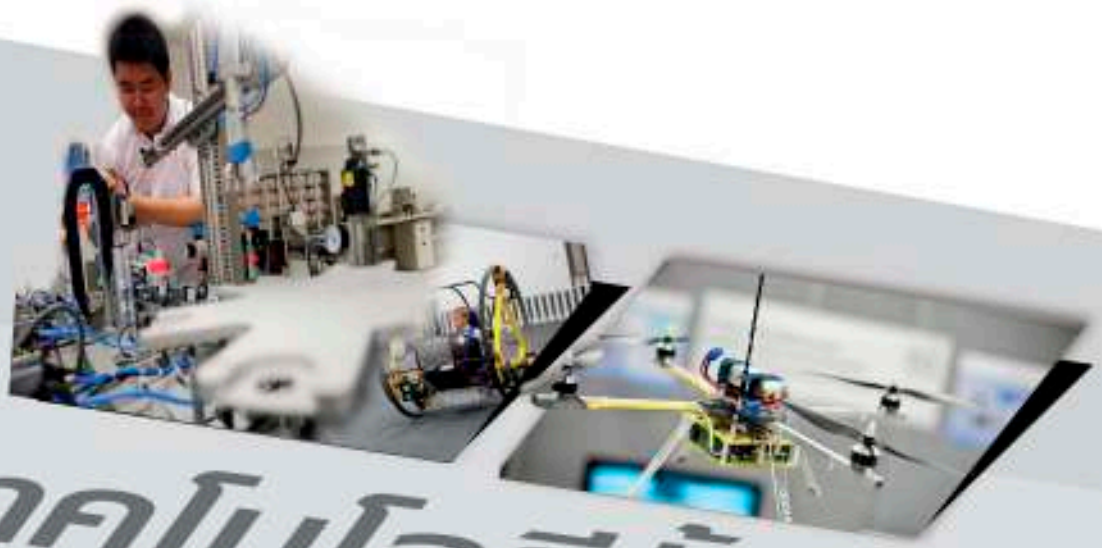
เอกสารประกอบการฝึก



เทคโนโลยีชั้นสูง
ADVANCED TECHNOLOGY

หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ

เมคาทรอนิกส์ ระดับ 2

กลุ่มอาชีพ
เครื่องกล

Mechatronics Level 2

กพร.7/2556

สำนักพัฒนาผู้ฝึกและเทคโนโลยีการฝึก

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีอย่างรวดเร็วซึ่งครอบคลุมทั้งด้านอุตสาหกรรมการผลิต การสื่อสารโทรคมนาคม การบริหารจัดการด้านโลจิสติกส์ ตลอดจนการนำเทคโนโลยีมาใช้ในภาคบริการ ทำให้กรมพัฒนาฝีมือแรงงานต้องพัฒนาหลักสูตรการฝึกเทคโนโลยีชั้นสูงเริ่มตั้งแต่ปีพ.ศ. ๒๕๕๓ จำนวน ๑๔ หลักสูตร และได้ดำเนินการพัฒนาหลักสูตรการฝึกเทคโนโลยีชั้นสูงอย่างต่อเนื่องทุกปี ในปีพ.ศ. ๒๕๕๕ ได้จัดตั้งศูนย์ฝึกอบรมเทคโนโลยีชั้นสูง จำนวน ๖ แห่ง ในสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานภาค ๖ แห่ง และในปีพ.ศ. ๒๕๕๖ จะดำเนินการจัดตั้งศูนย์ฝึกอบรมเทคโนโลยีชั้นสูงขึ้นอีก ๖ แห่ง ในสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานภาคส่วนที่เหลือ

กรมพัฒนาฝีมือแรงงานพิจารณาเห็นว่าหลักสูตรการฝึกเทคโนโลยีชั้นสูงยังไม่เพียงพอ ที่จะทำให้การฝึกอบรมมีคุณภาพ จึงได้มอบหมายให้มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จัดทำเอกสารประกอบการฝึก จำนวน ๑๔ ฉบับ เพื่อให้วิทยากรใช้เป็นแนวทางในการฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีชั้นสูง ซึ่งจัดทำเมื่อปีพ.ศ.๒๕๕๓ จำนวน ๑๔ หลักสูตร ซึ่งช่วยให้การฝึกอบรมมีคุณภาพและได้มาตรฐานเดียวกัน ทั้งประเทศ ด้วยความคาดหวังว่าผู้ผ่านการฝึกในหลักสูตรนี้จะได้รับความรู้ ประสบการณ์ และทักษะ อย่างมีคุณภาพตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรและตามความต้องการของตลาดแรงงาน ตลอดจนเป็นการเตรียมกำลังแรงงานของประเทศรองรับการเข้าสู่ประชาคมอาเซียนในปี ๒๕๕๘

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารประกอบการฝึกชุดนี้จะทำให้การฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีชั้นสูง ดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อการพัฒนาฝีมือแรงงานต่อไป

(นายนคร ศิลปอาชา)
อธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
ธันวาคม ๒๕๕๕

สารบัญ

	หน้า
นิวแมติกไฟฟ้า	**1**
1. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้งานและเทคนิคสำหรับระบบนิวเมติกไฟฟ้า	2
2.ทฤษฎีพื้นฐานนิวเมติกไฟฟ้า	3
3.โครงสร้างและหลักการควบคุมด้วยอุปกรณ์นิวเมติกไฟฟ้า	7
4. สัญลักษณ์นิวเมติกไฟฟ้า	13
5. แลดเดอร์ไดอะแกรม	15
6. วิธีการอ่านและวงจร	19
7. วิธีการออกแบบควบคุมนิวเมติกไฟฟ้า	22
ไฮดรอลิก	**68**
1.ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีของไหลเบื้องต้น	69
2.โครงสร้างและหลักการทำงานของชุดต้นกำลัง (Power Unit)ระบบน้ำมัน	73
3. อุปกรณ์ในระบบไฮดรอลิก	81
การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์	**121**
1. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์เบื้องต้น	122
2. กระบวนการแปลงผันสัญญาณและการนำไปประยุกต์ใช้	143
ระบบกลไก	**166**
1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบกลไก	167
2. ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล	172
3. ระบบกลไกส่งกำลัง	180
4. ข้อเปรียบเทียบของการส่งกำลังด้วยเฟือง สายพาน และโซ่	194
อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน	**211**
1.ความรู้เกี่ยวกับพื้นฐานอินเวอร์เตอร์	212
2.การบำรุงรักษาอินเวอร์เตอร์	217
3.โครงสร้างภายในมอเตอร์	221
4.ความสำคัญด้านความปลอดภัย	227
5.การควบคุมอินเวอร์เตอร์	231
PLC ระดับกลาง	**251**
1.ความรู้เกี่ยวกับพื้นฐานโครงสร้าง PLC ชนิดโมดูล	252
2.โครงสร้างหน่วยความจำ	272
3.คำสั่งใน PLC	277
การวัดผลและประเมินผล	**316**

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level 2 **0920083270102**	**ใบเตรียมการสอน** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา นิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1 / **เวลา 3 ชม.**

วัตถุประสงค์ :

1. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถอธิบายส่วนประกอบของระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้าได้
2. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถระบุชนิดอุปกรณ์และนำไปใช้งานความคุมได้อย่างถูกต้อง
3. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถออกแบบและวิเคราะห์วงจรพื้นฐานนิวแมติกส์ไฟฟ้าได้

วิธีการสอน :

บรรยาย ถาม-ตอบ

หัวข้อสำคัญ :

1. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้งานและเทคนิคสำหรับระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า
2. ทฤษฎีพื้นฐานนิวแมติกส์ไฟฟ้า
3. โครงสร้างและหลักการควบคุมด้วยอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า
4. สัญลักษณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า
5. แลดเดอร์ไดอะแกรม
6. วิธีการอ่านและวงจร
7. วิธีการออกแบบควบคุมนิวแมติกส์ไฟฟ้า

อุปกรณ์ช่วยฝึก :

ชุดทดลองนิวแมติกส์ไฟฟ้า

การมอบหมายงาน :

ใบทดสอบ

การวัดและประเมินผล :

ประเมินจากคะแนนการทำใบทดสอบ

หนังสืออ้างอิง :

รุ่งโรจน์ รัตนวารินทร์. เอกสารประกอบการสอนวิชาพื้นฐานระบบนิวแมติกส์ของเครื่องจักรกล. กรุงเทพมหานคร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

กิติพันธ์ ไทยสงค์. งานนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น. สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด, กรุงเทพมหานคร, 2549.

สกล นันทศรีวิวัฒน์. เอกสารประกอบการสอนวิชาไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์ 2. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, 2548.

เฉลิมชนม์ ไวศยดำรง. เอกสารประกอบการสอนวิชา 731606 ระบบอัตโนมัติ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2548.

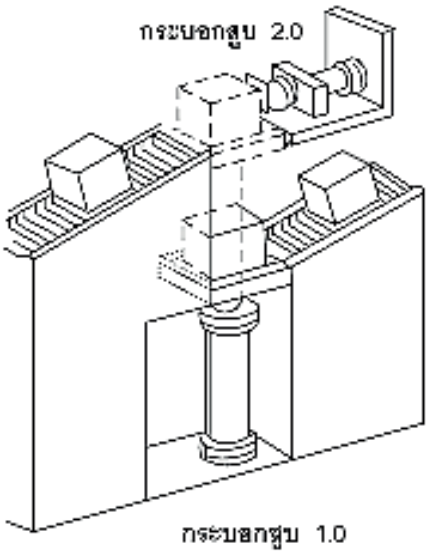
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

1. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้งานและเทคนิคสำหรับระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า

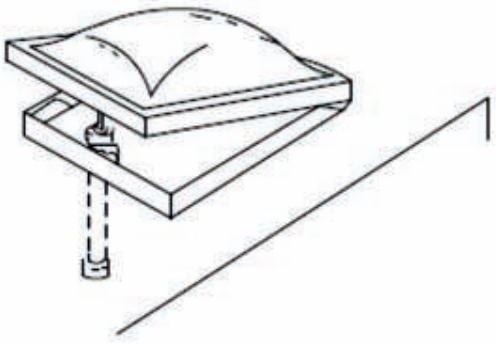
1.1 ความหมายของระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า

ระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า หมายถึง การใช้ไฟฟ้าควบคุมอุปกรณ์ควบคุมในระบบนิวแมติกส์ ทั้งควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ ความเร็วในการเคลื่อนที่ แรงในการทำงานและขั้นตอนการทำงาน กล่าวคือการควบคุมอุปกรณ์ทำงานที่ต้องใช้วาล์วเลื่อนโดยไฟฟ้าหรือวาล์วเลื่อนด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า และระบบควบคุมอื่นๆ เป็นระบบไฟฟ้าเช่นกัน ยกเว้นอุปกรณ์ทำงานคือ สูบลม มอเตอร์ลม

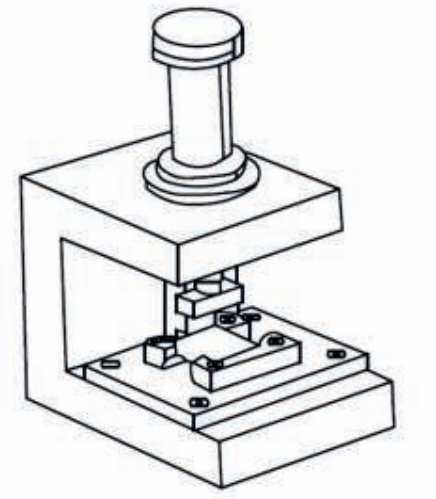
1.2 การใช้งานระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า



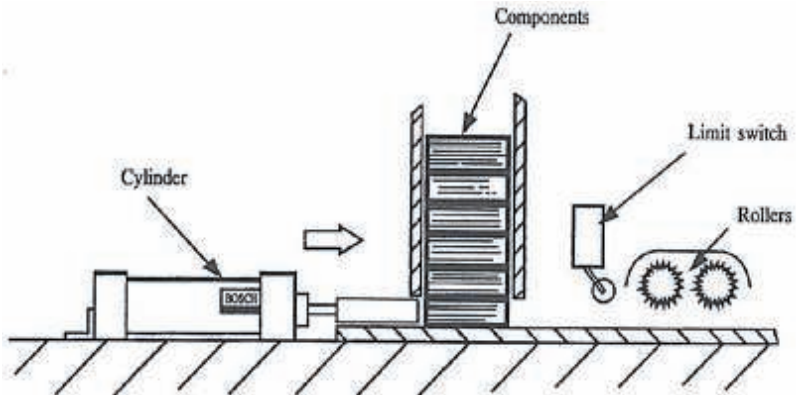
ก) การใช้งานในการยกและเลื่อนกล่องสินค้า



ข) การใช้งานในการเปิดหลังคา



ค) การใช้งานในงานปั๊มขึ้นรูป



ง) การป้อนชิ้นงาน

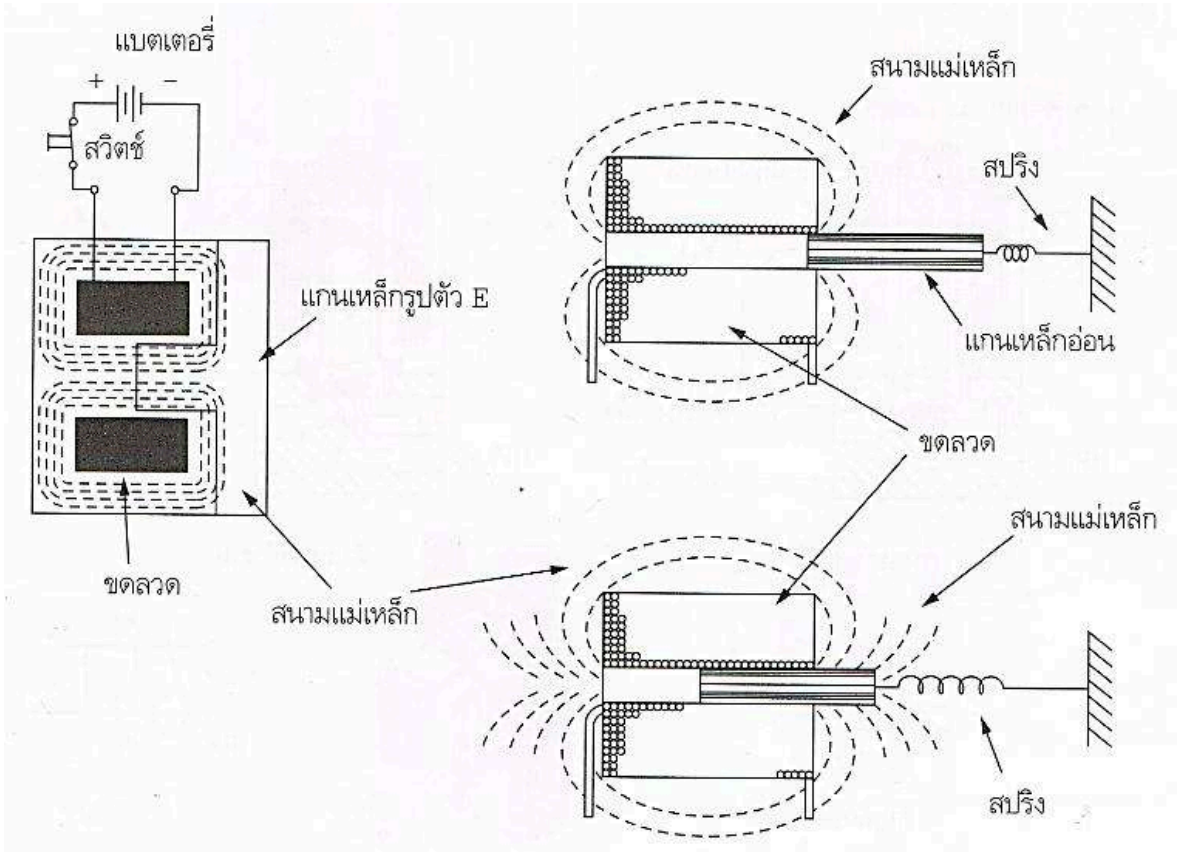
รูปที่ 1 ตัวอย่างการใช้งานของระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

1.3 เทคนิคการควบคุมด้วยระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า

ในการควบคุมระบบด้วยนิวแมติกส์ไฟฟ้าจะใช้อุปกรณ์ในการควบคุมวาล์วควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่โดยอาศัยหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้าในการเปลี่ยนตำแหน่งของวาล์วอุปกรณ์นั้นเรียกว่า “โซลีนอยด์(Solenoid)”

โซลีนอยด์ เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เกิดงานเชิงกล โดยภายในประกอบด้วยขดลวดตัวนำไฟฟ้าขดกันเป็นเกลียวและมีแกนเหล็กอ่อนอยู่ภายในขดลวดที่ปลายยึดด้วยสปริง หลักการทำงานคือ เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดจะเกิดการเหนี่ยวนำขึ้นภายในขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบไม่ถาวรขึ้น ส่งผลให้แกนเหล็กภายในขดลวดถูกดูดให้เคลื่อนที่ เมื่อตัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ขดลวดตัวนำ สนามแม่เหล็กไฟฟ้าหมดไปและแกนเหล็กจะเคลื่อนที่กลับด้วยแรงดึงจากสปริง ดังรูปที่ 2



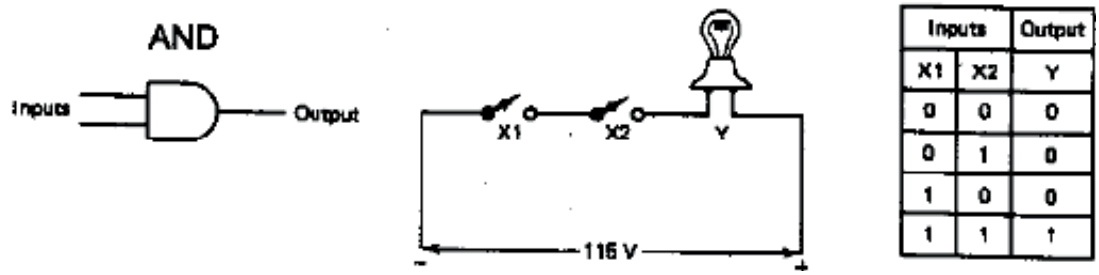
รูปที่ 2 การทำงานของขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า

2. ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า

2.1 วงจรไฟฟ้าพื้นฐาน

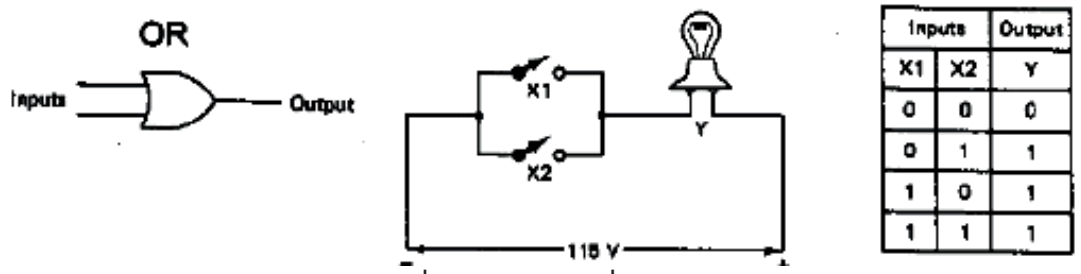
วงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมนั้นประกอบด้วยสวิตช์ไฟฟ้าที่ต่อกันในรูปแบบอนุกรมและขนานมาผสมกัน เพื่อสร้างเงื่อนไขในการควบคุมแบบตรรกะ (And Or และ Not , Logic Condition) ดังแสดงในรูปที่ 3 ตั้งแต่ ก) ถึง ฉ)

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1



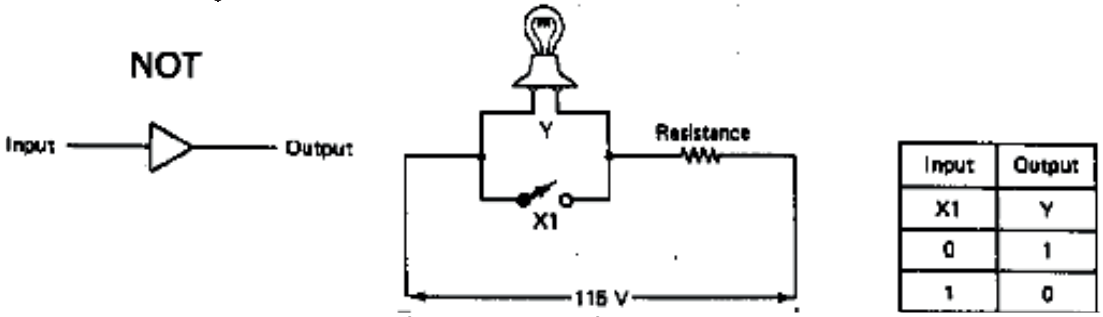
Inputs		Output
X1	X2	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ก) รูปแบบวงจรอนุกรมที่ได้ผลลัพธ์แบบเงื่อนไขและ(AND Condition)



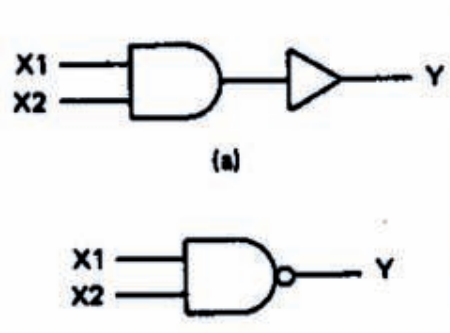
Inputs		Output
X1	X2	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

ข) รูปแบบวงจรขนานที่ได้ผลลัพธ์แบบเงื่อนไขหรือ(OR Condition)



Input	Output
X1	Y
0	1
1	0

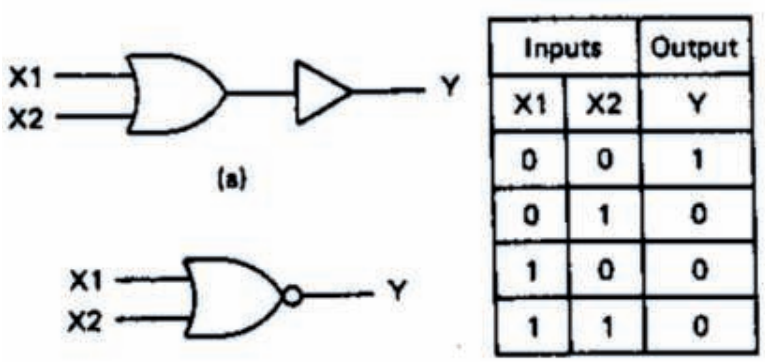
ค) รูปแบบวงจรไฟฟ้าที่ได้ผลลัพธ์แบบเงื่อนไขปฏิเสธ(NOT Condition)



Inputs		Output
X1	X2	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ง) รูปแบบการแสดงผลลัพธ์แบบเงื่อนไขและกับปฏิเสธ(AND and NOT Condition)

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

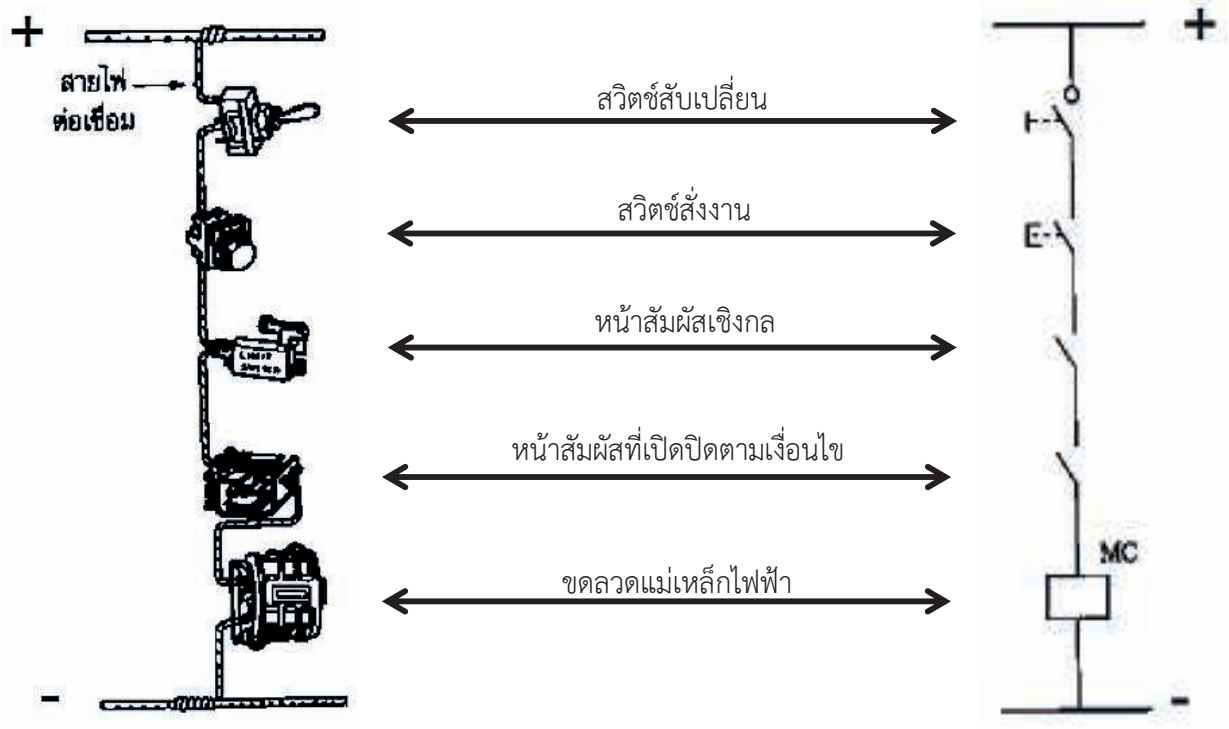


Inputs		Output
X1	X2	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

ช) รูปแบบการแสดงผลลัพธ์แบบเงื่อนไขหรือกับปฏิเสธ(OR and NOT Condition)
รูปที่ 3 วงจรไฟฟ้าพื้นฐานในระบบควบคุมนิวแมติกส์ไฟฟ้า

2.2 วงจรไฟฟ้าควบคุมแบบซีเควนซ์ (Sequential Control)

การควบคุมแบบซีเควนซ์ หมายถึง การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าให้มีการทำงานตามลำดับที่แน่นอนด้วยวงจรสวิตช์ไฟฟ้า โดยมีเหตุการณ์ในการทำงานก่อนหลังที่ถูกกำหนดด้วยเงื่อนไขที่แน่นอน หรืออาจเกิดขึ้นทันทีหรืออาจเว้นช่วงเวลาหนึ่งหลังจากงานที่ดำเนินอยู่จบลง ซึ่งเป็นผลจากทำงานของงานลำดับที่ผ่านมาดังแสดงในรูปที่ 4

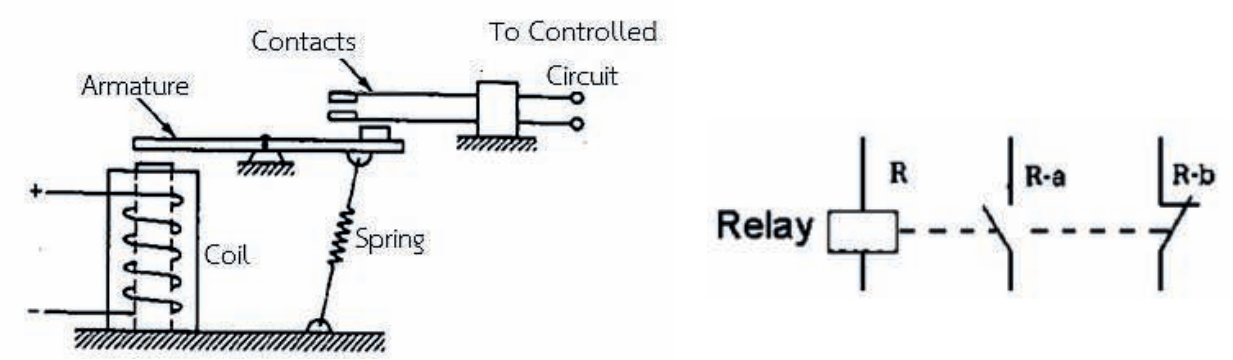


รูปที่ 4 วงจรไฟฟ้าควบคุมแบบซีเควนซ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

2.3 วงจรไฟฟ้าควบคุมด้วยรีเลย์

2.3.1 รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยชุดหน้าสัมผัสและโซลีนอยด์ภายในดังแสดงในรูปที่ 5

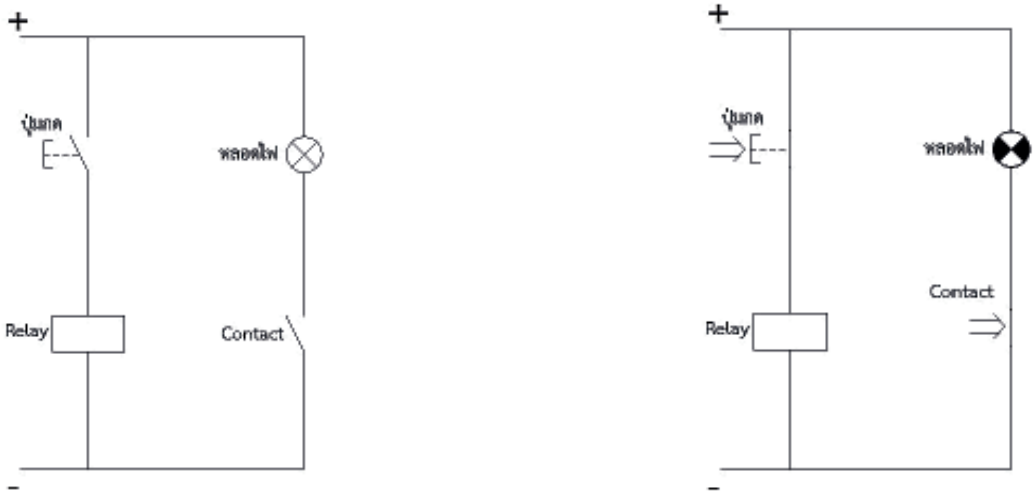


ก) โครงสร้างของรีเลย์ **ข) สัญลักษณ์ของรีเลย์และหน้าสัมผัสของรีเลย์**

รูปที่ 5 โครงสร้างของรีเลย์และสัญลักษณ์ของรีเลย์

เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดภายในโซลีนอยด์จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไม่ถาวรเกิดขึ้นและเกิดแรงดึงดูดให้กระเดื่อง (Armature) เคลื่อนที่ ส่งผลให้หน้าสัมผัสปิด เกิดการครบวงจรโดยชุดหน้าสัมผัสและโซลีนอยด์จะไม่มีการสัมผัสกัน รีเลย์ที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมมีทั้งชนิดหน้าสัมผัส 2 ชุดและ4 ชุด โดยแต่ละชุดใช้งานแยกกันอิสระแต่มีจังหวะเปิดหรือปิดพร้อมกันทำให้สามารถควบคุมเครื่องจักรหลายเครื่องให้ทำงานพร้อมกันในจังหวะเดียวกันได้ ซึ่งมีข้อดีดังนี้ คือ วงจรสวิตช์ควบคุมและวงจรหน้าสัมผัสที่ควบคุมอุปกรณ์ที่กินกระแสสูงจะแยกกันเมื่อเกิดความเสียหายของวงจรใดวงจรหนึ่งจะไม่เกิดความเสียหายทั้งหมด การใช้วงจรสวิตช์ควบคุมที่กินกระแสไฟฟ้าต่ำเพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงาน

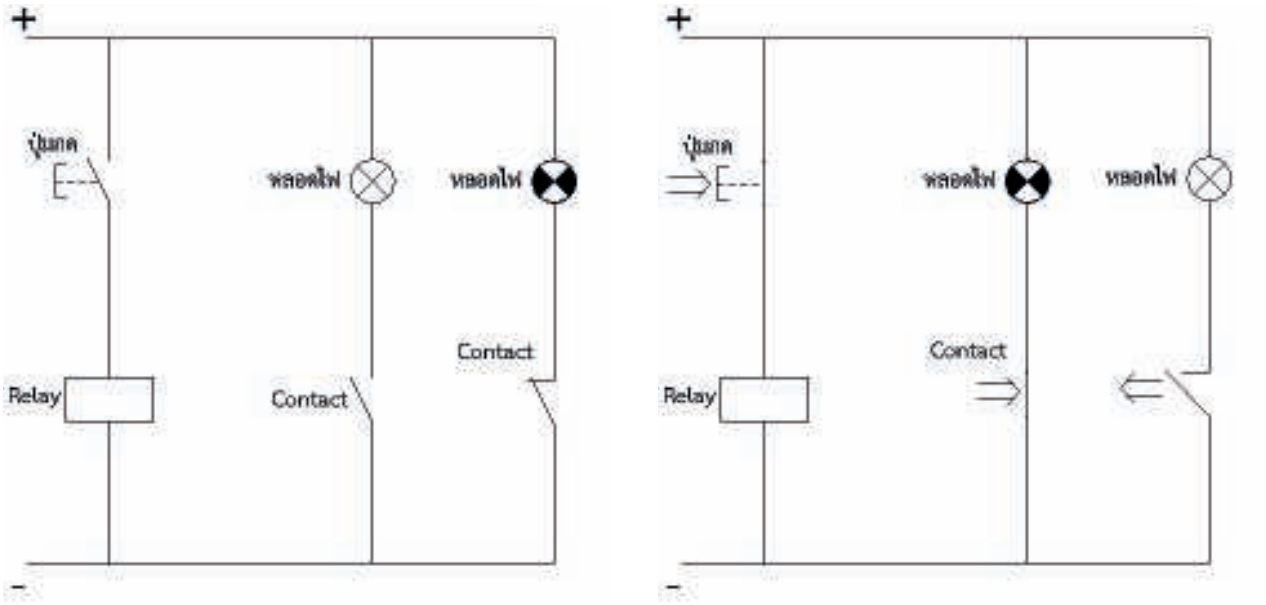
2.3.2 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้าควบคุมด้วยรีเลย์



ก) หน้าสัมผัสอยู่ในตำแหน่งปกติ **ข) หน้าสัมผัสอยู่ในตำแหน่งทำงาน**

รูปที่ 6 วงจรรีเลย์ที่ใช้ในการควบคุมหลอดไฟ

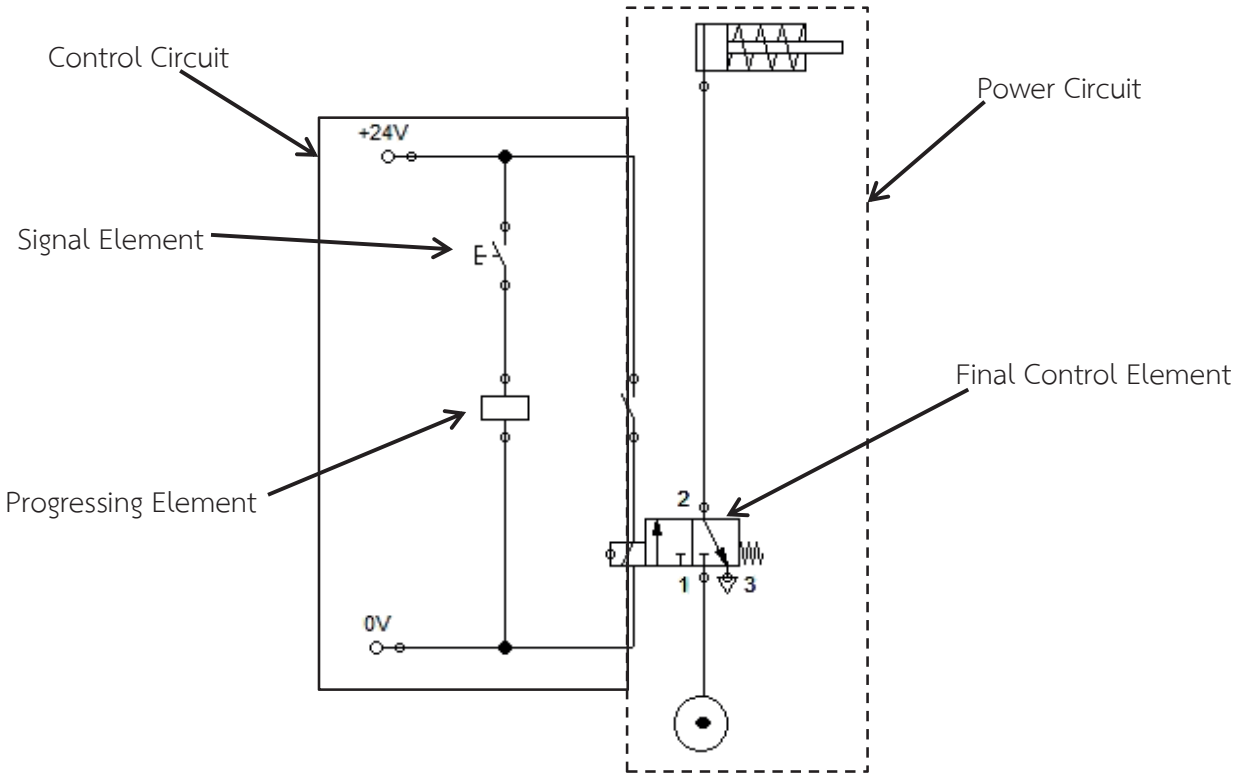
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า รหัสวิชา 0922720104 หัวข้อที่ 1



ก) หน้าสัมผัสอยู่ในตำแหน่งปกติ ข) หน้าสัมผัสอยู่ในตำแหน่งทำงาน

รูปที่ 7 วงจรรีเลย์ที่ใช้ในการควบคุมหลอดไฟให้ติดแบบสลับกัน

3. โครงสร้างและหลักการควบคุมด้วยอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า



รูปที่ 8 โครงสร้างระบบของการควบคุมด้วยนิวแมติกส์ไฟฟ้า

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

3.1 โครงสร้างระบบของการควบคุมด้วยนิวแมติกส์ไฟฟ้า ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

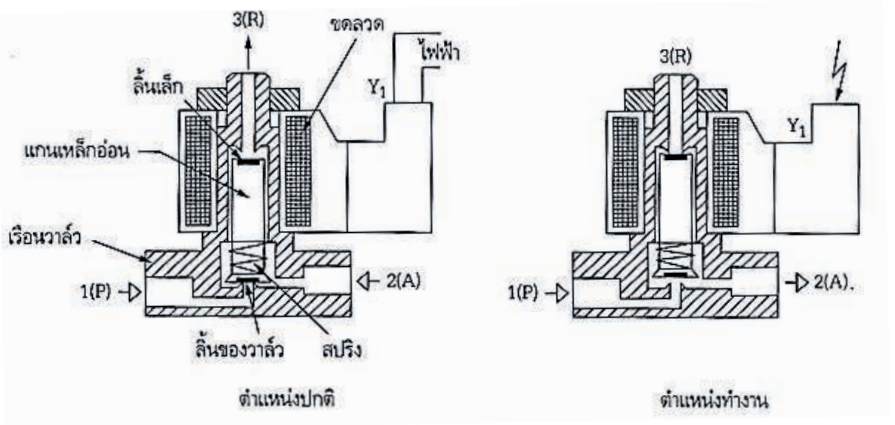
3.1.1 ระบบนิวแมติกส์หรือวงจรกำลัง คือ วงจรที่แสดงการทำงานของอุปกรณ์ทำงาน เช่น สูบลม มอเตอร์ลม เป็นต้น และอุปกรณ์ควบคุมในระบบนิวแมติกส์ เช่น วาล์วควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่เข้า – ออก ของก้านสูบ วาล์วควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ของก้านสูบ เป็นต้น

3.1.2 ระบบควบคุมด้วยไฟฟ้าหรือวงจรควบคุม คือ วงจรที่แสดงการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมระบบนิวแมติกส์หรือวงจรกำลัง เช่น แหล่งจ่ายไฟฟ้า สวิตช์ รีเลย์ หน้าสัมผัส เป็นต้น

3.2 หลักการควบคุมด้วยอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า

การควบคุมด้วยอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า จะใช้หลักการของโซลีนอยด์ในการควบคุมตำแหน่งของวาล์วควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงานดังแสดงในภาพที่ 9 ก) ถึง 9 ค)

<u>ตัวอย่างการควบคุมด้วยอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า</u>



ก) อุปกรณ์ควบคุมทิศทางที่ทำงานด้วยไฟฟ้า

ข) ตัวอย่างวงจรกำลัง **ค) ตัวอย่างวงจรควบคุม**

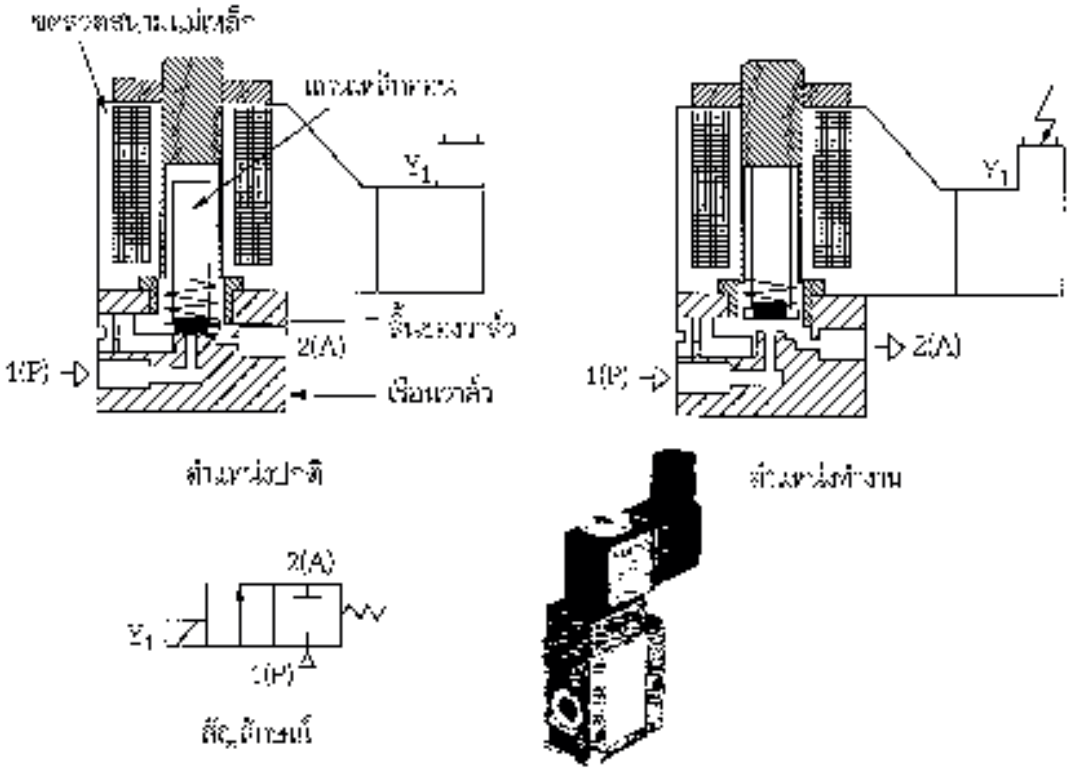
รูปที่ 9 ตัวอย่างการควบคุมด้วยอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า

