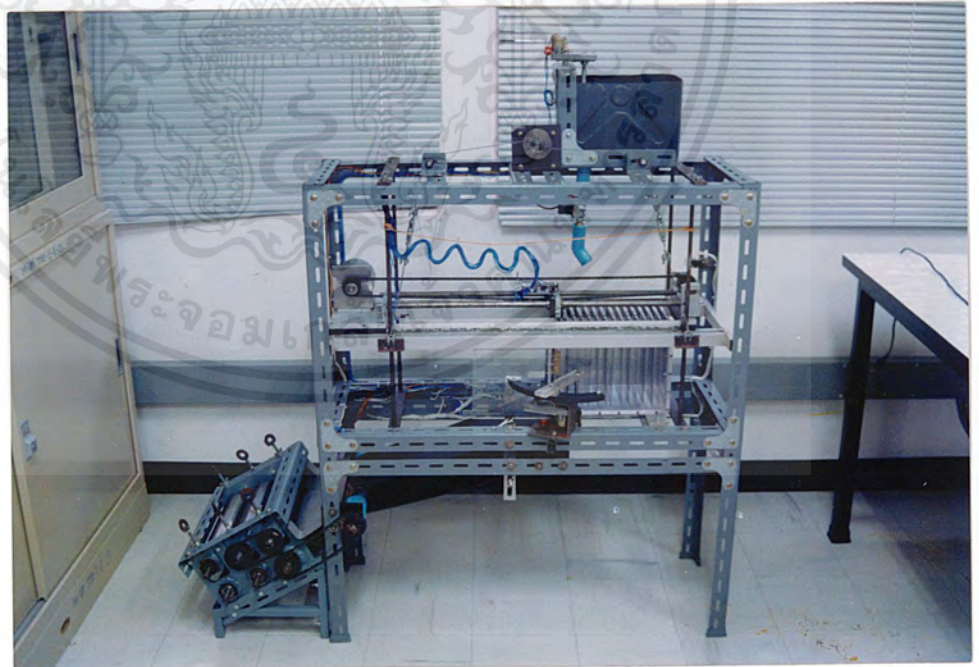
3.8 PLC และ ชุด Control Motor

ในการที่จะควบคุมเครื่องทำแผ่นยางพารานั้น จะใช้ PLC ควบคุม แต่สำหรับ Load อย่างเช่น Motor จะต้องมี วงจร Electronic ช่วยในการขับ Motor ต่างๆ เรียกรวมว่า ชุด Control Motor ภายใน ชุด Control Motor จะมีวงจร ขับ DC Motor, AC Motor, และ Stepping Motor ซึ่ง DC Motor จะใช้ในงานกวนน้ำยาง 1 ตัว, เปิด-ปิดประตูอ่างน้ำยาง 1 ตัว และ ควบคุมตะขอเกี่ยว อีก 1 ตัว ส่วน AC Motor ใช้ขับ ถูกรีคและ Conveyor 1 ตัว และ ควบคุมการยกเครน อีก 1 ตัว ส่วน Stepping Motor ใช้ในการดึงแผ่นกั้นแผ่นยาง สำหรับ วงจรสามารถดูได้ที่ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 PLC และ ชุด Control Motor



รูปที่ 3.9 Sheeted Rubber Automatic Process

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

สรุปผลการทดลอง และ วิธีใช้งาน

การทำงานหรือผลิตภัณฑ์ชิ้นมาขึ้นหนึ่งนั้น จะต้องมี การทดลอง ทั้งนี้เพื่อหาข้อผิดพลาด เพื่อทำการปรับปรุงพัฒนาต่อไปและเพื่อให้ทราบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องที่แท้จริง ซึ่งจะ เป็นตัวกำหนดค่าความเชื่อของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ นั้นเอง

การทดลองโครงงานเครื่องทำแผ่นยางพาราอัตโนมัติ แบ่งการทดลองออกเป็น ส่วน ๆ ดังนี้

4.1 ชุดควบคุมการยกเครน

ชุดควบคุมการยกเครนนั้น จะมีการควบคุมระดับการยกขึ้นและปล่อยลงให้เครนหยุดอยู่ใน จุดที่ต้องการซึ่งมี 2 ระดับคือ ระดับหยุดด้านบน (High Stopper) และระดับหยุดด้านล่าง (Lower Stopper) โดยใช้ Limit Switch เป็นตัวส่งสัญญาณการควบคุม การจะเปลี่ยนระดับหยุดสามารถ เปลี่ยนได้โดยง่าย เพียงแค่ปรับตำแหน่ง ระดับที่ตั้ง Limit Switch เท่านั้น ทั้งนี้การจะให้มีการ เคลื่อนลง หรือขึ้นจะต้องมีชุดควบคุมทิศทางหมุนของมอเตอร์ด้วย ส่วนมอเตอร์จะต้องมีลักษณะ พิเศษ คือเป็นมอเตอร์เบรกซึ่งสามารถหยุดที่ระดับใด ๆ ก็ได้ทั้งที่มี Load ถ่วงอยู่โดยไม่มีสลักใด ๆ คักเอาไว้