3.3 อุปกรณ์ควบคุมที่ใช้ในวงจรกำลัง

ในงานนิวแมติกส์ไฟฟ้าส่วนใหญ่แล้วจะใช้ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงาน นั่นก็คือวาล์วควบคุมทิศทาง ตัวอย่างเช่น

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

3.3.1 วาล์ว 2/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นด้วยไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับโดยสปริง (2/2 D.C valve set by solenoid reset by spring)



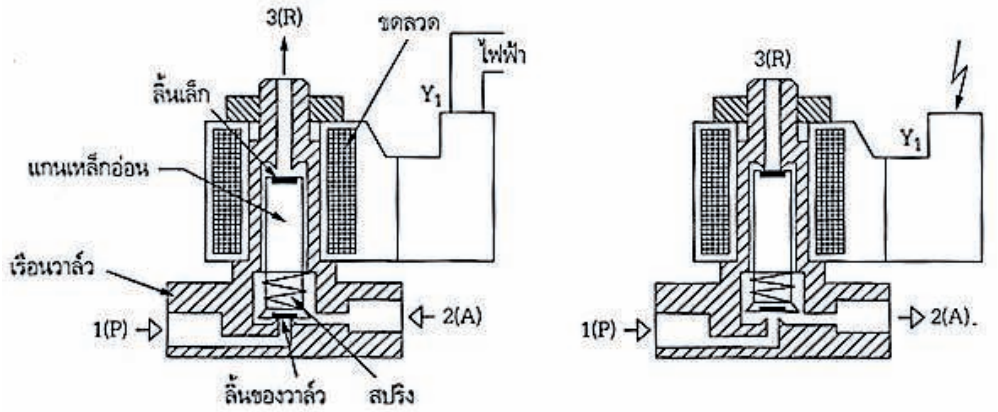
รูปที่ 10 วาล์ว 2/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นด้วยไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับโดยสปริง

หลักการทำงาน

ตำแหน่งปกติ เมื่อยังไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโซลินอยด์ Y1 ลมไม่สามารถไหลผ่านจาก 1(P) ไป 2(A) ได้เนื่องจากลิ้นของวาล์วถูกกดด้วยแรงของสปริง

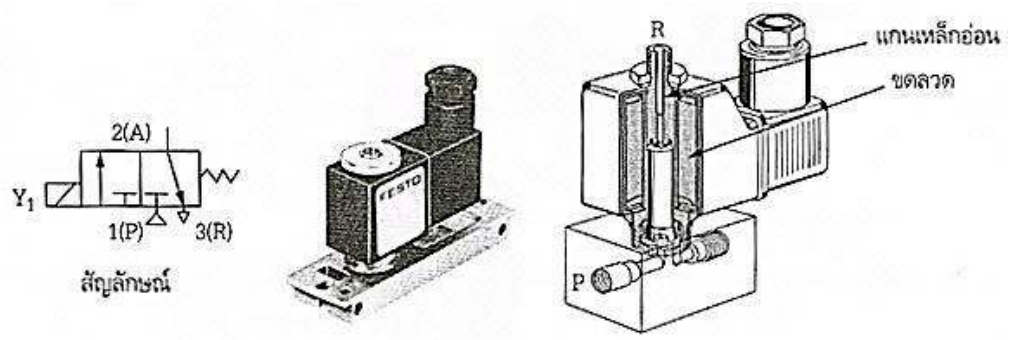
ตำแหน่งทำงาน เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโซลินอยด์ ที่ Y1 ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นทำให้แกนของลิ้นวาล์วเลื่อนขึ้น ลมสามารถไหลผ่านจาก 1(P) ไป 2(A) ได้

3.3.2 วาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นโดยไฟฟ้าเลื่อนลิ้นกลับโดยสปริง (3/2 D.C valve set by solenoid reset by spring)



รูปที่ 11 วาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นโดยไฟฟ้าเลื่อนลิ้นกลับโดยสปริง

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1



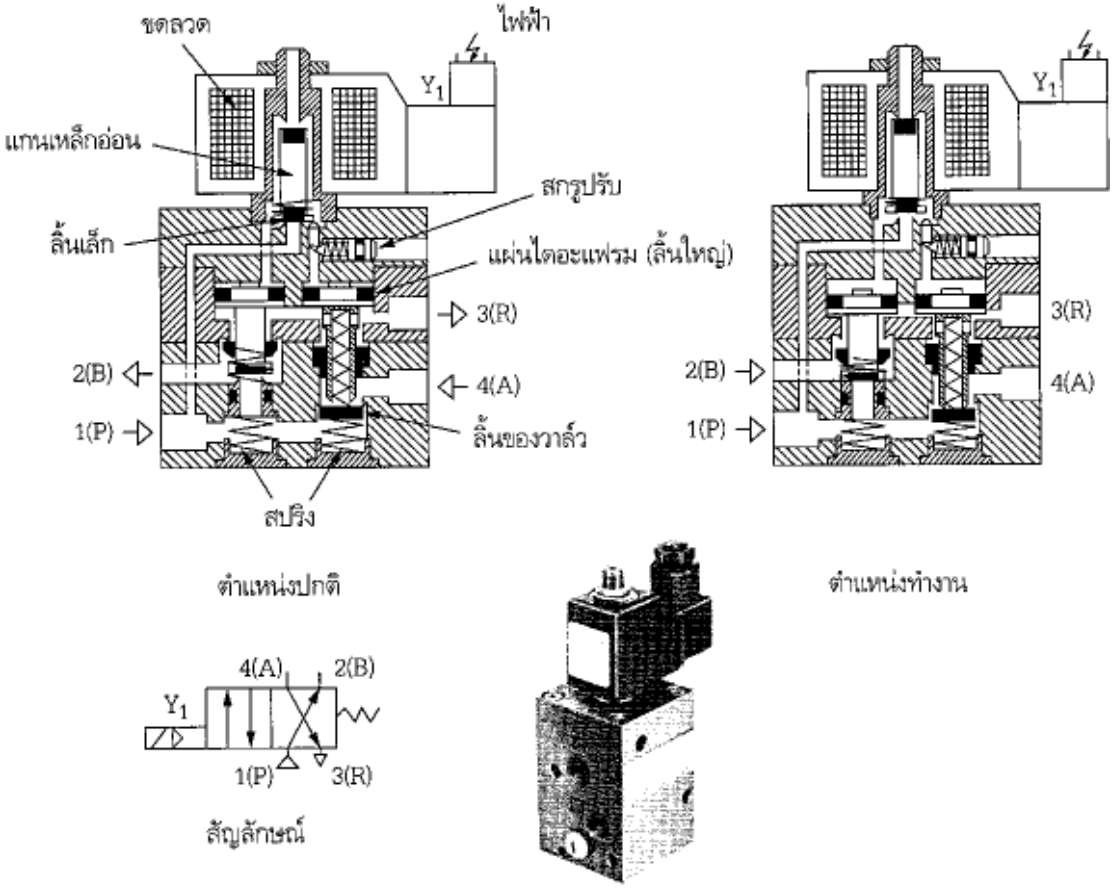
รูปที่ 11(ต่อ) วาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นโดยไฟฟ้าเลื่อนลิ้นกลับโดยสปริง

หลักการทำงาน

ตำแหน่งปกติ เมื่อยังไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโซลินอยด์ Y1 ลมไม่สามารถไหลผ่านจาก 1(P) ไป 2(A) ได้แต่ลมจาก 2(A) สามารถผ่านไป 3(A) ได้

ตำแหน่งทำงาน เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโซลินอยด์ ที่ Y1 ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นทำให้แกนของลิ้นวาล์วเลื่อนขึ้น ลมสามารถไหลผ่านจาก 1(P) ไป 2(A) ได้

3.3.3 วาล์ว 4/2 เลื่อนลิ้นด้วยไฟฟ้าและลมดัน เลื่อนลิ้นกลับโดยสปริง (4/2 D.C valve set by solenoid and pressure rest by spring)



รูปที่ 12 วาล์ว 4/2 เลื่อนลิ้นด้วยไฟฟ้าและลมดัน เลื่อนลิ้นกลับโดยสปริง

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

หลักการทำงาน

ตำแหน่งปกติ ยังไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า Y1 ขดลวดโซลินอยส์ยังไม่ทำงานแรงของสปริงดันให้ลิ้นวาล์วปิด ลมไหลจาก 1(P) ไป 2(B) และจาก 4(A) ไป 3(R)

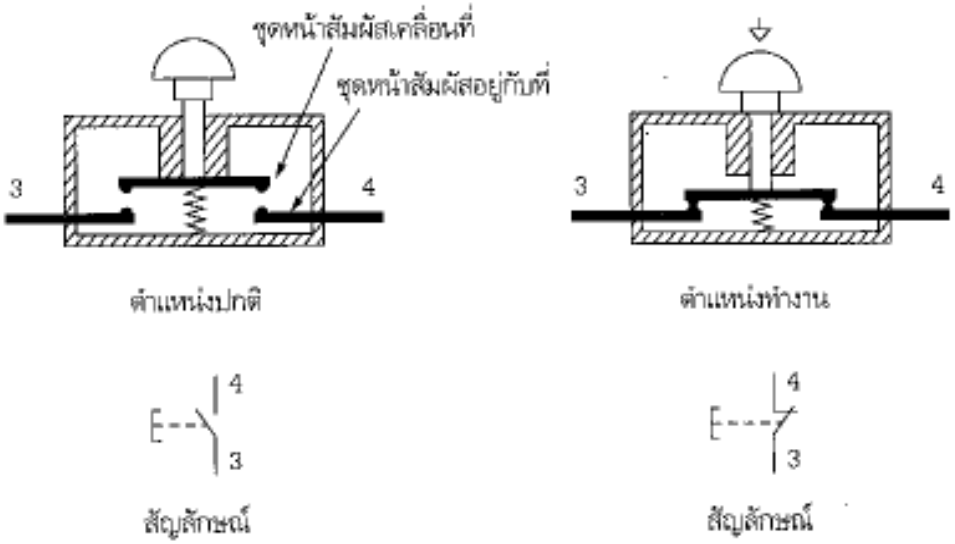
ตำแหน่งทำงาน เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดโซลินอยส์ Y1 ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กไปเลื่อนลิ้นวาล์วทำให้ลมจาก 1(P) ไหลไปที่ 4(A) และลมจากรู 2(B) ระบายออกรู 3(R)

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าควบคุม

3.4.1 สวิตช์ไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าสัมผัสภายในสำหรับควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ถ้าหน้าสัมผัสเปิด หมายถึง หน้าสัมผัสไม่สัมผัสกันกระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้ และหน้าสัมผัสปิด หมายถึง หน้าสัมผัสมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้โดยมีชุดควบคุมหน้าสัมผัสให้เปิดและปิดด้วยกลไกลหรือกระแสไฟฟ้า การเลือกใช้งานจำเป็นต้องคำนึงความทนกระแสและวิธีควบคุมที่เหมาะสมกับการใช้งาน สวิตช์ไฟฟ้ามีหลายประเภทสามารถแบ่งได้ตามลักษณะการทำงานดังนี้

1.) สวิตช์แบบปุ่มกด (Put button switch) หน้าที่ของสวิตช์ คือ ใช้ตัดต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อให้มีการจ่ายแรงดันเข้าวงจร หรืองดจ่ายแรงดันเข้าวงจร ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะการทำงาน คือ

1.1) สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติเปิด (Normally open) มีโครงสร้างและการทำงานดังรูปที่ 13



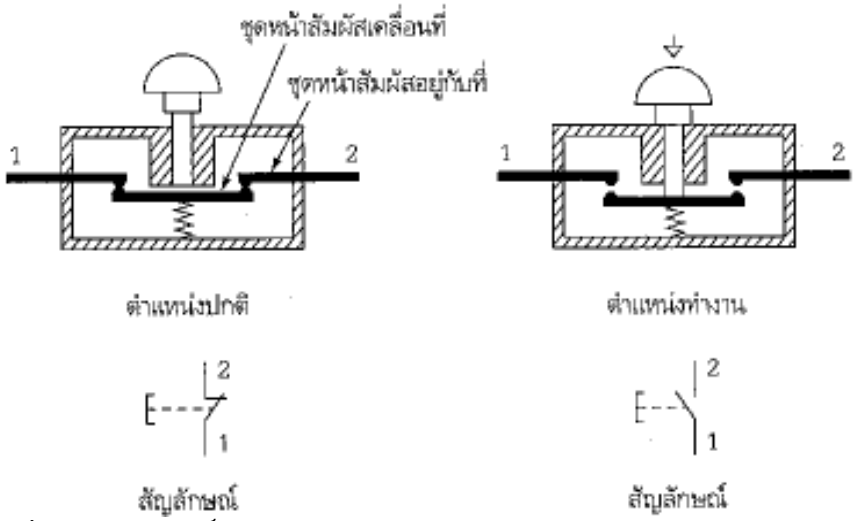
รูปที่ 13 แสดงสวิทช์ไฟฟ้าแบบกดติดปล่อยดับแบบปกติเปิด(Normally open)

หลักการทำงาน

สวิตช์แบบปกติเปิด ในตำแหน่งปกติกระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้เพราะหน้าสัมผัสของสวิตช์ไม่ต่อถึงกัน เมื่อถูกกดจะทำให้หน้าสัมผัสต่อถึงกันกระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

1.2) สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติปิด (Normally close) มีโครงสร้างและการทำงานดังรูปที่ 14



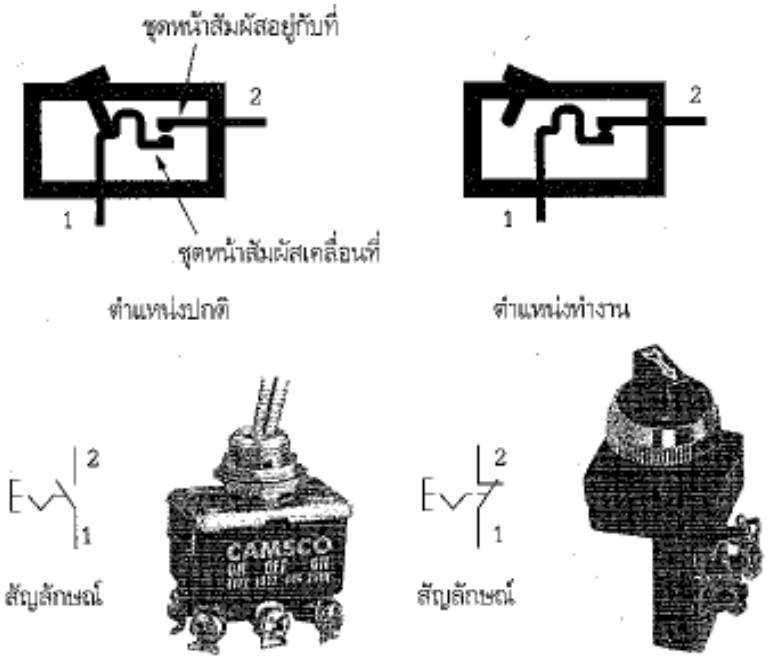
รูปที่ 14 แสดงสวิตช์ไฟฟ้าแบบกดติดปล่อยดับแบบปกติปิด (Normally close)

หลักการทำงาน

สวิตช์แบบปกติปิด ในตำแหน่งปกติกระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้เพราะหน้าสัมผัสของสวิตช์ต่อถึงกัน เมื่อถูกกดจะทำให้หน้าสัมผัสแยกออกจากกัน กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้

2.) สวิตช์กดค้างตำแหน่ง (toggle switch) **[1], [2]**

สวิตช์กดค้างตำแหน่ง คือ อุปกรณ์ที่ควบคุมการปิด-เปิดวงจรไฟฟ้า ส่วนประกอบคล้ายกับสวิตช์ปุ่มกด (put button switch) แต่เมื่อปล่อยมือแล้วสวิตช์ยังคงค้างตำแหน่งทำงานอยู่ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะการทำงานดังรูปที่ 15

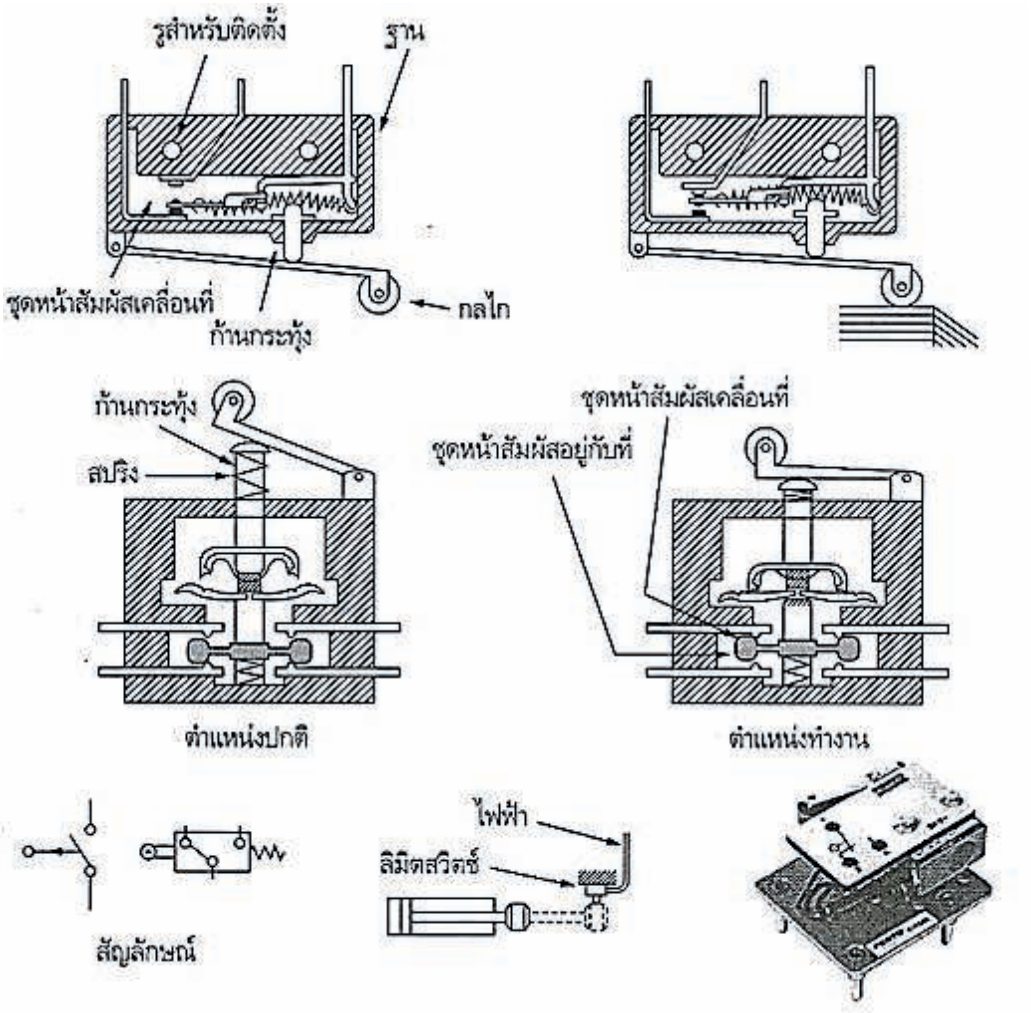


รูปที่ 15 สวิตช์กดค้างตำแหน่ง (toggle switch)

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

3.) ลิมิตสวิตช์ (Limit switch)

ลิมิตสวิตช์หรือสวิตช์จำกัดระยะเป็นสวิตช์ไฟฟ้าที่ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของชิ้นงาน หรือชิ้นส่วนของเครื่องจักร การเปิดและปิดหน้าสัมผัสภายในอาศัยแรงกดของวัตถุตรวจจับกดทับลูกกลิ้ง ดังแสดงในรูปที่ 16



รูปที่ 16 ลิมิตสวิตช์

4.สัญลักษณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า

4.1 การกำหนดรหัสอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า

ในการเขียนรหัสวงจรนิวแมติกส์ไฟฟ้าจำเป็นต้องมีมาตรฐานการเขียนรหัสอุปกรณ์ต่างๆ ให้ถูกต้องและมีความเข้าใจตรงกัน เพื่อสะดวกในการอ่านและออกแบบวงจร โดยมีหลักการในการกำหนดรหัสอุปกรณ์ดังนี้

4.1.1 อุปกรณ์ทำงาน เช่น สูบลม มอเตอร์ลม เป็นต้น ตัวเลขหลังจากจุดทศนิยมจะเป็นเลข 0 ส่วนตัวเลขหน้าจุดทศนิยมจะบอกถึงอุปกรณ์ทำงานตัวที่เท่าไร เช่น 1.0, 2.0, 3.0 เป็นต้น

4.1.2 วาล์วควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ ตัวเลขหลังจุดทศนิยมจะเป็นเลข 1 ส่วนตัวเลขหน้าจุดทศนิยมจะบอกว่าเป็นวาล์วควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงานลำดับที่เท่าใด เช่น 1.1 2.1 3.1 เป็นต้น

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

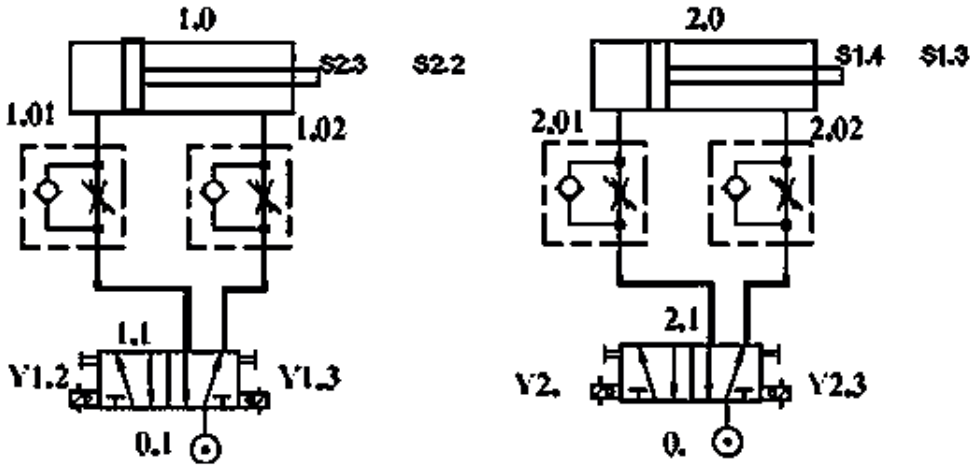
4.1.3 อุปกรณ์ควบคุมความเร็วของอุปกรณ์ทำงานตัวเลขหลังจุดทศนิยมเป็น 0 แล้วตามด้วยเลขคู่หรือเลขคี่ เช่น 1.02 2.02 1.01 1.03 2.01 เป็นต้น ส่วนตัวเลขหน้าจุดทศนิยมจะบอกถึงว่าเป็นอุปกรณ์ควบคุมความเร็วของอุปกรณ์ทำงานลำดับที่เท่าใด เลขหลักสุดท้ายจะมีความหมายสองแบบในกรณีที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่เข้าหรือออกของก้านสูบ โดยเลขคี่จะบอกถึงอุปกรณ์ควบคุมความเร็วของก้านสูบในขณะเคลื่อนที่เข้า และเลขคู่จะบอกถึงอุปกรณ์ควบคุมความเร็วของก้านสูบในขณะเคลื่อนที่ออก

4.1.4 แหล่งจ่ายลม แหล่งจ่ายลมเป็นอุปกรณ์ที่ไม่มีผลต่อการบังคับทิศทางของก้านสูบจะใช้ตัวเลขหน้าทศนิยมเป็นศูนย์ เช่น 0.1 0.2 0.3 เป็นต้น

4.1.5 อุปกรณ์ให้สัญญาณในระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า ส่วนใหญ่จะเป็นสวิตช์แบบต่างๆ ตัวเลขที่กำหนดไว้ที่อุปกรณ์จะมีรหัสดังนี้ เช่น S1.2, S2.2, S1.3, S2.3, S2.5 เป็นต้น โดยตัวเลขหน้าจุดทศนิยมจะบอกถึงการควบคุมอุปกรณ์ทำงานลำดับที่เท่าใดและตัวเลขหลังจุดทศนิยมจะใช้ในกรณีที่อุปกรณ์ทำงานคือสูบลม โดยจะให้ความหมายดังนี้ เลขคี่หมายถึงการควบคุมที่ทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าและเลขคู่หมายถึงการควบคุมที่ทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออก

4.1.6 โซลีนอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) โซลีนอยด์วาล์วจะกำหนดรหัสด้วยตัวอักษรและตัวเลขรวมกัน ตัวอักษรที่ใช้แทนโซลีนอยด์จะใช้อักษร Y เช่น Y1.2 Y2.2 Y1.3 Y2.3 เป็นต้น โดยตัวเลขหลังจุดทศนิยมจะให้ความหมายดังนี้ เลขคี่ให้ความหมายว่าโซลีนอยด์วาล์วนี้มีผลทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าและเลขคู่ให้ความหมายว่าโซลีนอยด์วาล์วนี้มีผลทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออก

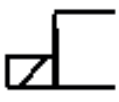
<u>ตัวอย่างการกำหนดรหัสอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า</u>



รูปที่ 17 ตัวอย่างการกำหนดรหัสอุปกรณ์นิวแมติกส์ไฟฟ้า

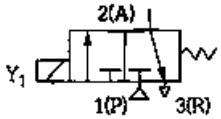
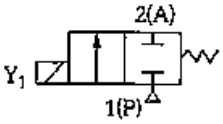
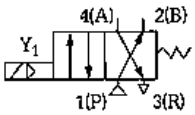
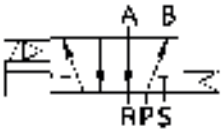
4.2 สัญลักษณ์อุปกรณ์ควบคุมที่ใช้ในวงจรกำลัง

4.2.1 การเลื่อนลิ้นวาล์วโดยใช้ไฟฟ้า (Electrical Actuation)

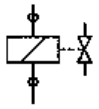
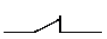
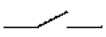
สัญลักษณ์	ชื่อ
	การเลื่อนลิ้นวาล์วโดยใช้โซลีนอยด์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า รหัสวิชา 0922720104 หัวข้อที่ 1

4.2.2 วาล์วควบคุมทิศทาง

สัญลักษณ์	ชื่อ
	วาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นโดยไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับโดยสปริง (3/2 D.C valve N.C. set by solenoid reset by spring)
	วาล์ว 2/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นโดยไฟฟ้า เลื่อนลิ้นวาล์วกลับโดยสปริง(2/2 D.C valve N.C. set by solenoid reset by spring)
	วาล์ว 4/2 เลื่อนลิ้นด้วยไฟฟ้าและลมดัน เลื่อนลิ้นกลับโดยสปริง (4/2 D.C valve set by solenoid and pressure rest by spring)
	วาล์ว 5/2 เลื่อนลิ้นด้วยไฟฟ้าและลมดันหรือปุ่มกด เลื่อนลิ้นกลับโดยไฟฟ้า (5/2 D.C. valve set by push button or solenoid & pressure reset by solenoid)

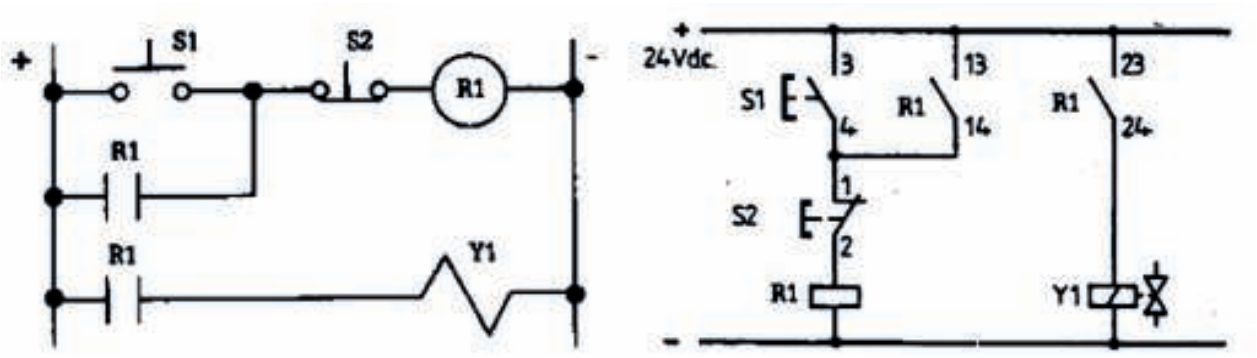
4.3 สัญลักษณ์อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าควบคุม

สัญลักษณ์	ชื่อ	สัญลักษณ์	ชื่อ
	สวิตช์ปุ่มกดแบบหน้าสัมผัสปกติเปิด (Push Button Switch Normally Open)		โซลีนอยด์วาล์ว(Solenoid valve)
	สวิตช์ปุ่มกดแบบหน้าสัมผัสปกติปิด (Push Button Switch Normally Close)		หน้าสัมผัสรีเลย์ ปกติปิด(Normally Close Contact)
	สวิตช์กดค้างตำแหน่งหน้าสัมผัสปกติเปิด (Toggle Switch Normally Open)		หน้าสัมผัสรีเลย์ ปกติเปิด(Normally Open Contact)
	สวิตช์กดค้างตำแหน่งหน้าสัมผัสปกติปิด (Toggle Switch Normally Close)		รีเลย์(Relay)
	สวิตช์จำกัดตำแหน่ง ปกติเปิด (Normally Open Limit Switch)		สวิตช์จำกัดตำแหน่ง ปกติปิด(Normally Close Limit Switch)

5. แลดเดอร์ไดอะแกรม

นอกจากการเขียนวงจรสวิตช์ไฟฟ้าในลักษณะแนวตั้งดังที่กล่าวมาแล้วนั้น ยังนิยมเขียนแทนวงจรสวิตช์ไฟฟ้าในลักษณะแนวนอนที่เรียกว่า “แลดเดอร์ไดอะแกรม” ซึ่งมีความหมายได้เช่นเดียวกันดังแสดงการเปรียบเทียบการเขียนวงจรทั้งสองแบบดังแสดงในรูปที่ 18

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า รหัสวิชา 0922720104 หัวข้อที่ 1

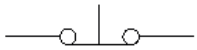
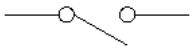
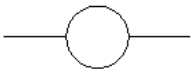
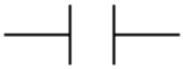
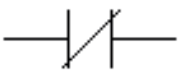
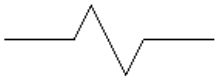


ก) การเขียนวงจรแบบแนวนอน **ข) การเขียนวงจรแบบแนวตั้ง**

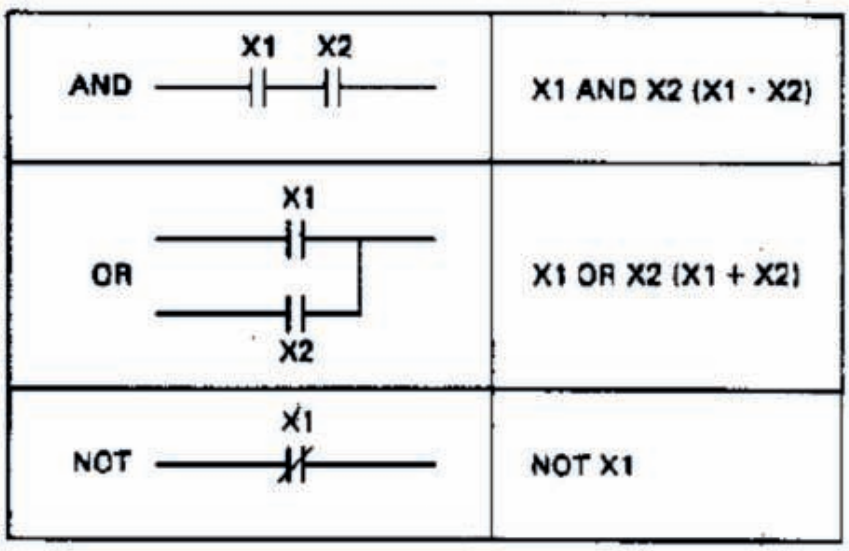
รูปที่ 18 เปรียบเทียบระหว่างการเขียนวงจรทั้ง 2 แบบ

5.1 หลักการเขียนแลดเดอร์ไดอะแกรม

5.1.1 สัญลักษณ์ของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าควบคุมแบบแลดเดอร์ไดอะแกรม

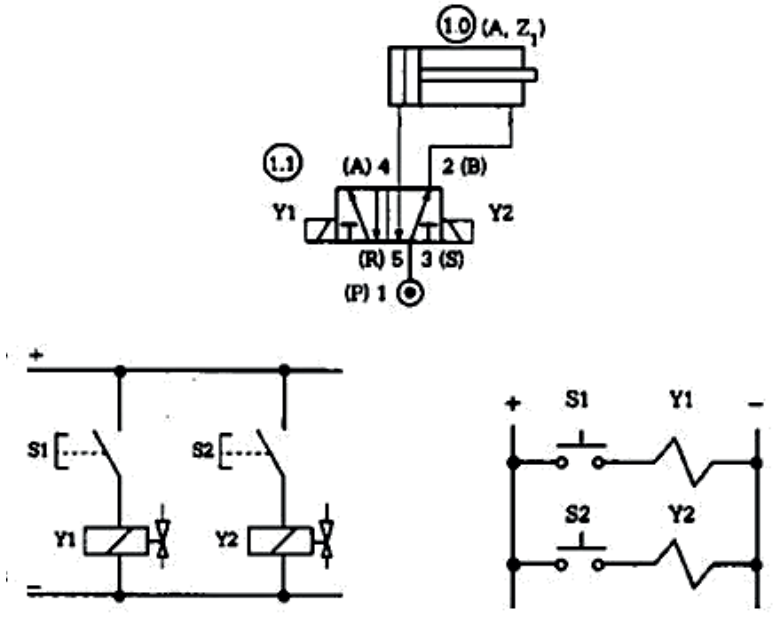
สัญลักษณ์	ชื่อ
	สวิตช์ปุ่มกดแบบหน้าสัมผัสปกติเปิด (Push Button Switch Normally Open)
	สวิตช์ปุ่มกดแบบหน้าสัมผัสปกติปิด (Push Button Switch Normally Close)
	สวิตช์กดค้างตำแหน่งหน้าสัมผัสปกติเปิด (Toggle Switch Normally Open)
	สวิตช์กดค้างตำแหน่งหน้าสัมผัสปกติปิด (Toggle Switch Normally Close)
	สวิตช์จำกัดตำแหน่ง ปกติเปิด (Normally Open Limit Switch)
	สวิตช์จำกัดตำแหน่ง ปกติปิด (Normally Close Limit Switch)
	รีเลย์ (Relay)
	หน้าสัมผัสรีเลย์ ปกติเปิด (Normally Open Contact)
	หน้าสัมผัสรีเลย์ ปกติปิด (Normally Close Contact)
	โซลีนอยด์วาล์ว (Solenoid valve)

5.1.2 รูปแบบการเขียนแลดเดอร์ไดอะแกรมแบบมีเงื่อนไข



รูปที่ 19 การเขียนแลดเดอร์ไดอะแกรมแบบมีเงื่อนไข

5.1.3 ตัวอย่างการเขียนแลดเดอร์ไดอะแกรม

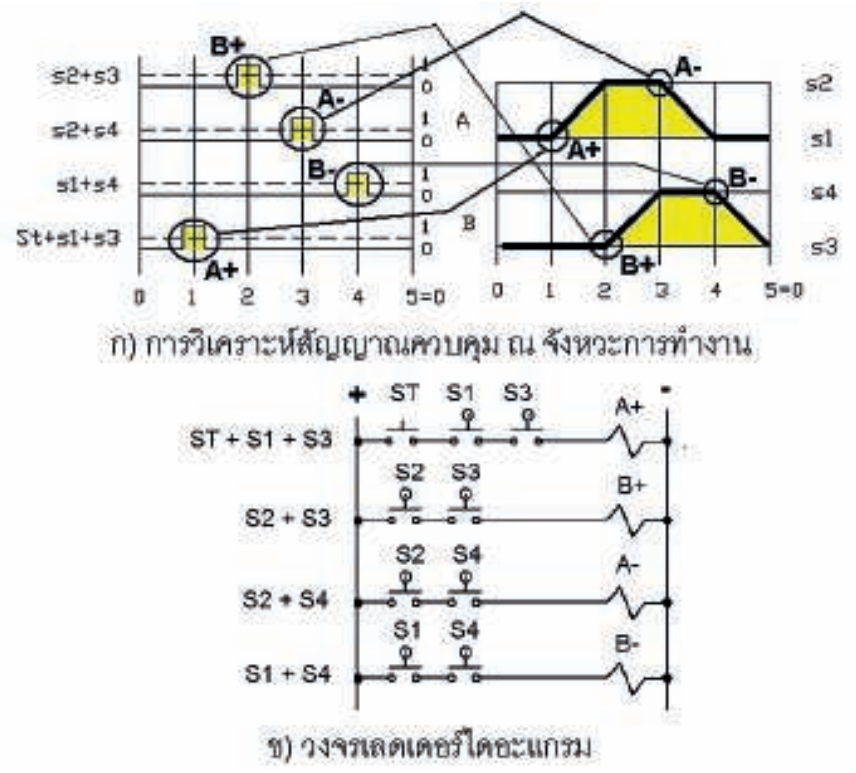


รูปที่ 20 ตัวอย่างการเขียนแลดเดอร์ไดอะแกรม

5.2 การสร้างวงจรแลดเดอร์ไดอะแกรมจากสัญญาณควบคุม

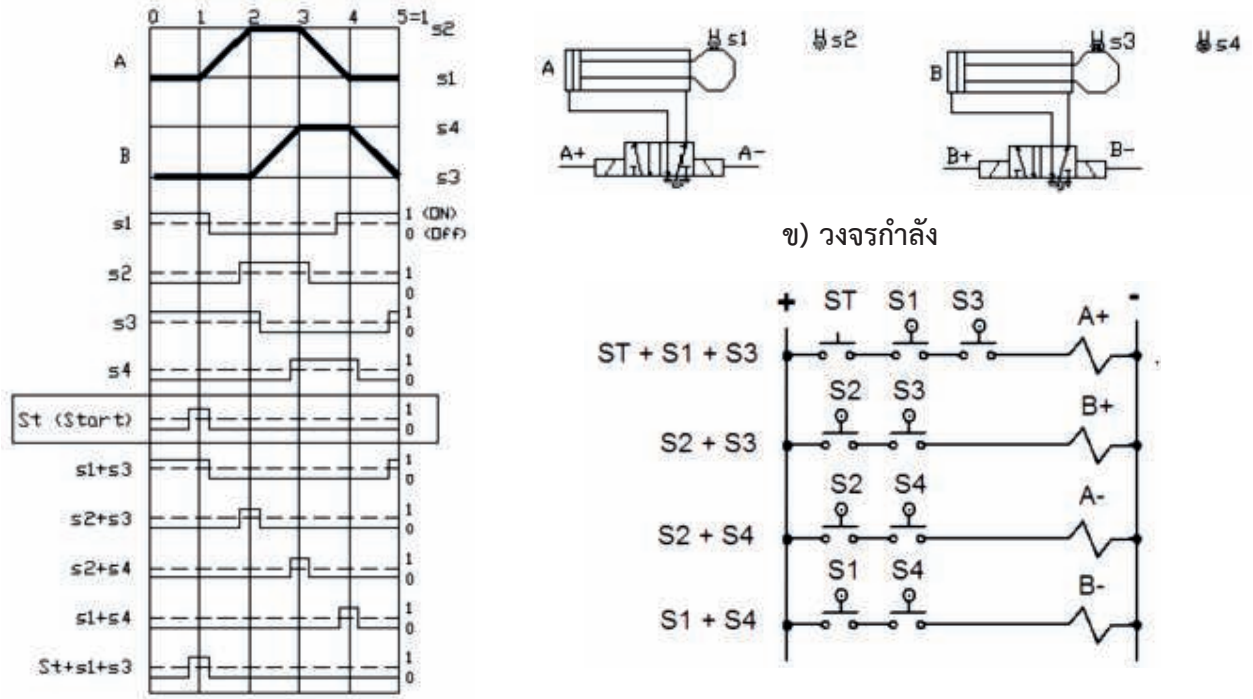
จากสัญญาณควบคุมสามารถนำมาสร้างวงจรไฟฟ้าควบคุมหรือแลดเดอร์ไดอะแกรมได้ดังแสดงในรูปที่ 21