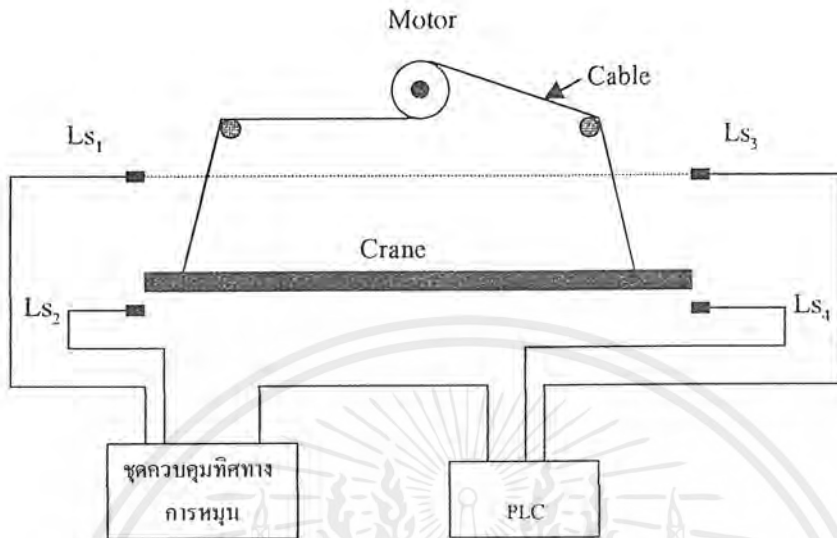
ส่วนประกอบและอุปกรณ์ในการทดลอง

1. AC Motor Brake /60 rpm /110V 1 ตัว
2. ชุดควบคุมทิศทางหมุน
3. Limit Switch 4 ตัว
4. PLC
5. โครงสร้างของชุดยกเครน

ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งและประกอบชุดยกเครน
2. คำนวณการทดลองตามรูป
3. เขียน Program ตั้งงาน ชุดยกเครนใน PLC
4. Run Program บน PLC ตั้งเหตุการณ์ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 การทดลองชุดควบคุมการยกเครน

สรุปผลการทดลอง

เมื่อ Run Program บน PLC สังเกตการทำงานโดยเมื่อ Motor ยก Crane ขึ้นไปและ Limit Switch Ls_1 , Ls_3 , Motor จะหยุดและยังคงอยู่ในระดับนั้นทั้งที่มี Load อยู่หรือไม่ก็ตามซึ่ง Ls_1 เป็นตัวส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมทิศทาง การหมุน ส่วน Ls_3 เป็นตัวส่งสัญญาณไปยัง PLC เพื่อสร้างเงื่อนไขการทำงานของชุดนี้่อีกที ทั้งนี้เพราะการทำงานแต่ละชุดจะเป็นเงื่อนไขต่อกัน และเมื่อทำการปรับระดับตำแหน่ง แล้วลอง Run Program ใน PLC อีกที เครนก็มีการขึ้น-ลง และหยุดตามระดับตำแหน่งของ Limit Switch

4.2 ชุดควบคุมการเปิด-ปิดประตูอ่างน้ำยาง

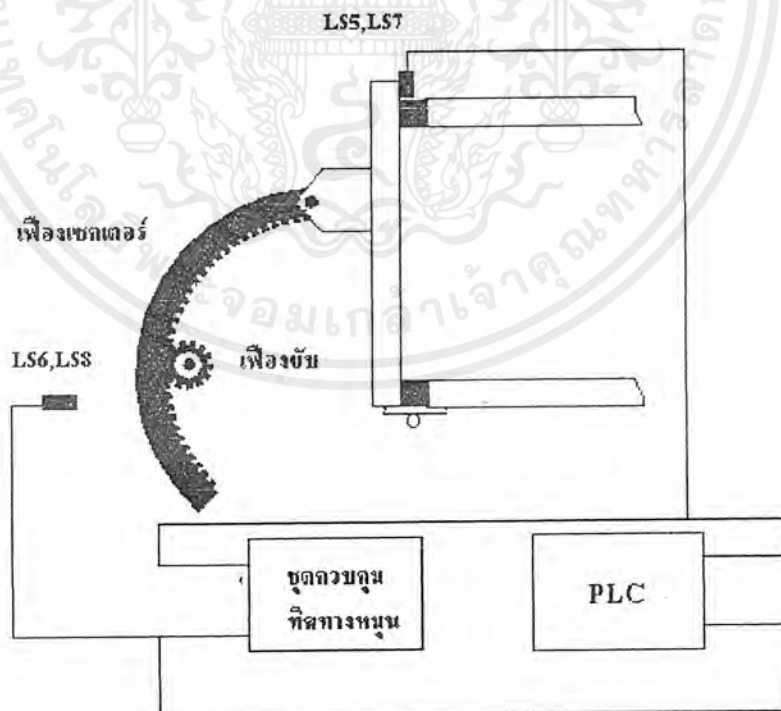
การเปิด-ปิด ประตูนั้นจะมีการควบคุม Motor ให้มีการกลับทิศทางหมุน ซึ่งมีลักษณะการควบคุมเหมือนกับการควบคุมการยกเครน ซึ่งมีการปิด และเปิดออกเป็นมุม 90 องศา โดยจะมี Limit Switch ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งปิดสนิท และ ที่ตำแหน่งประตูเปิดออก 90 องศา ทั้งนี้การส่งแรงของ Motor ในการเปิดปิดประตูนั้นใช้เฟืองเป็นรูปเขาค้อน โดยมีสปริงเป็นตัวดึงให้เฟืองขับที่ติดอยู่กับ Motor ขบกันแน่นกับเฟืองรูปเขาค้อน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการ Slip ของเฟืองทั้ง 2 ตัว

ส่วนประกอบและอุปกรณ์ในการทดลอง

1. DC Motor Gear 12 V. 1 ตัว
2. ชุดควบคุมทิศทางหมุน
3. Limit Switch 4 ตัว
4. PLC
5. โครงสร้างของชุดประตู่่าง

ขั้นตอนการทดลอง

1. คิดตั้งและประกอบ ชุดเปิด-ปิดประตู
2. ต่อดวงจรการทดลองตามรูป
3. เขียน Program สั่งงาน ชุดเปิด-ปิดประตูใน PLC
4. Run Program บน PLC สั่งเกิดการทดลอง