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1



ก) การวิเคราะห์สัญญาณควบคุม ณ จังหวะการทำงาน

ข) วงจรแลดเดอร์ไดอะแกรม



ข) วงจรกำลัง

ก) แผนภาพสัญญาณควบคุม

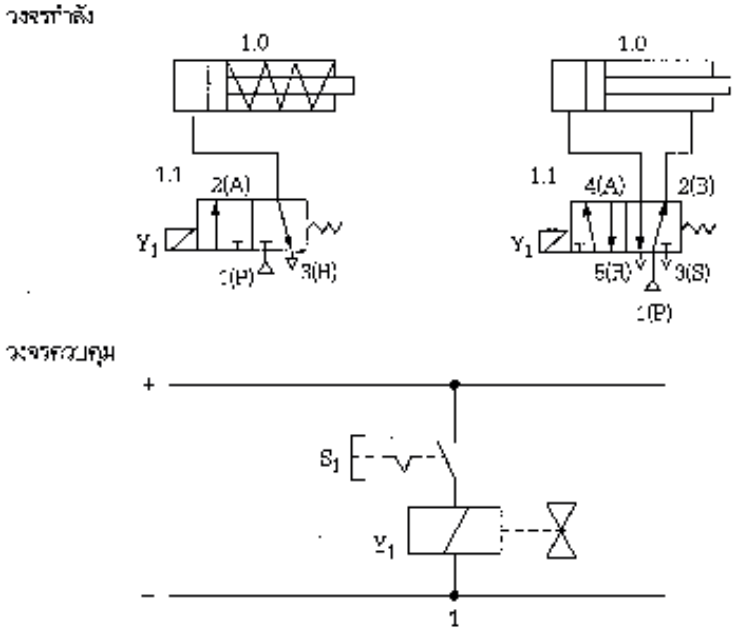
ค) วงจรไฟฟ้าแลดเดอร์ไดอะแกรม

รูปที่ 21 การสร้างวงจรแลดเดอร์ไดอะแกรมจากสัญญาณควบคุม

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

6. วิธีการอ่านและวงจร

6.1 วงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางตรง

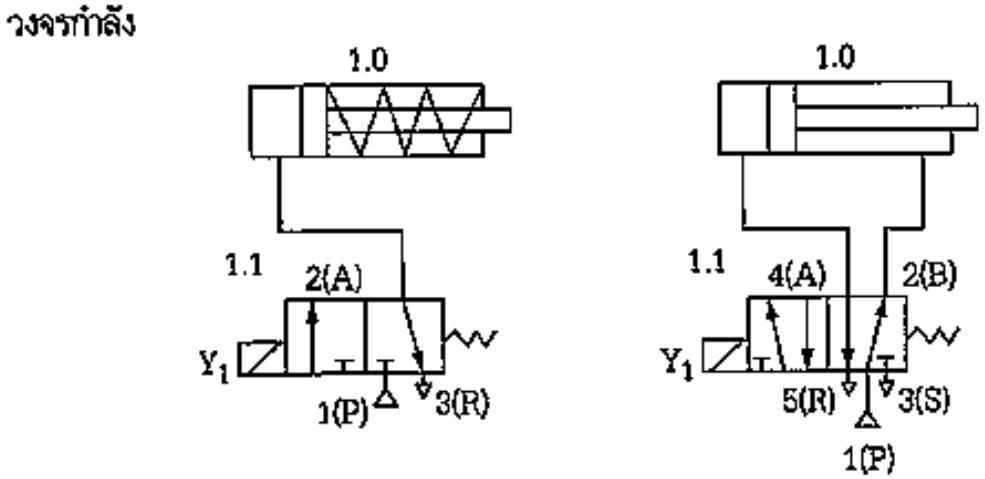


รูปที่ 22 การควบคุมกระบอกสูบโดยใช้วาล์ว เลื่อนลิ้นด้วยไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับโดยสปริง

หลักการทำงาน

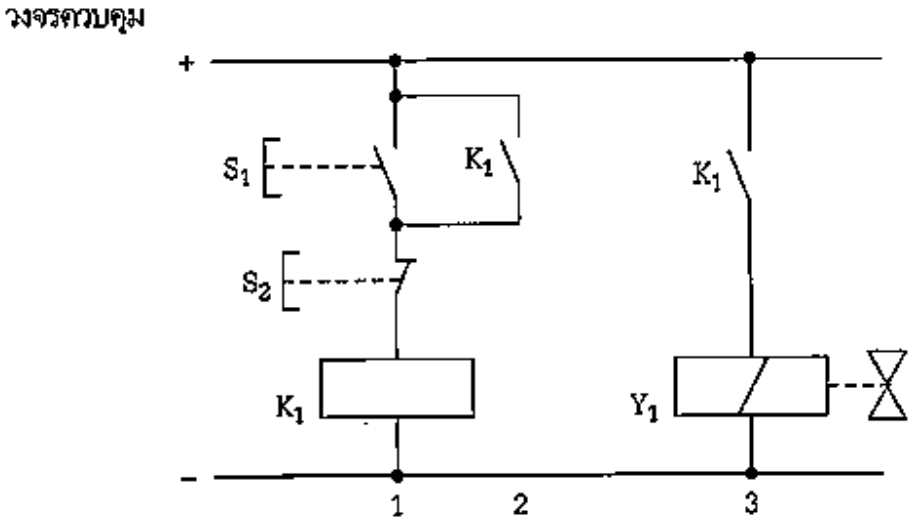
เมื่อกดสวิตช์ S1 ซึ่งกดค้างตำแหน่ง กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า Y1 เกิดอำนาจแม่เหล็กดูดแกนเหล็กทำให้ลิ้นวาล์วเลื่อน ลมไหลจาก 1(P) ไป 2(A) ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออก และเมื่อปล่อยสวิตช์ S1 แรงสปริงจะดันลิ้นวาล์วให้เลื่อนกลับตำแหน่งเดิมทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า

6.2 วงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางอ้อม



ก) วงจรกำลัง

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า รหัสวิชา 0922720104 หัวข้อที่ 1



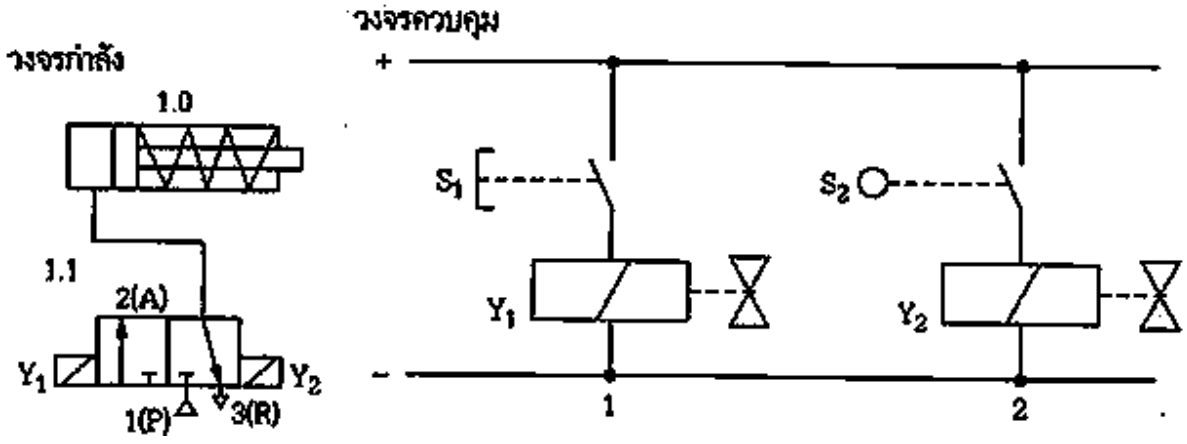
ข) วงจรควบคุม

รูปที่ 23 การควบคุมกระบอกสูบโดยใช้วาล์วที่เลื่อนลิ้นไปและกลับโดยโซลินอยส์

หลักการทำงาน

เมื่อกดที่สวิตซ์แบบปกติเปิด S1 จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสวิตช์ S2 ไปยังรีเลย์ K1 ทำให้หน้าสัมผัสแบบปกติเปิดของรีเลย์ K1 ทำงานและกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหน้าสัมผัส K1 ไปยังโซลินอยด์ Y1 ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กไปเลื่อนลิ้นวาล์ว ลมจากรู 1(P) ไหลไปยัง 2(A) ทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออก และเมื่อปล่อยมือจากสวิตช์ลิ้นวาล์วยังคงค้างตำแหน่งเดิม ในทำนองเดียวกัน เมื่อกดสวิตช์ S2 จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังรีเลย์ K1 ไม่ได้ ทำให้หน้าสัมผัส K1 ทั้งสองกลับสู่ตำแหน่งปกติ และไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโซลีนอยด์วาล์วทำให้ลิ้นวาล์วเลื่อนกลับตำแหน่งปกติโดยแรงสปริงเป็นผลให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า

6.3 วงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ



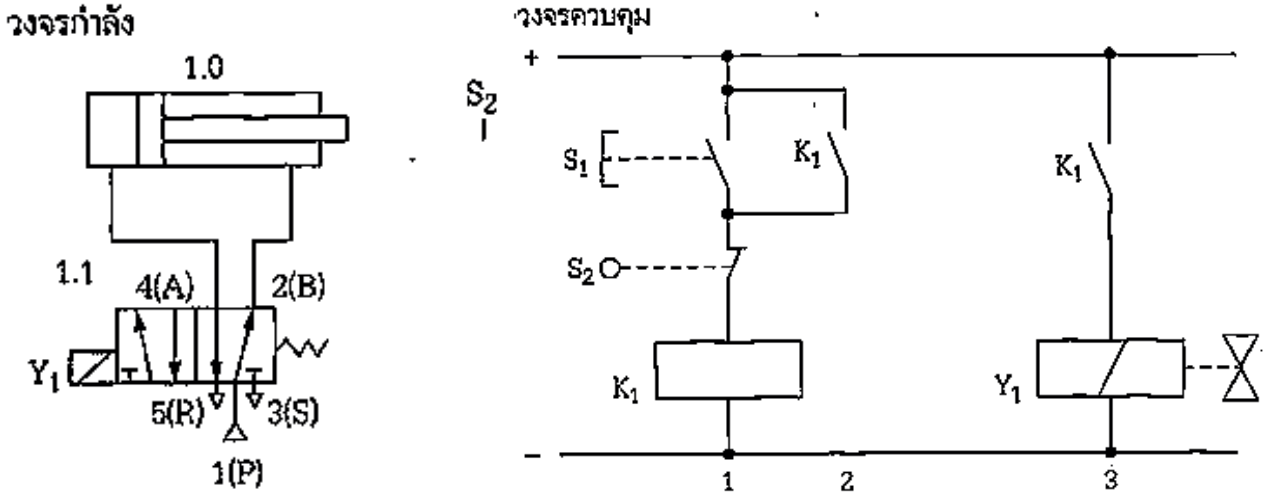
รูปที่ 24 การควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

หลักการทำงาน

เมื่อกดสวิตช์แบบปกติเปิด S1 ทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านโซลีนอยด์ Y1 ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กเลื่อนลิ้นวาล์ว ลมจากท่อ 1(P) ไหลไปรู 2(A) และก้านสูบเคลื่อนที่ออกไปกดลิมิตสวิตช์แบบปกติเปิด S2 ทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านโซลีนอยด์ Y2 ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กเลื่อนลิ้นวาล์ว ลมจากท่อ 2(A) ระบายออกไปยังรู 3(R) ทำให้ลิ้นวาล์วเลื่อนกลับก้านสูบเคลื่อนที่เข้า

6.4 วงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ช่วยทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ

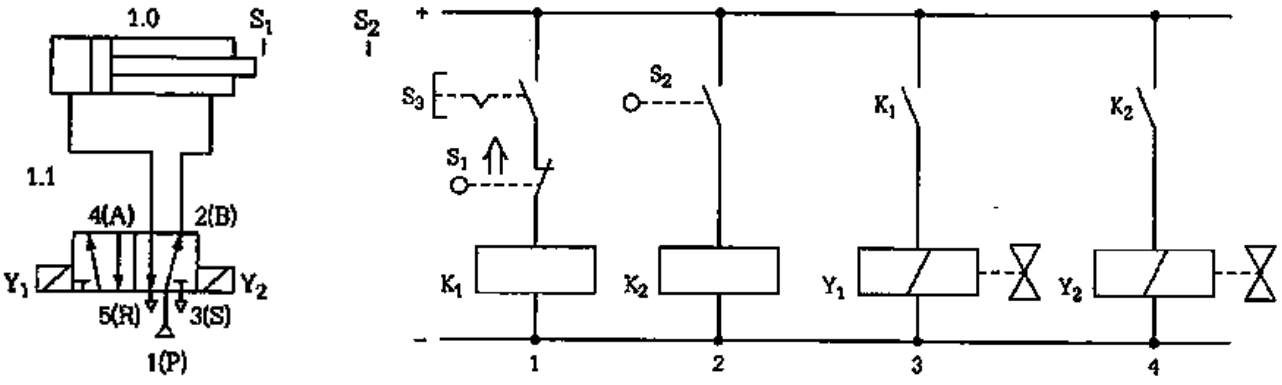


รูปที่ 25 การควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ช่วยให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ

หลักการทำงาน

เมื่อกดสวิตช์แบบปกติเปิด S1 ทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านลิมิตสวิตช์แบบปกติปิด S2 และขดลวดรีเลย์ K1 ทำงานดูดหน้าสัมผัส K1 แบบปกติเปิดให้ติดกันและต่อวงจรขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า Y1 เกิดอำนาจแม่เหล็กเลื่อนลิ้นวาล์ว ลมจากท่อ 1(P) ไหลไปรู 4(A) ทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออกไปกดลิมิตสวิตช์ S2 ตัดวงจรขดลวดรีเลย์ K1 หยุดทำงาน ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า Y1 หมดอำนาจแม่เหล็ก ลิ้นวาล์วเลื่อนกลับโดยแรงสปริง ทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่กลับ

6.5 วงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ช่วยให้ทำงานแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 26 การควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ช่วยให้ทำงานแบบอัตโนมัติ

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า รหัสวิชา 0922720104 หัวข้อที่ 1

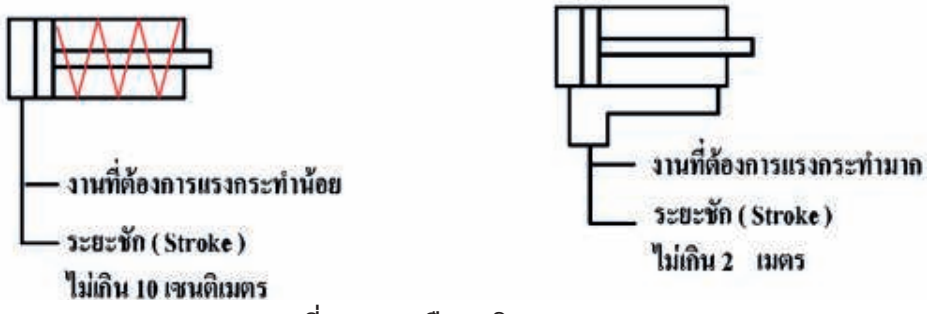
หลักการทำงาน

เมื่อกดสวิตช์ S3 ซึ่งเป็นสวิตช์แบบกดค้างตำแหน่ง(Toggle switch) จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านลิมิตสวิตช์แบบปกติปิด S1 ไปยังรีเลย์ K1 ทำให้หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด K1 ทำงาน เป็นผลให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังโซลีนอยด์วาล์ว Y1 ทำให้วาล์วเปลี่ยนตำแหน่ง ลมจากรู 1(P) ต่อรู 4(A) และลมจากรู 2(B) ระบายไปยังรู 3(S) รู 5(R) ปิด ทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออกไปกดลิมิตสวิตช์แบบปิกติปิด S1 ตัดการทำงานของรีเลย์ K1 แล้วปล่อย และเคลื่อนที่ออกไปกดลิมิตสวิตช์แบบปกติเปิด S2 ต่อ ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังรีเลย์ K2 เป็นผลให้หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด K2 ทำงาน กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังโซลีนอยด์วาล์ว Y2 ทำให้ลิ้นวาล์วเลื่อนกลับมายังตำแหน่งปกติและก้านสูบเคลื่อนที่เข้า การทำงานนี้จะวนรอบไปเรื่อยๆ จนกว่าผู้ควบคุมจะกดสวิตช์ S3 ซึ่งเป็นสวิตช์แบบค้างตำแหน่งที่อยู่ในตำแหน่งทำงานให้กลับไปอยู่ในตำแหน่งปกติ ก้านสูบจึงจะหยุดเคลื่อนที่

7. วิธีการออกแบบควบคุมนิวแมติกส์ไฟฟ้า

7.1 งานควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรม จะมีลักษณะของวงจรการทำงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งานของเครื่องจักรกลนั้นๆ ดังนั้นการออกแบบวงจรให้เหมาะสมกับการใช้งานของเครื่องจักรจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะเกิดผลของงานที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถประหยัดราคาของอุปกรณ์ที่ใช้งานอีกด้วยการออกแบบวงจรนิวแมติกส์ไฟฟ้าได้กำหนดขั้นตอนการออกแบบไว้เป็นลำดับ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกชนิดของสูบลม การเลือกชนิดของสูบลมนั้นเราพิจารณาจากลักษณะงานโดยคำนึงถึงแรงที่ต้องการใช้และระยะชักของสูบลม



รูปที่ 27 การเลือกชนิดของสูบลม

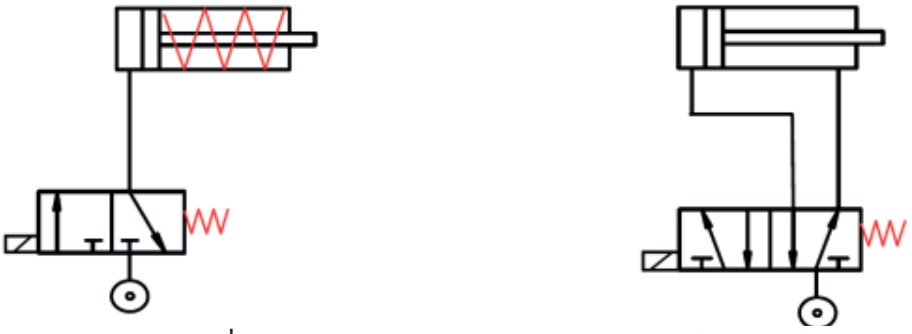
ขั้นตอนที่ 2 เลือกชนิดของเมนวาล์ว การเลือกชนิดของเมนวาล์วนั้นเราสามารถหาได้จากชนิดของอุปกรณ์ทำงานและลักษณะการทำงานของเครื่องจักรโดยมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ทางต่อของวาล์ว

รูปที่ 28 การหาทางต่อหรือจำนวนรูลมของเมนวาล์ว

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า รหัสวิชา 0922720104 หัวข้อที่ 1

2. ตำแหน่งของวาล์ว หาได้จากลักษณะงานที่ต้องการ ถ้าเครื่องจักรกลนิวแมติกส์ต้องการสภาวะการทำงาน 2 ตำแหน่ง ก็ต้องเลือกใช้วาล์ว 2 ตำแหน่ง และถ้าต้องการสภาวะการทำงาน 3 ตำแหน่งก็ต้องใช้วาล์ว 3 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 28



รูปที่ 29 แสดงตำแหน่งการใช้งานของเมนวาล์ว

ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบวงจรควบคุม

เพื่อให้สะดวกต่อการออกแบบวงจรควบคุมควรที่จะมีการเขียนแผนภาพสัญญาณควบคุมไว้ก่อน เพื่อให้ทราบขั้นตอน จังหวะการทำงานของวงจรกำลังก่อนจากนั้นจึงมาเลือกอุปกรณ์ว่าควรจะใช้อุปกรณ์ชนิดใดในการควบคุมวงจรกำลัง ตารางต่อไปนี้

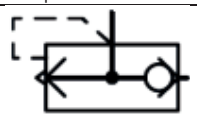
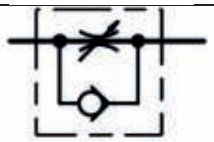
ชื่ออุปกรณ์	ลักษณะงาน
สวิตช์แบบกด	การทำงานเป็นจังหวะ
สวิตช์แบบกดค้างตำแหน่ง	การทำงานค้างตำแหน่ง
ลิมิตสวิตช์	การสั่งการด้วยการเคลื่อนที่ของก้านสูบ
รีเลย์	การทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติหรืออัตโนมัติ

นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงประเภทของสวิตช์หรือหน้าสัมผัสว่าเป็นแบบปกติเปิดหรือปกติปิดโดยอาจจะเลือกใช้จากข้อมูลตามตารางต่อไปนี้

ประเภทของสวิตช์/หน้าสัมผัส	ลักษณะงาน
ปกติเปิด	- กระแสไฟฟ้าไม่สามารถผ่านไปได้ในตำแหน่งปกติ - กระแสไฟฟ้าสามารถผ่านไปได้ในตำแหน่งทำงาน
ปกติปิด	- กระแสไฟฟ้าสามารถผ่านไปได้ในตำแหน่งปกติ - กระแสไฟฟ้าไม่สามารถผ่านไปได้ในตำแหน่งทำงาน

ขั้นตอนที่ 5 เลือกอุปกรณ์ควบคุมความเร็วของกระบอกสูบ

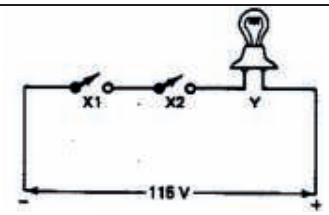
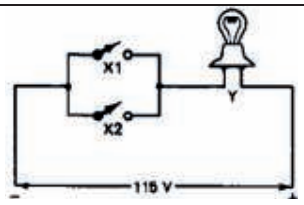
การเลือกอุปกรณ์ควบคุมความเร็วของกระบอกสูบจะเลือกอุปกรณ์ได้จากลักษณะงานว่าการเคลื่อนที่ออกหรือเคลื่อนที่เข้าของก้านสูบว่ามีความเหมาะสมอย่างไร โดยการควบคุมความเร็วสามารถเลือกวาล์วได้ตามตารางต่อไปนี้

อุปกรณ์ที่ใช้	ลักษณะการเคลื่อนที่
 วาล์วเร่งระบาย	เคลื่อนที่เร็ว
 วาล์วควบคุมการไหลทางเดียว	เคลื่อนที่ช้า

อุปกรณ์ที่แสดงในตารางนี้เราสามารถเลือกได้ว่าจะใช้ควบคุมในการเคลื่อนที่ออกหรือเคลื่อนที่ข้าวของก้านสูบ

ขั้นตอนที่ 6 เงื่อนไขพิเศษ

เงื่อนไขพิเศษในที่นี้ หมายถึง การคำนึงเงื่อนไขพิเศษของวงจรทำงานของเครื่องจักร เช่น มีระบบป้องกันจะต้องกด 2 มือเท่านั้นถึงจะทำงานหรือจะต้องปิดฝาเครื่องจักรก่อนจึงจะสตาร์ทให้เครื่องทำงานได้ โดยเงื่อนไขพิเศษสามารถเลือกได้ตามตารางดังนี้ เมื่อทำขั้นตอนนี้เสร็จแล้วควรมีการตรวจสอบความถูกต้องของวงจรด้วย

เงื่อนไขพิเศษ	ลักษณะงาน
 AND Condition	กดปุ่มกดสองปุ่มจึงจะทำงานได้
 OR Condition	กดปุ่มกดปุ่มใดปุ่มหนึ่งจึงจะทำงานได้

7.2 การออกแบบวงจรการทำงานแบบต่อเนื่องหรืออัตโนมัติ

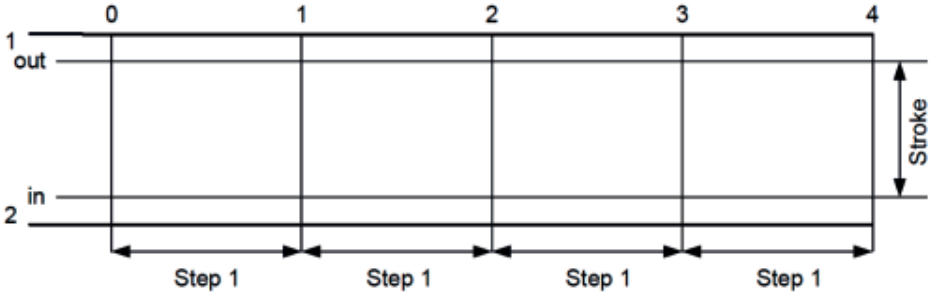
วิธีแสดงขั้นตอนการทำงานแบบต่อเนื่องวงจรการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้การควบคุมด้วยระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้าจะต้องมีการควบคุมการทำงานอย่างต่อเนื่อง การแสดงขั้นตอนการทำงานของวงจรมักจะแสดงอยู่ในรูปของไดอะแกรมเป็นหลักเพราะสามารถเข้าใจได้ง่ายไม่ยุ่งยากในการตรวจสอบและออกแบบวงจร วิธีแสดงขั้นตอนการทำงานของวงจรแบ่งออกเป็น 4 วิธี ดังนี้ คือ

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **หัวข้อที่ 1**

7.2.1 Alphabetic sequence การแสดงขั้นตอนการทำงานของกระบอกสูบต่างๆ โดยใช้อักษรภาษาอังกฤษหรือตัวเลขที่มีหลังจุดทศนิยมเป็นศูนย์ผสมกับเครื่องหมาย + และ – มีหลักเกณฑ์ดังนี้ตัวอักษรใหญ่หรือตัวเลขที่มีหลังจุดทศนิยมเป็นศูนย์หมายถึง อุปกรณ์การทำงาน เช่น กระบอกสูบ โดยตัวใดทำงานก่อนจะได้รับอักษรก่อน เช่น A, B, C หรือ 1.0 , 2.0, 3.0 เครื่องหมาย + หมายถึง ก้านสูบเคลื่อนที่ออก เช่น A+, B+ หรือ 1.0+, 2.0+ เป็นต้น ส่วนเครื่องหมาย – หมายถึง ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า เช่น A–, B– หรือ 1.0 - , 2.0- เป็นต้น ตัวอย่างเช่น

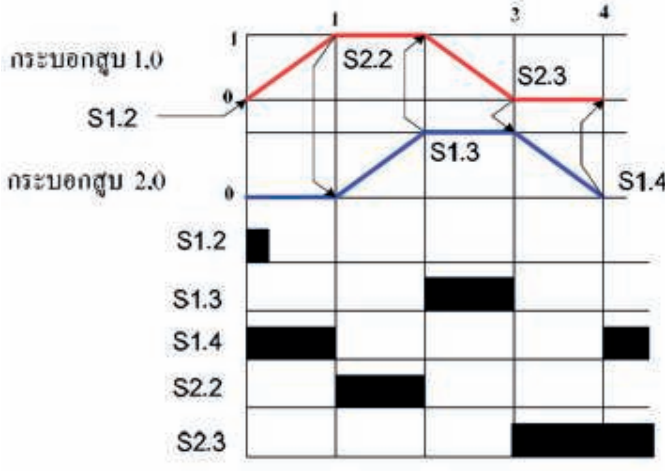
Sequence	ความหมาย
Start	เครื่องมี 2 สูบ
A+	การทำงานใน 1 Cycle มี 4 Step 4 Motion
B+	ก่อนการ Start สูบ A อยู่ในตำแหน่ง เข้าสุด
A-	ก่อนการ Start สูบ B อยู่ในตำแหน่ง เข้าสุด
B-	

7.2.2 Motion-Step diagram การแสดงขั้นตอนการทำงานโดยใช้ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของก้านสูบกับจังหวะในการทำงานทำได้โดยตั้งแกนขึ้นมา 2 แกน แกนตั้ง หมายถึง ระยะทางเคลื่อนที่ของก้านสูบ แกนนอน หมายถึงจังหวะการทำงาน เส้น In (0) หมายถึง ก้านสูบเข้าสุด เส้น Out (1) หมายถึง ก้านสูบออกสุด ดังแสดงในรูปที่ 28



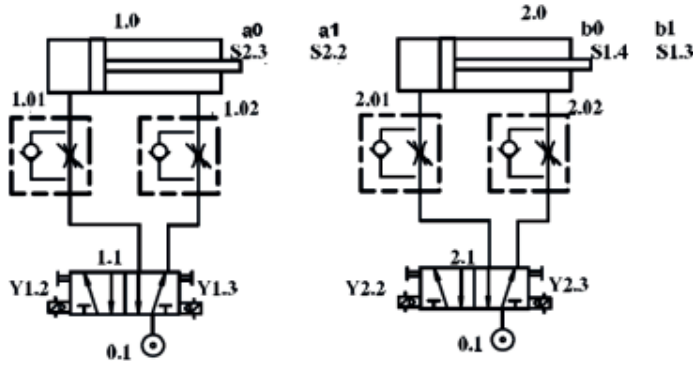
รูปที่ 30 Motion – Step diagram

ตัวอย่าง การเขียน Motion – Step diagram แสดงขั้นตอนการทำงานของวงจรนิวแมติกส์ 2 กระบอกสูบ

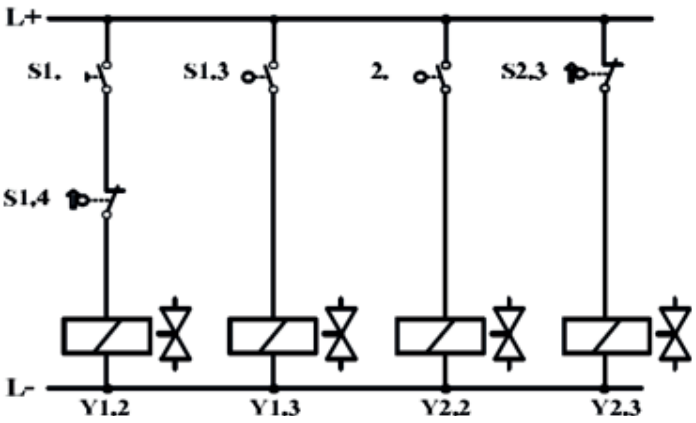


ก) Motion – Step diagram

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1



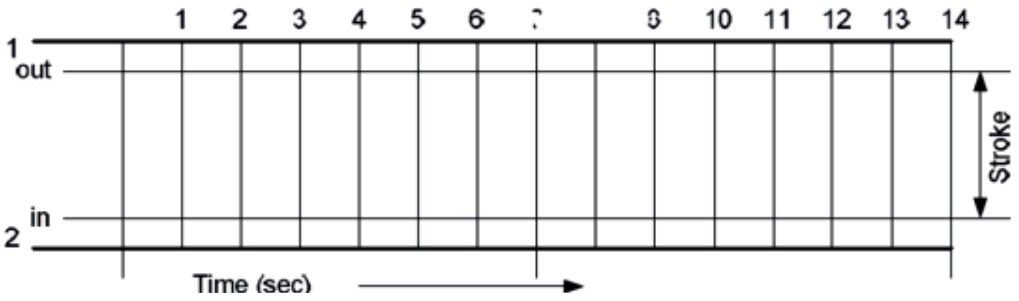
ข) วงจรกำลัง



ค) วงจรควบคุม

รูปที่ 31 ตัวอย่างการเขียน Motion – Step diagram

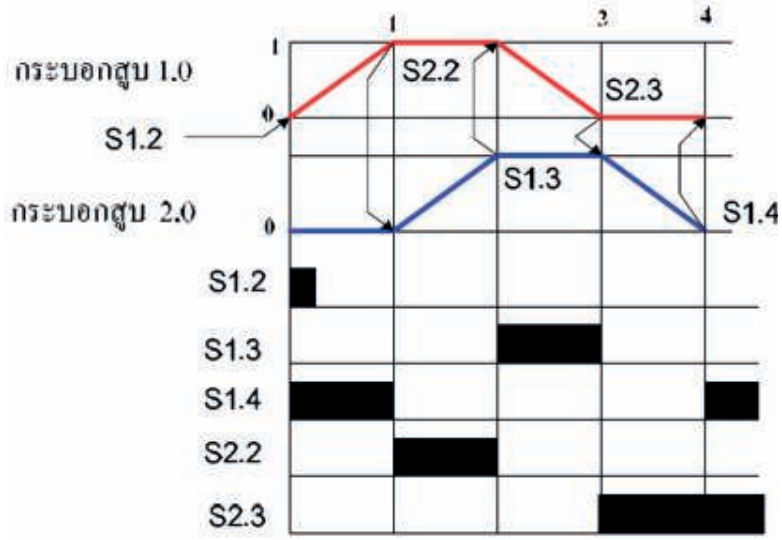
7.2.3 Motion Time diagram การแสดงขั้นตอนการทำงานโดยใช้ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของก้านสูบกับเวลา โดยตั้งแกนขึ้นมา 2 แกน แกนตั้ง หมายถึง ระยะทางเคลื่อนที่ของก้านสูบแกนนอน หมายถึง เวลาที่ใช้ในการทำงาน เส้น In (0) หมายถึง ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าสุด เส้น Out (1) หมายถึง ก้านสูบเคลื่อนที่ออกสุด



รูปที่ 32 Motion Time diagram

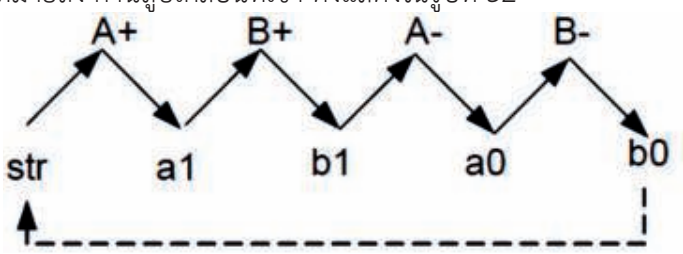
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า รหัสวิชา 0922720104 หัวข้อที่ 1

ตัวอย่าง การเขียน Motion – Time diagram แสดงขั้นตอนการทำงานของวงจรนิวแมติกส์ 2 กระบอกสูบ



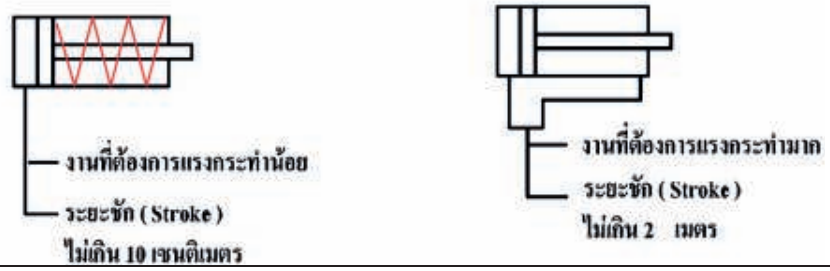
รูปที่ 33 ตัวอย่างการเขียน Motion – Time diagram

7.2.4 Alphabetic with signal flow Diagram การแสดงขั้นตอนการทำงานของก้านสูบโดยใช้อักษรผสมกับเครื่องหมาย + และ – พร้อมทั้งโยงลูกศรแสดงการส่งสัญญาณของการควบคุมวาล์ว มีหลักเกณฑ์ดังนี้ ตัวอักษรใหญ่หรือตัวเลขที่มีจุดทศนิยมเป็นศูนย์ หมายถึง อุปกรณ์ทำงาน เช่น กระบอกสูบใดทำงานก่อนจะได้รับอักษรหรือตัวเลขก่อน เครื่องหมาย ↗ หมายถึง การไหลของสัญญาณหรือความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ เครื่องหมาย + หมายถึง ก้านสูบเคลื่อนที่ออก เครื่องหมาย - หมายถึง ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า ดังแสดงในรูปที่ 32

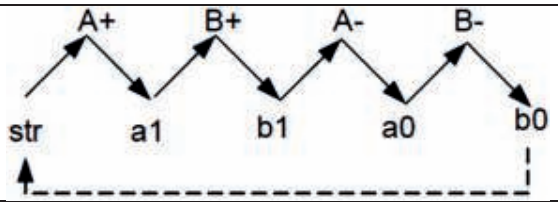


รูปที่ 34 Alphabetic with signal flow Diagram

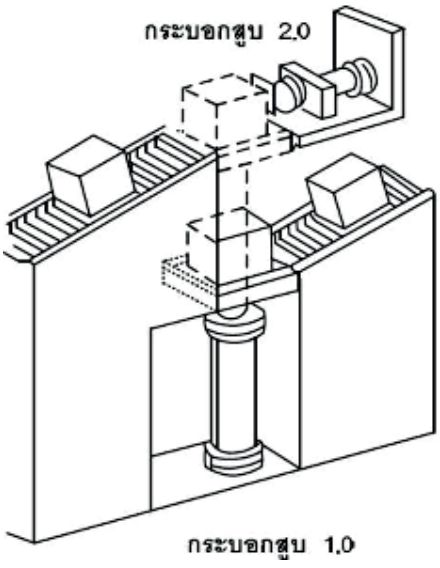
7.2.5 ขั้นตอนการออกแบบวงจรแบบทำงานต่อเนื่องหรืออัตโนมัติ

ขั้นตอน	การใช้อุปกรณ์
ขั้นตอนที่ 1 เลือกชนิดของกระบอกสูบ	
ขั้นตอนที่ 2 เลือกชนิดของเมนวาล์ว	ทางต่อลม ⟶ ชนิดของกระบอกสูบ ตำแหน่งของวาล์ว ⟶ ลักษณะงาน การเคลื่อนที่ของวาล์ว ⟶ ลักษณะงาน

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า รหัสวิชา 0922720104 หัวข้อที่ 1

ขั้นตอน	การใช้อุปกรณ์
ขั้นตอนที่ 3 เลือกอุปกรณ์ควบคุมความเร็ว	หาได้จากความต้องการของงาน เคลื่อนที่เร็ว ⟶ วาล์วเร่งระบาย เคลื่อนที่ช้า ⟶ วาล์วควบคุมความเร็วทางเดียว
ขั้นตอนที่ 4 เขียน Alphabetic with signal flow Diagram และ Step motion Diagram	
ขั้นตอนที่ 5 เขียนวงจรกำลังโดยกำหนดตำแหน่งของลิมิตสวิตซ์	ตำแหน่งของลิมิตสวิตซ์จะทราบจาก Step motion Diagram
ขั้นตอนที่ 6 เขียนวงจรควบคุม	ดู Step motion Diagram และวงจรกำลังประกอบการเขียนวงจรควบคุม
ขั้นตอนที่ 7 เงื่อนไขพิเศษ	การเพิ่มอุปกรณ์พิเศษเพื่อให้วงจรสมบูรณ์ยิ่งขึ้น เช่น มีอุปกรณ์ป้องกัน เป็นต้น
ขั้นตอนที่ 8 ตรวจสอบการทำงานของวงจร	ตรวจสอบจากวงจรควบคุม วงจรกำลังร่วมกัน และการต่อวงจรจากอุปกรณ์จริง

ตัวอย่าง งานการควบคุมแบบต่อเนื่องโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้าในการส่งต่อชิ้นงาน



รูปที่ 35 การส่งต่อชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 1 เลือกชนิดของกระบอกสูบ

ใช้กระบอกสูบทำงานสองทางเพราะต้องการแรงมากและระยะชักเกิน 10 เซนติเมตร

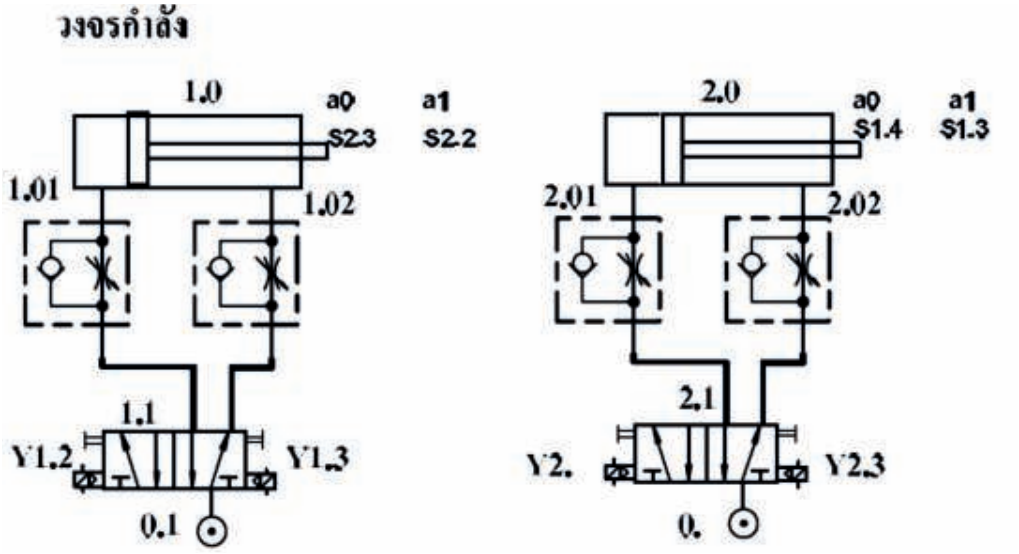
ขั้นตอนที่ 2 เลือกชนิดของเมนวาล์ว

ใช้วาล์ว 5/2 เลื่อนด้วยโซลีนอยด์ทั้งสองด้านเพราะใช้ภาระบอกสูบทำงานสองทางและทำงานค้างตำแหน่ง

ขั้นตอนที่ 3 เลือกอุปกรณ์ควบคุมความเร็ว

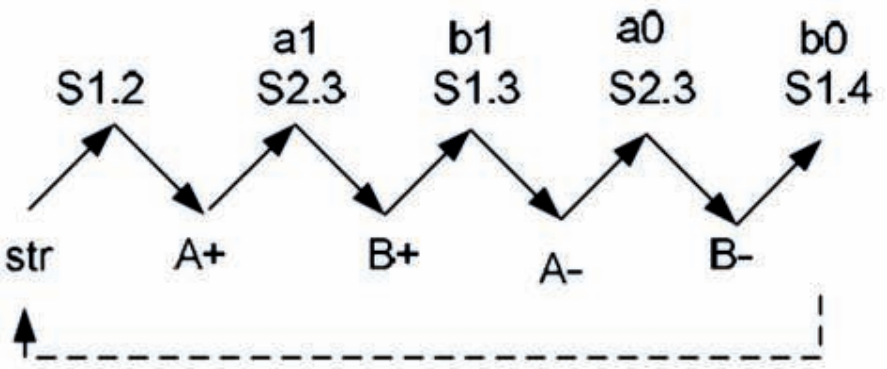
ใช้วาล์วควบคุมทางไหลทางเดียวทั้งการเคลื่อนที่เข้าและการเคลื่อนที่ออกของก้านสูบ

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

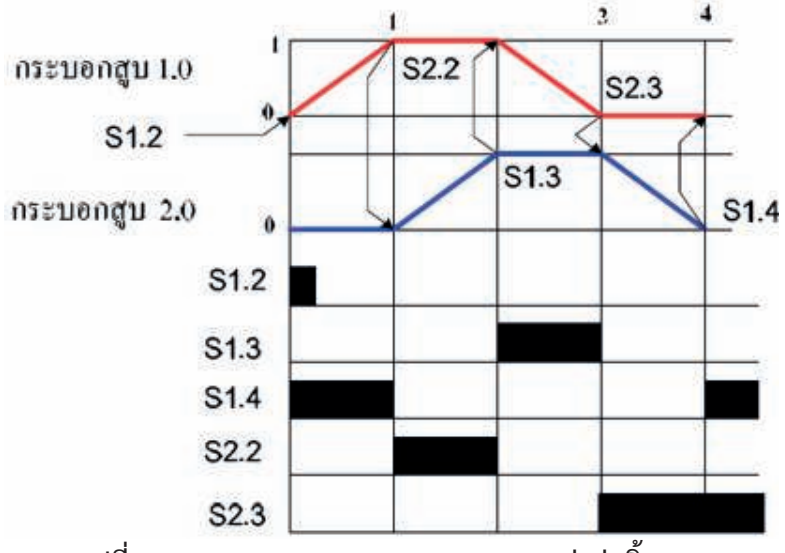


รูปที่ 36 วงจรกำลังของการส่งต่อชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 4 เขียนสัญญาณ Alphabetic with signal flow Diagram และ Step motion Diagram



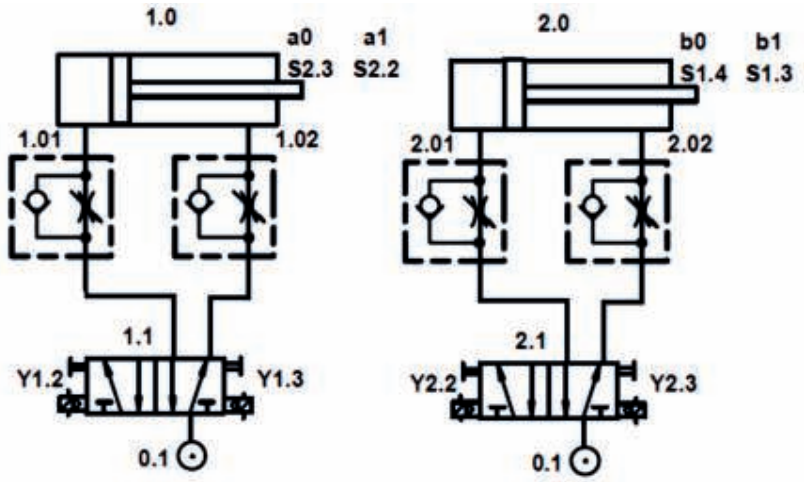
รูปที่ 37 สัญญาณ Alphabetic with signal flow Diagram ของการส่งต่อชิ้นงาน



รูปที่ 38 Step motion Diagram ของการส่งต่อชิ้นงาน

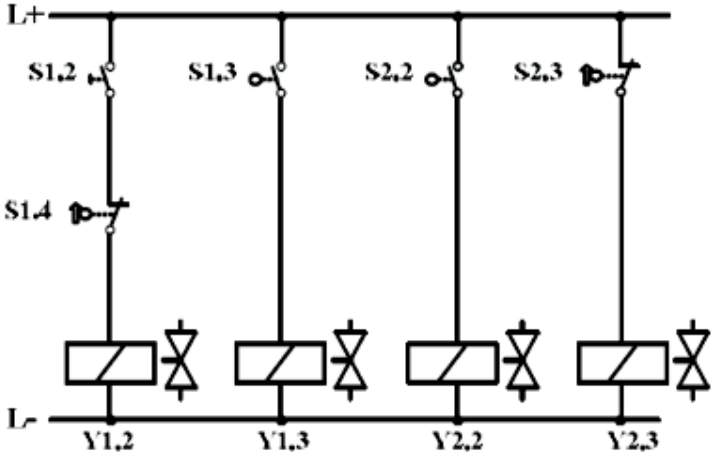
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

ขั้นตอนที่ 5 เขียนวงจรกำลังโดยกำหนดตำแหน่งของลิมิตสวิตช์



รูปที่ 39 กำหนดตำแหน่งของลิมิตสวิตช์

ขั้นตอนที่ 6 เขียนวงจรควบคุม



รูปที่ 40 วงจรควบคุม

ขั้นตอนที่ 7 เงื่อนไขพิเศษ ในลักษณะงานแบบนี้ไม่ต้องมีเงื่อนไขพิเศษเพิ่มเติมเพราะไม่มีอันตรายต่อผู้ควบคุม
ขั้นตอนที่ 8 ตรวจสอบการทำงานของวงจร ตรวจสอบจากวงจรควบคุม วงจรกำลังร่วมกัน และการต่อวงจรจากอุปกรณ์จริง

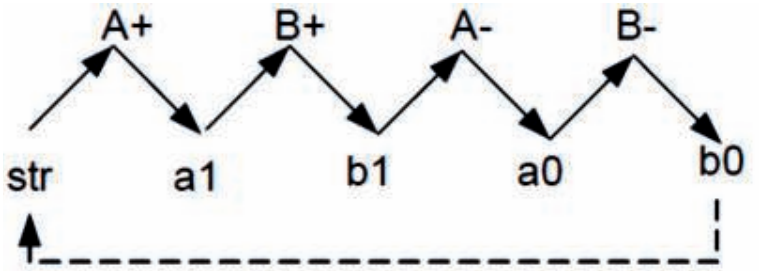
7.3 การออกแบบวงจรนิวแมติกส์ไฟฟ้าควบคุมการทำงานเมื่อไม่มีสัญญาณไฟสู้กัน

สัญญาณไฟไม่สู้กัน คือ การที่ระบบควบคุมมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าที่เมนวาล์วเพียงด้านใดด้านหนึ่ง ไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าพร้อมกันทั้งสองด้าน

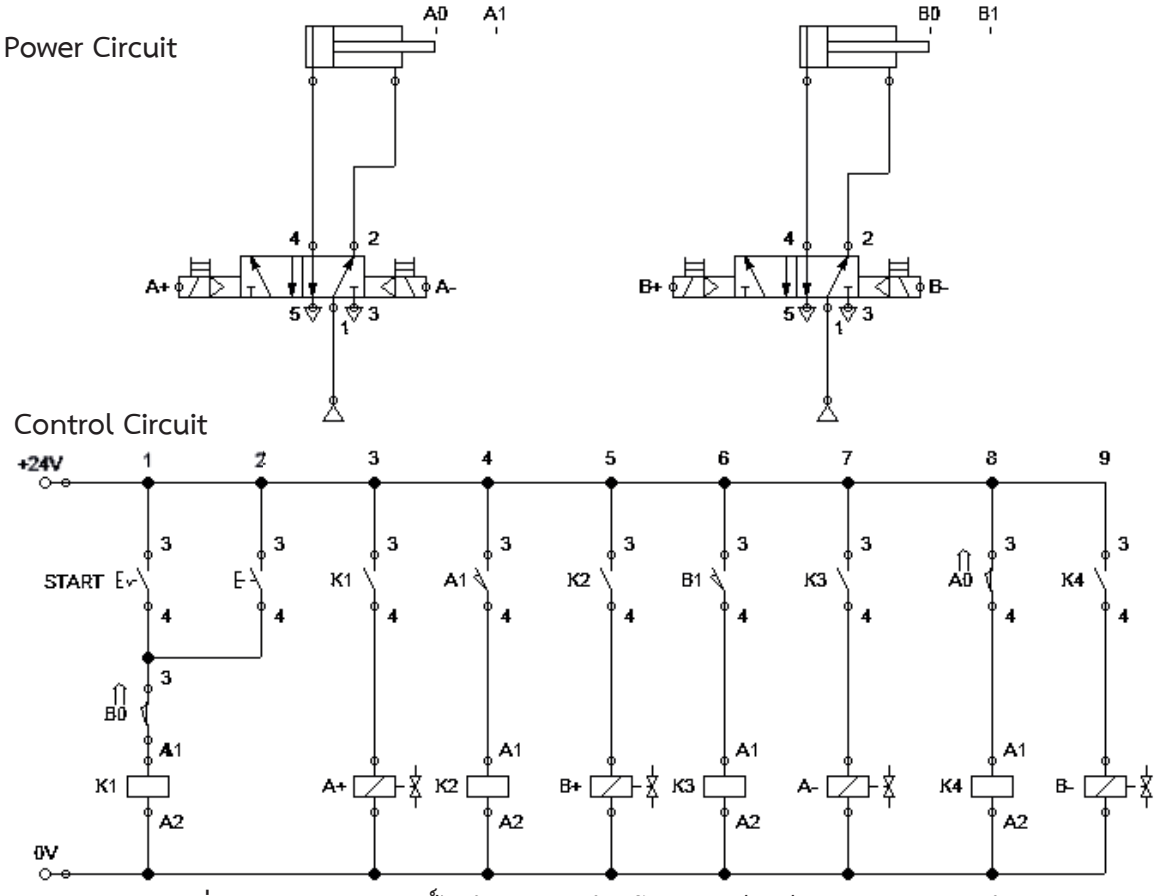
การออกแบบวงจรควบคุมในลักษณะนี้จะลำดับการทำงานของการเคลื่อนที่ของก้านสูบว่าเป็นการเคลื่อนที่เข้าหรือออกเป็นแบบเรียงลำดับ โดยจะใช้วิธีการออกแบบที่ไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อน ซึ่งวิธีการออกแบบจะขึ้นอยู่กับการเลือกใช้โซลีนอยด์วาล์วควบคุมการทำงานของกระบอกสูบว่าเป็นวาล์วชนิดใด ดังตัวอย่างต่อไปนี้

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

ตัวอย่าง Signal Flow Diagram



ตัวอย่าง โซลีนอยด์วาล์ว 5/2 แบบทำงานสองด้านควบคุมทางอ้อมด้วยการทำงานตาม Signal Flow Diagram A+ B+ A- B-



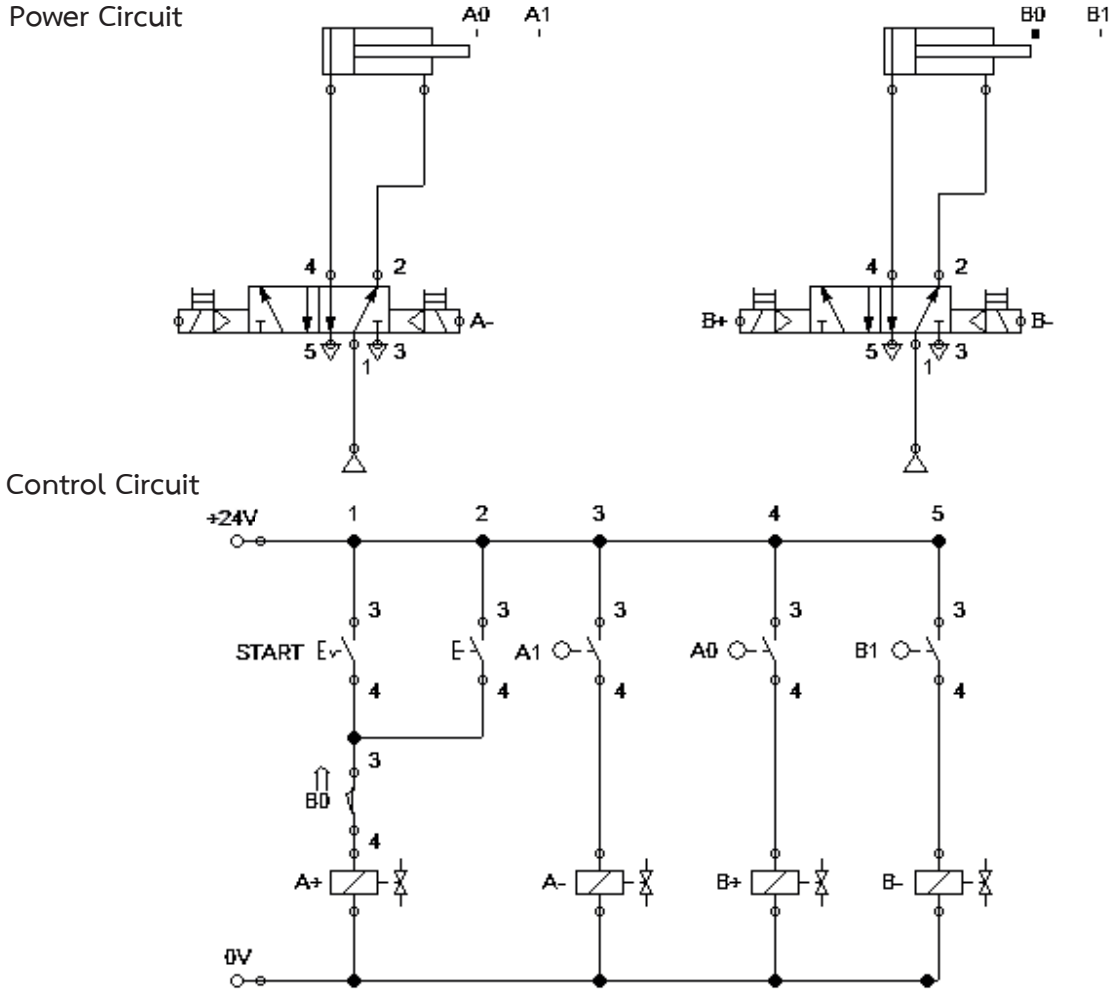
รูปที่ 41 วงจรนิวแมติกส์ไฟฟ้าควบคุมด้วยโซลีนอยด์วาล์วแบบทำงานสองด้าน

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		หัวข้อที่ 1

7.4 การออกแบบวงจรนิวแมติกส์ไฟฟ้าควบคุมการทำงานเมื่อมีสัญญาณไฟสู้กัน

ถ้าลำดับการทำงานของกระบอกสูบตัวใดตัวหนึ่งทำงานด้วยการเคลื่อนที่ออกและเข้าในลำดับที่ต่อเนื่องกัน จะเกิดปัญหาสัญญาณไฟสู้กันที่เมนวาล์ว เป็นผลให้โซลีนอยด์วาล์วไม่ทำงาน ซึ่งจะมีลักษณะเดียวกันกับสัญญาณลมสู้กัน ซึ่งจะทำให้เมนวาล์วไม่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งทำให้เกิดการหยุดการเคลื่อนที่ของก้านสูบได้ ซึ่งจะมีวิธีการแก้ไขปัญหาสัญญาณไฟสู้กัน คือ ใช้ลิมิตสวิตช์กดทางเดียว ดังตัวอย่างต่อไปนี้

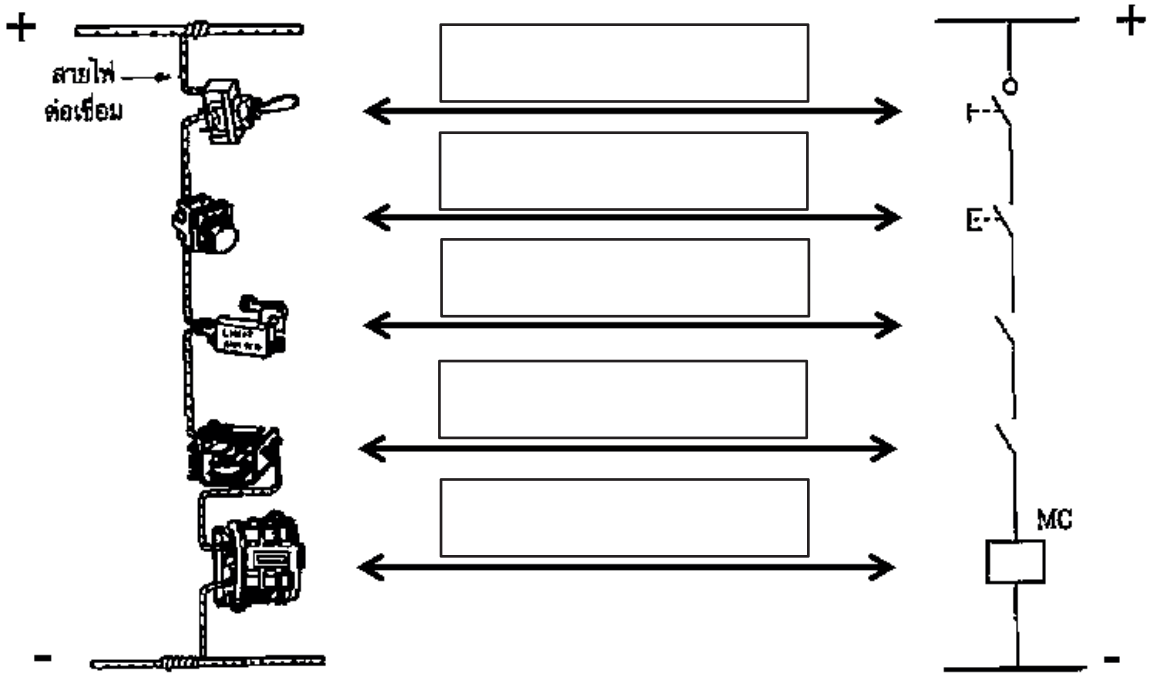
ตัวอย่างการแก้ปัญหาสัญญาณไฟสู้กัน



รูปที่ 42 วงจรนิวแมติกส์ไฟฟ้าควบคุมการทำงาน A+ A- B+ B- ใช้ลิมิตสวิตช์กดทางเดียวที่ A0

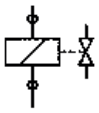
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบทดสอบ** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **หัวข้อที่ 1**

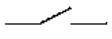
1. จงเติมชื่อของอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าควบคุมแบบซีเควนซ์ให้ถูกต้อง



2. จงนำตัวอักษรหน้าข้อความทางขวามือใส่ไว้หน้ารูปภาพทางซ้ายมือที่มีความสัมพันธ์กัน

_____1)

_____2) 

_____3) 

_____4)

_____5)

_____6)

ก) ใช้ตัดต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อให้มีการจ่ายแรงดันเข้าวงจรหรืองดจ่ายแรงดันเข้าวงจรและเมื่อปล่อยมือแล้วสวิตช์ยังคงค้างตำแหน่งทำงานอยู่

ข) ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของชิ้นงานหรือชิ้นส่วนของเครื่องจักร

ค) ใช้ควบคุมให้หน้าสัมผัสอยู่ในตำแหน่งปกติตำแหน่งทำงาน

ง) ใช้ตัดต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อให้มีการจ่ายแรงดันเข้าวงจรหรืองดจ่ายแรงดันเข้าวงจร

จ) ควบคุมตำแหน่งของวาล์วควบคุมทิศทาง

ฉ) จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรควบคุม

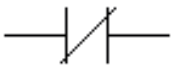
ช) ถูกควบคุมการทำงานด้วยรีเลย์

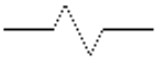
ซ) เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของก้านสูบ

ฌ) ควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ของก้านสูบ

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบทดสอบ หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า รหัสวิชา 0922720104 หัวข้อที่ 1

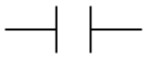
3. จงนำตัวอักษรหน้ารูปภาพทางขวามือใส่ไว้หน้ารูปภาพทางซ้ายมือที่มีความสัมพันธ์กัน

_____1) 

_____2) 

_____3)

_____4)

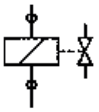
_____5) 

_____6)

a)

b)

c)

d) 

e)

f)

h)

i)

4. จงเติมคำลงในช่องว่างและเขียน Motion-Step diagram จาก Alphabetic sequence ให้สมบูรณ์

Sequence
Start
A+
B+
A-
B-

ความหมาย

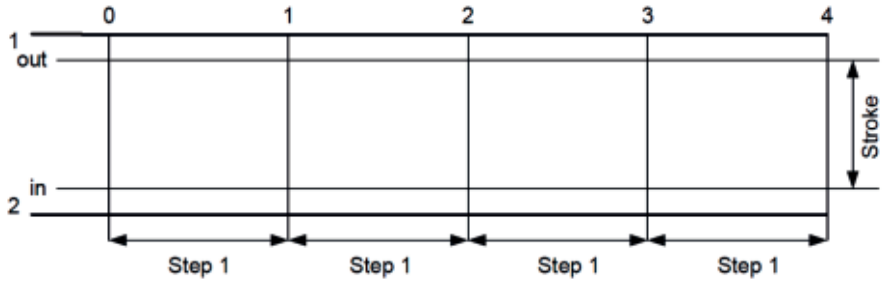
ระบบมี_____สูบ

การทำงานใน 1 Cycle มี_____Step_____Motion

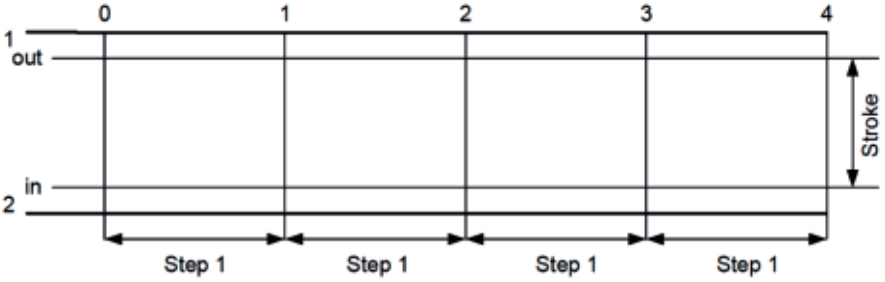
ก่อนการ Start สูบ A อยู่ในตำแหน่ง_____

ก่อนการ Start สูบ B อยู่ในตำแหน่ง_____

กระบอกสูบ A

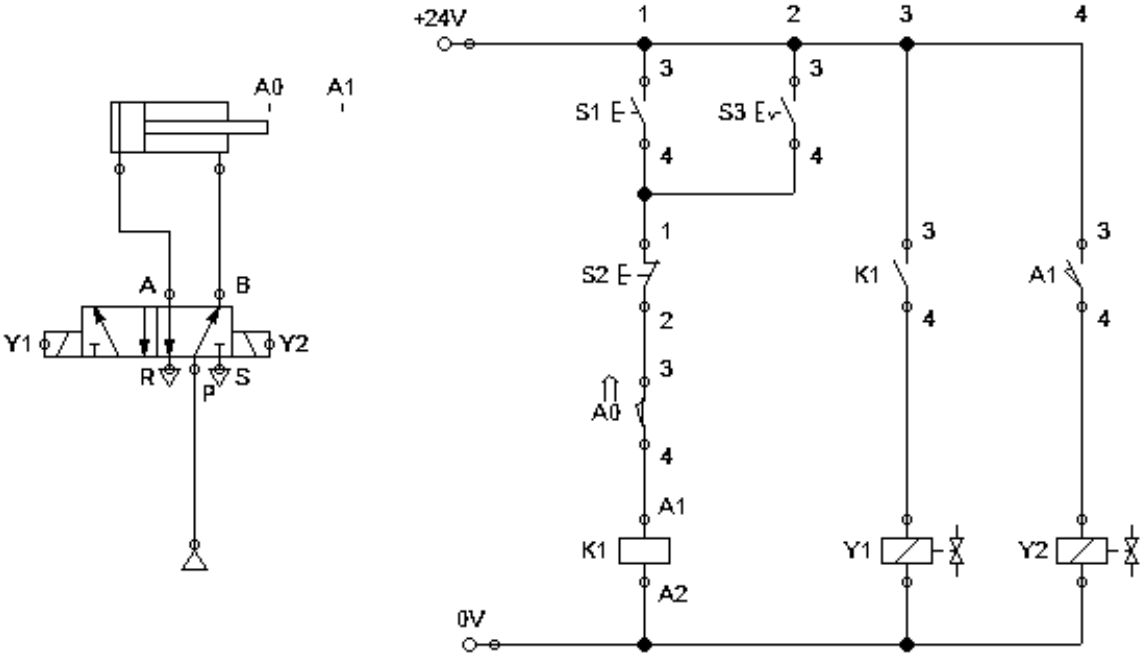


กระบอกสูบ B



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบทดสอบ** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **หัวข้อที่ 1**

5. จากวงจรควบคุมและวงจรกำลังที่กำหนดให้จงเติมเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูก และเติมเครื่องหมาย ✖ ในหน้าข้อความที่ผิด



_____1) ในตำแหน่งก้านสูบเคลื่อนที่เข้าสุด ก้านสูบจะกดลิมิตสวิตช์ A0

_____2) เมื่อสลับตำแหน่งระหว่างหน้าสัมผัส K1 กับลิมิตสวิตช์ A1 การหยุดของก้านสูบจะหยุดที่ตำแหน่งเคลื่อนที่ออกสุด

_____3) เมื่อเปลี่ยนสวิตช์ S3 เป็นหน้าสัมผัสแบบปกติเปิดควบคุมการทำงานด้วยรีเลย์ K1 วงจรกำลังจะทำงานแบบอัตโนมัติอย่างเดียว

_____4) เมื่อกดสวิตช์ S1 ก้านสูบจะเคลื่อนที่เข้าแล้วจึงจะเคลื่อนที่ออก

_____5) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าโซลีนอยด์วาล์ว Y1 จะทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า

_____6) เมื่อกดสวิตช์ S1 วงจรกำลังจะทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ

_____7) เมื่อกดสวิตช์ S3 แล้วกดสวิตช์ S2 ค้าง วงจรกำลังจะหยุดทำงานแต่เมื่อปล่อยวงจรกำลังจะทำงานต่อไปเรื่อยๆ

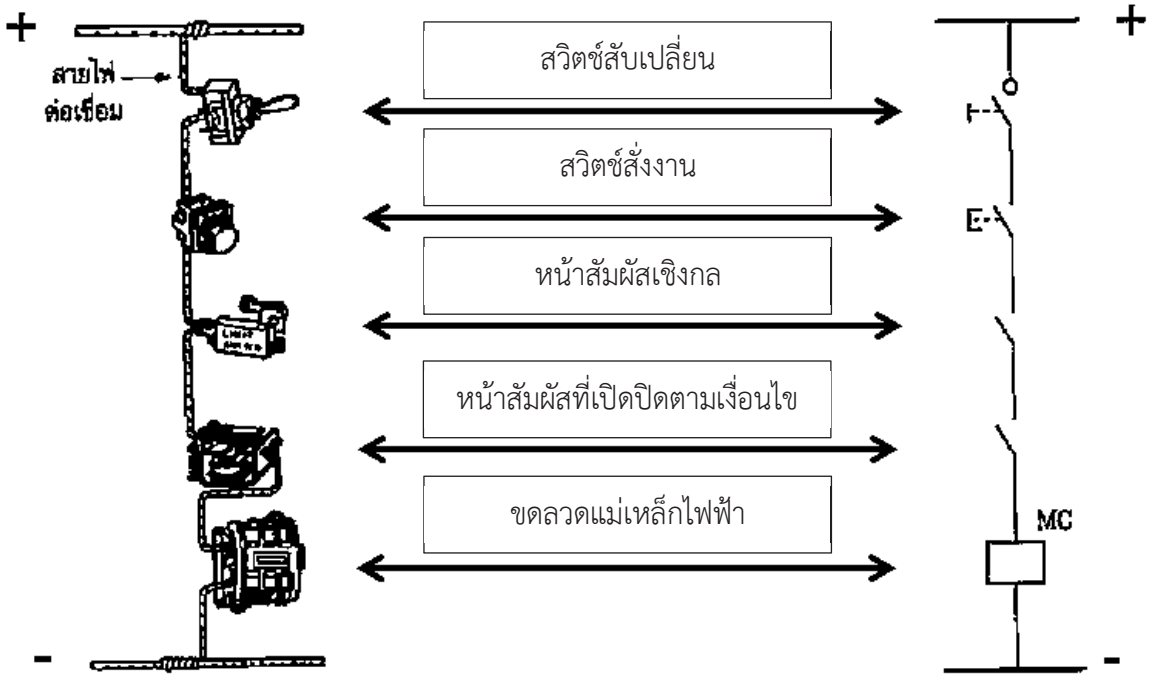
_____8) เมื่อก้านสูบเคลื่อนที่กดลิมิตสวิตช์ A1 ก้านสูบจะเคลื่อนที่เข้า

_____9) ลิมิตสวิตช์ A0 เป็นอุปกรณ์ที่เหนี่ยวนำให้หน้าสัมผัส K1 อยู่ในตำแหน่งทำงาน

_____10) เมื่อกดสวิตช์ S3 วงจรกำลังจะทำงานแบบอัตโนมัติ

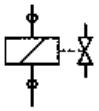
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบเฉลยทดสอบ** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **หัวข้อที่ 1**

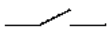
1. จงเติมชื่อของอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าควบคุมแบบซีเควนซ์ให้ถูกต้อง



2. จงนำตัวอักษรหน้าข้อความทางขวามือใส่ไว้หน้ารูปภาพทางซ้ายมือที่มีความสัมพันธ์กัน

_____ง_____1)

_____จ_____2) 

_____ช_____3) 

_____ก_____4)

_____ข_____5)

_____ค_____6)

ก) ใช้ตัดต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อให้มีการจ่ายแรงดันเข้าวงจรหรืองดจ่ายแรงดันเข้าวงจรและเมื่อปล่อยมือแล้วสวิตช์ยังคงค้างตำแหน่งทำงานอยู่

ข) ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของก้านสูบ

ค) ใช้ควบคุมให้หน้าสัมผัสอยู่ในตำแหน่งปกติและตำแหน่งทำงาน

ง) ใช้ตัดต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อให้มีการจ่ายแรงดันเข้าวงจรหรืองดจ่ายแรงดันเข้าวงจร

จ) ควบคุมตำแหน่งของวาล์วควบคุมทิศทาง

ฉ) จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจรควบคุม

ช) ถูกควบคุมการทำงานด้วยรีเลย์

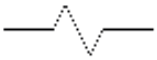
ซ) เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของก้านสูบ

ฌ) ควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ของก้านสูบ

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบเฉลยทดสอบ** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **หัวข้อที่ 1**

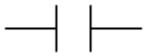
3. จงนำตัวอักษรหน้ารูปภาพทางขวามือใส่ไว้หน้ารูปภาพทางซ้ายมือที่มีความสัมพันธ์กัน

_____i_____1)

_____d_____2) 

_____b_____3)

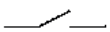
_____a_____4)

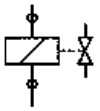
_____c_____5) 

_____f_____6)

a)

b)

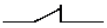
c) 

d) 

e)

f)

h)

i) 

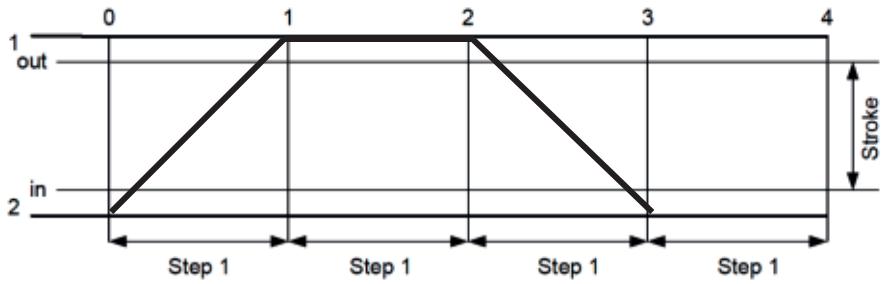
4. จงเติมคำลงในช่องว่างและเขียน Motion-Step diagram จาก Alphabetic sequence ให้สมบูรณ์

Sequence
Start
A+
B+
A-
B-

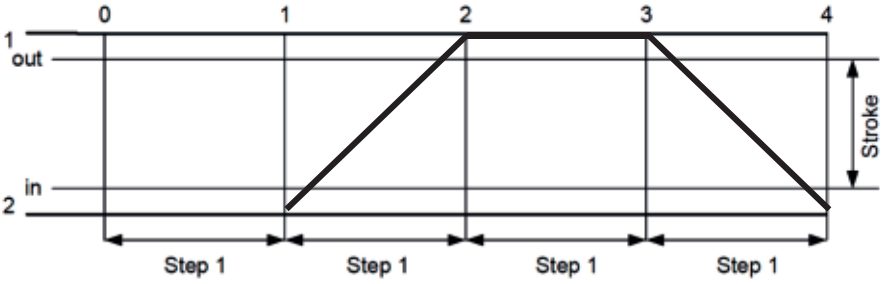
ความหมาย

ระบบมี_____2_____สูบ
การทำงานใน 1 Cycle มี___4___Step___4___Motion
ก่อนการ Start สูบ A อยู่ในตำแหน่ง_____เข้าสุด_____
ก่อนการ Start สูบ B อยู่ในตำแหน่ง_____เข้าสุด_____

กระบอกสูบ A

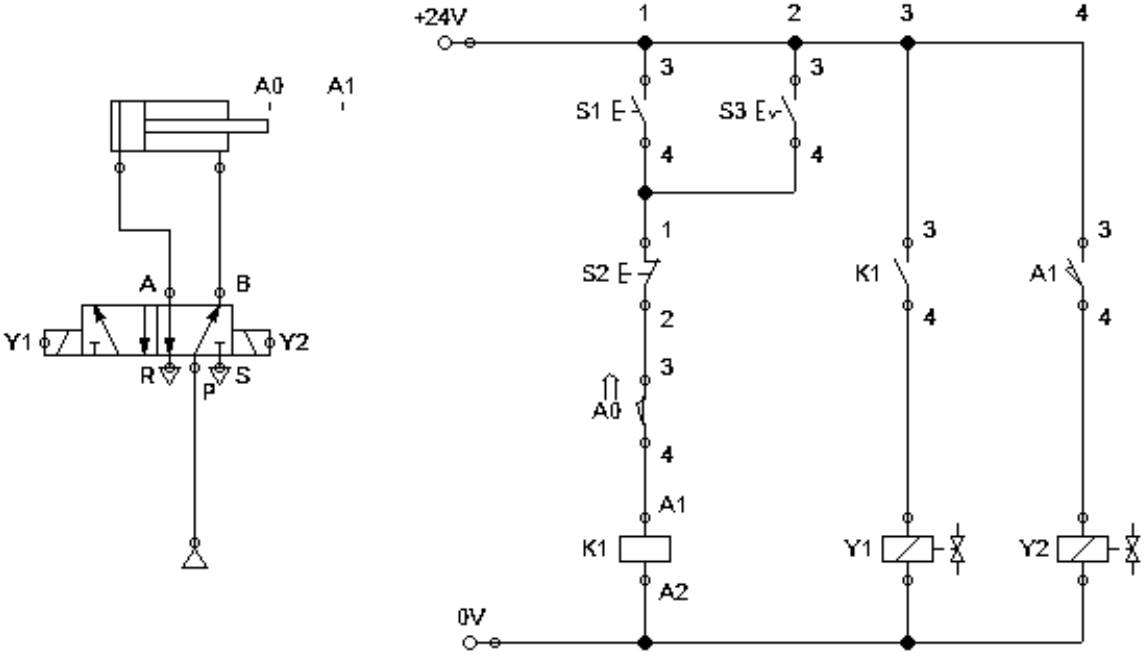


กระบอกสูบ B



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบเฉลยทดสอบ** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **หัวข้อที่ 1**

5. จากวงจรควบคุมและวงจรกำลังที่กำหนดให้จงเติมเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูก และเติมเครื่องหมาย ✖ ในหน้าข้อความที่ผิด



____✓____1) ในตำแหน่งก้านสูบเคลื่อนที่เข้าสุด ก้านสูบจะกดลิมิตสวิตช์ A0

____✖____2) เมื่อสลับตำแหน่งระหว่างหน้าสัมผัส K1 กับลิมิตสวิตช์ A1 การหยุดของก้านสูบจะหยุดที่ตำแหน่งเคลื่อนที่ออกสุด

____✖____3) เมื่อเปลี่ยนสวิตช์ S3 เป็นหน้าสัมผัสแบบปกติเปิดควบคุมการทำงานด้วยรีเลย์ K1 วงจรกำลังจะทำงานแบบอัตโนมัติอย่างเดียว

____✖____4) เมื่อกดสวิตช์ S1 ก้านสูบจะเคลื่อนที่เข้าแล้วจึงจะเคลื่อนที่ออก

____✖____5) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าโซลีนอยด์วาล์ว Y1 จะทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า

____✓____6) เมื่อกดสวิตช์ S1 วงจรกำลังจะทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ

____✓____7) เมื่อกดสวิตช์ S3 แล้วกดสวิตช์ S2 ค้าง วงจรกำลังจะหยุดทำงานแต่เมื่อปล่อยวงจรกำลังจะทำงานต่อไปเรื่อยๆ

____✓____8) เมื่อก้านสูบเคลื่อนที่กดลิมิตสวิตช์ A1 ก้านสูบจะเคลื่อนที่เข้า

____✖____9) ลิมิตสวิตช์ A0 เป็นอุปกรณ์ที่เหนี่ยวนำให้หน้าสัมผัส K1 อยู่ในตำแหน่งทำงาน

____✓____10) เมื่อกดสวิตช์ S3 วงจรกำลังจะทำงานแบบอัตโนมัติ

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบเตรียมการสอน (ปฏิบัติ)** **หัวข้อวิชา นิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **หัวข้อที่ 1** / **เวลา 9 ชม.**

วัตถุประสงค์ :

1. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถต่อวงจรควบคุมนิวแมติกส์ไฟฟ้าได้
2. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถทำการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้าได้

วิธีการสอน :

บรรยายและสาธิต

อุปกรณ์ช่วยฝึก :

ชุดทดลองนิวแมติกส์ไฟฟ้า

การมอบหมายงาน :

1. งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางตรง
2. งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางอ้อม
3. งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ
4. งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ช่วยให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ
5. งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ช่วยให้ทำงานแบบอัตโนมัติ
6. งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ช่วยให้สามารถเลือกทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ

การวัดและประเมินผล :

1. ประเมินจากผลการทดลองตามใบงาน
2. ประเมินจากขั้นตอนการปฏิบัติงานตามใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน

หนังสืออ้างอิง :

รุ่งโรจน์ รัตนวารินทร์. เอกสารประกอบการสอนวิชาพื้นฐานระบบนิวแมติกส์ของเครื่องจักรกล. กรุงเทพมหานคร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สกล นันทศรีวิวัฒน์. เอกสารประกอบการสอนวิชาไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์ 2. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, 2548.

เฉลิมชนม์ ไวศยดำรง. เอกสารประกอบการสอนวิชา 731606 ระบบอัตโนมัติ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2548.

ฐิฑารีย์ ถมยา. นิวเมติกส์และนิวเมติกไฟฟ้าเบื้องต้น. สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), กรุงเทพมหานคร, 2546.

ธวัชชัย พงษ์เผือก, พิเชษฐ์ ศรีพนม, อัคครัตน์ พูลกระจ่างและวิทยา ดีวุ่น. นิวเมติกและไฮดรอลิกส์. สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ, กรุงเทพมหานคร, 2547.