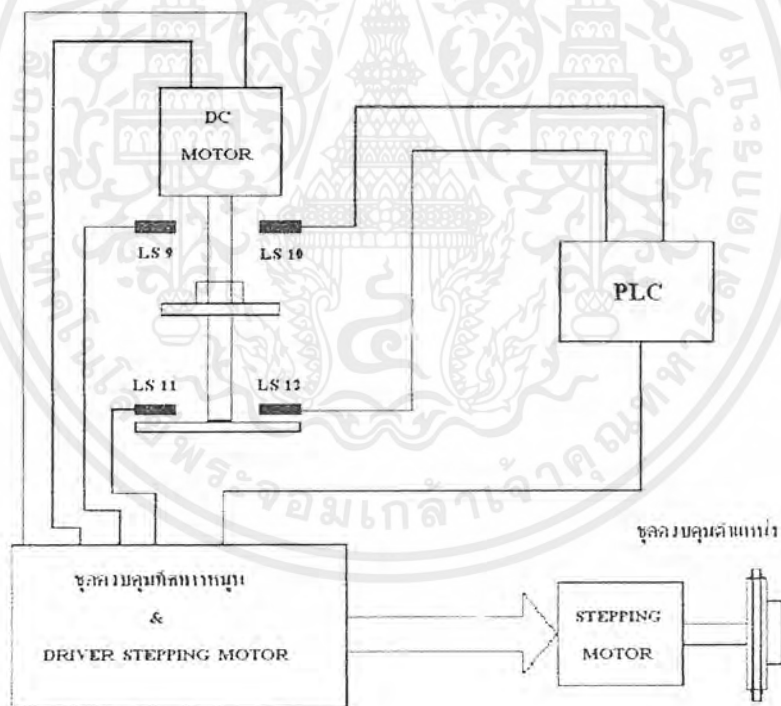
รูปที่ 4.2 การทดลองชุดควบคุมการเปิด-ปิดประตูอ่างน้ำยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ชุดควบคุมตะขอเกี่ยว
5. โครงสร้างของชุดควบคุมการดึงแผ่นยาง

ขั้นตอนการทดลอง

1. คิดตั้งและประกอบชุดควบคุมการดึงแผ่นยาง
2. ต่อวงจรการทดลองตามรูป
3. เขียน Program สั่งงาน ชุดควบคุมการดึงแผ่นยาง
4. Run Program บน PLC สั่งเกิดการทดลอง



รูปที่ 4.3 การทดลองชุดควบคุมการดึงแผ่นยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อทำการต่อชุดควบคุมของชุดควบคุมตำแหน่งเรียบร้อยแล้ว ทำการ Run โปรแกรมของชุดควบคุมตำแหน่ง ดังเกิดและทดสอบให้มีการเคลื่อนที่ตามตำแหน่ง ที่กำหนดไว้ในโปรแกรม โดยมีการทำเครื่องหมาย เพื่อดูความแม่นยำ ซึ่งก็สามารถเคลื่อนที่ตามตำแหน่งนั้นๆ ได้ดี และแม่นยำ ส่วนตะขอตัวจับ ซึ่งมี DC Motor ขนาดเล็กเป็นตัวขับเคลื่อน โดยมี Limit Switch Ls_9, Ls_{10} เป็นตัวกำหนดด้านสูง และมี Limit Switch Ls_{11}, Ls_{12} เป็นตัวกำหนดด้านต่ำ เมื่อทำการ Run โปรแกรมก็จะสังเกตเห็นได้ว่า เมื่อตะขอกางขึ้นสุดพอดี แผ่นที่เคลื่อนที่ซึ่งสัมผัสกับตะขอ จะไปกด Ls_9, Ls_{10} ซึ่งส่งสัญญาณไปยัง PLC และชุดควบคุมทิศทางหมุนของมอเตอร์ ตามลำดับ และเมื่อตะขอ งอลลง แผ่นที่เคลื่อนที่ก็จะไปกด Ls_{11}, Ls_{12} ซึ่งส่งสัญญาณไปยัง PLC และชุดควบคุมทิศทางหมุนของมอเตอร์ ตามลำดับ ซึ่งเวลาในการงอลลงเมื่อทำการตั้งแผ่นกั้นน้ำขางนั้น ขึ้นอยู่กับ เส้นใยของโปรแกรมที่เขียนไว้นั่นเอง

บทที่ 5

ปัญหาและอุปสรรค ข้อเสนอแนะ และบทสรุป

ปัญหา อุปสรรค และ ข้อเสนอแนะ

- ตะขอก่ยว การใช้ DC Motor ขนาดเล็ก
- ลูกรีด การหาซื้อเฟือง , การใช้โซ่ , การกลึงลูกรีด ไม่เท่ากัน
- การเปิด-ปิดประตู , ขอบของประตู , ลักษณะการเปิด-ปิด
- การใช้วงจร Driver Stepping Motor , ชุดควบคุมตำแหน่ง
- การเลือก PLC ที่มี I/O Channel ที่เพียงพอกับจำนวน I/O Device
- การเลือกสายพาน Conveyor

5.1 ตะขอก่ยว

ปัญหาและอุปสรรค

การใช้ DC Motor เป็นตัวขับเคลื่อนกลไกของมือก่ยว มีปัญหาทั้งในเวลาในการเคลื่อนที่ การที่มอเตอร์ต้องต้านแรงสปริงเพิ่มขึ้น ตามระยะทาง การที่ต้องหากลไกการขับเคลื่อนที่เหมาะสมกับชุดเคลื่อนที่มีขนาดเล็ก การสั้นของชุดคังตะขอทำให้การไปแตะ Limit Switch ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่วางไว้ ทำให้ขั้นตอนการทำงานมีความผิดพลาด

ข้อเสนอแนะ

การที่ต้องใช้เกยวในการขับเคลื่อนทำให้ยากต่อการควบคุมและเกิดความผิดพลาดได้เยอะ อีกทั้งความเร็วในการก่ยวใช้เวลามาก ถ้าหากให้เร็วและ แก้ปัญหาของ การใช้ DC Motor ร่วมกับแกนเกยวนั้นอาจจะใช้แกน Solenoid แทนได้

5.2 ลูกรีด

ปัญหาและอุปสรรค

การทำแผ่นยางพารา นั้นมีความจำเป็นอย่างยั้งที่จะต้องมิลูกรีด แต่ปัญหาเกี่ยวกับลูกรีด และชุดรีดนั้นอยู่ที่การกลึง ขั้นตอน และทักษะ การกลึง เป็นต้น ซึ่งปัญหาของลูกรีดคือปลายทั้งสองข้าง