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **งานที่ 1**

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 1.1
งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางตรงแบบพื้นฐาน

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1. กระบอกสูบแบบทำงานทางเดียว	1 ตัว
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 3/2 เลื่อนลิ้นวาล์วด้วยไฟฟ้าและเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	1 ตัว
3. สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติเปิด	1 ตัว
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้า	1 ชุด
5. สายไฟ	1 ชุด
6. สายลม	1 ชุด

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรกำลังและวงจรควบคุมในการทดลองที่ 1.1

3. ต่อสายลมเข้ากับชุดปรับปรุงคุณภาพลม

4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรควบคุมและวงจรกำลังก่อนการทดลอง

5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์

6. บันทึกผลการทดลอง

7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **งานที่ 1**

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 1.2
งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางตรงด้วยเงื่อนไขเลือกทำงาน(หรือ)

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1. กระบอกสูบแบบทำงานทางเดียว	1 ตัว
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 3/2 เลื่อนลิ้นวาล์วด้วยไฟฟ้าและเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	1 ตัว
3. สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติเปิด	2 ตัว
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้า	1 ชุด
5. สายไฟ	1 ชุด
6. สายลม	1 ชุด

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรกำลังและวงจรควบคุมในการทดลองที่ 1.2

3. ต่อสายลมเข้ากับชุดปรับปรุงคุณภาพลม

4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรควบคุมและวงจรกำลังก่อนการทดลอง

5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์

6. บันทึกผลการทดลอง

7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **งานที่ 1**

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 1.3
งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางตรงด้วยเงื่อนไขทำงานควบคู่(และ)

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1. กระบอกสูบแบบทำงานทางเดียว	1 ตัว
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 3/2 เลื่อนลิ้นวาล์วด้วยไฟฟ้าและเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	1 ตัว
3. สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติเปิด	2 ตัว
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้า	1 ชุด
5. สายไฟ	1 ชุด
6. สายลม	1 ชุด

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรกำลังและวงจรควบคุมในการทดลองที่ 1.3

3. ต่อสายลมเข้ากับชุดปรับปรุงคุณภาพลม

4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรควบคุมและวงจรกำลังก่อนการทดลอง

5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์

6. บันทึกผลการทดลอง

7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **งานที่ 1**

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 2.1
งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางอ้อมแบบพื้นฐาน

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1. กระบอกสูบแบบทำงานทางเดียว	1 ตัว
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 3/2 เลื่อนลิ้นวาล์วด้วยไฟฟ้าและเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	1 ตัว
3. สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติเปิด	1 ตัว
4. รีเลย์และหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด	1 ตัว
5. แหล่งจ่ายไฟฟ้า	1 ชุด
6. สายไฟ	1 ชุด
7. สายลม	1 ชุด

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรกำลังและวงจรควบคุมในการทดลองที่ 2.1

3. ต่อสายลมเข้ากับชุดปรับปรุงคุณภาพลม

4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรควบคุมและวงจรกำลังก่อนการทดลอง

5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์

6. บันทึกผลการทดลอง

7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **งานที่ 1**

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 2.2

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางอ้อมด้วยเงื่อนไขเลือกทำงาน(หรือ)

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1. กระบอกสูบแบบทำงานทางเดียว	1 ตัว
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 3/2 เลื่อนลิ้นวาล์วด้วยไฟฟ้าและเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	1 ตัว
3. สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติเปิด	2 ตัว
4. รีเลย์และหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด	1 ตัว
5. แหล่งจ่ายไฟฟ้า	1 ชุด
6. สายไฟ	1 ชุด
7. สายลม	1 ชุด

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรกำลังและวงจรควบคุมในการทดลองที่ 2.2

3. ต่อสายลมเข้ากับชุดปรับปรุงคุณภาพลม

4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรควบคุมและวงจรกำลังก่อนการทดลอง

5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์

6. บันทึกผลการทดลอง

7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **งานที่ 1**

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 2.3

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางอ้อมด้วยเงื่อนไขทำงานควบคู่(และ)

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1. กระบอกสูบแบบทำงานทางเดียว	1 ตัว
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 3/2 เลื่อนลิ้นวาล์วด้วยไฟฟ้าและเลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	1 ตัว
3. สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติเปิด	2 ตัว
4. รีเลย์และหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด	1ตัว
5. แหล่งจ่ายไฟฟ้า	1 ชุด
6. สายไฟ	1 ชุด
7. สายลม	1 ชุด

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรกำลังและวงจรควบคุมในการทดลองที่ 2.3

3. ต่อสายลมเข้ากับชุดปรับปรุงคุณภาพลม

4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรควบคุมและวงจรกำลังก่อนการทดลอง

5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์

6. บันทึกผลการทดลอง

7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		งานที่ 1

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 3.1

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติแบบพื้นฐาน

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1. กระบอกสูบแบบทำงาน 2 ทาง	1 ตัว
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/2 เลื่อนลิ้นไปและกลับด้วยไฟฟ้า	1 ตัว
3. สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติเปิด	1 ตัว
4. ลิมิตสวิตช์แบบปกติเปิด	1 ตัว
5. แหล่งจ่ายไฟฟ้า	1 ชุด
6. สายไฟ	1 ชุด
7. สายลม	1 ชุด

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรกำลังและวงจรควบคุมในการทดลองที่ 3.1

3. ต่อสายลมเข้ากับชุดปรับปรุงคุณภาพลม

4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรควบคุมและวงจรกำลังก่อนการทดลอง

5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์

6. บันทึกผลการทดลอง

7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน**
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		งานที่ 1

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 3.2

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยเงื่อนไขเลือกทำงาน(หรือ)

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1. กระบอกสูบแบบทำงาน 2 ทาง	1 ตัว
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/2 เลื่อนลิ้นไปและกลับด้วยไฟฟ้า	1 ตัว
3. สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติเปิด	2 ตัว
4. ลิมิตสวิตช์แบบปกติเปิด	1 ตัว
5. แหล่งจ่ายไฟฟ้า	1 ชุด
6. สายไฟ	1 ชุด
7. สายลม	1 ชุด

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรกำลังและวงจรควบคุมในการทดลองที่ 3.2

3. ต่อสายลมเข้ากับชุดปรับปรุงคุณภาพลม

4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรควบคุมและวงจรกำลังก่อนการทดลอง

5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์

6. บันทึกผลการทดลอง

7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **งานที่ 1**

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 3.3

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยเงื่อนไขทำงานควบคู่(และ)

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1. กระบอกสูบแบบทำงาน 2 ทาง	1 ตัว
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/2 เลื่อนลิ้นไปและกลับด้วยไฟฟ้า	1 ตัว
3. สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติเปิด	2 ตัว
4. ลิมิตสวิตช์แบบปกติเปิด	1 ตัว
5. แหล่งจ่ายไฟฟ้า	1 ชุด
6. สายไฟ	1 ชุด
7. สายลม	1 ชุด

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรกำลังและวงจรควบคุมในการทดลองที่ 3.3

3. ต่อสายลมเข้ากับชุดปรับปรุงคุณภาพลม

4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรควบคุมและวงจรกำลังก่อนการทดลอง

5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์

6. บันทึกผลการทดลอง

7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **งานที่ 1**

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 4.1

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติแบบพื้นฐาน

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1. กระบอกสูบแบบทำงาน 2 ทาง	1 ตัว
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/2 เลื่อนลิ้นไปและกลับด้วยไฟฟ้า	1 ตัว
3. สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติเปิด	1 ตัว
4. ลิมิตสวิตช์แบบปกติเปิด	1 ตัว
5. รีเลย์และหน้าสัมผัสปกติเปิด	1 ตัว
6. แหล่งจ่ายไฟฟ้า	1 ชุด
7. สายไฟ	1 ชุด
8. สายลม	1 ชุด

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรกำลังและวงจรควบคุมในการทดลองที่ 4.1

3. ต่อสายลมเข้ากับชุดปรับปรุงคุณภาพลม

4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรควบคุมและวงจรกำลังก่อนการทดลอง

5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์

6. บันทึกผลการทดลอง

7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **งานที่ 1**

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 4.2

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยเงื่อนไขเลือกทำงาน(หรือ)

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1. กระบอกสูบแบบทำงาน 2 ทาง	1 ตัว
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/2 เลื่อนลิ้นไปและกลับด้วยไฟฟ้า	1 ตัว
3. สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติเปิด	2 ตัว
4. ลิมิตสวิตช์แบบปกติเปิด	1 ตัว
5. รีเลย์และหน้าสัมผัสปกติเปิด	1 ตัว
6. แหล่งจ่ายไฟฟ้า	1 ชุด
7. สายไฟ	1 ชุด
8. สายลม	1 ชุด

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรกำลังและวงจรควบคุมในการทดลองที่ 4.2

3. ต่อสายลมเข้ากับชุดปรับปรุงคุณภาพลม

4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรควบคุมและวงจรกำลังก่อนการทดลอง

5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์

6. บันทึกผลการทดลอง

7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **งานที่ 1**

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 4.3

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยเงื่อนไขทำงานควบคู่(และ)

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1. กระบอกสูบแบบทำงาน 2 ทาง	1 ตัว
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/2 เลื่อนลิ้นไปและกลับด้วยไฟฟ้า	1 ตัว
3. สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติเปิด	2 ตัว
4. ลิมิตสวิตช์แบบปกติเปิด	1 ตัว
5. รีเลย์และหน้าสัมผัสปกติเปิด	1 ตัว
6. แหล่งจ่ายไฟฟ้า	1 ชุด
7. สายไฟ	1 ชุด
8. สายลม	1 ชุด

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรกำลังและวงจรควบคุมในการทดลองที่ 4.3

3. ต่อสายลมเข้ากับชุดปรับปรุงคุณภาพลม

4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรควบคุมและวงจรกำลังก่อนการทดลอง

5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์

6. บันทึกผลการทดลอง

7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** **งานที่ 1**

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 5

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ให้ทำงานแบบอัตโนมัติ

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1. กระบอกสูบแบบทำงาน 2 ทาง	1 ตัว
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/2 เลื่อนลิ้นไปและกลับด้วยไฟฟ้า	1 ตัว
3. สวิตช์กดค้างตำแหน่งแบบปกติเปิด	1 ตัว
4. ลิมิตสวิตช์แบบปกติเปิด	2 ตัว
5. รีเลย์และหน้าสัมผัสปกติเปิด	1 ตัว
6. แหล่งจ่ายไฟฟ้า	1 ชุด
7. สายไฟ	1 ชุด
8. สายลม	1 ชุด

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรกำลังและวงจรควบคุมในการทดลองที่ 5

3. ต่อสายลมเข้ากับชุดปรับปรุงคุณภาพลม

4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรควบคุมและวงจรกำลังก่อนการทดลอง

5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์

6. บันทึกผลการทดลอง

7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน
		หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า
		รหัสวิชา 0922720104
		งานที่ 1

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 6

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
1. กระบอกสูบแบบทำงาน 2 ทาง	1 ตัว
2. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/2 เลื่อนลิ้นไปและกลับด้วยไฟฟ้า	1 ตัว
3. สวิตช์ปุ่มกดแบบปกติเปิด	1 ตัว
4. สวิตช์กดค้างตำแหน่งแบบปกติเปิด	1 ตัว
5. ลิมิตสวิตช์แบบปกติเปิด	2 ตัว
6. รีเลย์และหน้าสัมผัสปกติเปิด	1 ตัว
7. แหล่งจ่ายไฟฟ้า	1 ชุด
8. สายไฟ	1 ชุด
9. สายลม	1 ชุด

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรกำลังและวงจรควบคุมในการทดลองที่ 6

3. ต่อสายลมเข้ากับชุดปรับปรุงคุณภาพลม

4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรควบคุมและวงจรกำลังก่อนการทดลอง

5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์

6. บันทึกผลการทดลอง

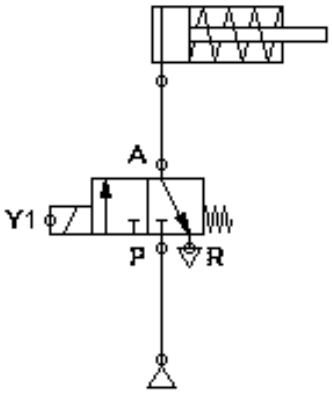
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** งานที่ 1

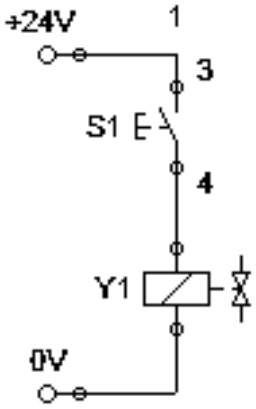
การทดลองที่ 1.1

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางตรงแบบพื้นฐาน

<u>คำสั่ง</u> จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



วงจรกำลัง



วงจรควบคุม

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

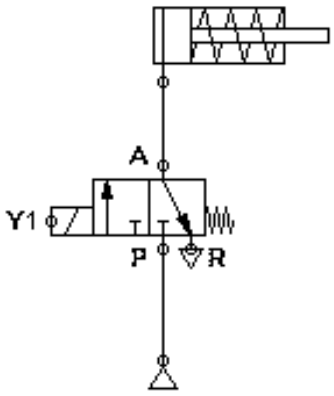
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** งานที่ 1

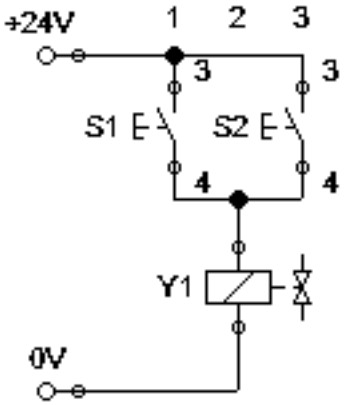
การทดลองที่ 1.2

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางตรงด้วยเงื่อนไขเลือกทำงาน(หรือ)

<u>คำสั่ง</u> จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



วงจรกำลัง



วงจรควบคุม

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

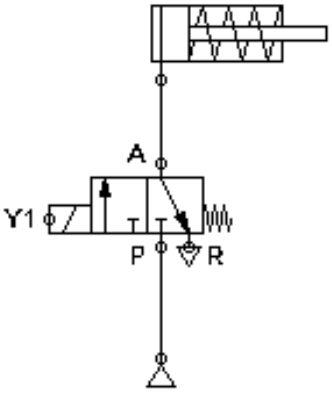
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** งานที่ 1

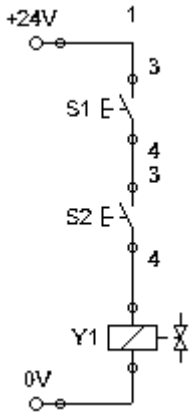
การทดลองที่ 1.3

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางตรงด้วยเงื่อนไขทำงานควบคู่(และ)

<u>คำสั่ง</u> จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



วงจรกำลัง



วงจรควบคุม

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

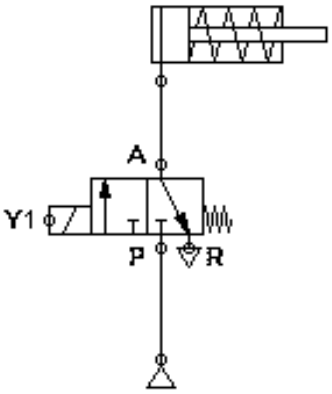
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** งานที่ 1

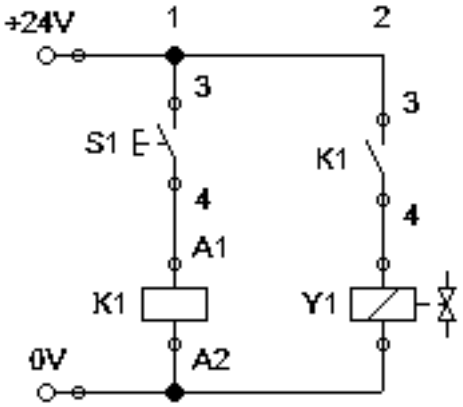
การทดลองที่ 2.1

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางอ้อมแบบพื้นฐาน

<u>คำสั่ง</u> จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



วงจรกำลัง



วงจรควบคุม

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

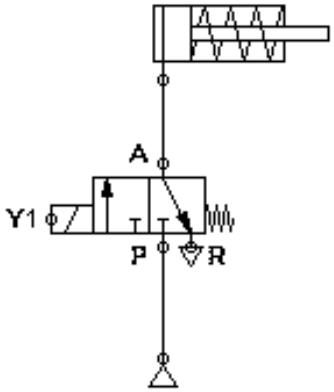
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** งานที่ 1

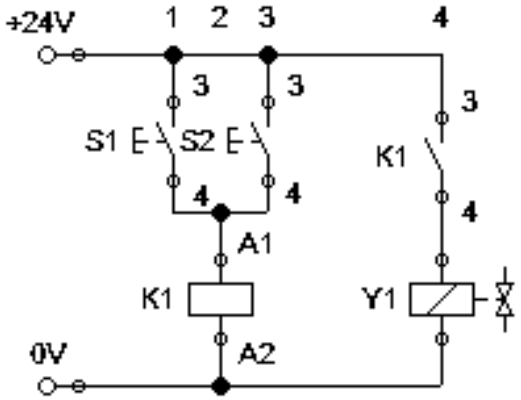
การทดลองที่ 2.2

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางอ้อมด้วยเงื่อนไขเลือกทำงาน(หรือ)

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน



วงจรกำลัง



วงจรควบคุม

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

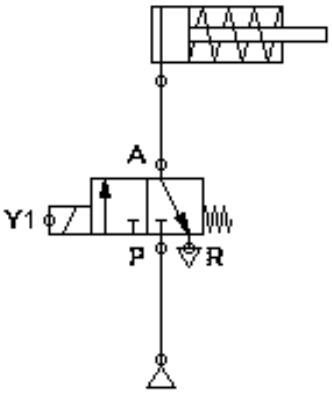
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** งานที่ 1

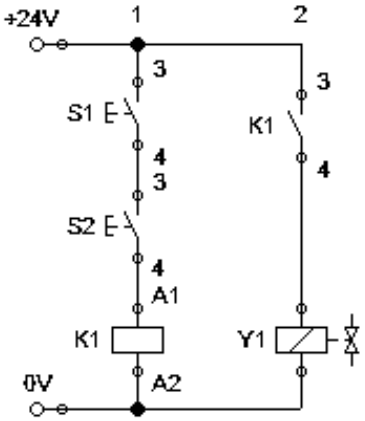
การทดลองที่ 2.3

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยทางอ้อมด้วยเงื่อนไขทำงานควบคู่(และ)

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน



วงจรกำลัง



วงจรควบคุม

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

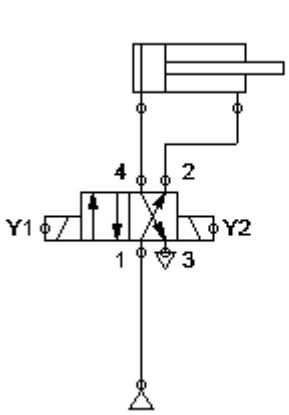
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบงาน หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า รหัสวิชา 0922720104 งานที่ 1

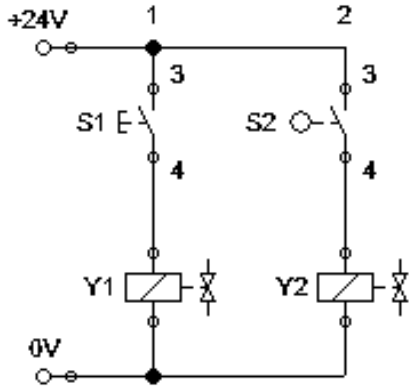
การทดลองที่ 3.1

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติแบบพื้นฐาน

<u>คำสั่ง</u> จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



วงจรกำลัง



วงจรควบคุม

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

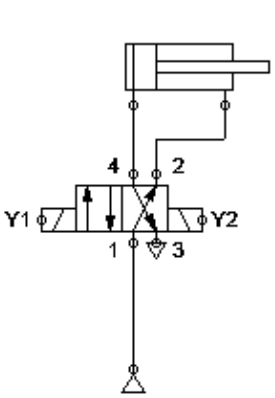
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** งานที่ 1

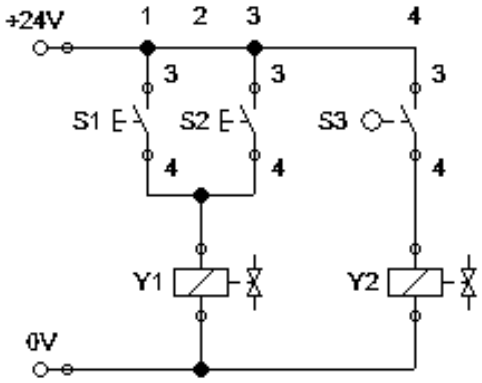
การทดลองที่ 3.2

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยเงื่อนไขเลือกทำงาน(หรือ)

<u>คำสั่ง</u> จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



วงจรกำลัง



วงจรควบคุม

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

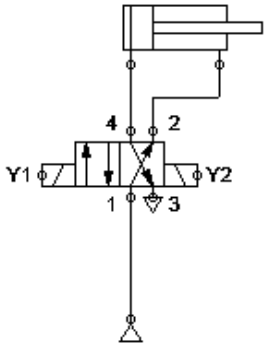
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** งานที่ 1

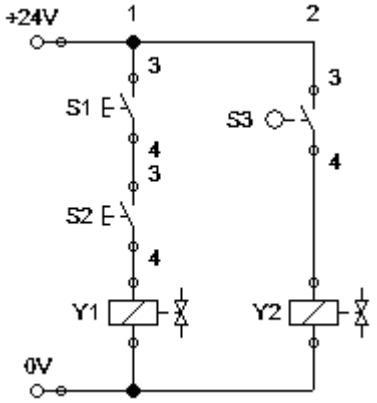
การทดลองที่ 3.3

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยเงื่อนไขทำงานควบคู่(และ)

<u>คำสั่ง</u> จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



วงจรกำลัง



วงจรควบคุม

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

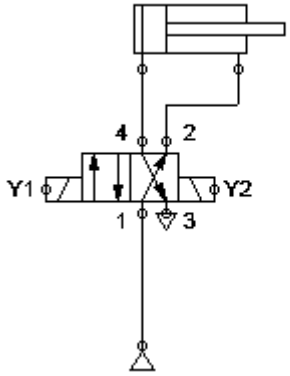
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** งานที่ 1

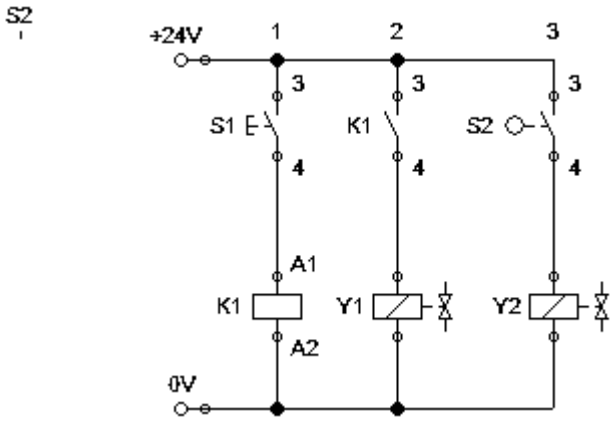
การทดลองที่ 4.1

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติแบบพื้นฐาน

<u>คำสั่ง</u> จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



วงจรกำลัง



วงจรควบคุม

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

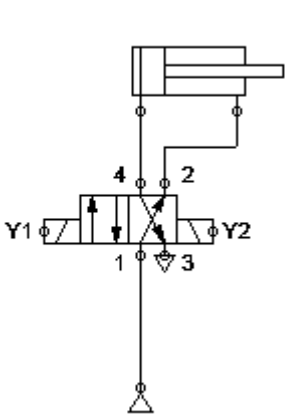
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** งานที่ 1

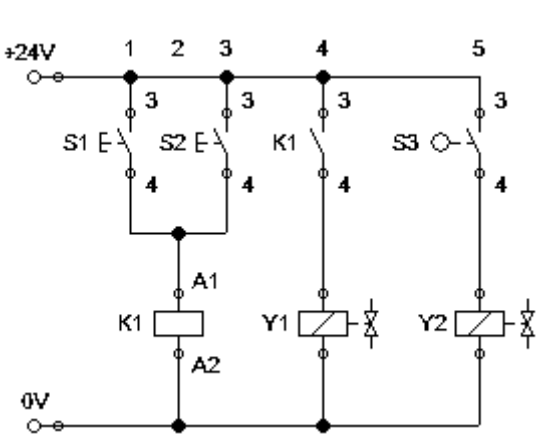
การทดลองที่ 4.2

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยเงื่อนไขเลือกทำงาน(หรือ)

<u>คำสั่ง</u> จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



วงจรกำลัง



วงจรควบคุม

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

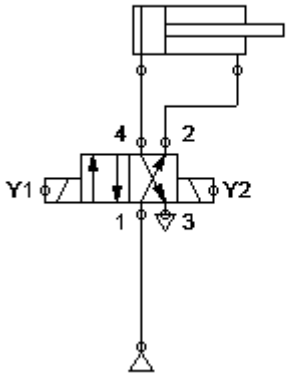
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** งานที่ 1

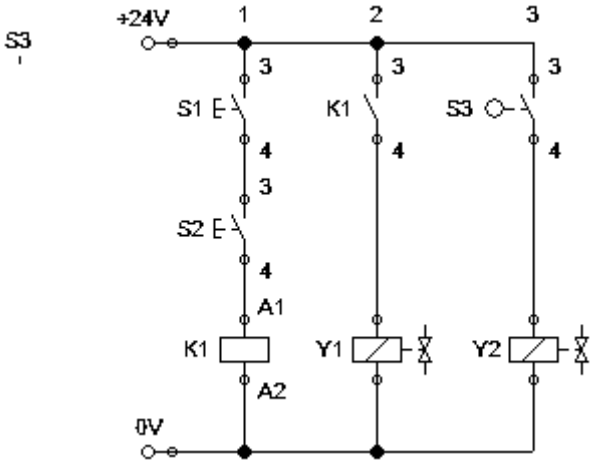
การทดลองที่ 4.3

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยเงื่อนไขทำงานควบคู่(และ)

<u>คำสั่ง</u> จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



วงจรกำลัง



วงจรควบคุม

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

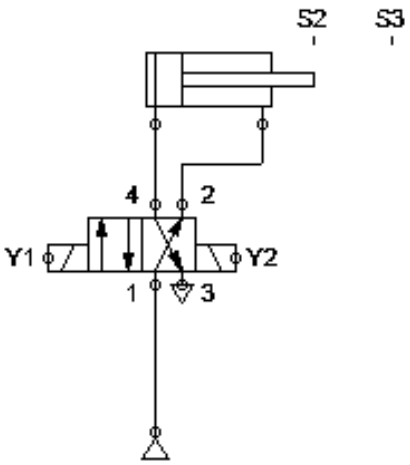
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** งานที่ 1

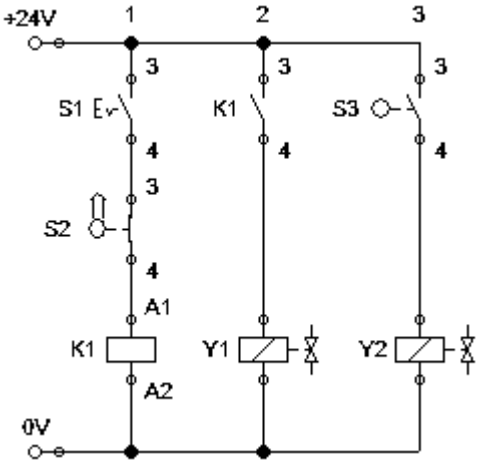
การทดลองที่ 5

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ให้ทำงานแบบอัตโนมัติ

<u>คำสั่ง</u> จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



วงจรกำลัง



วงจรควบคุม

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

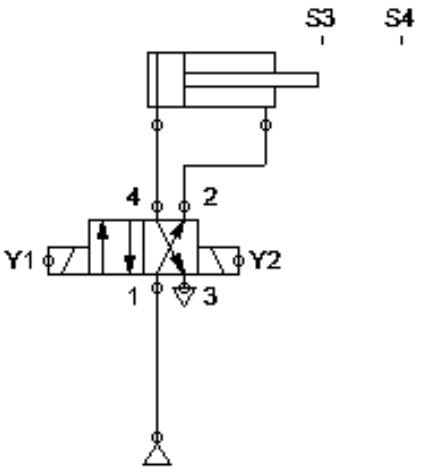
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชานิวแมติกส์ไฟฟ้า** **รหัสวิชา 0922720104** งานที่ 1

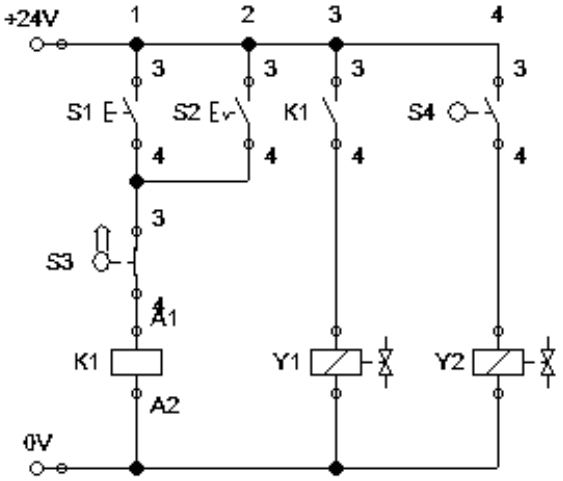
การทดลองที่ 6

งานต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยลิมิตสวิตช์และรีเลย์ให้ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ

<u>คำสั่ง</u> จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



วงจรกำลัง



วงจรควบคุม

<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบเตรียมการสอน** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2 / **เวลา 3 ชม.**

วัตถุประสงค์ :

1. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถบรรยายหลักการทำงานของระบบไฮดรอลิกได้
2. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ทำงานของระบบไฮดรอลิกได้

วิธีการสอน :

บรรยาย ถาม-ตอบ

หัวข้อสำคัญ :

1. ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีของไหลเบื้องต้น
2. โครงสร้างและหลักการทำงานของชุดต้นกำลัง (Power Unit) ระบบน้ำมัน
3. อุปกรณ์ในระบบไฮดรอลิก

อุปกรณ์ช่วยฝึก :

ชุดทดลองไฮดรอลิก

การมอบหมายงาน :

ใบทดสอบ

การวัดและประเมินผล :

ประเมินจากคะแนนการทำใบทดสอบ

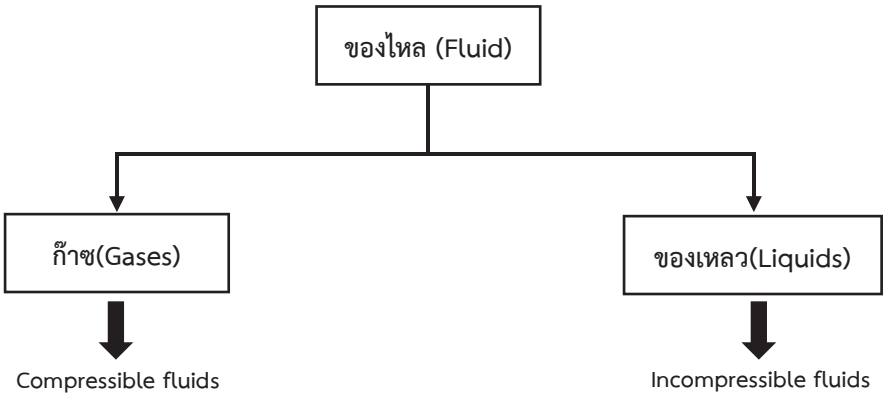
หนังสืออ้างอิง : พรจิต ประทุมสุวรรณ. (2550). ระบบไฮดรอลิกส์และการควบคุม
สกล นันทศรีวิวัฒน์. (2548). เอกสารประกอบการสอนวิชาไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์2

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

1. ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีของไหลเบื้องต้น

1.1 กำลังของไหล

ของไหล (FULID) คือ สารที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้อย่างต่อเนื่องกันไปภายใต้การกระทำใดๆก็ตาม



ระบบขนถ่ายของไหล คือ ระบบที่มีการส่งของไหลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเพื่อประโยชน์ใช้งานด้านต่างๆ เช่น ระบบประปาระบบส่งก๊าซและระบบผสมสารเคมี

ระบบกำลังของไหล คือ ระบบที่ถูกออกแบบให้ทำงานโดยใช้ของไหลที่มีความดันสูงกระทำผ่านอุปกรณ์ทำงานเพื่อให้แรงออกมาทำงานที่ต้องการ โดยต้องมีอุปกรณ์ควบคุมเพื่อที่จะทำให้ควบคุมได้ง่ายและมีความราบรื่นแม่นยำ มีประสิทธิภาพและต้องปลอดภัย

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก รหัสวิชา 0922720105 หัวข้อที่ 2

1.2 ความดันและหน่วยความดัน

ความดัน

ความดัน (Pressure; P) หมายถึง แรงกดดันบรรยากาศต่อพื้นที่ 1 หน่วยพื้นที่ เครื่องมือวัดความดัน ได้แก่ แมนนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ ใช้เป็นเกจ (gauge) วัดความดัน

หน่วยวัดความดันทางเทคนิคหรือวัดเป็นบรรยากาศทางเทคนิค [(atm) atmospheric] มีหลายหน่วย เช่น กิโลปอนด์/ตารางเซนติเมตร (kp/cm^2) หรือนิวตัน/ตารางเมตร (N/m^2) หรือปอนด์/ตารางนิ้ว (lb/in^2) หรือพาสคัล (Pascal) หรือกิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร (kgf/cm^2)

หน่วยความดัน

ตารางหน่วยความดันที่ใช้ในระบบเอสไอ

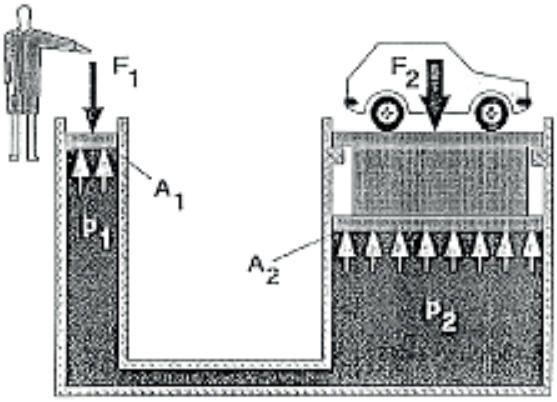
ปริมาณ	สัญลักษณ์	หน่วย	การเปลี่ยนหน่วย
ความดัน (Pressure)	P	นิวตัน/ตารางเมตร หรือ นิวตัน/ม.^{2}(N/m^2)	1 นิวตัน/ม.^{2} = 10^{-5} บาร์ = 1 พาสคัล 1 บาร์ = 10 นิวตัน/ซม.^{2} = 10^5นิวตัน/ม.^{2} = 14.5 psi = 10^5 พาสคัล 1.01 บาร์ = 14.69 ปอนด์/ตารางนิ้ว [(psi) pound per square inch]
		กิโลปอนด์/ตารางเซนติเมตร (kp/cm^2)	1 psi = 0.07 กิโลปอนด์/ตารางเซนติเมตร (kp/cm^2) 1 พาสคัล (Pa) = 10^{-5} บาร์ 1 กิโลกรัม/ซม.^{2} = 98.06 กิโลพาสคัล (kPa)
		พาสคัล (Pa)	1 นิวตัน = 0.1 กิโลกรัมแรง (kgf) 1 กิโลกรัมแรง (kgf) = 10 นิวตัน (N) 1 บาร์ = 1.02 กิโลกรัมแรง/ซม.^{2} (kgf/cm^2) 1 กิโลกรัมแรง/ซม.^{2}= 0.981 บาร์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

1.3 การส่งผ่านความดันของของไหล (Pressure Transmission)

- ความดันที่ถูกส่งผ่านโดยของไหลซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะปิดจะกระทำด้วยค่าเท่ากันในทุกทางต่อพื้นผิวภาชนะ
- ความดันของไหลจะกระทำในทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่ที่ของไหลนั้นสัมผัสอยู่

1.4 การส่งผ่านแรงและกำลังของของไหล (Force and Power Transmission)



- ความดันทุกๆ จุดในระบบปิดจะมีค่าเท่ากันโดยไม่ขึ้นกับรูปร่างของภาชนะที่บรรจุของเหลว
- วิธีการทดความดันในระบบไฮดรอลิกให้ได้ความดันมากขึ้น เพื่อให้กระบอกไฮดรอลิกที่ใช้งานเกิดแรงได้มากขึ้น โดยใช้กระบอกไฮดรอลิกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหรือหน้าตัดไม่เท่ากัน เชื่อมต่อกันเป็นตัวสร้างความดัน

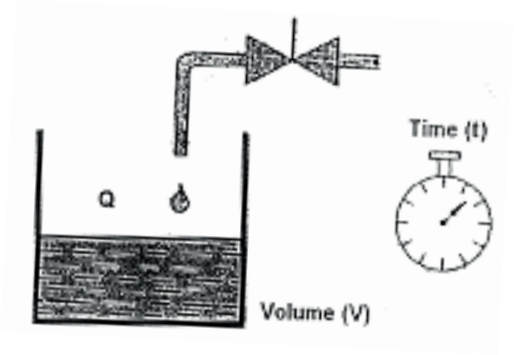
$$\text{ความดัน } (P_1) = \text{ความดัน } (P_2) = \frac{\text{แรง } F_1}{\text{พื้นที่หน้าตัด } A_1} = \frac{\text{แรง } F_2}{\text{พื้นที่หน้าตัด } A_2}$$

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

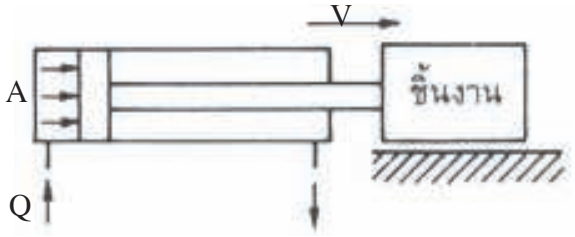
1.5 อัตราการไหลของของไหล (Flow rate)

อัตราการไหลของของไหล (*Q*) คือ ปริมาตรของของเหลว (*V*) ที่ไหลผ่านท่อในช่วงเวลาหนึ่งๆ หรือคาบเวลา (*t*)

$$Q = \frac{V}{t}$$



โดยปกติอุปกรณ์ทำงานของระบบไฮดรอลิก ซึ่งได้แก่ กระบอกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิก สามารถทำการควบคุมให้อุปกรณ์ทำงานเหล่านี้เคลื่อนตัวได้ช้าลงได้โดยการควบคุมให้น้ำมันที่ไหลเข้าอุปกรณ์ทำงานมีปริมาณน้อยลง



จาก Q = A × V หรือ V = $\frac{Q}{A}$

Q คือ ปริมาณการไหลของน้ำมัน (Quanlity Flow)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (Area)

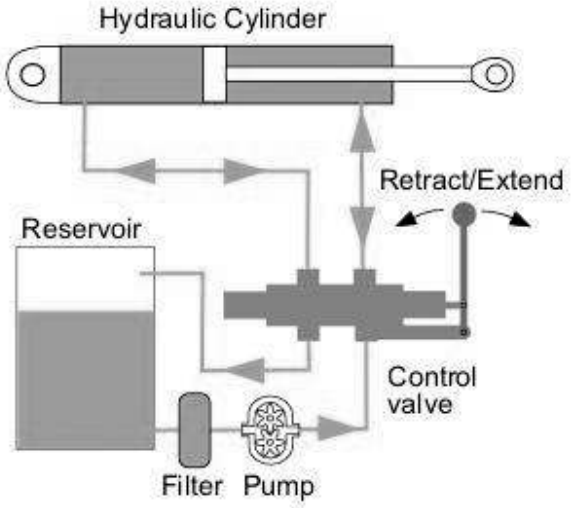
V คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกสูบ (Velocity Speed)

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

2. โครงสร้างและหลักการทำงานของชุดต้นกำลัง (Power Unit) ระบบ

2.1 โครงสร้างของระบบไฮดรอลิก

ระบบไฮดรอลิก หมายถึง การไหลของของเหลวในระบบเพื่อเป็นตัวกลางถ่ายทอดกำลังงาน โดยการเปลี่ยนแปลงกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกลโดยทั่วไปมีอุปกรณ์พื้นฐานหลักๆ ที่สำคัญ ดังแสดงในรูป



1. อุปกรณ์ต้นกำลัง ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนปั๊มไฮดรอลิก ซึ่งอาจจะเป็นเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า

2. ปั๊มไฮดรอลิก จะทำหน้าที่สร้างการไหลและความดันให้กับระบบ

3. ถังพักน้ำมันและอุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน ทำหน้าที่เป็นที่พักของน้ำมัน ขจัดสิ่งสกปรก ขจัดฟองอากาศ และระบายความร้อนของน้ำมัน

4. วาล์วชนิดต่างๆ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทำงาน (Actuators)

5. อุปกรณ์ทำงาน ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล เช่น กระบอกสูบ หรือมอเตอร์ไฮดรอลิก

6. ท่อทาง ทำหน้าที่เป็นเส้นทางการไหลของน้ำมันในระบบ เช่น ท่อ (Tube) สายน้ำมัน (Hose) ข้อต่อชนิดต่างๆ (Fitting)

2.2 อุปกรณ์ต้นกำลังของระบบน้ำมัน

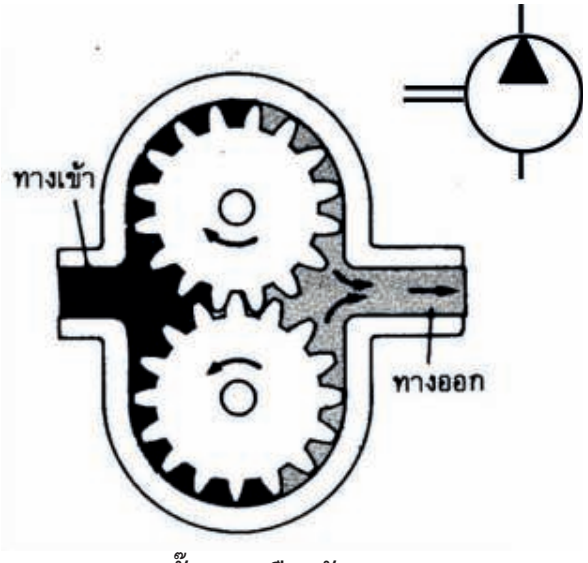
ปั๊มไฮดรอลิกเป็นหัวใจหลักของระบบไฮดรอลิกทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลที่ได้รับให้เป็นพลังงานของการไหลภายใต้ความดัน ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่พลังงานกลที่ใช้ในการขับปั๊มมาจากมอเตอร์ไฟฟ้าหากไม่ได้ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมก็จะใช้เครื่องยนต์เป็นตัวขับ

1) ปั๊มแบบเฟือง (gear pump)

- ปั๊มแบบเฟืองฟันนอก (external gear pump)
- ปั๊มแบบเฟืองฟันใน (internal gear pump)
- ปั๊มแบบโหลบ (lobe pump)
- ปั๊มแบบสกรู (screw pump)

2) ปั๊มแบบเฟืองฟันนอก (external gear pump)

ปั๊มแบบเฟืองฟันนอก ประกอบด้วยเฟืองฟันนอกสองตัวหมุนอยู่ในเสื้อปั๊มชุดเดียวกัน การทำงานเฟืองขับจะหมุนไปขบเฟืองตามให้หมุนในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้น้ำมันจากถังพักถูกดูดเข้ามาในตัวปั๊มและถูกบีบให้ไหลออกทางด้านข้างของเฟืองทั้งสองก่อนที่จะไหลออกสู่ภายนอก

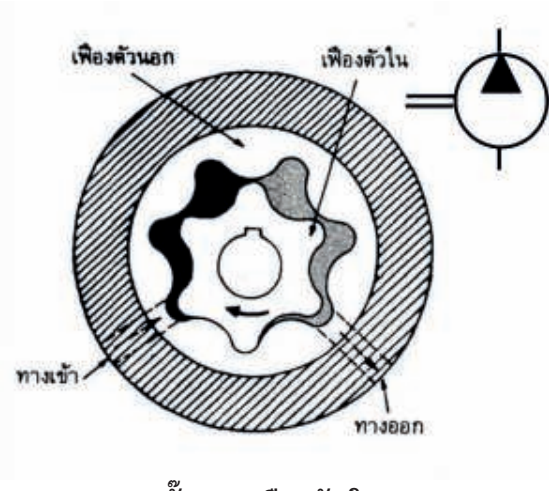


ปั๊มแบบเฟืองฟันนอก

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

3) ปั๊มแบบเฟืองฟันใน (internal gear pump)

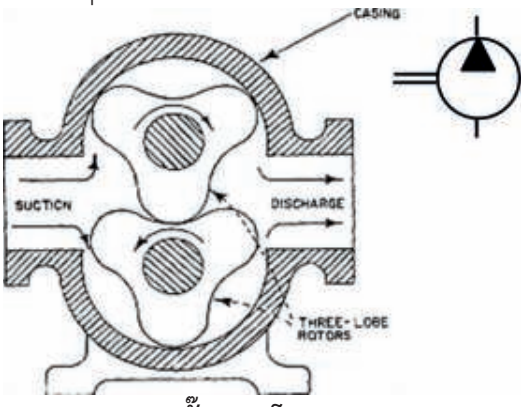
ปั๊มแบบเฟืองฟันในนี้ มีเฟืองตัวในเป็นเฟืองฟันนอกและทำหน้าที่เป็นตัวขับเฟืองตัวนอกซึ่งเป็นเฟืองฟันใน ปั๊มชนิดนี้มีซีลที่มีลักษณะเป็นเสี้ยว (crescent seal) จะเป็นตัวทำให้เฟืองทั้งสองขบกันตลอดเวลาและทำหน้าที่เป็นซีลกันไม่ให้น้ำมันไหลย้อนกลับ



ปั๊มแบบเฟืองฟันใน

4) ปั๊มแบบโหลบ (lobe pump)

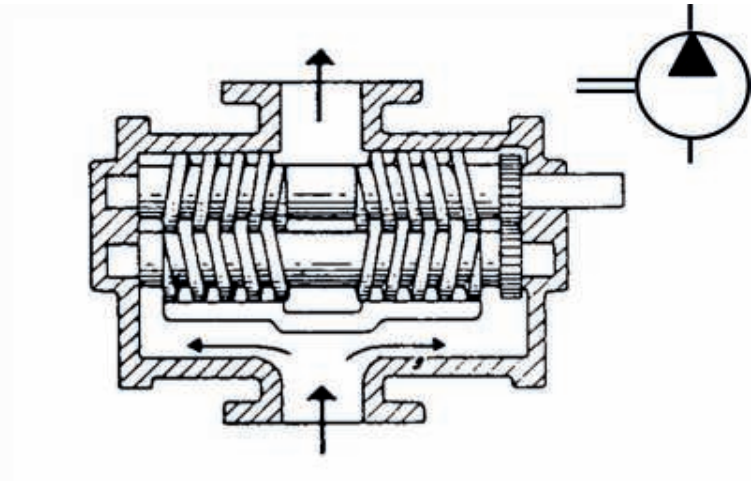
ปั๊มแบบโหลบ ทำงานคล้ายกับปั๊มแบบเฟืองฟันนอกตัวโรเตอร์อาจมีโหลบเป็น 2, 3, 4 หรืออาจมากกว่าก็ได้ โรเตอร์ทั้งสองตัวจะต้องมีตัวขับโดยปกติตัวขับจะเป็นเฟืองอีกชุดหนึ่งโรเตอร์ที่เป็นโหลบทำให้ไม่มีซีลกันรั่วนิยมใช้เป็นตัวส่งน้ำมันที่มีปริมาณมากในระดับความดันต่ำๆ