และตัวลูกกริดไม่ร่วมศูนย์กัน ส่วนชุดรีดนั้น ไม่สามารถหาซื้อเฟืองแบบเฉพาะที่ใช้กับลูกกริดได้ และเนื่องจากเป็นชุดเล็ก ซึ่งหาเฟืองที่เล็กกว่าลูกกริดที่พอดีไม่ได้จึงทำให้การใช้โซ่ยิ่งยากขึ้นไปกว่าเดิม

ข้อเสนอแนะ

การกลึงต้องมีการวาง Process ของงานที่มีการออกแบบไว้อย่างดีก่อนแล้ว หรือปรึกษาผู้มีความรู้เพื่อป้องกันการผิดพลาดให้เกิดน้อยที่สุดเมื่อเวลาการทำงานจริง ส่วนขนาดของลูกกริดควรให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิม เพื่อจะได้ใช้เฟืองที่มีขายในท้องตลาด โลหะที่นำมาใช้ทำลูกกริดต้องเป็นวัสดุที่ทนการกัดกร่อนจากกรดได้ดี เช่น สแตนเลส หรือ เหล็กเหนียว (ที่ใช้ทำเครื่องมือ)

5.3 อ่างน้ำยาง และการเปิด-ปิด

ปัญหาและอุปสรรค

การซึดค้กันรั้วของน้ำยางทำได้ไม่ดีพอ คือ ส่วนของขอบยางที่ใช้ซึ่งอาจจะใช้กันน้ำไม่ได้ดีพอและการส่งแรงในการเปิด-ปิด ของประตู ซึ่งใช้ Motor Gear DC นั้น มีการส่งแรงที่ไม่ดีพอ ส่วนการซึดค้ที่อ่างนั้นเพื่อเป็นโครงการนำร่อง จึงใช้ Nut ประกอบเป็นอ่าง เพราะเพื่อความสวยงามและการเข้าใจการทำงานได้ง่ายขึ้น

ข้อเสนอแนะ

การที่จะเอาโครงการชิ้นนี้ไปประยุกต์ใช้งานจริงนั้น จะต้องมีขนาดที่ใหญ่กว่านี้หลายเท่า การจะใช้ Motor เป็นตัวขับเคลื่อนเปิด-ปิด ประตู อาจจะทำได้ยาก และควบคุมได้ไม่ดีพอ จึงอาจจะมีการใช้ลูกสูบ Pneumatic มาประยุกต์ใช้ได้ ซึ่งมีความสะดวกและแน่นอนกว่า ส่วนอ่างอาจจะใช้ สแตนเลส มาใช้ก็ได้ เพราะทนกรดและมีความเรียบเนียนอยู่แล้วทำให้เป็นผลดีต่อการดึงแผ่นยาง ส่วนของขอบยางต้องหาชนิดที่ทนกรดได้และสามารถซึดค้ค้ได้ดียิ่งขึ้น

5.4 ชุดควบคุมตำแหน่ง

ข้อเสนอแนะ

การที่จะประยุกต์ใช้กับงานจริงนั้นจะต้องใช้ชุดควบคุมตำแหน่งทำงานได้รวดเร็วและแรงที่ใช้จึงจะต้องเยอะขึ้นกว่าเดิม ฉะนั้นจะต้องใช้ Stepping Motor ตัวที่มีกำลังสูงกว่าเดิม หรือ ถ้าหาไม่ได้ก็ควรเลือกใช้ Servo Motor ซึ่งมีกำลังดีกว่า แต่จะไปยุ่งยากตรงการควบคุมเพิ่มขึ้นนิดหน่อยเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 I/O Port ของ PLC

ปัญหาและอุปสรรค

Channel ของ I/O Port PLC มีน้อยเกินไป เพราะในการทำให้เป็นชุดควบคุมอัตโนมัติจำเป็นต้องใช้อย่างยิ่งที่จะต้องใช้อุปกรณ์ รับ-ส่ง สัญญาณ เช่น Sensor ต่าง ๆ มากมาย เพื่อมาสร้างเงื่อนไขในการควบคุมให้เป็นไปได้อย่างสมบูรณ์แบบ ในโครงการชุดนี้มี Channel จำกัด จึงต้องจำกัดจำนวนของ I/O Device ด้วยจึงทำให้เครื่องไม่สมบูรณ์แบบเท่าที่ควร

ข้อเสนอแนะ

เลือก PLC ที่สามารถทำการขยาย I/O Port ได้ เพื่อรองรับจำนวน I/O Device ที่จำเป็นต้องใช้เพื่อให้ระบบนั้นเป็นระบบอัตโนมัติ และการจะใช้ PLC ให้ได้ดีมีคุณภาพจะต้องศึกษา Manual ของเครื่องรุ่นนั้น ๆ ด้วย เพื่อประสิทธิภาพในการใช้เครื่องสูงสุด

5.6 Conveyor

ปัญหาและอุปสรรค

การเลือกซื้อวัสดุที่นำมาทำสายพานลำเลียงให้ตรงกับความต้องการนั้นยากมาก เนื่องจากไม่ทราบแหล่งขายจึงทำให้ประสิทธิภาพ ของสายพานลำเลียงไม่ดีพอ เพราะสายพานที่ได้มานั้นมีความหนาและไม่เหนียวจึงทำให้เป็น Load ของ Motor เพิ่มมากขึ้นโดยไม่จำเป็น และถ้าสายพานชุดนี้ไม่ตึง ก็ต้องปรับให้ตึงโดยมีลูกกลิ้งปรับซึ่งยังทำให้มี Load เพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ

ข้อเสนอแนะ

ควรเลือกซื้อสายพานที่มีลักษณะบาง ๆ มีความเหนียว คงทนต่อสภาพกัดกร่อนของกรดได้ ลักษณะของสายพานอาจจะเหมือน Safety Belt แต่มีความกว้างเท่า ๆ กับความยาวลูกกรีด ส่วนความตึงของสายพานให้มีความพอที่จะขับให้สายพานส่งแรงลำเลียงได้ก็พอและถ้าระยะทางยาว ๆ ควรที่จะมีลูกกลิ้งมารองรับได้สายพานเพื่อป้องกันสายพานหย่อนซึ่งจะก่อให้เกิดการสูญเสียกำลังมากขึ้น

สรุปและวิจารณ์โครงการ

โครงการเครื่องทำแผ่นยางพาราอัดโนมัติ เป็นโครงการที่ได้กำเนิดมาจากความต้องการที่จะเข้าร่วมพัฒนาอุตสาหกรรมยางพารา เพื่อให้มีการผลิตยางพาราซึ่งเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญชนิดหนึ่ง ให้มีคุณภาพ มีความน่าเชื่อถือ และเป็นมาตรฐานดีขึ้น แต่ทั้งนี้และทั้งนั้น โครงการจีนนี้ ไม่สามารถนำไปผลิตแผ่นยางพาราตามที่ตลาดต้องการ ได้จริงเป็นเพียงแต่เครื่องที่ย่อส่วน และแสดงให้เห็นถึงกระบวนการผลิตที่เป็นอัดโนมัติ มีความเที่ยงตรงแน่นอนของยางแผ่นที่ผลิตออกมาได้นั้น การที่จะนำไปใช้จริงจะต้องมีการปรับปรุง เพิ่มเติม ขยายขนาดให้สามารถผลิตยางแผ่นที่ตลาดต้องการได้ ส่วนของโครงการจีนนี้ยังมีความต้องการที่จะให้มีการพัฒนาต่อไป เพื่อให้มีความสมบูรณ์แบบมากขึ้นก็คือ ชุดผสมน้ำยาง น้ำ น้ำกรด เข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมและแน่นอนซึ่งส่วนที่เพิ่มเติมนี้จะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของแผ่นยาง ได้ดีมากส่วนหนึ่งซึ่งทางผู้ร่วมโครงการจีนนี้ทุกคนก็หวังไว้เช่นนั้น



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุทของ PLC

- 0000 สัญญาณมาจากชุดขับเคลื่อนมอเตอร์
- 0001 สวิตช์ ปิด-เปิด เครื่อง
- 0002 ลิมิตสวิตช์ ที่อยู่ด้านบนของเครน
- 0003 ลิมิตสวิตช์ ที่อยู่ด้านล่างของเครน
- 0004 ลิมิตสวิตช์ อยู่ที่ประตู ขณะประตูปิด
- 0005 ลิมิตสวิตช์ อยู่ที่ประตู ขณะประตูเปิด
- 0006 ลิมิตสวิตช์ ที่อยู่ตรงตะขอ ขณะอยู่ตำแหน่งปรกติ
- 0007 ลิมิตสวิตช์ ที่อยู่ตรงตะขอ ขณะอยู่ตำแหน่งตะขอเกี่ยวลงมา
- 0008 ลิมิตสวิตช์ ที่อยู่ตำแหน่งเริ่มแรกของชุดดึงแผ่นยาง

เอาต์พุทของ PLC

- 0100 ควบคุม สเตปป์มอเตอร์
- 0101 กลับทิศทางการหมุนของสเตปป์มอเตอร์
- 0102 ควบคุมชุดตะขอเกี่ยว
- 0103 กลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ควบคุมตะขอเกี่ยว
- 0104 ควบคุมประตู ปิด-เปิด
- 0105 ควบคุมมอเตอร์กวาน
- 0106 ควบคุมวาล์ว ปิด-เปิด นำน้ำยางเข้าอ่าง
- 0107 ควบคุมมอเตอร์กวาน
- 0108 ควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนชุดรีดและชุดคอนเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MNEMONIC LIST

Address	Mnemonic	Operand	Address	Mnemonic	Operand
0000	LD	0000	0027	AND NOT	1204
0001	DIFU	1100	0028	AND NOT	1205
0002	LD	1100	0029	AND NOT	1206
0003	OUT	1000	0030	MOV	#0001,012
0004	LD	0001	0031	LD	1200
0005	OUT	1001	0032	AND	TIM 000
0006	LD	0002	0033	LD	1201
0007	OUT	1002	0034	AND	TIM 001
0008	LD	0003	0035	OR LD	
0009	OUT	1003	0036	LD	1202
0010	LD	0004	0037	AND	1401
0011	OUT	1004	0038	AND	TIM 002
0012	LD	0005	0039	OR LD	
0013	OUT	1005	0040	LD	1203
0014	LD	0006	0041	AND	1403
0015	OUT	1006	0042	OR LD	
0016	LD	0007	0043	LD	1204
0017	OUT	1007	0044	AND	508
0018	LD	0008	0045	OR LD	
0019	OUT	1008	0046	LD	1205
0020	LD	1001	0047	AND	510
0021	DIFU	1101	0048	OR LD	
0022	LD	1101	0049	LD	1206
0023	AND NOT	1200	0050	AND	1409
0024	AND NOT	1201	0051	OR LD	
0025	AND NOT	1202	0052	DIFU	1300
0026	AND NOT	1203	0053	LD	1804

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Address	Mnemonic	Operand
0054	LD	1300
0055	LD	1207
0056	SFT	012
		012
0057	LD	1200
0058	TIM	001
		#2400
0059	LD	1200
0060	AND NOT	TIM 000
0061	OUT	1301
0062	LD	1201
0063	TIM	001
		#1200
0064	LD	1201
0065	AND NOT	TIM 001
0066	LD	1002
0067	DIFU	1400
0068	LD	1400
0069	OR	1401
0070	AND	1202
0071	OUT	1401
0072	LD	1202
0073	AND NOT	1401
0074	OUT	1303
0075	LD	1202
0076	TIM	002
		#4200
0077	LD	1005
0078	DIFU	1402
0079	LD	1402