ปั๊มแบบโหลบ

5) ปั๊มแบบสกรู (screw pump)

ปั๊มชนิดนี้ส่งจ่ายน้ำมันตามแนวแกนโดยใช้สกรูเป็นตัวบีบอัดน้ำมัน ปั๊มชนิดสกรูให้การทำงานที่ราบเรียบดูดอัดน้ำมันได้อย่างต่อเนื่องมีความเร็วรอบสูงแต่ประสิทธิภาพต่ำ เพราะมีความฝืดมากความดันจำกัดที่ 35 bar การส่งจ่ายน้ำมัน 450 l/min แบบพิเศษสร้างความดันได้ถึง 250 bar

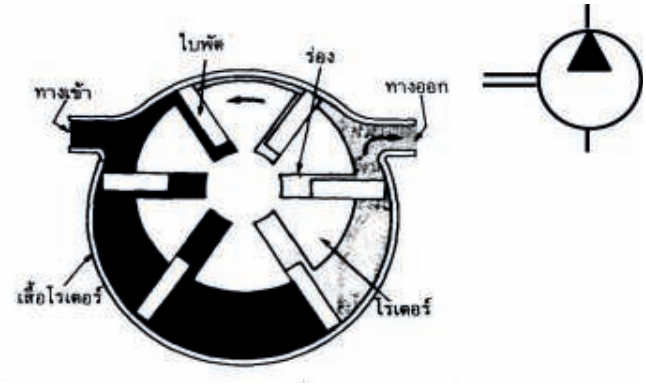


ปั๊มแบบสกรู

6) ปั๊มแบบใบพัด (vane pump)

6.1) ปั๊มแบบใบพัดแบบไม่สมดุล (unbalance vane pump)

ตัวโรเตอร์และเสื้อปั๊มจะประกอบเยื้องศูนย์กัน ขณะที่โรเตอร์หมุนและใบพัดเลื่อนไปก็จะดันอากาศที่อยู่ในห้องดูดให้ออกไปทำให้ความดันลดลง และเมื่อน้ำมันเข้ามาจะถูกห้องดูดบีบให้ปริมาตรลดลง และความดันสูงขึ้นน้ำมันจะถูกดันให้ออกไปทางท่อออกความเร็วโรเตอร์จะต้องมากกว่า 600 rpm เพื่อป้องกันน้ำมันรั่วออกปั๊มใบพัดบางแบบสามารถปรับอัตราการไหลได้

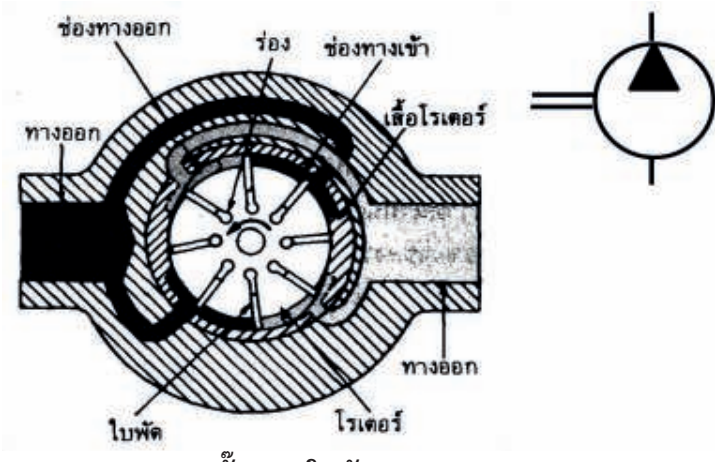


ปั๊มแบบใบพัดแบบไม่สมดุล

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

6.2) ปั๊มแบบใบพัดแบบสมดุล (balance vane pump)

ตัวโรเตอร์จะหมุนอยู่ตรงกลางและมีห้องปั๊มภายในเสื้อปั๊มที่เป็นรูปวงรีสองห้องอยู่ตรงข้ามกับโรเตอร์ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการสมดุลของแรงที่กระทำกับเพลา

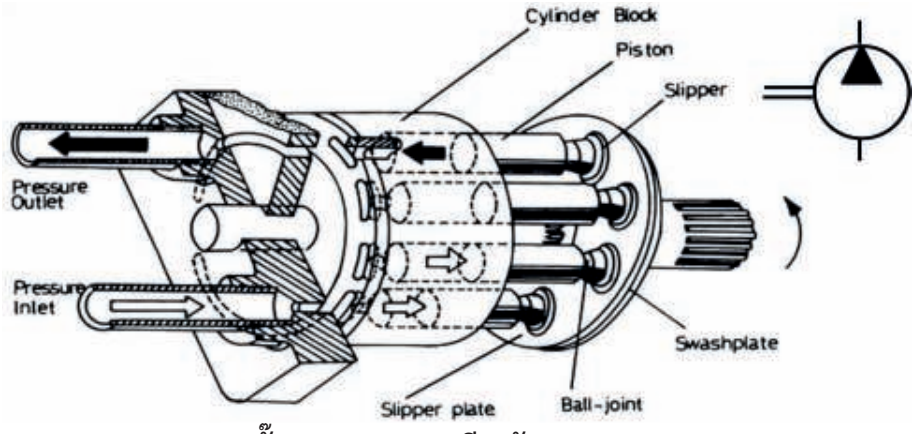


ปั๊มแบบใบพัดแบบสมดุล

7) ปั๊มแบบลูกสูบ (piston pump)

7.1) **ปั๊มแบบลูกสูบวางเรียงกับแกนเพลา (axial piston pump)**

ปั๊มแบบลูกสูบวางเรียงกับแกนเพลา (axial piston pump) ชุดกระบอกสูบจะหมุนตามเพลาขับ โดยก้านสูบจะติดกับแผ่นหน้าแปลนและลูกสูบจะถูกดึงและดันให้เคลื่อนที่เข้าและออกภายในกระบอกสูบเมื่อเพลาขับ หมุนปั๊มชนิดนี้สามารถปรับเปลี่ยนปริมาตรได้



ปั๊มแบบลูกสูบวางเรียงกับแกนเพลา

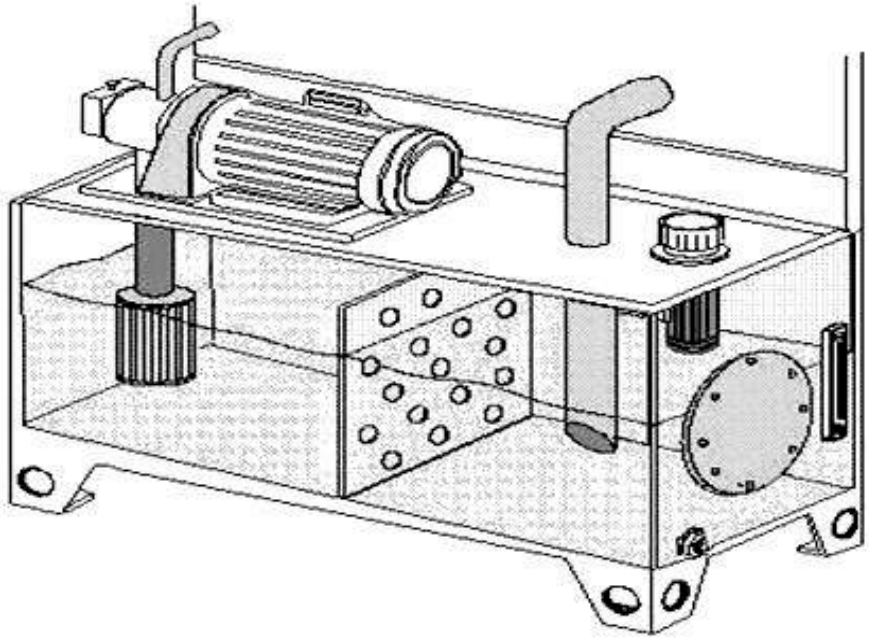
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

2.3 อุปกรณ์เสริมใช้ร่วมกับระบบไฮดรอลิก

1) ถังพักน้ำมันไฮดรอลิก

ระบบไฮดรอลิกไม่ว่าจะเป็นขนาดเล็กหรือขนาดกลาง ส่วนใหญ่ด้านบนของถังพักน้ำมันจะใช้เป็นที่ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้า ปั๊มไฮดรอลิก วาล์ว และอุปกรณ์อื่นๆแต่หากเป็นระบบไฮดรอลิกขนาดใหญ่ก็มักจะติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าและปั๊มแยกจากถังพักน้ำมัน ทั้งนี้เพราะมอเตอร์และปั๊มมีขนาดใหญ่ทำให้มีการสั่นสะเทือนมาก มีหน้าที่หลักต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ

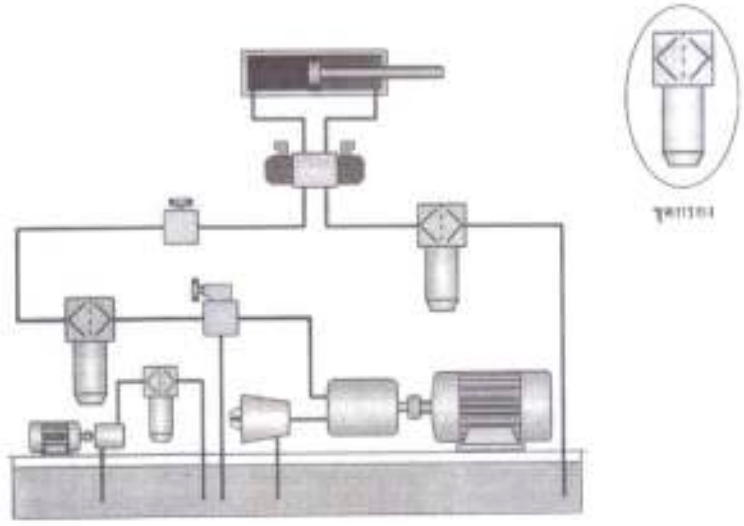
1. เป็นที่เก็บและพักน้ำมัน
2. เป็นที่ระบายความร้อนของน้ำมัน
3. เป็นที่ขจัดสิ่งสกปรก และน้ำ
4. เป็นที่ขจัดฟองอากาศ



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

2) ระบบการกรองน้ำมันไฮดรอลิก

มีวัตถุประสงค์หลักๆ คือ เพื่อลดข้อผิดพลาดในการทำงานให้น้อยลง ยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆ ให้ยาวนานขึ้น โดยส่วนใหญ่แล้วความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมักมีสาเหตุมาจากชิ้นส่วนเล็กๆหรือเศษสิ่งสกปรกต่างๆที่ปะปนอยู่กับน้ำมันซึ่งมาจากตัวน้ำมันเองหรือเศษสิ่งสกปรกจากภายนอกที่เล็ดลอดเข้าไปภายในระบบ



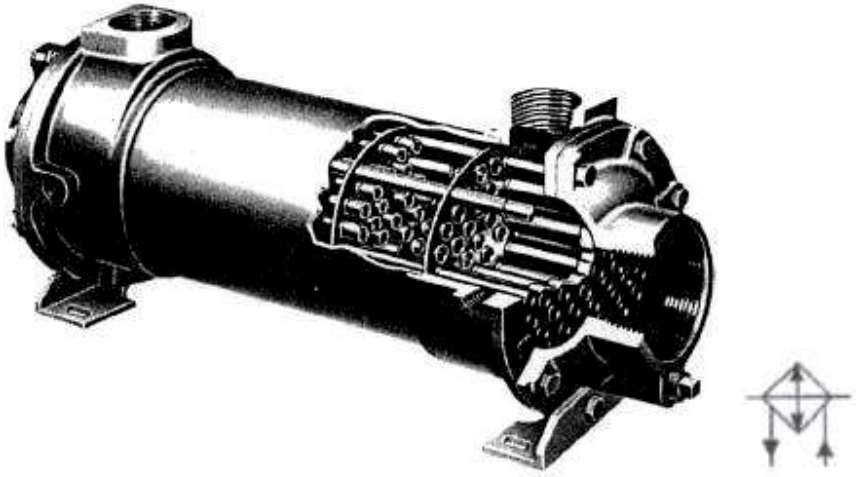
3) ระบบระบายความร้อนในระบบไฮดรอลิก

สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ช่วยให้ระบบไฮดรอลิกทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็คือการรักษาและควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันขณะใช้งานให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะ โดยทั่วไปมีอยู่ 2 แบบคือ

1. ชุดถ่ายเทความร้อนแบบใช้พัดลมเป่า โดยการใช้กระแสลมจากพัดลมเป่าความร้อนให้กระจายออกสู่ภายนอก อุณหภูมิของน้ำมันก็จะลดลง

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level 2 **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

2. ชุดถ่ายเทความร้อนแบบใช้น้ำหล่อเย็น โดยใช้หลักการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำหล่อเย็นกับน้ำมันภายในถังหรือเปลือก จะประกอบด้วยท่อขนาดเล็ก จำนวนมากวางขนานกันและเชื่อมต่อหัวท้ายเข้าด้วยกัน ท่อเหล่านี้จะเป็นทางผ่านของน้ำหล่อเย็นโดยจะไหลจากหัวไปท้ายหรือไหลวน



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

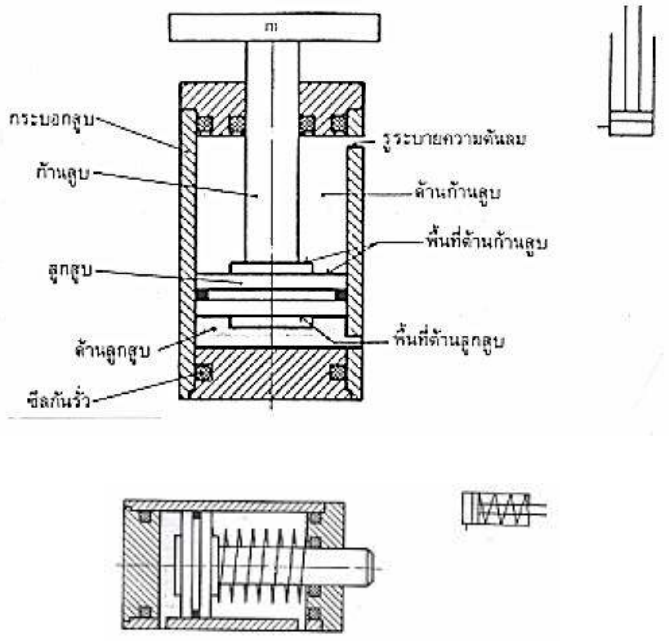
3. อุปกรณ์ในระบบไฮดรอลิก

3.1 กระบอกสูบไฮดรอลิก

กระบอกสูบ (cylinders) หรืออุปกรณ์ทำงานที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงเมื่อได้รับพลังงานจากน้ำมัน สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท ดังนี้

1) กระบอกสูบทำงานทางเดียว (single acting cylinder)

กระบอกสูบทางเดียว เป็นตัวทำงานที่รับน้ำมันเข้ากระบอกสูบทางด้านหัวลูกสูบ เพียงทางเดียว เพื่อผลักดันให้ลูกสูบพร้อมก้านสูบเคลื่อนที่ออกไปผลักดันชิ้นงาน ส่วนในตอนที่ลูกสูบเคลื่อนที่กลับจะไม่ใช้น้ำมันดัน แต่จะใช้ชิ้นงานหรือสปริงเป็นตัวผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่กลับ



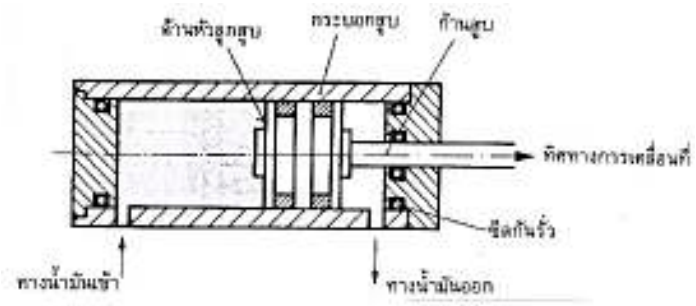
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

2) กระบอกสูบทำงานสองทาง (double acting cylinder)

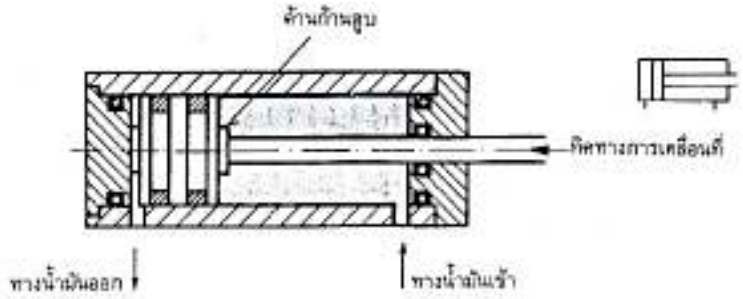
กระบอกสูบสองทาง เป็นตัวทำงานที่มีรูรับน้ำมันเข้าและออกอยู่ด้านหัวลูกสูบและด้านก้านสูบทั้ง 2 ทาง การทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ

2.1) ลูกสูบเคลื่อนที่ออกเพื่อไปผลักดันชิ้นงาน กระทำได้โดยให้น้ำมันเข้าทางด้านหัวลูกสูบและให้น้ำมันออกทางด้านก้านสูบ ดังแสดงในภาพ ก.

2.2) ลูกสูบเคลื่อนที่เข้าเพื่อดึงชิ้นงานเข้ามา กระทำได้โดยให้น้ำมันเข้าทางด้านก้านสูบและให้น้ำมันออกทางด้านหัวลูกสูบ ดังแสดงในภาพ ข.



ก.ลูกสูบเคลื่อนที่ออก



ข. ลูกสูบเคลื่อนที่เข้า

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

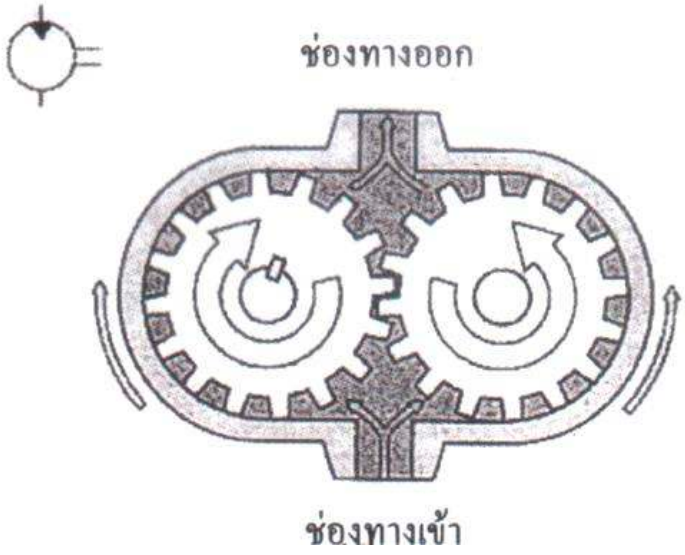
3.2 มอเตอร์ไฮดรอลิก

มอเตอร์ไฮดรอลิก เป็นอุปกรณ์ทำงานอีกประเภทหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของไหลหรือน้ำมันไฮดรอลิก ให้เป็นกำลังงานทางกลโดยมีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงมุมและสามารถหมุนได้รอบตัว มอเตอร์ไฮดรอลิก สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1) มอเตอร์แบบเฟือง

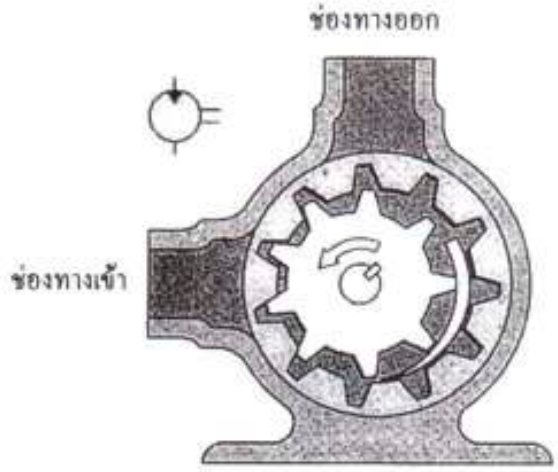
แรงบิดของมอเตอร์แบบเฟืองนี้เกิดจากความดันที่กระทำต่อฟันเฟือง ปริมาตรความจุเป็นแบบคงที่ปรับไม่ได้ มอเตอร์แบบเฟืองนี้ยังแบ่งออกเป็น 3 ชนิด 1.แบบเฟืองฟันนอก 2.แบบเฟืองฟันใน 3.แบบสกรู

มอเตอร์แบบเฟืองฟันนอก หลักการทำงานของมอเตอร์แบบเฟืองฟันนอกคือ ความดันน้ำมันที่ไหลเข้ามาจะไหลไปรอบๆ เฟืองที่สัมผัสกับผนังเสื้อภายในมอเตอร์แล้วผลักดันให้ฟันเฟืองเคลื่อนที่หมุนขบกันไป เฟืองทั้งสองที่ขบกันนี้มีเพลาติดอยู่ทำให้ได้แรงบิดที่เพลาหมุนขับโหลดได้

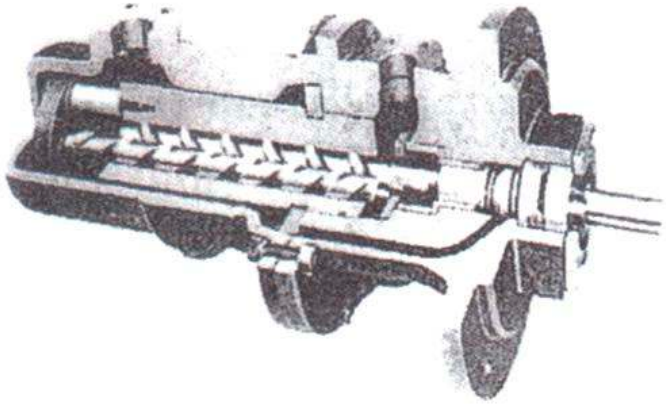


	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

มอเตอร์แบบเฟืองฟันใน จะมีเฟืองตัวนอกเป็นแบบฟันในซึ่งจะขบกับเฟืองตัวในซึ่งเป็นแบบเฟืองตัวนอก เมื่อความดันน้ำมันเข้าสู่ช่องทางเข้าและไหลเข้าสู่ช่องว่างระหว่างฟันเฟืองผลักดันให้เฟืองหมุนไป เมื่อน้ำมันไหลไปถึงปลายส่วนที่เป็นเสี้ยววงโค้งความดันจะค่อยๆ ลดลงและไหลกลับถังพัก



มอเตอร์แบบสกรู จะใช้วิธีการขบกันของเฟืองสกรู โดยทั้งนี้จะเป็นโรเตอร์เพลาขับโหลดหนึ่งตัวและอีกสองตัวเป็นตัวช่วยในการขับโรเตอร์

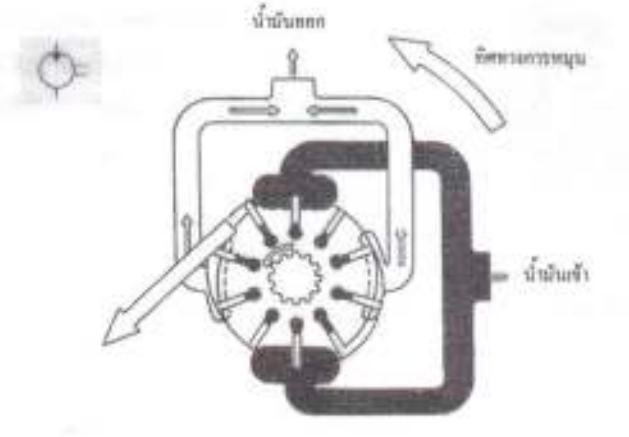


	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

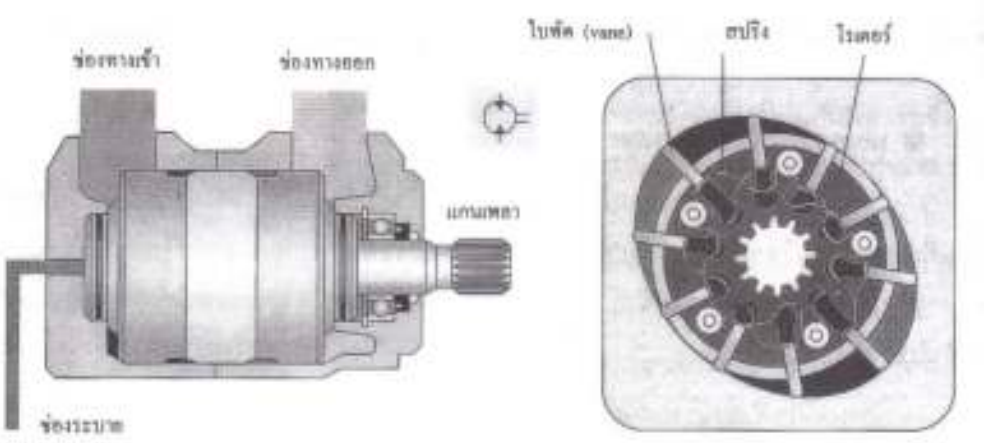
2) มอเตอร์แบบใบพัด

มอเตอร์แบบใบพัด สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ มอเตอร์ใบพัดแบบสมดุลและมอเตอร์ใบพัดแบบสมดุลชนิดหมุนกลับทางได้

มอเตอร์ใบพัดแบบสมดุล โครงสร้างโดยทั่วไปจะมีห้อง (ปริมาตร) ภายในแยกเป็นสองห้อง เมื่อน้ำมันที่ส่งมาจากปั๊มไหลเข้าสู่ช่องทางเข้าและเกิดความดันกระทำต่อใบพัดทำให้โรเตอร์หมุน แกนเพลาซึ่งติดอยู่กับโรเตอร์จึงหมุนตามไปด้วย



มอเตอร์ใบพัดแบบสมดุลชนิดหมุนกลับทางได้ เป็นมอเตอร์ใบพัดที่นิยมใช้งาน เนื่องจากสามารถหมุนกลับทิศทางไปมาได้ โครงสร้างภายในมีเช็ควาล์ว ไม่ว่าช่องทางใดของมอเตอร์จะได้รับน้ำมันที่ป้อนเข้ามาเช็ควาล์วจะทำหน้าที่เชื่อมต่อช่องภายในตัวมอเตอร์เพื่อรักษาระดับความดันไว้



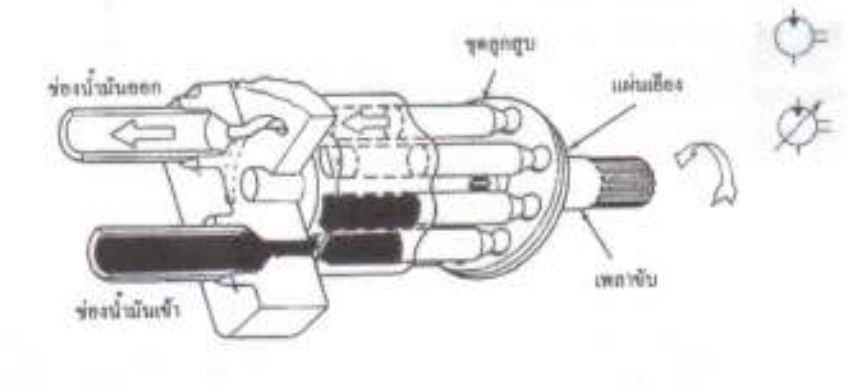
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

3) มอเตอร์แบบลูกสูบ

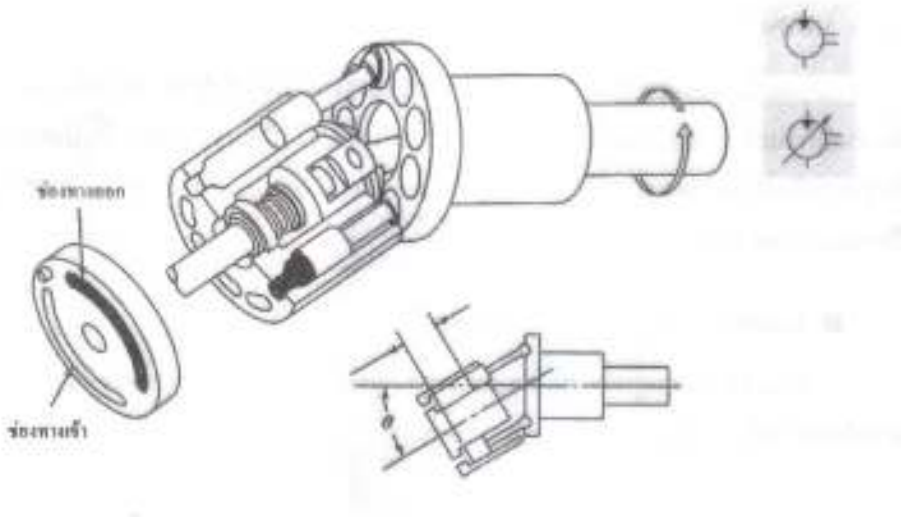
เป็นมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบอื่นๆ เนื่องจากมีความเร็วรอบสูงและสามารถทำงานที่ความดันสูงมากๆ ได้ สามารถแบ่งตามโครงสร้างเป็น 2 ชนิด

มอเตอร์แบบลูกสูบวางเรียงแกนเพลา สามารถแบ่งย่อยออกได้อีก 2 ชนิด

- แบบลูกสูบวางขนานกับเพลา โดยที่เพลาและชุดกระบอกสูบจะอยู่ในแนวเดียวกัน แรงบิดที่ได้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ของลูกสูบและมุมลาดเอียงของแผ่นเอียง มอเตอร์ชนิดนี้มีทั้งแบบปริมาตรคงที่และปรับปริมาตรได้

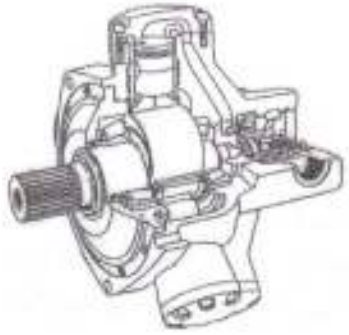


- แบบลูกสูบวางเฉียงกับเพลา เป็นมอเตอร์ลูกสูบที่ชุดกระบอกสูบและเพลาขับติดตั้งทำมุมกัน การเปลี่ยนแปลงค่ามุมจะทำให้ความเร็วรอบและแรงบิดที่ได้เปลี่ยนไป โดยมีค่ามุมต่ำสุดที่ 7.5 องศา และสูงสุดที่ 30 องศา มอเตอร์ชนิดนี้มีทั้งแบบปริมาตรคงที่และปรับปริมาตรได้



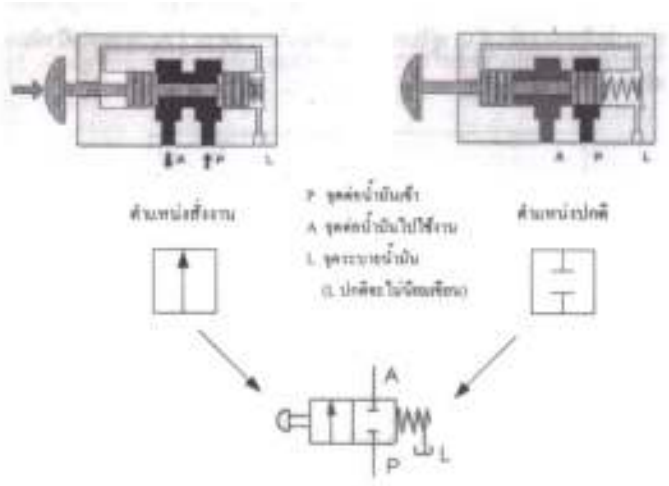
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

มอเตอร์แบบลูกสูบวางรอบแกนเพลา มอเตอร์แบบนี้จะมีลูกสูบอยู่ภายในเป็น 5, 7, หรือ 10 ลูก แล้วแต่ขนาดของมอเตอร์ ลูกสูบจะสวมติดกับก้านสูบด้วยข้อต่อแบบลูกบอลและก้านสูบจะสวมอยู่รอบๆ เพลาตัวใหญ่ซึ่งมีลักษณะเป็นวงแหวนลูกเบี้ยววางเยื้องศูนย์อยู่ภายในตัวเสื้อ



4. วาล์วควบคุมทิศทาง

วาล์วควบคุมทิศทาง เป็นวาล์วที่มีหน้าที่เลือกทิศทางการไหลของน้ำมันให้หยุดหรือเป็นไปตามทิศทางที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อให้วงจรหรือเงื่อนไขหรืออุปกรณ์ทำงาน เช่น กระบอกสูบ มอเตอร์ สามารถทำงานหรือเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ถูกต้องได้ตามความต้องการ



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

4.1 วาล์วควบคุมความดัน

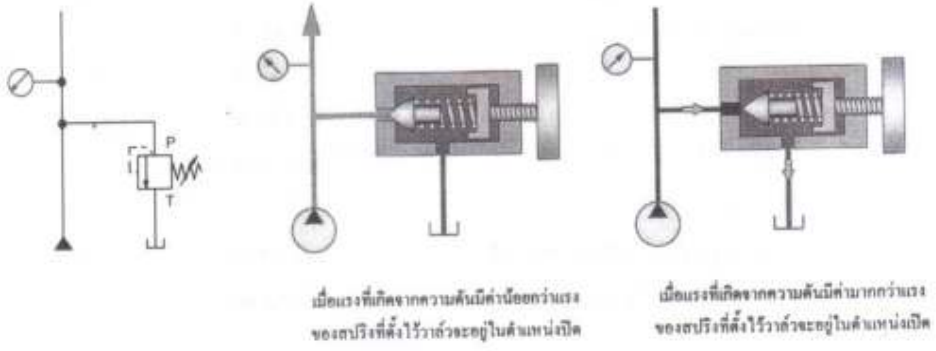
เมื่อปั๊มทำหน้าที่จ่ายน้ำมัน จะทำให้เกิดอัตราการไหลที่ค่าหนึ่งเพื่อป้อนให้กับอุปกรณ์ทำงานคือ กระบอกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิก มีน้ำมันถูกขวางการไหลด้วยอุปกรณ์ดังกล่าว ความดันในระบบจะเกิดขึ้นเท่าที่โหลดต้องการทำงาน ดังนั้นหากไม่มีการควบคุมความดันเมื่อปั๊มจ่ายน้ำมันในปริมาณที่สูง จะทำให้เกิดความดันสูงเกินความต้องการซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้อุปกรณ์ต่างๆชำรุดเสียหายได้ นอกจากนั้นวาล์วควบคุมความดันยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ เช่น

1. เพื่อควบคุมความดันให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย
2. เพื่อกำหนดระดับการทำงาน
3. เพื่อกำหนดการทำงาน 2 ระดับหรือมากกว่า
4. เพื่อปรับความดัน 2 ระดับที่เวลาเดียวกัน
5. เพื่อลดโหลดหรือภาระของปั๊ม

4.1.1 วาล์วปลดความดัน

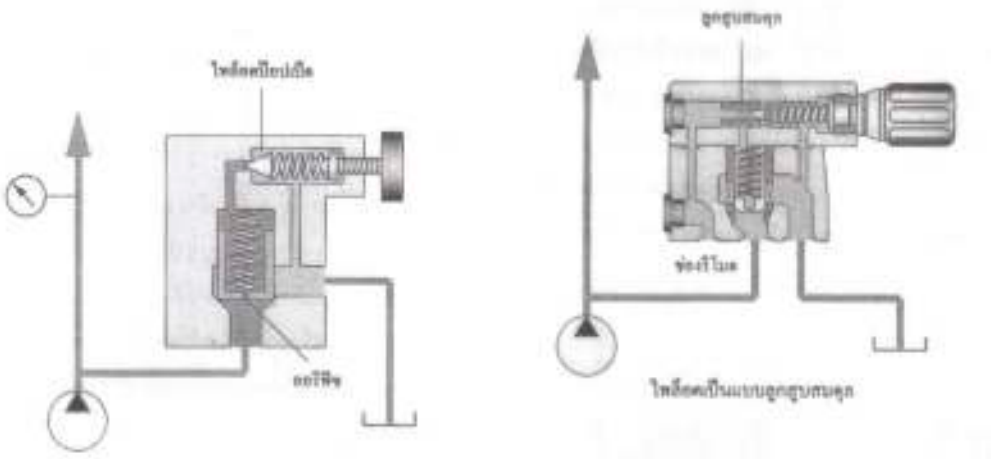
วาล์วปลดความดัน (pressure relief valve) เป็นวาล์วควบคุมความดันซึ่งอยู่ในส่วนแรกของวงจรไฮดรอลิก จะติดตั้งไว้ที่ท่อทางน้ำมันไหลออกจากปั๊มก่อนเข้าสู่ระบบ วาล์วดังกล่าวนี้มีหน้าที่คอยควบคุมความดันของวงจรทั้งหมดหรือวงจรบางส่วนที่ต้องการให้มีความดันระดับเดียวกัน เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ แบบทำงานโดยตรง และแบบทำงานทางอ้อม

1) **วาล์วปลดความดันแบบทำงานโดยตรง** วาล์วแบบนี้มีโครงสร้างภายในประกอบด้วยลูกบอลหรือป๊อปเป็ตหรือสปูลเลื่อนที่ติดกับสปริงซึ่งสามารถปรับค่าได้ ในสภาพปกติทำหน้าที่ต้านความดันของระบบและทำให้วาล์วอยู่ในตำแหน่งปิด วาล์วจะเปิดก็ต่อเมื่อแรงที่เกิดจากความดันของน้ำมันมากกว่าแรงของสปริง เมื่อวาล์วเปิดน้ำมันจะไหลกลับถังพัก



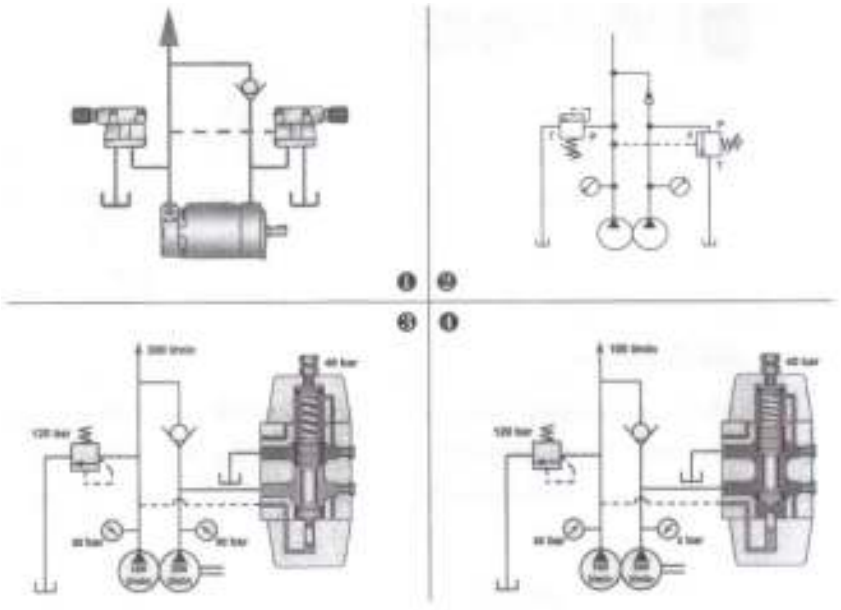
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

2) วาล์วปลดความดันแบบทำงานทางอ้อม วาล์วแบบนี้มีโครงสร้างภายในซับซ้อนกว่าแบบทำงานโดยตรง ทั้งนี้เพราะมีการทำงานเป็นแบบ 2 ขั้นตอน โครงสร้างโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ แบบป๊อปเป็ตและแบบลูกสูบสมดุล



4.1.2 วาล์วลดโหลด

มีโครงสร้างและหลักการทำงานเหมือนกับวาล์วปลดความดันแบบทำงานทางอ้อม โดยใช้สัญญาณความดันจากภายนอกในการสั่งงาน ทำหน้าที่เปิดช่องทางให้น้ำมันที่ส่งจากปั๊มไหลลงถังพักได้เมื่อความดันถึงค่าที่ตั้งไว้ ทำให้ปั๊มทำงานโดยไม่ต้องแบกภาระกับความดันตลอดเวลา ส่งผลให้มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในการขับปั๊มใช้กำลังไฟน้อยลงทำให้ประหยัดค่าไฟลงได้

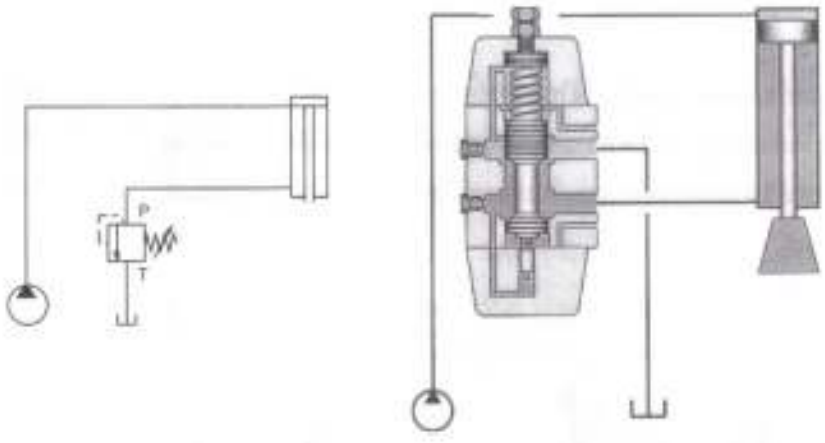


4.1.3 วาล์วจัดลำดับความดัน

เป็นวาล์วแบบปกติปิดจะเปิดเมื่อความดันในวงจรหลักสูงขึ้นถึงค่าที่ตั้งสปริงไว้ วาล์วนี้ใช้ในการจัดลำดับการไหลของน้ำมันไปยังส่วนต่างๆของวงจรย่อย ซึ่งน้ำมันที่ต่อจากช่องทางออกของวาล์วนี้สามารถนำไปทำงานให้ต่อเนื่องได้หลังจากที่การทำงานในวงจรหลักสิ้นสุดลง