Address	Mnemonic	Operand
0080	OR	1403
0081	AND	1203
0082	OUT	1304
0083	LD	1204
0084	DIFU	1404
0085	LD	1404
0086	AND NOT	200
0087	AND NOT	201
0088	AND NOT	202
0089	AND NOT	203
0090	MOV	#0001,002
0091	LD	200
0092	AND	307
0093	LD	201
0094	AND	409
0095	OR LD	
0096	LD	202
0097	AND	507
0098	AND	507
0099	OR LD	
0100	LD	203
0101	AND	508
0102	OR LD	
0103	DIFU	1500
0104	LD	1804
0105	LD	1500
0106	LD	204
0107	SFT	002
		002
0108	LD	200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Address	Mnemonic	Operand	Address	Mnemonic	Operand
0109	AND	1000	0137	LD	306
0110	LD	307	0138	AND NOT	305
0111	CNT	030	0139	LD	306
		#0130	0140	OR	305
0112	LD	200	0141	AND NOT	303
0113	AND	1000	0142	OR LD	
0114	AND	304	0143	OUT	305
0115	LD	307	0144	LD	302
0116	CNT	031	0145	DIFD	306
		#0122	0146	LD	303
0117	LD	307	0147	DIFU	307
0118	AND NOT	CNT 030	0148	LD	201
0119	OUT	300	0149	AND	1000
0120	LD	200	0150	LD	408
0121	AND NOT	300	0151	OR	409
0122	OUT	301	0152	CNT	032
0123	LD	200			#0127
0124	AND NOT	CNT	0153	LD	201
0125	AND NOT	3040	154	AND	1000
0126	OUT	302	0155	AND	404
0127	LD	1006	0156	LD	408
0128	LD	303	0157	OR	409
0129	AND NOT	304	0158	CNT	033
0130	OR LD				#0119
0131	OUT	303	0159	LD	201
0132	LD	1007	0160	AND NOT	CNT 032
0133	LD	304	0161	AND NOT	CNT 034
0134	AND NOT	303	0162	OUT	400
0135	OR LD		0163	LD	201
0136	OUT	304	0164	AND NOT	400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Address	Mnemonic	Operand
0165	AND NOT	407
0166	OUT	401
0167	LD	401
0168	AND NOT	CNT 033
0169	AND	404
0170	OUT	402
0171	LD	1006
0172	LD	403
0173	AND NOT	404
0174	OR LD	
0175	OUT	403
0176	LD	1007
0177	LD	404
0178	AND NOT	403
0179	OR LD	
0180	OUT	404
0181	LD	401
0182	AND NOT	404
0183	LD	407
0184	AND NOT	403
0185	OUT	405
0186	LD	402
0187	DIFU	406
0188	LD	406
0189	OR	407
0190	AND NOT	400
0191	AND NOT	409
0192	OUT	407
0193	LD	403
0194	DIFU	408

Address	Mnemonic	Operand
0195	LD	408
0196	LD	409
0197	CNT	304 #0015
0198	LD	CNT 304
0199	DIFU	409
0200	LD	202
0201	AND	1000
0202	AND	504
0203	LD	507
0204	CNT	035 #0124
0205	LD	202
0206	AND	1008
0207	DIFU	1405
0208	LD	1405
0209	OR	1406
0210	AND NOT	507
0211	OUT	1406
0212	LD	202
0213	AND NOT	1406
0214	OUT	500
0215	LD	202
0216	AND NOT	500
0217	OUT	501
0218	LD	501
0219	AND NOT	CNT 035
0220	AND	504
0221	OUT	502
0222	LD	1006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

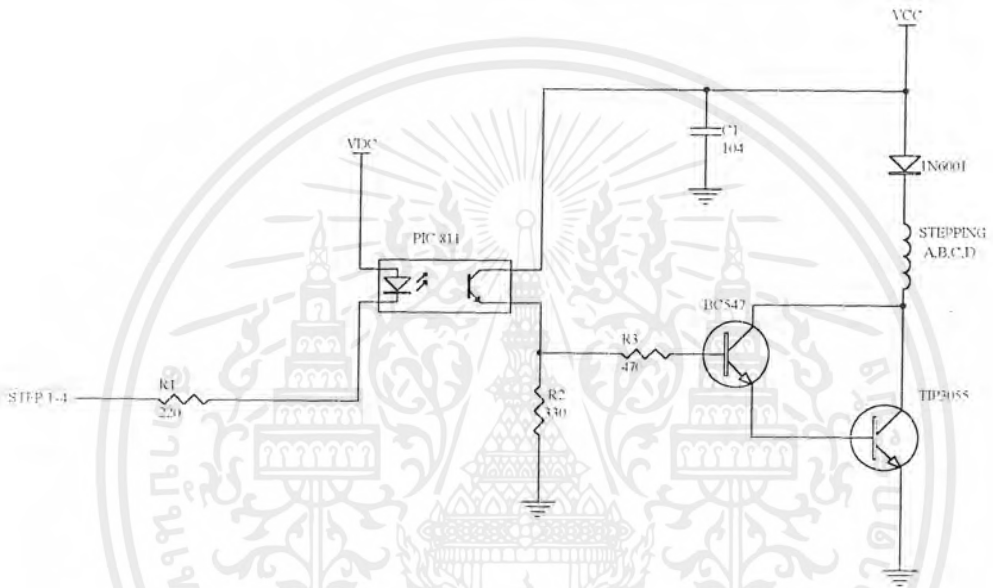
Address	Mnemonic	Operand
0223	LD	503
0224	AND NOT	504
0225	OR LD	
0226	OUT	503
0227	LD	1001
0228	LD	504
0229	AND NOT	503
0230	OR LD	
0231	OUT	504
0232	LD	501
0233	AND NOT	504
0234	LD	506
0235	OR	505
0236	AND NOT	503
0237	OUT	505
0238	LD	502
0239	DIFD	506
0240	LD	503
0241	DIFU	507
0242	LD	203
0243	AND	1008
0244	DIFU	1407
0245	LD	1407
0246	OUT	508
0247	LD	203
0248	OUT	509
0249	LD	1205
0250	AND	1004
0251	DIFU	1408
0252	LD	1408

Address	Mnemonic	Operand
0253	OUT	510
0254	LD	1205
0255	OUT	1305
0256	LD	1003
0257	DIFU	1409
0258	LD	1409
0259	OR	1410
0260	AND	1206
0261	OUT	1410
0262	LD	1206
0263	AND NOT	1410
0264	OUT	1301
0265	LD	300
0266	OR	302
0267	OR	400
0268	OR	402
0269	OR	500
0270	OR	502
0271	OR	509
0272	OUT	100
0273	LD	301
0274	OR	401
0275	OR	500
0276	OR	509
0277	OUT	101
0278	LD	305
0279	OR	405
0280	OR	505
0281	OUT	103
0282	LD	304

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

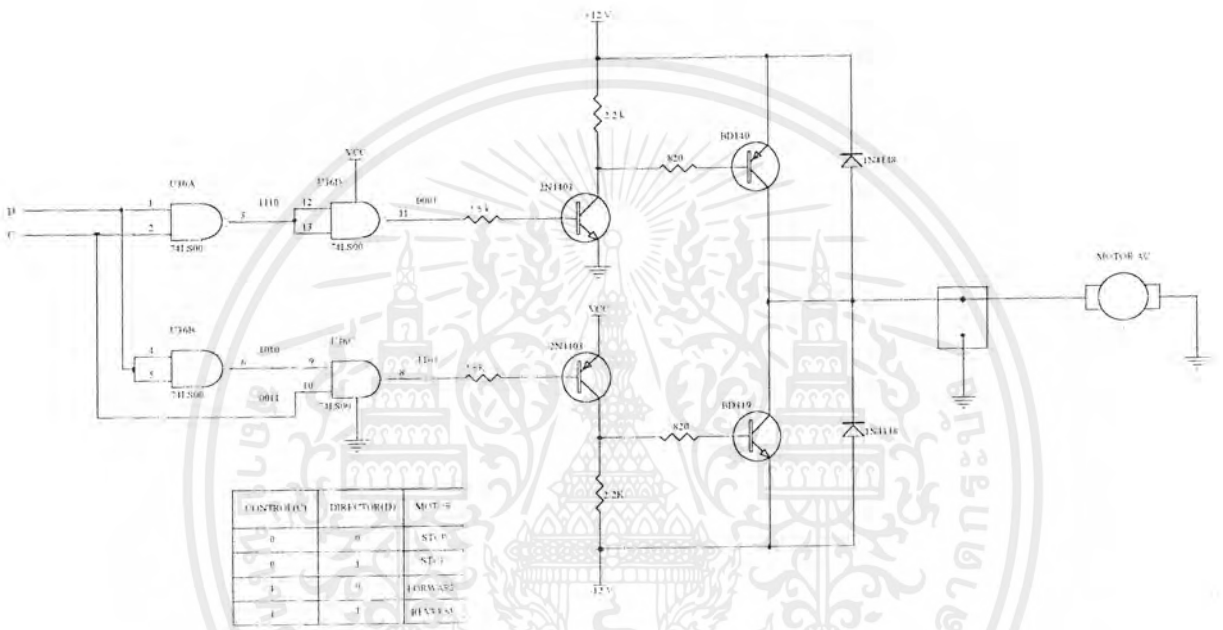
Address	Mnemonic	Operand
0283	OR	404
0284	OR	505
0285	OUT	104
0286	LD	1304
0287	OR	1305
0288	OUT	104
0289	LD	1301
0290	OUT	105
0291	LD	1302
0292	OUT	106
0293	LD	1303
0294	OR	1306
0295	OUT	107
0296	LD	1304
0297	OR	108
0298	AND NOT	1305
0299	OUT	108
0300	END	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



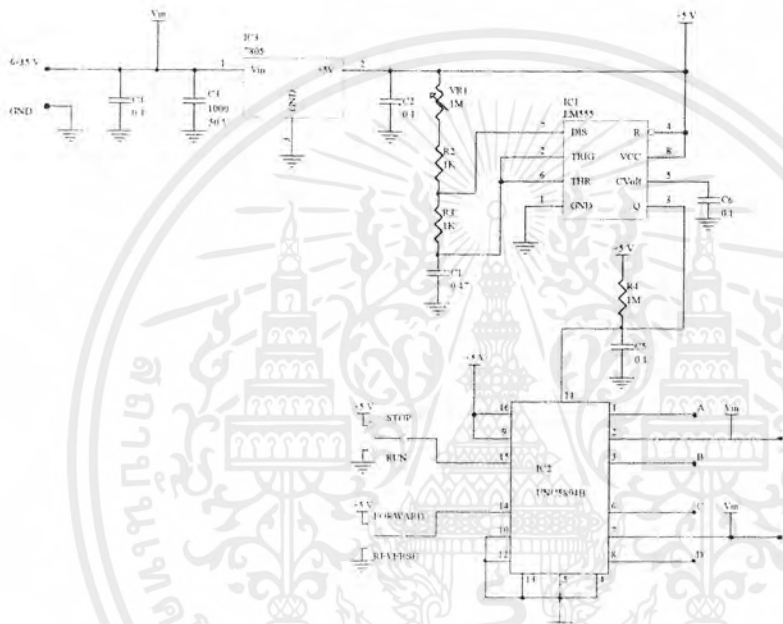
วงจร Driver Stepping Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจร Driver AC Motor