4.1.4 วาล์วกันตก

เป็นวาล์วแบบปกติปิด จะเปิดก็ต่อเมื่อความดันไพล็อตที่อาจมาจากภายนอกหรืออยู่ภายในก็ได้ สูงขึ้นจนสามารถเอาชนะแรงสปริงที่ปรับตั้งไว้ได้วาล์วก็จะเปิดออก ในงานที่ใช้กระบอกสูบหิ้วหรือแบกรับโหลดมากๆ ควรป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นด้วย

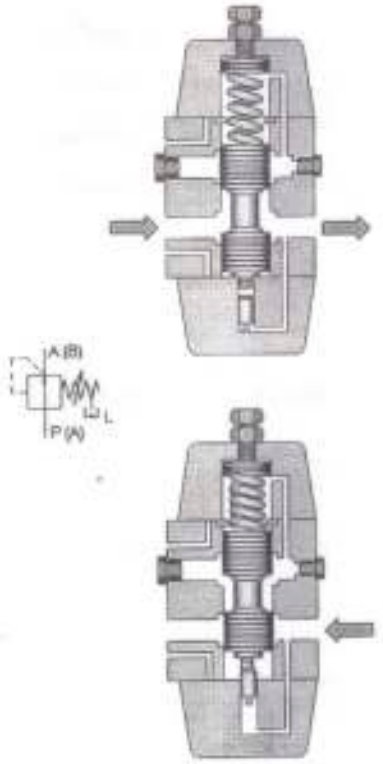


4.1.5 เบรกวาล์ว

จะใช้ในวงจรที่ต้องการเบรกกระบอกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิกซึ่งทำงานด้วยแรงเฉื่อยที่สูง เมื่อเบรกวาล์วปิด ความดันย้อนกลับที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากแรงเฉื่อยจะถูกจำกัดด้วยความดันที่กำหนดไว้ที่เบรกวาล์ว

4.1.6 วาล์วลดความดัน

เป็นวาล์วควบคุมความดันที่ต่างๆไปจากวาล์วควบคุมความดันที่ได้กล่าวมา เพราะวาล์วควบคุมความดันที่ผ่านมานั้นจะเป็นแบบปกติปิดแต่วาล์วความดันนี้จะเป็นแบบปกติเปิด สำหรับวาล์วลดความดันจะทำหน้าที่จำกัดและคอยปรับความดันให้ต่ำลงกว่าความดันสูงสุดของระบบ ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้งานในจุดที่ต้องการรักษาระดับความดันในวงจรย่อยให้คงที่และมีความต่ำกว่าความดันในวงจรหลัก



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

5. วาล์วควบคุมความเร็ว

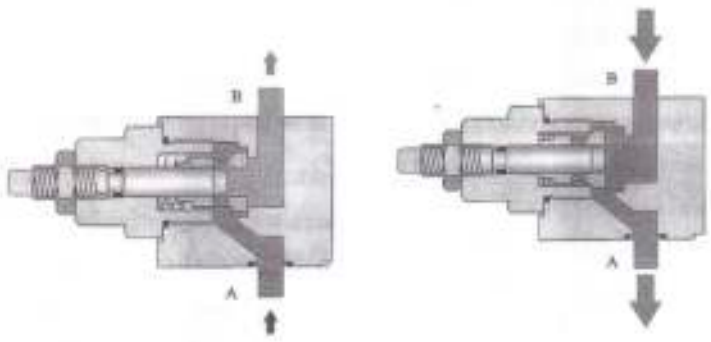
การที่จะควบคุมความเร็วของกระบอกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิกได้นั้น จะต้องควบคุมการไหลของน้ำมันที่จะเข้าหรือออก จากกระบอกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิก โดยใช้อุปกรณ์ที่ควบคุมการไหลด้วยการปรับเปลี่ยนขนาดช่องทางที่ให้น้ำมันไหลผ่านและการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำมัน ซึ่งทำให้กระบอกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิกเปลี่ยนแปลงความเร็วตามไปด้วย

5.1.1 วาล์วควบคุมความเร็วสองทิศทาง

เป็นวาล์วที่ควบคุมอัตราการไหลแบบไม่มีการชดเชยและควบคุมปริมาณน้ำมันตามที่ตั้งไว้ทั้งตอนไหลไปและไหลย้อนกลับ

5.1.2 วาล์วควบคุมความเร็วทิศทางเดียว

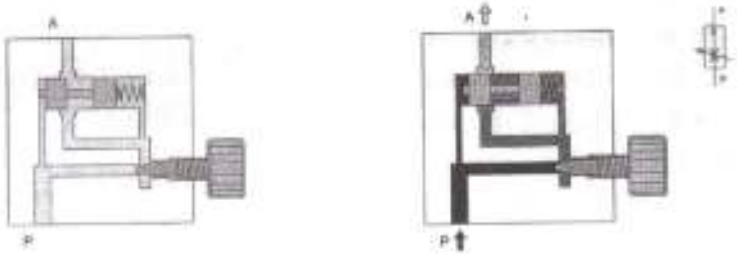
เป็นวาล์วแบบไม่มีการชดเชยเช่นเดียวกัน แต่น้ำมันที่ไหลย้อมกลับสามารถไหลผ่านได้อย่างอิสระเพราะมีเช็ควาล์วประกอบอยู่ภายใน เมื่อน้ำมันไหลเข้าในด้านตรงข้าม ปริมาณน้ำมันจะไหลผ่านเช็ควาล์วไม่ได้และถูกควบคุมช่องแคบตามที่ปรับตั้งค่าไว้



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

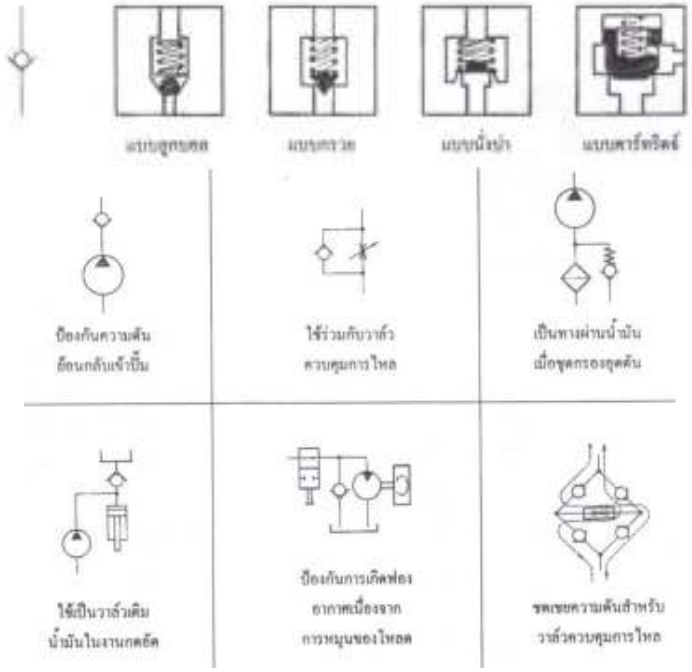
5.1.3 วาล์วควบคุมความเร็วชดเชยความดัน

วาล์วแบบนีนอกจากมีหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลแล้วยังช่วยชดเชยความดันตกคร่อมที่ตัววาล์วให้มีค่าคงที่ ภายในวาล์วมีลูกสูบชดเชยความดันประกอบอยู่ ซึ่งลูกสูบด้วยกล่าวจะเลื่อนซ้าย-ขวา เพื่อปรับขนาดช่องแคบที่ตรงทางออกวาล์วตามการเปลี่ยนแปลงของโหลด เพื่อรักษาระดับความดันแตกต่างให้ห้องลูกสูบชดเชยให้มีค่าคงที่ตลอดเวลา ไม่ว่าความดันของโหลดจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร



6. วาล์วกันกลับ

วาล์วที่มีคุณสมบัติให้น้ำมันไหลผ่านได้เพียงทิศทางเดียว โครงสร้างของวาล์วกันกลับโดยทั่วไปมีอยู่หลายรูปแบบ **วาล์วกันกลับแบบมีไพล็อต** ในด้านที่น้ำมันไม่สามารถไหลผ่านได้ หากเราใส่สัญญาณความดันน้ำมันไพล็อต น้ำมันก็จะสามารถไหลผ่านได้



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

จงทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) หรือ ✗ (ผิด) หน้าข้อความดังต่อไปนี้

_____1. ของไหล (Fluid) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ของเหลวและก๊าซ
_____2. ความดัน หมายถึง แรงกดดันบรรยากาศต่อพื้นที่ 1 หน่วยพื้นที่
_____3. หน่วยของความดันมีหลายหน่วย เช่น นิวตันต่อเมตร
_____4. ความดันของของไหลจะกระทำในทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่
_____5. อัตราการไหลของของไหล คือ อัตราการไหลของของเหลว เท่ากับ ปริมาตรของของเหลว คูณคาบเวลา

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

จงทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) หรือ ✘ (ผิด) หน้าข้อความดังต่อไปนี้

_____1. ปั๊มไฮดรอลิก จะทำหน้าที่ปั๊มน้ำมันให้กับระบบ
_____2. อุปกรณ์ทำงาน ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล
_____3. การทำงานของปั๊มแบบเฟืองฟันนอกเฟืองขับจะหมุนไปขบเฟืองตามให้หมุนในทิศทาง เดียวกัน
_____4. ปั๊มแบบใบพัด มี 2 ชนิด คือ ปั๊มแบบใบพัดแบบสมมาตร และปั๊มแบบใบพัดแบบไม่สมมาตร
_____5. ปั๊มแบบโหลบทำงานคล้ายกับปั๊มแบบเฟืองนอก
_____6. ปั๊มแบบลูกสูบวางแนวเฉียงกับแนวแกนเพลาชุดกระบอกสูบจะหมุนในทิศทางตรงข้ามกับเพลาขับ
_____7. ปั๊มแบบลูกสูบวางขนานกับแกนเพลาสามารถปรับเปลี่ยนปริมาตรได้
_____8. ปั๊มแบบลูกสูบวางรอบแนวแกนเพลาลูกสูบจะเคลื่อนที่เข้าออกตามแนวรัศมี

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level 2 **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

จงเติมข้อความลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. กระบอกสูบทำงานทางเดียวลูกสูบเคลื่อนที่กลับโดยใช้.....เป็นตัวผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่กลับ

2. กระบอกสูบสองทาง การทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ 1) ลูกสูบเคลื่อนที่ออกเพื่อไปผลักดันชิ้นงาน กระทำได้โดยให้น้ำมันเข้าทางด้าน.....และให้น้ำมันออกทางด้าน..... 2) ลูกสูบเคลื่อนที่เข้าเพื่อดึงชิ้นงานเข้ามา กระทำได้โดยให้น้ำมันเข้าทางด้าน.....และให้น้ำมันออกทางด้าน.....

จงทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) หรือ ✗ (ผิด) หน้าข้อความดังต่อไปนี้

_____1.มอเตอร์แบบเฟืองแบ่งออกเป็น 2 ชนิด 1.แบบเฟืองฟันนอก 2.แบบเฟืองฟันใน

_____2.การทำงานของมอเตอร์แบบเฟืองฟันนอกคือ ความดันน้ำมันที่ไหลเข้ามาจะไหลไปในส่วนที่เฟืองขบกันแล้วผลักดันให้ฟันเฟืองเคลื่อนที่หมุน

_____3.มอเตอร์แบบใบพัดแบ่งเป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ มอเตอร์ใบพัดแบบสมดุลและมอเตอร์ใบพัดแบบสมดุลชนิดหมุนกลับทางได้

_____4.มอเตอร์ใบพัดแบบสมดุลชนิดหมุนกลับทางได้เป็นมอเตอร์ใบพัดที่ไม่นิยมใช้งานเนื่องจากสามารถหมุนกลับทิศทางไปมาได้

_____5.มอเตอร์แบบลูกสูบสามารถแบ่งตามโครงสร้างเป็น 2 ชนิด 1.มอเตอร์แบบลูกสูบวางเรียงแกนเพลา
2. มอเตอร์แบบลูกสูบวางรอบแกนเพลา

_____6.วาล์วควบคุมทิศทาง เป็นวาล์วที่มีหน้าที่ควบคุมทิศทางการไหลของน้ำมันให้เป็นไปตามทิศทางที่ต้องการ

_____7.วาล์วปลดความดัน มีหน้าที่คอยลดความดันของวงจรทั้งหมดหรือวงจรบางส่วนที่ต้องการให้ลดความดัน

_____8.วาล์วลดโหลดมีโครงสร้างและหลักการทำงานเหมือนกับวาล์วปลดความดันแบบทำงานทางอ้อม

_____9.วาล์วกันตกเป็นวาล์วแบบปกติปิดจะเปิดก็ต่อเมื่อความดันน้ำมันเอาชนะแรงสปริงที่ปรับตั้งไว้ได้วาล์วก็จะเปิดออก

_____10.วาล์วควบคุมความเร็วสองทิศทางเป็นวาล์วที่ควบคุมความเร็วของน้ำมัน

_____11.วาล์วควบคุมความเร็วชดเชยความดันหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลแล้วยังช่วยชดเชยความดันตกคร่อมที่ตัววาล์วให้มีค่าคงที่

_____12.วาล์วกันกลับเป็นวาล์วที่มีคุณสมบัติให้น้ำมันไหลผ่านได้เพียงทิศทางเดียว

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level 2 **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

จงทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) หรือ ✘ (ผิด) หน้าข้อความดังต่อไปนี้

___✓____1. ของไหล (Fluid) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ของเหลวและก๊าซ

___✓____2. ความดัน หมายถึง แรงกดดันบรรยากาศต่อพื้นที่ 1 หน่วยพื้นที่

___✘____3. หน่วยของความดันมีหลายหน่วย เช่น นิวตันต่อเมตร

___✓____4. ความดันของของไหลจะกระทำในทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่

___✘____5. อัตราการไหลของของไหล คือ อัตราการไหลของของเหลว เท่ากับ ปริมาตรของของเหลว คูณคาบเวลา

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

จงทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) หรือ ✘ (ผิด) หน้าข้อความดังต่อไปนี้

___✘___1. ปั๊มไฮดรอลิก จะทำหน้าที่ปั๊มน้ำมันให้กับระบบ

___✓___2. อุปกรณ์ทำงาน ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล

___✘___3. การทำงานของปั๊มแบบเฟืองฟันนอกเฟืองขับจะหมุนไปขบเฟืองตามให้หมุนในทิศทาง เดียวกัน

___✘___4. ปั๊มแบบใบพัด มี 2 ชนิด คือ ปั๊มแบบใบพัดแบบสมมาตร และปั๊มแบบใบพัดแบบไม่สมมาตร

___✓___5. ปั๊มแบบโหลบทำงานคล้ายกับปั๊มแบบเฟืองนอก

___✘___6. ปั๊มแบบลูกสูบวางแนวเฉียงกับแนวแกนเพลาชุดกระบอกสูบจะหมุนในทิศทางตรงข้ามกับเพลาขับ

___✓___7. ปั๊มแบบลูกสูบวางขนานกับแกนเพลาสามารถปรับเปลี่ยนปริมาตรได้

___✓___8. ปั๊มแบบลูกสูบวางรอบแนวแกนเพลาลูกสูบจะเคลื่อนที่เข้าออกตามแนวรัศมี

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		หัวข้อที่ 2

จงเติมข้อความลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1.กระบอกสูบทำงานทางเดียวลูกสูบเคลื่อนที่กลับโดยใช้สปริงเป็นตัวผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่กลับ

2. กระบอกสูบสองทาง การทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ1.ลูกสูบเคลื่อนที่ออกเพื่อไปผลักดันชิ้นงาน กระทำได้โดยให้น้ำมันเข้าทางด้าน<u>หัวลูกสูบ</u>และให้น้ำมันออกทางด้าน<u>ก้านสูบ</u>2. ลูกสูบเคลื่อนที่เข้าเพื่อดึงชิ้นงานเข้ามา กระทำได้โดยให้น้ำมันเข้าทางด้าน<u>ก้านสูบ</u>และให้น้ำมันออกทางด้าน<u>หัวลูกสูบ</u>.

จงทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) หรือ ✘ (ผิด) หน้าข้อความดังต่อไปนี้

____✘___1.มอเตอร์แบบเฟืองแบ่งออกเป็น 2 ชนิด 1.แบบเฟืองฟันนอก 2.แบบเฟืองฟันใน

____✘___2. การทำงานของมอเตอร์แบบเฟืองฟันนอกคือ ความดันน้ำมันที่ไหลเข้ามาจะไหลไปในส่วนที่เฟืองขบกันแล้วผลักดันให้ฟันเฟืองเคลื่อนที่หมุน

____✓___3.มอเตอร์แบบใบพัดแบ่งเป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ มอเตอร์ใบพัดแบบสมดุลและมอเตอร์ใบพัดแบบสมดุลชนิดหมุนกลับทางได้

____✘___4.มอเตอร์ใบพัดแบบสมดุลชนิดหมุนกลับทางได้เป็นมอเตอร์ใบพัดที่ไม่นิยมใช้งานเนื่องจากสามารถหมุนกลับทิศทางไปมาได้

____✓___5.มอเตอร์แบบลูกสูบสามารถแบ่งตามโครงสร้างเป็น 2 ชนิด 1.มอเตอร์แบบลูกสูบวางเรียงแกนเพลา
2. มอเตอร์แบบลูกสูบวางรอบแกนเพลา

____✓___6.วาล์วควบคุมทิศทาง เป็นวาล์วที่มีหน้าที่ควบคุมทิศทางการไหลของน้ำมันให้เป็นไปตามทิศทางที่ต้องการ

____✘___7.วาล์วปลดความดัน มีหน้าที่คอยลดความดันของวงจรทั้งหมดหรือวงจรบางส่วนที่ต้องการให้ลดความดัน

____✓___8.วาล์วลดโหลดมีโครงสร้างและหลักการทำงานเหมือนกับวาล์วปลดความดันแบบทำงานทางอ้อม

____✓___9.วาล์วกันตกเป็นวาล์วแบบปกติปิดจะเปิดก็ต่อเมื่อความดันน้ำมันเอาชนะแรงสปริงที่ปรับตั้งไว้ได้วาล์วก็จะเปิดออก

____✘___10.วาล์วควบคุมความเร็วสองทิศทางเป็นวาล์วที่ควบคุมความเร็วของน้ำมัน

____✓___11.วาล์วควบคุมความเร็วชดเชยความดันหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลแล้วยังช่วยชดเชยความดันตกคร่อมที่ตัววาล์วให้มีค่าคงที่

____✓___12. วาล์วกันกลับเป็นวาล์วที่มีคุณสมบัติให้น้ำมันไหลผ่านได้เพียงทิศทางเดียว

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level 2 **0920083270102**	**ใบเตรียมการสอน** **(ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		งานที่ 2 / **เวลา 3 ชม.**

วัตถุประสงค์ :

1. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ไฮดรอลิกสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ได้
2. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถทำการต่อวงจรไฮดรอลิกโดยการควบคุมแรงดันได้
3. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถทำการควบคุมความเร็วการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงานไฮดรอลิกได้

วิธีการสอน :

บรรยายและสาธิต

อุปกรณ์ช่วยฝึก :

ชุดทดลองไฮดรอลิก

การมอบหมายงาน :

1. งานต่อวงจรควบคุมการเคลื่อนที่
2. งานต่อวงจรควบคุมแรงดัน
3. งานต่อวงจรควบคุมความเร็วโดยจำกัดอัตราการไหล

การวัดและประเมินผล :

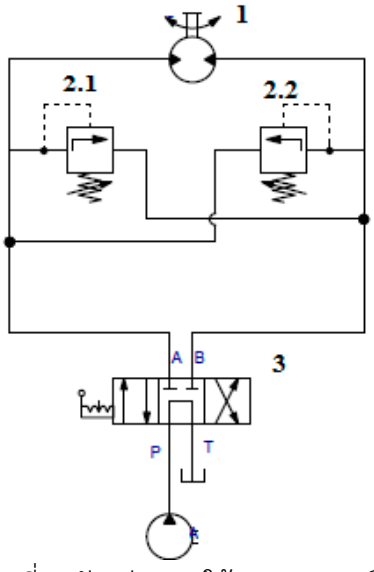
1. ประเมินจากผลการทดลองตามใบงาน
2. ประเมินจากขั้นตอนการปฏิบัติงานตามใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน

หนังสืออ้างอิง : พรจิต ประทุมสุวรรณ. (2550). ระบบไฮดรอลิกและการควบคุม
สกล นันทศรีวิวัฒน์. (2548). เอกสารประกอบการสอนวิชาไฮดรอลิกและนิวแมติกส์2

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 1** Mechatronics Level 1 0920083270101	**ใบข้อมูล** **(ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชาไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		งานที่ 2

1.เบรกวาล์ว

เบรกวาล์ว (Brake valve) จะใช้ในวงจรที่ต้องการเบรกกระบอกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิกซึ่งทำงานด้วยแรงเฉื่อยที่สูง เมื่อเบรกวาล์วปิดความดันย้อนกลับที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากแรงเฉื่อยจะถูกจำกัดด้วยความดันที่กำหนดไว้ที่เบรกวาล์ว ดังนั้นกระบอกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิกจึงสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย



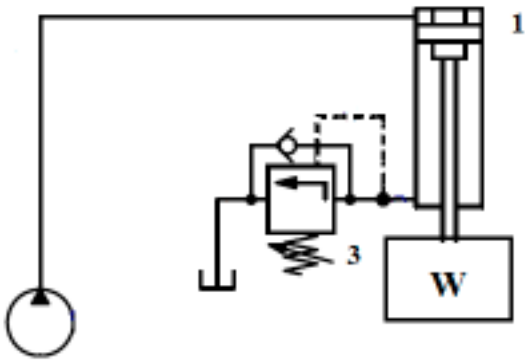
รูปที่ 1 ตัวอย่างการใช้งานเบรกวาล์ว

จากรูปที่ 1 สัญญาณไพล็อตของวาล์วจะต่อเข้ากับช่องทางน้ำมันที่ไหลเข้าและออกของมอเตอร์ ดังนั้นเมื่อมีน้ำมันไหลออกจากมอเตอร์และไม่มีทางระบายออก น้ำมันเกิดการอั้นแล้วเกิดความดันสูงขึ้น จนชนะแรงสปริงที่ปรับ ตั้งค่าไว้ เบรกวาล์วจะเปิดให้น้ำมันไหลออกจากมอเตอร์ทำให้มอเตอร์สามารถหมุนต่อไปได้ โดยน้ำมันที่ไหลออกจากเบรกวาล์วไหลกลับไปเติมทางด้านทางเข้าของมอเตอร์เพื่อไม่ให้เกิดสุญญากาศในท่อทางเข้าได้ ในขณะที่ความเร็วมอเตอร์ลดลง (หรือแรงเฉื่อยขณะหยุดมอเตอร์) เบรกวาล์วจะค่อยๆ ปิดไม่ยอมให้น้ำมันไหลออกจากมอเตอร์ได้ เพราะความดันในท่อทางเข้าลดลงส่งผลให้ความดันของไพล็อตลดลงตามไปด้วย สปริงจึงดันวาล์วปิดตัว เมื่อน้ำมันที่มอเตอร์ไหลออกไม่ได้จึงเกิดการอั้นตัว ทำให้มอเตอร์หยุดหมุนโดยอัตโนมัติ

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 1** **Mechatronics Level 1** **0920083270101**	**ใบข้อมูล** **(ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชาไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		งานที่ 2

2.วาล์วกันตก

วาล์วกันตก (Counterbalance valve) เป็นวาล์วแบบปกติปิด จะเปิดก็ต่อเมื่อความดันไพล็อตที่อาจมาจากภายนอกหรืออยู่ภายในก็ได้ สูงขึ้นจนสามารถเอาชนะแรงสปริงที่ปรับตั้งไว้ได้วาล์วก็เปิดออก ในงานที่ใช้กระบอกสูบหิ้วหรือแบกรับโหลดมากๆ ควรป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นด้วยการใช้วาล์วกันตกนี้



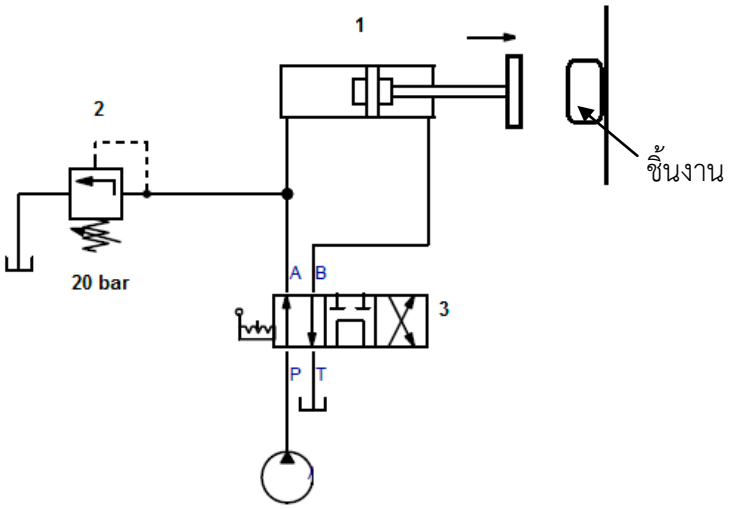
รูปที่ 2 ตัวอย่างโครงสร้างและหลักการทำงานของวาล์วกันตก

จากรูปที่ 2 ช่องทางเข้าของวาล์วจะต่อกับปลายกระบอกสูบด้านก้านสูบ ส่วนช่องทางออกต่อลงถังพักน้ำมัน วงจรนี้จึงใช้ความดันไพล็อตภายในกระทำกับวาล์ว ดังนั้นจึงควรปรับตั้งแรงสปริงให้มากกว่าน้ำหนักของโหลดเพื่อกันโหลดตก ในการทดลองตั้งค่ากันตกอาจปรับวาล์วไว้ที่ค่าความดันสูงสุดก่อนแล้วจึงค่อยปรับค่าให้พอเหมาะในขณะที่ปล่อยให้โหลดเลื่อนลงมา สำหรับการทำงานของวงจรน้ำมันที่ไหลไปที่ด้านบนของกระบอกสูบจะทำให้เกิดความดันที่ด้านก้านสูบขึ้นด้วยเพราะน้ำมันไม่สามารถไหลผ่านวาล์วกันตกได้จึงเกิดการอั้นจนมีความดันสูงขึ้น วาล์วเปิดตัวก็ต่อเมื่อแรงที่เกิดจากความดันที่ค่าสูงกว่าแรงของสปริงที่ปรับตั้งไว้

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 1** **Mechatronics Level 1** **0920083270101**	**ใบข้อมูล** **(ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชาไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		งานที่ 2

3.วาล์วควบคุมความดัน

วาล์วควบคุมความดัน (Pressure control valve) เป็นวาล์วแบบปกติปิด จะเปิดก็ต่อเมื่อความดันไพล็อตที่อาจมาจากภายนอกหรืออยู่ภายในสูงขึ้นจนสามารถเอาชนะแรงสปริงที่ปรับตั้งไว้ได้ วาล์วก็จะเปิดระบายน้ำมันกลับถังเพื่อควบคุมความดันในการใช้งาน และป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับชิ้นงาน



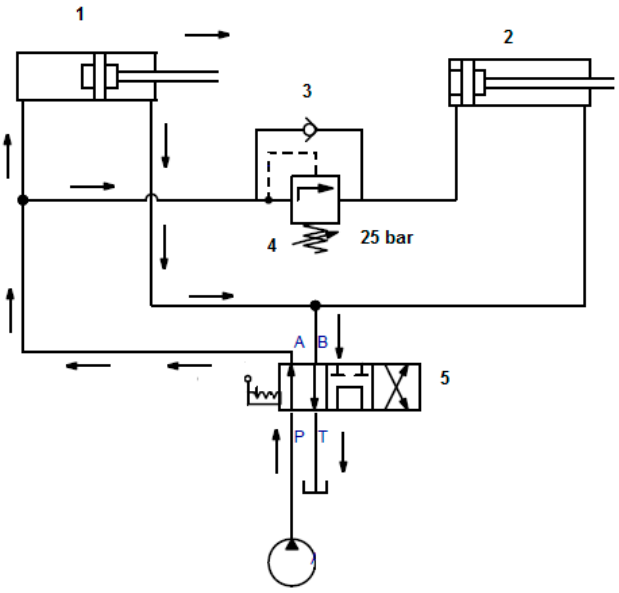
รูปที่ 3 การทำงานของวาล์วควบคุมความดัน

จากรูปที่ 3 ช่องทางเข้าของวาล์วจะต่อกับท่อทางด้านพื้นที่ลูกสูบ ส่วนช่องทางออกต่อลงถังพักน้ำมัน สำหรับการทำงานของวงจรเมื่อจ่ายน้ำมันให้กระบอกสูบด้านพื้นที่ลูกสูบ ทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออกไปกดชิ้นงานเมื่อปลายก้านสูบกดชิ้นงานแล้วน้ำมันที่ไหลไปที่กระบอกสูบด้านพื้นที่ลูกสูบไม่สามารถไปต่อไปได้และไม่สามารถไหลผ่านวาล์วควบคุมความดันได้เช่นกันจึงเกิดการอั้นจนมีความดันสูงขึ้น เมื่อแรงที่เกิดจากความดันมีค่าสูงกว่าแรงของสปริงที่ปรับตั้งไว้ วาล์วควบคุมความดันจึงเปิดระบายน้ำมันกลับถัง

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 1 Mechatronics Level 1 0920083270101	ใบข้อมูล (ปฏิบัติ)
		หัวข้อวิชาไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		งานที่ 2

4.วาล์วจัดลำดับการทำงาน

วาล์วจัดลำดับการทำงาน (Sequence valve) เป็นวาล์วแบบปกติปิดจะเปิดเมื่อความดันในวงจรหลักสูงขึ้นถึงค่าที่ตั้งไว้ของวาล์ว วาล์วชนิดนี้มีลักษณะคล้ายกับวาล์วควบคุมความดัน วาล์วนี้ใช้ในการจัดลำดับการไหลของน้ำมันไปยังส่วนต่างๆของวงจรย่อย ซึ่งน้ำมันที่ต่อจากช่องทางออกของวาล์วนี้สามารถนำไปทำงานให้ต่อเนื่องได้หลังจากที่การทำงานในวงจรหลักสิ้นสุดลง



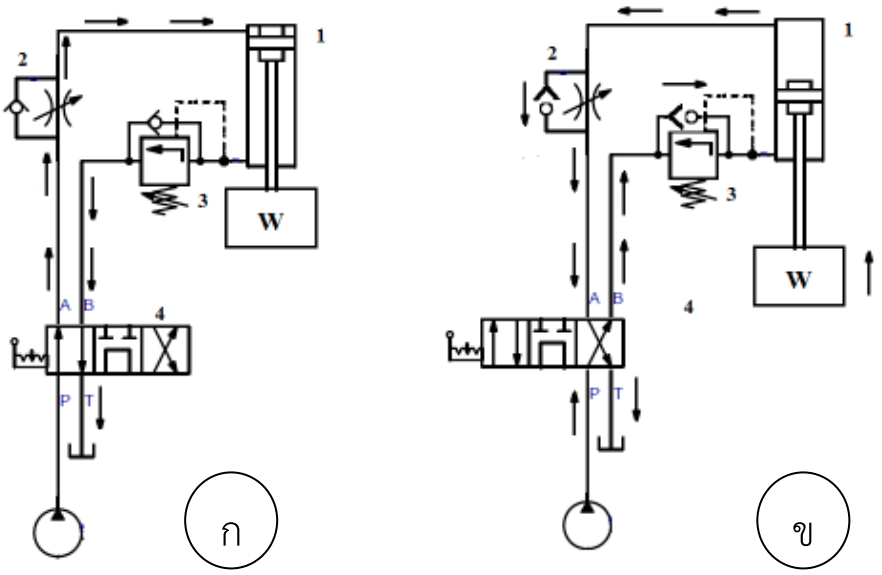
รูปที่ 4 การทำงานของวาล์วจัดลำดับการทำงาน

จากตัวอย่างวงจรในรูปที่ 4 เมื่อน้ำมันจากปั๊มถูกส่งเข้าสู่วงจรหลักทำให้ก้านสูบของกระบอกสูบหมายเลข 1 เคลื่อนที่ออกและมีน้ำมันมารอที่วาล์วจัดลำดับ แต่ยังไม่สามารถไหลไปยังกระบอกสูบหมายเลข 2 ได้ จนกว่าก้านสูบของกระบอกสูบหมายเลข 1 เคลื่อนที่ออกจนสุดช่วงชักและความดันในวงจรของกระบอกสูบหมายเลข 1 สูงขึ้นจนสามารถเอาชนะแรงของสปริงวาล์วจัดลำดับ วาล์วจึงจะเปิดให้น้ำมันไหลไปยังกระบอกสูบหมายเลข 2 ทำให้ก้านสูบของกระบอกสูบหมายเลข 2 เคลื่อนที่ออกตามลำดับ เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งวาล์วควบคุมทิศทางเพื่อ ให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าน้ำมันจากปั๊มสามารถส่งเข้าสู่กระบอกสูบทั้งสองชุดได้ ให้กระบอกสูบเคลื่อนที่กลับพร้อมกัน

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 1** **Mechatronics Level 1** **0920083270101**	**ใบข้อมูล** **(ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชาไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		งานที่ 2

5.วาล์วควบคุมการไหลทิศทางเดียว

วาล์วควบคุมการไหลทิศทางเดียว (One way flow control valve) เป็นวาล์วควบคุมอัตราการไหลแบบไม่มีการชดเชย แต่น้ำมันที่ไหลย้อนกลับ สามารถไหลผ่านได้อย่างอิสระเพราะมีวาล์วกันกลับประกอบอยู่ภายใน เมื่อน้ำมันไหลเข้าในด้านตรงข้าม ปริมาณน้ำมันจะไหลผ่านวาล์วกันกลับไม่ได้และถูกควบคุมอัตราการไหลด้วยคอคอด ตามที่ได้ตั้งค่าไว้

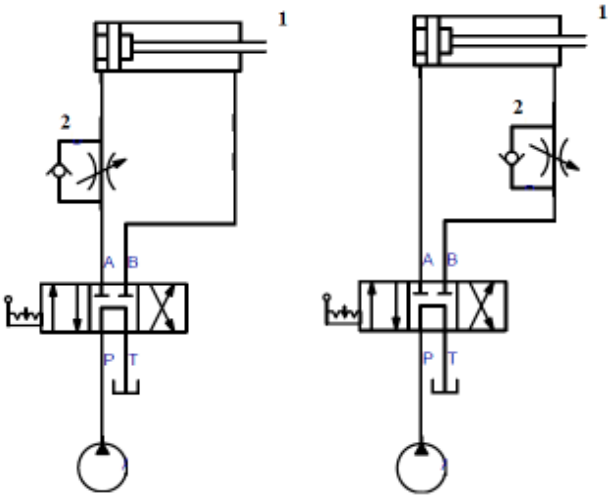


รูปที่ 5 หลักการทำงานของวาล์วควบคุมการไหลทิศทางเดียว วาล์วหมายเลข 2

ก.กรณีที่น้ำมันไหลเข้าจากด้านล่าง น้ำมันจะไหลผ่านเช็ควาล์วที่ประกอบร่วมกันอยู่ภายในไม่ได้ ปริมาณน้ำมันที่ไหลผ่านจึงขึ้นอยู่กับคอคอดที่หมุนปรับตั้งค่าเอาไว้

ข.กรณีที่มีน้ำมันไหลลงจากด้านบน น้ำมันสามารถไหลผ่านได้โดยอิสระ เนื่องจากเช็ควาล์วเปิดตัวให้น้ำมันไหลผ่านได้โดยสะดวกนั่นเอง

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 1** **Mechatronics Level 1** **0920083270101**	**ใบข้อมูล** **(ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชาไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		งานที่ 2



รูปที่ 6 ตำแหน่งการติดตั้งของวาล์วควบคุมการไหลทิศทางเดียว(วาล์วหมายเลข 2)

การใช้วาล์วควบคุมการไหลแบบทางเดียวมาควบคุมปริมาณน้ำมันที่ไหลเข้า ดังรูปที่ 6 ด้านซ้ายมือ หรือไหลออกด้านขวามือ จะเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่ออกของก้านสูบ วาล์วตัวนี้จะไม่มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่เข้า

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		งานที่ 2

1.1 งานต่อวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบแบบทำงานสองทาง

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน :

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง

อุปกรณ์	จำนวน
กระบอกสูบทำงานสองทาง	1 ตัว
วาล์วจำกัดความดัน	1 ตัว
ชุดต้นกำลัง	1 ชุด
สายไฮดรอลิก	1 ชุด
วาล์ว 4/3 เลื่อนลิ้นวาล์วด้วยคันโยก	1 ตัว

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง
3. ต่อสายไฮดรอลิกเข้ากับปั๊มน้ำมันไฮดรอลิก
4. ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ก่อนการทดลอง
5. ทดลองการทำงานของวงจรควบคุม
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		งานที่ 2

1.2 งานต่อวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ไฮดรอลิกแบบทำงานสองทาง

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน :

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง

อุปกรณ์	จำนวน
มอเตอร์ไฮดรอลิก	1 ตัว
วาล์วจำกัดความดัน	1 ตัว
ชุดต้นกำลัง	1 ชุด
สายไฮดรอลิก	1 ชุด
วาล์ว 4/3 เลื่อนลิ้นวาล์วด้วยคันโยก	1 ตัว
เบรควาล์ว	2 ตัว

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง
3. ต่อสายไฮดรอลิกเข้ากับปั๊มน้ำมันไฮดรอลิก
4. ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ก่อนการทดลอง
5. ทดลองการทำงานของวงจรควบคุม
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		งานที่ 2

1.3 งานต่อวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบแบบทำงานสองทางในแนวดิ่ง

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน :

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง

อุปกรณ์	จำนวน
กระบอกสูบทำงานสองทาง	1 ตัว
วาล์วจำกัดความดัน	1 ตัว
ชุดต้นกำลัง	1 ชุด
สายไฮดรอลิก	1 ชุด
วาล์ว 4/3 เลื่อนลิ้นวาล์วด้วยคันโยก	1 ตัว
เคาน์เตอร์บาลานซ์วาล์ว	1 ตัว
น้ำหนักถ่วง	1 ชุด

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง
3. ต่อสายไฮดรอลิกเข้ากับปั๊มน้ำมันไฮดรอลิก
4. ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ก่อนการทดลอง
5. ทดลองการทำงานของวงจรควบคุม
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		งานที่ 2

2.1 งานต่อวงจรควบคุมแรงดันสำหรับการทำงานของก้านสูบออกแรงทางเดียว

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน :

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง

อุปกรณ์	จำนวน
กระบอกสูบทำงานสองทาง	2 ตัว
วาล์วจำกัดความดัน	1 ตัว
ชุดต้นกำลัง	1 ชุด
สายไฮดรอลิก	1 ชุด
วาล์ว 4/3 เลื่อนลิ้นวาล์วด้วยคันโยก	1 ตัว
วาล์วจัดลำดับการทำงาน	1 ตัว

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง
3. ต่อสายไฮดรอลิกเข้ากับปั๊มน้ำมันไฮดรอลิก
4. ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ก่อนการทดลอง
5. ทดลองการทำงานของวงจรควบคุม
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		งานที่ 2

2.2 งานต่อวงจรควบคุมแรงดันสำหรับการจัดลำดับการทำงานของก้านสูบออกแรงทางเดียว

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน :

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง

อุปกรณ์	จำนวน
กระบอกสูบทำงานสองทาง	1 ตัว
วาล์วจำกัดความดัน	1 ตัว
ชุดต้นกำลัง	1 ชุด
สายไฮดรอลิก	1 ชุด
วาล์ว 4/3 เลื่อนลิ้นวาล์วด้วยคันโยก	1 ตัว
วาล์วจำกัดความดันอุปกรณ์ทำงาน	1 ตัว

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง
3. ต่อสายไฮดรอลิกเข้ากับปั๊มน้ำมันไฮดรอลิก
4. ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ก่อนการทดลอง
5. ทดลองการทำงานของวงจรควบคุม
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		งานที่ 2

3.1 งานต่อวงจรควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ออกสำหรับการทำงานของก้านสูบออกแรงทางเดียวในแนวดิ่ง โดยมีเค้าเตอร์บาลานซ์วาล์ว

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน :

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง

อุปกรณ์	จำนวน
กระบอกสูบทำงานสองทาง	2 ตัว
วาล์วจำกัดความดัน	1 ตัว
ชุดต้นกำลัง	1 ชุด
สายไฮดรอลิก	1 ชุด
วาล์ว 4/3 เลื่อนลิ้นวาล์วด้วยคันโยก	1 ตัว
เคาน์เตอร์บาลานซ์วาล์ว	1 ตัว
น้ำหนักถ่วง	1 ชุด
วาล์วควบคุมน้ำมันไหลเข้า	1 ตัว

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง
3. ต่อสายไฮดรอลิกเข้ากับปั๊มน้ำมันไฮดรอลิก
4. ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ก่อนการทดลอง
5. ทดลองการทำงานของวงจรควบคุม
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน
		หัวข้อวิชา ไฮดรอลิก
		รหัสวิชา 0922720105
		งานที่ 2

3.2 งานต่อวงจรควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ออกสำหรับการทำงานของก้านสูบออกแรงทางเดียวในแนวดิ่ง โดยไม่มีเค้าเตอร์บาลานซ์วาล์ว

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน :

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง

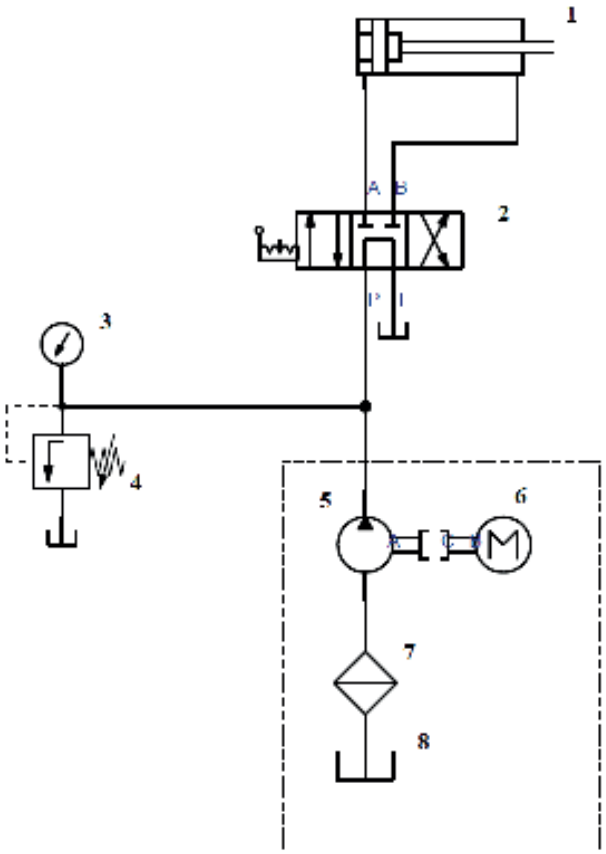
อุปกรณ์	จำนวน
กระบอกสูบทำงานสองทาง	2 ตัว
วาล์วจำกัดความดัน	1 ตัว
ชุดต้นกำลัง	1 ชุด
สายไฮดรอลิก	1 ชุด
วาล์ว 4/3 เลื่อนลิ้นวาล์วด้วยคันโยก	1 ตัว
น้ำหนักถ่วง	1 ชุด
วาล์วควบคุมน้ำมันไหลเข้า	1 ตัว

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง
3. ต่อสายไฮดรอลิกเข้ากับปั๊มน้ำมันไฮดรอลิก
4. ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ก่อนการทดลอง
5. ทดลองการทำงานของวงจรควบคุม
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบงาน หัวข้อวิชาไฮดรอลิก รหัสวิชา 0922720105 งานที่ 2

1.งานต่อวงจรควบคุมการเคลื่อนที่

1.1 งานต่อวงจรควบคุมการเคลื่องที่ของก้านสูบแบบทำงานสองทาง จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

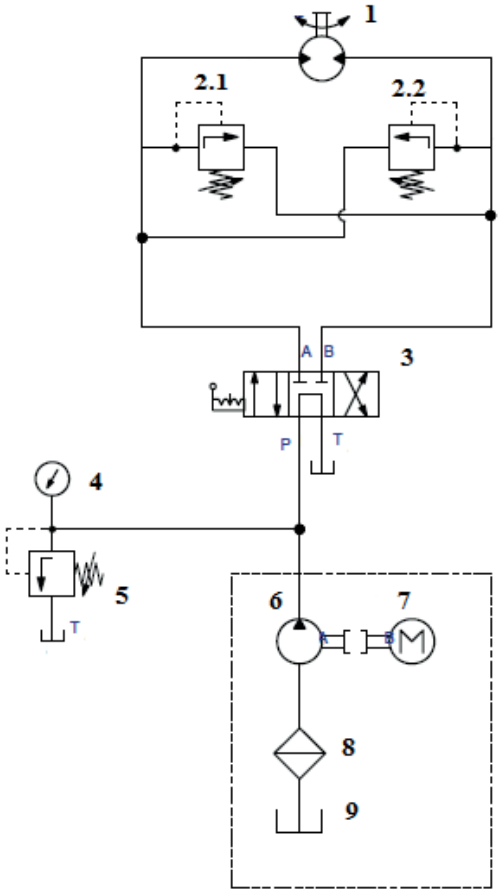
.....