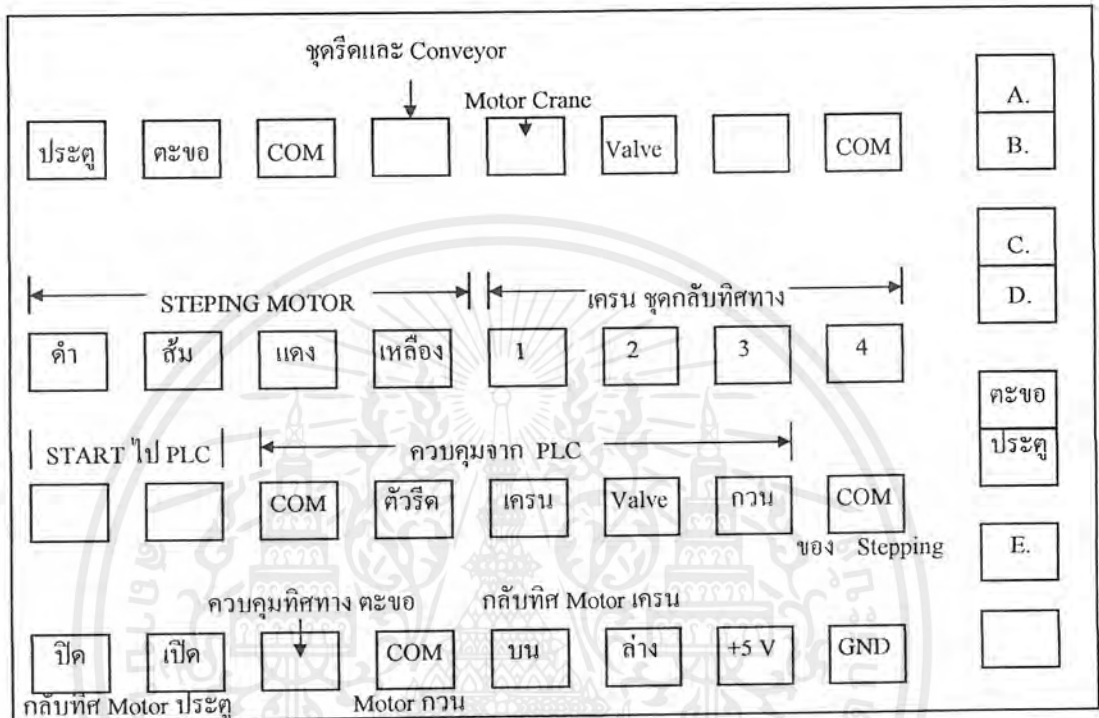
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรควบคุมตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONNECTER ด้านหลัง ชุด CONTROL



A., B. : เข้า PLC , Control Stepping Motor

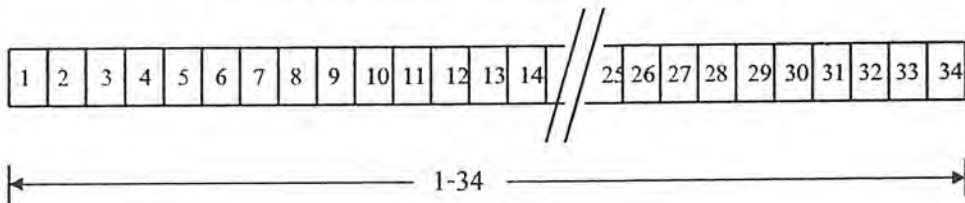
C., D. : เข้า PLC , กลับทิศทางการหมุน Stepping Motor

E : สัญญาณ Clock เข้า PLC 0000

*** ต้องต่อ GND ของ PLC เข้ากับ GND ของชุดควบคุมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONNECTER ด้านข้าง เครื่องทำแผ่นยางพาราอัตโนมัติ



CONNECTER	
1 :	GND
2 :	+5 V
3 :	Limit Switch ด้านบน ใช้กลับทางหมุน Motor ชกครน
4 :	Limit Switch ด้านล่าง ใช้กลับทางหมุน Motor ชกครน
7 :	Limit Switch ใช้กลับทางหมุนประตูให้ปิด
8 :	Limit Switch ใช้กลับทางหมุนประตูให้เปิด
9 :	COM
10 :	Limit Switch (เข้า PLC) ด้านบนของครน
11 :	Limit Switch (เข้า PLC) ด้านล่างของครน
12 :	Limit Switch ที่สภาวะปรกติของตะขอ
13 :	Limit Switch ที่สภาวะการเกี่ยวของตะขอ
14 :	Limit Switch ที่ประตูขณะปิด
15 :	Limit Switch ที่ประตูขณะเปิด
16 :	COM
17 :	Motor ที่ให้เปิด-ปิด ประตู
18 :	Motor ที่ใช้กวนน้ำยาง
19 :	Limit Switch ที่ตำแหน่งเริ่มของชุดตะขอเกี่ยว
20-23 :	ต่อเข้ากับชุดกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ชกครนที่ 1,2,3,4 ตามลำดับ
24 :	COM
25 :	Motor ที่ใช้ชกครน
26 :	Valve
27 :	ชุดรีดและ Converyor
28-29 :	ต่อเข้า Motor กวน
30-34 :	ต่อเข้า Stepping Motor สาย คำ,ตัว,แดง,เหลือง และ COM ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจากท่านอาจารย์ ศศ.วิริยะ กองรัตน์ ซึ่งได้รับเป็นที่ปรึกษาโครงการ และได้ให้คำปรึกษาแนะนำมาโดยตลอด จนทำให้โครงการและปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ศศ.ประภาส อุคคกิมพันธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำทำให้มีแนวความคิด และเข้าใจระบบการทำงาน การวางแผนงานได้ดีขึ้น ขอขอบคุณภาควิชาเครื่องกล ที่ให้ความเอื้อเฟื้อ เครื่องมือ และสถานที่ปฏิบัติงาน รวมทั้ง พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ซึ่งมีน้ำใจช่วยเหลือทั้งให้ยืมอุปกรณ์ เครื่องมือ และการแนะนำในเรื่องต่างๆ จนปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำปริญญาบัตร อีกทั้งยังเป็นกำลังใจ ในการทำปริญญาบัตรนี้จนสำเร็จด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- Takashi Kenjo, "Stepping Motors and their Microprocessor controls", The University of Press, 1998
- C.K Taft, R.G. Gauthier, "Stepping Motor System design and analysis", university of new Hamshire, 1998
- รศ. สัมพันธ์ หาญชด, เครื่องจักรกลไฟฟ้า 1, "Electrical Machines1", 2538
- สุพรรณ กุลพานิชย์, "การใช้งาน Programmable control 1", 2533
- สุเชียร เกียรติสุนทร, "หลักการงานและเทคนิคการประยุกต์ใช้งาน PC / PLC", 2531
- วริทธิ์ อิงภากรณ์, ชาญ ดนังงาน, การออกแบบเครื่องจักรกล 2 "Machine Design 2", 2523
- ดร.โกวิท มาศรัตน์, เครื่องจักรกลไฟฟ้า, โครงการตำราวิชาการมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีมหานคร พ.ศ 2534