.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบงาน หัวข้อวิชาไฮดรอลิก รหัสวิชา 0922720105 งานที่ 2

1.งานต่อวงจรควบคุมการเคลื่อนที่

1.2 งานต่อวงจรควบคุมการเคลื่องที่ของมอเตอร์ไฮดรอลิกแบบทำงานสองทาง จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ไฮดรอลิกและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

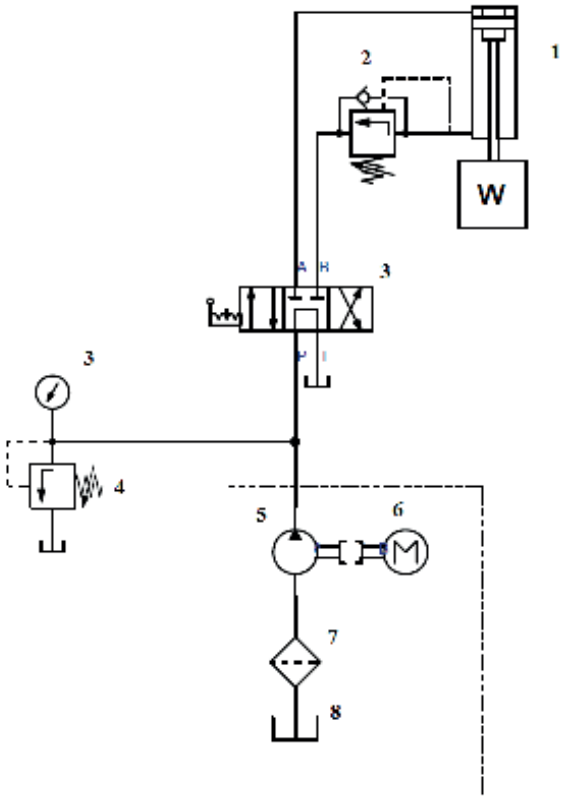
.....

.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบงาน หัวข้อวิชาไฮดรอลิก รหัสวิชา 0922720105 งานที่ 2

1.งานต่อวงจรควบคุมการเคลื่อนที่

1.3 งานต่อวงจรควบคุมการเคลื่องที่ของก้านสูบแบบทำงานสองทางในแนวดิ่ง จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

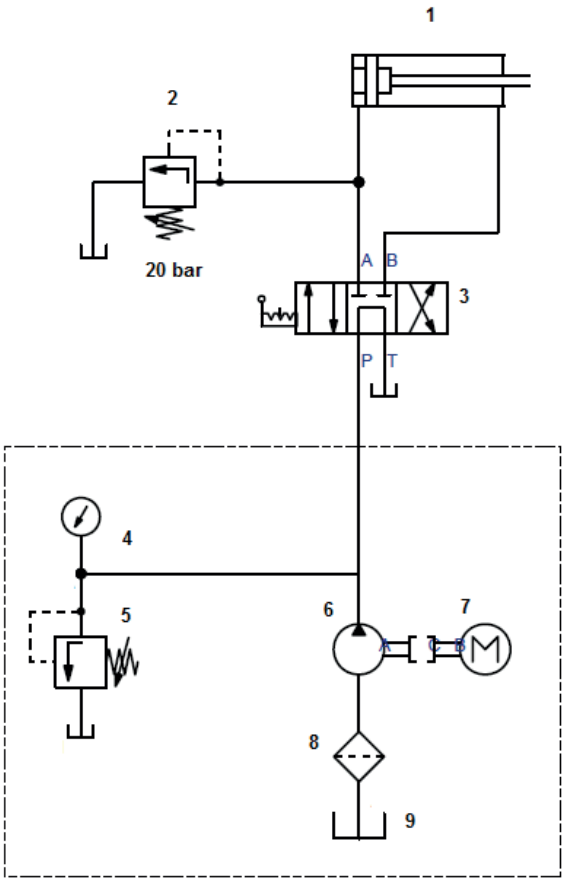
.....

.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบงาน หัวข้อวิชาไฮดรอลิก รหัสวิชา 0922720105 งานที่ 2

2.งานต่อวงจรควบคุมแรงดัน

2.1 งานต่อวงจรควบคุมแรงดันสำหรับการทำงานของก้านสูบออกแรงทางเดียว จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบโดยปรับความดันวาล์วหมายเลข 2 ให้เปิดระบายความดันที่ 20 barและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

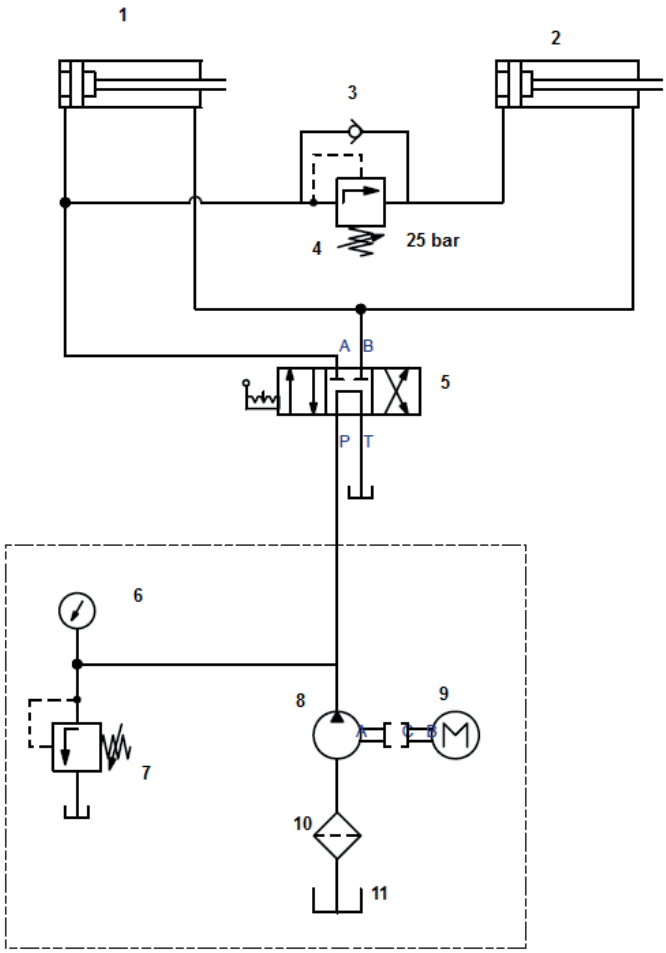
.....

.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบงาน หัวข้อวิชาไฮดรอลิก รหัสวิชา 0922720105 งานที่ 2

2.งานต่อวงจรควบคุมแรงดัน

2.2 งานต่อวงจรควบคุมแรงดันสำหรับการจัดลำดับการทำงานของก้านสูบออกแรงทางเดียว จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบโดยปรับความดันวาล์วหมายเลข 3 ให้เปิดระบายความดันที่ 25 barและอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

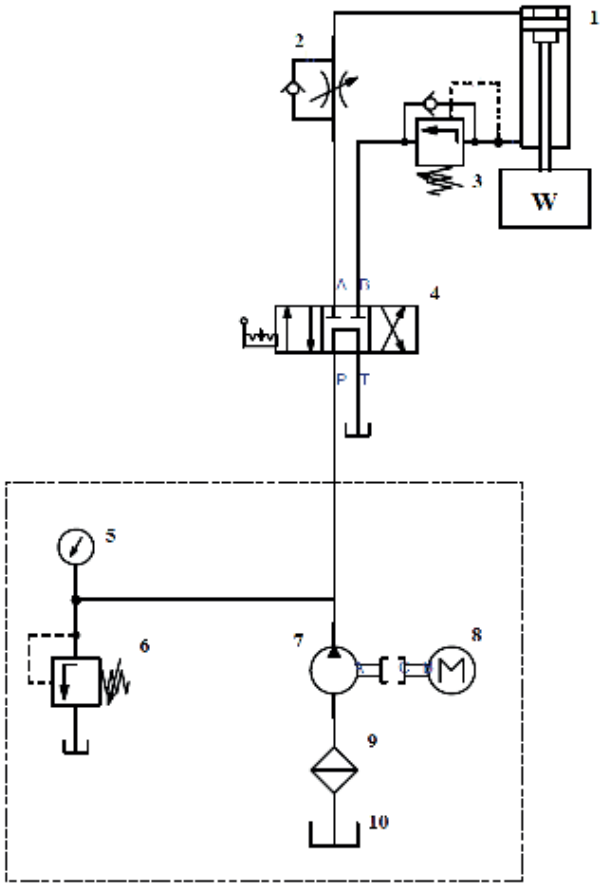
.....

.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบงาน หัวข้อวิชาไฮดรอลิก รหัสวิชา 0922720105 งานที่ 2

3.งานต่อวงจรควบคุมความเร็วโดยจำกัดอัตราการไหล

3.1 งานต่อวงจรควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ออกสำหรับการทำงานของก้านสูบออกแรงทางเดียวในแนวดิ่ง โดยมีเค้าเตอร์บาลานซ์วาล์ว
จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบโดยปรับอัตราการไหลที่วาล์วหมายเลข 2 เพื่อควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ออกของก้านสูบ และอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

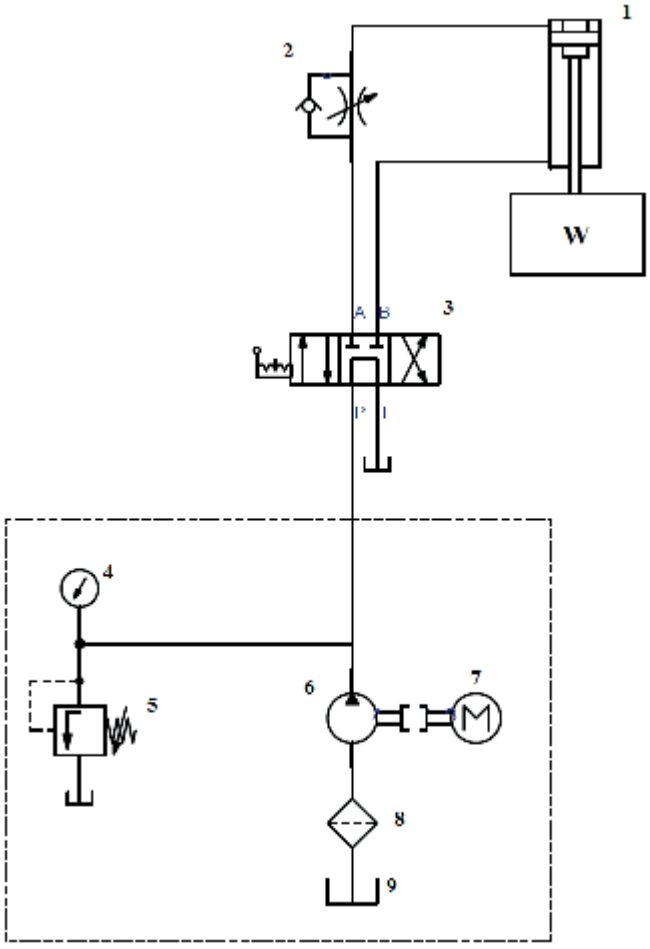
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาเมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบงาน หัวข้อวิชาไฮดรอลิก รหัสวิชา 0922720105 งานที่ 2

3.งานต่อวงจรควบคุมความเร็วโดยจำกัดอัตราการไหล

3.2 งานต่อวงจรควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ออกสำหรับการทำงานของก้านสูบออกแรงทางเดียวในแนวดิ่ง โดยไม่มีเค้าเตอร์บาลานซ์วาล์ว

จงติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผงทดลองตามวงจรต่อไปนี้



<u>คำสั่ง</u> จงทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบโดยปรับอัตราการไหลที่วาล์วหมายเลข 2 เพื่อควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ออกของก้านสูบ และอธิบายขั้นตอนการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level2 0920083270102	ใบเตรียมการสอน (ทฤษฎี)	
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์	
		รหัสวิชา 0922720106	
		หัวข้อที่ 3	เวลา 2 ชม.

วัตถุประสงค์ :

1.เพื่อให้ผู้รับการฝึกทราบถึงหลักการของเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

2.เพื่อให้ผู้รับการฝึกรู้จักเลือกใช้งานเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ให้มีความเหมาะสมกับงาน

3.เพื่อให้ผู้รับการฝึกรู้หลักการพื้นฐานทางการวัดและสามารถประยุกต์ใช้องค์ความรู้ในการปฏิบัติงานจริงได้

4.เพื่อให้ผู้รับการฝึกสามารถต่อวงจรแปลงผันสัญญาณและประยุกต์ใช้งานได้

วิธีการสอน :

ให้ผู้สอนทำการสอนตามเนื้อหาและทำการยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานในงานแมคคาทรอนิกส์

หัวข้อสำคัญ :

1.1การแบ่งชนิดของเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

1.2พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์

1.3อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน

1.4อุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหล

2.1การแปลง ADC

2.2การแปลง DAC

อุปกรณ์ช่วยฝึก :

-

การมอบหมายงาน :

ให้ทำรายงานเรื่องเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์หัวข้อที่สนใจ 1 หัวข้อ

การวัดและประเมินผล :

แบบเลือกตอบ

หนังสืออ้างอิง :

เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ พรจิต ประทุมสุวรรณ 2540;

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		หัวข้อที่ 3

1.เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์นั้นเป็นส่วนในการตรวจจับหรือวัดค่าคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ หรือทำหน้าที่ในระบบการวัดเป็นอินพุตของระบบ สิ่งที่สามารถนำเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์เข้าไปตรวจจับหรือวัดค่า เช่น ความร้อน แสง สี เสียง ระยะทาง การเคลื่อนที่ ความดัน การไหล และแปลงให้อยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อนำไปทำการแสดงผล หรือ การควบคุมต่อไป

1.1การแบ่งชนิดของเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

1.1.1. แบ่งตามความต้องการพลังงาน

- แบบแอคทีฟ (Active Sensors) เป็นทรานสดิวเซอร์ที่สามารถปล่อยพลังงานเองได้ เช่น เทอร์โมคัปเปิล เพียซโซ เซลล์แสงอาทิตย์ ออปโตไดโอด เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้ไม่ต้องมีแหล่งจ่ายกำลังจากภายนอกก็สามารถให้สัญญาณแรงดันหรือกระแสที่แปรตามตัวแปรได้เอง
- แบบพาสซีฟ (Passive Sensors) แบบนี้จะต้องใช้แหล่งจ่ายจากภายนอกจึงจะทำการตรวจรู้ได้เช่น เซ็นเซอร์ที่ใช้หลักการเปลี่ยนค่าความต้านทาน ค่าความจุ ค่าความเหนี่ยวนำ ฯลฯ เป็นต้น

1.1.2. แบ่งตามลักษณะกลไกในการทำงาน

- การเปลี่ยนแปลงค่าความจุ (Variable Capacitance Transducer)
- การเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ (Variable Inductance Transducer)
- การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน (Variable Resistance Transducer)

1.1.3. แบ่งตามชนิดของการเปลี่ยนแปลงพลังงาน

- เปลี่ยนพลังงานกลเป็นไฟฟ้า
- เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล
- เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า
- เปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า

1.1.4. แบ่งตามชนิดของสัญญาณที่ใช้

- แบบอนาลอก ให้สัญญาณเป็นแบบต่อเนื่อง
- แบบไบนารี ให้สัญญาณแบบเปิด – ปิด (ON – OFF)
- ดิจิตอล ให้สัญญาณเป็นแบบดิจิตอล

1.1.5. แบ่งตามตำแหน่งที่ใช้ในระบบ

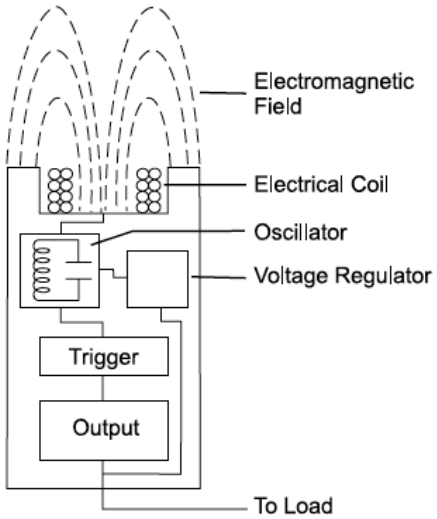
- ทรานสดิวเซอร์ด้านเข้า (Input Transducer) อยู่ทางด้านเข้าของระบบเครื่องมือ เช่นไมโครโฟน เป็นต้น
- ทรานสดิวเซอร์ด้านออก (Output Transducers) เช่น ลำโพงของระบบเครื่องขยายเสียง เป็นต้น

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ	**ใบข้อมูล**
	สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2	**(ทฤษฎี)**
	Mechatronics Level2	**หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์**
	0920083270102	**รหัสวิชา 0922720106**
		หัวข้อที่ 3

1.2พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์

1.2.1 เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ (Inductive Proximity Sensor)

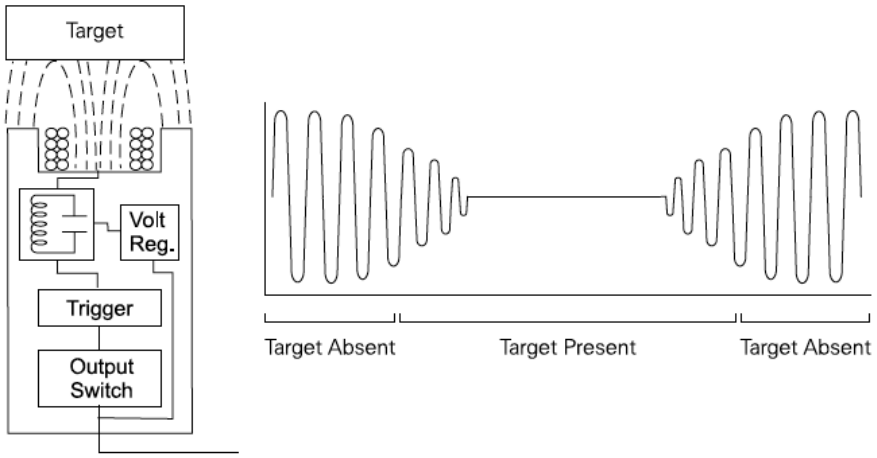
การทำงานของ sensor ประเภทนี้จะอาศัยหลักการเหนี่ยวนำ (inductive) ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อใช้ตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะหรือวัตถุที่สามารถดูดกลืนสนามแม่เหล็กได้นั้นเอง สำหรับองค์ประกอบคร่าวๆ ของ sensor ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบคร่าวๆของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

หลักการทำงานของ sensor แบบนี้ จะใช้หลักการของ Eddy Current Killed Oscillator(ECKO) ซึ่ง sensor จะประกอบด้วยส่วนประกอบสี่ส่วนคือ coil, oscillator, trigger circuit และ output โดยหน้าที่ของ oscillator จะเป็นวงจรที่สร้างความถี่วิทยุขึ้น ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นจาก coil ที่ถูกกระตุ้นด้วยการทำงานของ oscillator โดยสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะกระจายออกไปด้านหน้าของ sensor และสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นยังทำหน้าที่เป็น feedback ให้กับ oscillator อีกด้วย

เมื่อมีวัตถุที่เป็นโลหะผ่านเข้ามาใกล้สนามแม่เหล็ก กระแสไฟจะถูกดูดกลืนเข้าสู่วัตถุนั้นทำให้เกิดภาระขึ้นกับ sensor และทำให้ขนาดของสนามแม่เหล็กที่ sensor สร้างขึ้นมีขนาดเล็กลง ยิ่งวัตถุเข้ามาใกล้ sensor มากขึ้นเท่าใด eddy currents ที่ไหลไปสู่วัตถุก็ยิ่งมากขึ้นเท่านั้นซึ่งจะเป็นการสร้างภาระให้ oscillator มากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงจุดหนึ่ง oscillator จะหยุดทำงานเนื่องจากมี eddy current มากเกินไป และเมื่อ oscillator หยุดทำงาน trigger circuit จะกระตุ้นไปที่ output ทำให้มีสัญญาณออกไปจาก sensor ซึ่งจะเปลี่ยนสภาพของสวิตซ์ใน sensor ให้เปลี่ยนเป็นเปิดหรือปิดต่อไป สำหรับลักษณะของการสร้างสนามแม่เหล็กและการตรวจจับจะเป็นตามรูปที่ 2.2 หลังจากที่วัตถุนั้นเคลื่อนที่ออกไป oscillator ก็จะไม่เกิดภาระมากเกินไปอีกต่อไปมันจึงเริ่มทำงานและสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาที่ด้านหน้าของ sensor อีกครั้งหนึ่ง



ภาพที่ 2.2 ลักษณะของการสร้างสนามแม่เหล็กและการตรวจจับ

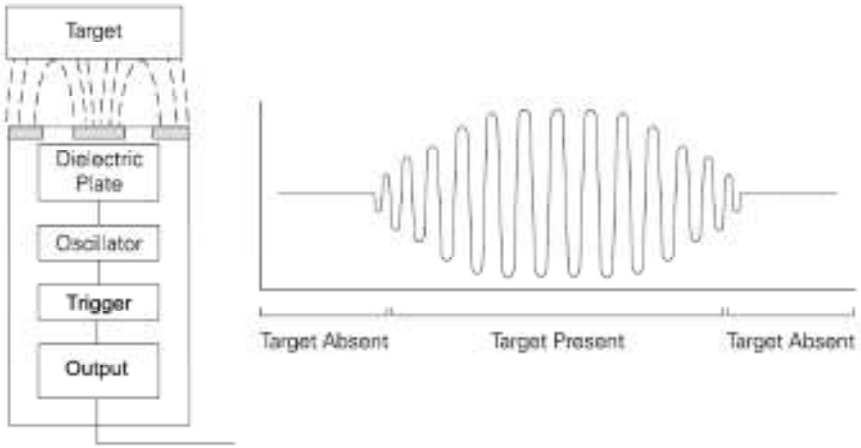
สำหรับ sensor ประเภทนี้จะใช้ไฟกระแสตรงในการทำงานโดยทั่วไป sensor ประเภทนี้จะไฟฟ้าที่ใช้จะมีแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง 10 - 30 volt แต่เราก็จะสามารถเห็นบางประเภทที่ใช้ความแรงดันไฟฟ้าสูงกว่านี้ได้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้

1.2.2 เซนเซอร์แบบเก็บประจุ (Capacitive Proximity Sensor)

Capacitive proximity sensors จะมีรูปร่างและลักษณะการตรวจจับคล้ายกับ inductive proximity sensors โดยข้อแตกต่างหลักของ sensor ทั้งสองแบบนี้ก็คือ capacitive proximity sensor จะสร้าง สนามไฟฟ้าสถิตย์ (electrostatic) มาแทนที่จะเป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจึงทำให้ capacitive proximity sensor นี้สามารถที่จะตรวจจับวัตถุที่เป็นทั้งโลหะและอโลหะได้ ซึ่งถือเป็นข้อได้เปรียบของเซนเซอร์ประเภทนี้

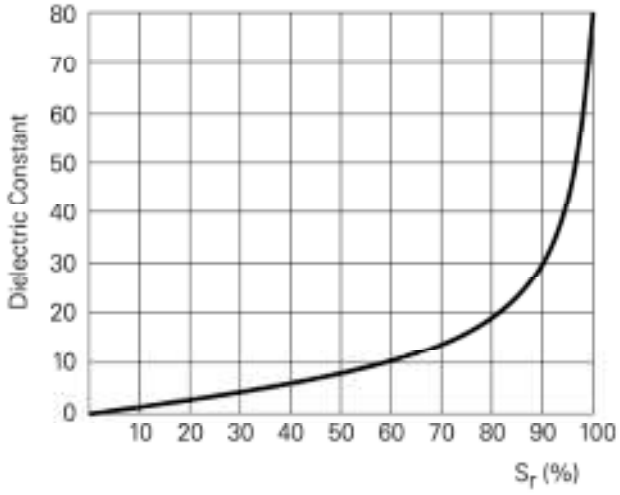
หลักการทำงานของเซนเซอร์แบบนี้ จะเริ่มจากที่หน้าเซนเซอร์ จะประกอบด้วยทรงกระบอกสองชิ้นที่วางมีจุดศูนย์กลางร่วมกัน ทำหน้าที่เป็น unwound electrodes capacitor และสร้างสนามไฟฟ้าสถิตย์ขึ้นรอบๆ หน้าเซนเซอร์ เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่เข้ามาใกล้ประจุไฟที่อยู่ใน capacitor จะกระจายออกไปเกาะที่วัตถุทำให้จำนวนประจุในสนามลดลง และยังผลให้ความจุไฟฟ้าใน oscillating circuit เปลี่ยนไป และจะกระตุ้นให้ oscillator ทำงานขึ้นมา จากนั้นการทำงานของ oscillator จะถูกตรวจจับและเมื่อช่วงกว้างสัญญาณจาก oscillator สูงถึงจุดที่กำหนด trigger circuit จะทำหน้าที่สั่งการให้วงจร output ทำงานและเปลี่ยนสภาพของเซนเซอร์ไป หลังจากนั้นถ้าหากวัตถุเคลื่อนที่ออกไป ความจุไฟฟ้าใน oscillator จะกลับขึ้นมาสูงขึ้นอีกครั้ง และการกระตุ้นจะลดลงทำให้ oscillator หยุดทำงาน trigger circuit ก็จะทำหน้าที่สั่งการให้วงจร output อีกครั้งหนึ่งเพื่อให้เซนเซอร์สวิตซ์กลับสู่สภาพปกติ ซึ่งส่วนประกอบของวงจรและลักษณะการกระตุ้นเซนเซอร์ แสดงไว้ในรูปที่ 2.3

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		หัวข้อที่ 3



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบและการทำงานของ Capacitive Proximity Sensor

สำหรับวัตถุใช้หาระยะตรวจจับมาตรฐานของเซนเซอร์ ความสามารถการดูดกลืนประจุไฟฟ้าของวัตถุจะขึ้นกับชนิดของวัตถุ และเรากำหนดให้คุณสมบัติที่เรียก Dielectric Constant เป็นคุณสมบัติด้านนี้ของวัตถุ นอกเหนือจากนั้นเราได้กำหนดให้อากาศ มีค่า Dielectric Constant เท่ากับ 1 สำหรับในการตรวจสอบการทำงานของ capacitive proximity sensor เรานิยมที่ใช้น้ำเป็นวัตถุมาตรฐาน และจากการทดสอบเราพบว่าน้ำมีค่า Dielectric Constant เท่ากับ 80 สำหรับวัตถุที่มีค่า dielectriconstant สูงก็ยิ่งจะเป็นการง่ายในการตรวจสอบว่ามีวัตถุนั้นอยู่ใกล้หรือไม่ กราฟที่แสดงในรูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงระยะตรวจจับมาตรฐาน (SI) ไปตามค่าdielectric constant ที่เปลี่ยนแปลงไป

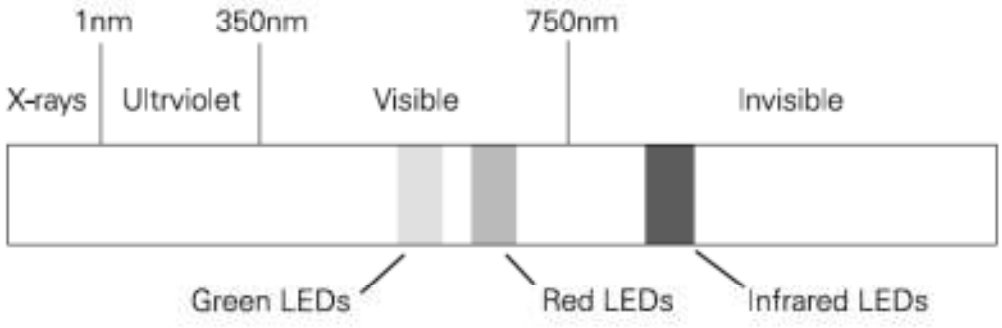


รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า dielectric constant กับร้อยละการเปลี่ยนแปลงระยะวัด

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		หัวข้อที่ 3

1.2.3 เซนเซอร์แบบแสง (Photoelectric Proximity Sensors)

Photoelectric Proximity Sensors เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจสอบวัตถุอีกประเภทหนึ่งที่เรานิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เป็นเซนเซอร์ที่มีความแม่นยำสูง หลักการทำงานของมันก็คือจะตรวจจับการปรากฏของวัตถุด้วยการที่วัตถุตัดผ่านลำแสง หรือสะท้อนแสงที่สร้างขึ้นจากเซนเซอร์นี้ ส่วนประกอบหลักของเซนเซอร์นี้จะมีสองส่วนคือ ส่วนที่กำเนิดแสง Transistors หรือ Emitter ซึ่งอาจจะสร้างแสงในย่านที่ตาเรามองเห็นได้ จนถึงบางรุ่นที่ใช้แสง infrared ข้อสำคัญก็คือแสงที่สร้างขึ้นนี้จะเป็นแสงความถี่เดียว เพื่อให้แตกต่างจากแสงที่อยู่รอบๆ ตัวเรา จากนั้นแสงจะถูกส่งไปที่ตัวรับแสง Receiver ซึ่งตัวรับแสงจะทำหน้าที่แยกว่ามีแสงจากแหล่งกำเนิดมาตกกระทบหรือไม่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสั่งการทำงานของวงจร output ในเซนเซอร์ต่อไป โดยทั่วไป อุปกรณ์ใน Receiver จะเป็น photodiode หรือ phototransistor ซึ่งจะมีการเปิดหรือปิดวงจรตามที่มีแสงตกกระทบอุปกรณ์นี้ สำหรับแสงที่ใช้ในเซนเซอร์ประเภทนี้มักจะส่งออกจาก transistors ออกเป็นสัญญาณ pulsed ที่ความถี่ประมาณ 5 and 30 KHz และแสงที่ใช้มักจะมีความถี่เดียว โดยแสงที่ใช้นิยมให้ Light-emitting diode (LED) เป็นแหล่งกำเนิดแสงและสีของแสงก็จะเป็นตัวกำหนดความถี่หรือความยาวของแสงด้วย ตามที่แสดงในรูปที่ 2.5



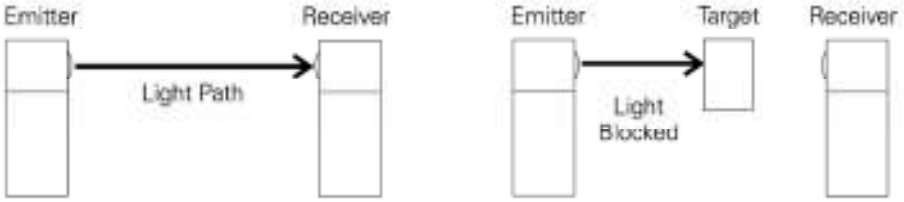
รูปที่ 2.5 ความยาวคลื่นของแสงที่ใช้ใน Photoelectric Sensor

การตรวจจับวัตถุของ photoelectric ที่นิยมใช้มีอยู่หลายวิธี ขึ้นอยู่กับสภาพสิ่งแวดล้อมความสะดวกในการติดตั้ง หรือชนิดของวัสดุที่ตรวจจับ โดยมีการแบ่งการติดตั้งออกเป็น 3 แบบใหญ่ๆ คือ แบบแรกเป็นแบบ Thru-beam Scan แบบที่สองเป็นแบบ Reflective Scan และแบบสุดท้ายเป็นแบบ Diffusive Scan ซึ่งทั้งสามแบบจะมีรายละเอียดดังนี้

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		หัวข้อที่ 3

การตรวจจับแบบ Thru-beam Scan

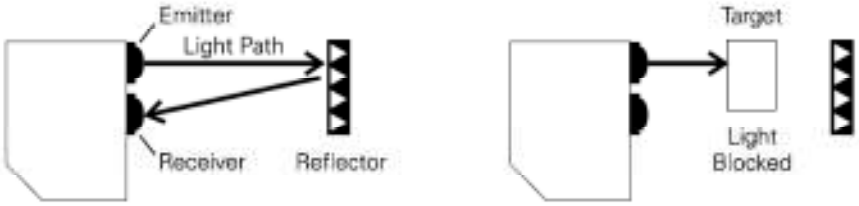
การตรวจจับแบบนี้ Emitter และ Receiver จะอยู่คนละด้านกัน โดยสภาวะปกติแสงจาก Transistors จะตกกระทบ Receiver ตลอดเวลา เมื่อวัตถุที่ต้องการตรวจจับเคลื่อนที่มาตัดลำแสง แสงที่ตกกระทบ receiver จะหายไป และทำให้ sensor ตรวจจับการมาของวัตถุได้ ดังที่แสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การติดตั้ง Photoelectric Sensor แบบ Thru-Beam

การตรวจจับแบบ Reflective Scan

การติดตั้งแบบนี้ Emitter จะอยู่ด้านเดียวกันกับ Receiver โดย Emitter จะยิงแสงไปกระทบกับตัวสะท้อน (Reflector) และสะท้อนกลับมาตกกระทบที่ Receiver เมื่อมีวัตถุ เคลื่อนที่เข้ามาตัดลำแสง แสงก็จะไม่สามารถสะท้อนกลับไปตกกระทบที่ Receiver ได้ ทำให้เซนเซอร์สามารถรับรู้ได้ว่ามีวัตถุเคลื่อนที่เข้ามาตัดลำแสง การติดตั้งประเภทนี้แสดงในรูปที่ 2.7 ข้อสำคัญของการติดตั้งประเภทนี้ วัตถุที่ตัดลำแสงควรเป็นวัตถุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงสูงและสะท้อนแสงต่ำ เพื่อไม่ให้วัตถุสะท้อนแสงกลับไปตกกระทบที่ receiver ทำให้เซนเซอร์เกิดการเข้าใจผิดว่าไม่มีวัตถุมาขวางลำแสงได้ แต่ถ้ามีความจำเป็นต้องติดตั้งอาจจะมีการใช้อุปกรณ์กรองแสงแบบต่างๆ เข้ามาช่วย ซึ่งจะไม่ขอกล่าวถึงรายละเอียดในที่นี้

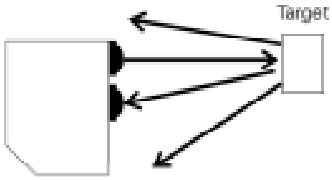


รูปที่ 2.7 การติดตั้ง Photoelectric Sensor แบบ Reflective Scan

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์ รหัสวิชา 0922720106 หัวข้อที่ 3

การตรวจจับแบบ Diffuse Scan

วิธีการนี้ Emitter และ Receiver จะวางอยู่ติดกันเหมือนวิธีที่ผ่านมาแต่ไม่มีแผ่นสะท้อนแสงที่ฝั่งตรงข้าม ซึ่งจะทำให้ไม่มีแสงตกกระทบที่ Receiver เมื่อไม่มีวัตถุผ่านมา และเมื่อมีวัตถุที่ผิวมันพอสมควรผ่านมา มันจะทำหน้าที่สะท้อนแสงบางส่วนกลับไปตกกระทบที่ receiver ทำให้เซนเซอร์ทราบว่ามีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาในบริเวณนั้น การติดตั้งประเภทนี้แสดงในรูปที่ 2.8 ข้อสำคัญของการตรวจจับแบบนี้ วัตถุควรจะสามารถสะท้อนแสงได้ดีระดับหนึ่งเพื่อให้แสงที่สะท้อนกลับไปตกกระทบที่ตัวรับแสงมีความเข้มสูงพอที่เซนเซอร์จะตรวจรับได้



รูปที่ 2.8 การติดตั้ง Photoelectric Sensor แบบ Diffusive Scan

1.3อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน

เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม อาศัยหลักการทำงานจากพลังงานในรูปแบบแตกต่างกัน ส่วนใหญ่คุ้นเคยกับเครื่องจักรกลที่ทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้า มีเครื่องจักรกลที่อาศัยพลังงานจากของไหล (Fluid) เช่น ระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic) และไฮดรอลิกส์ (Hydraulic) เครื่องจักรนิวแมติกส์ทำงานโดยอาศัยความดันก๊าซหรือลม ส่วนเครื่องจักรไฮดรอลิกส์ทำงานโดยอาศัยความดันของของเหลวจากปั๊ม ดังนั้น ความดัน เป็นค่าตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่งในกระบวนการทางอุตสาหกรรมไม่ว่าจะเป็นเครื่องจักรกลหรือระบบกระบวนการอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับของไหล

ความดัน คือ แรงที่ไหลกระทำต่อผิวของภาชนะที่กระจายไปทั่วพื้นผิวทั้งหมดในแนวตั้งกับผิวของภาชนะบรรจุนั้น แรงที่กระทำ 1 N (Newton) ลงบนพื้นที่ 1 m^2 ได้ความดันเท่ากับ 1 Pa (Pascal)

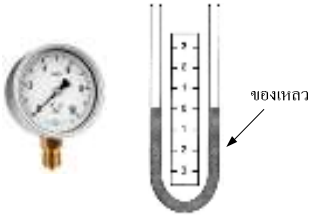
1 N/m^2	=	1 Pa
10^5 Pa	=	1 bar
0.068947 bar	=	1 psi (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)
0.981 bar	=	1 kgf/cm^2
1.01325 bar	=	1 atm (ความดันบรรยากาศ)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดความดันมีหลายประเภท แต่ละประเภทมีลักษณะการใช้งานข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน แบบที่ง่ายและธรรมดาที่สุดคือ มาโนมิเตอร์ (Manometer) แอนิรอยด์ (Aneroid) และบูร์ดอง (Bourdon tube) มาโนมิเตอร์ใช้วัดความดันในเทอมของความแตกต่างของความสูงของของเหลวในท่อรูปตัว U ส่วนแอนิรอยด์สามารถใช้วัดความดันในเทอมของจำนวนหรือระยะการยืดหดตัวของห้องสุญญากาศ (Vacuum chamber) เมื่อมีความดันจากภายนอกมากระทำและบูร์ดองอาศัยการวัดความดัน โดยการยืดหดตัวของท่อกลวงปลายปิด

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ	**ใบข้อมูล**
	สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2	**(ทฤษฎี)**
	Mechatronics Level2	**หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์**
	0920083270102	**รหัสวิชา 0922720106**
		หัวข้อที่ 3

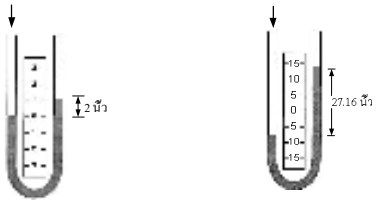
1.3.1มาโนมิเตอร์ (Manometer)

มาโนมิเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถวัดความดันได้โดยตรง หลักการของมาโนมิเตอร์อาศัยหลักการความสมดุลของแรงโน้มถ่วง (Gravity balance) โดยให้ความดันแตกต่างมีค่าเท่ากับความสูงแตกต่างของของเหลวในท่อแก้ว มาโนมิเตอร์รูปตัว U (U-tube Manometer) โครงสร้างประกอบด้วยหลอดแก้วรูปตัว U โดยมีสเกลบอกตำแหน่งในหน่วยนิ้วหรือมิลลิเมตร ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 มาโนมิเตอร์

บนสเกลศูนย์จะอยู่ตำแหน่งตรงกลางและปลายทั้งสองด้านของหลอดแก้วเปิดออกสู่บรรยากาศภายนอก ระดับของของเหลวส่วนมากจะใช้เป็นน้ำ (H_2O) หรือปรอท (Hg) อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ทั้งสองด้าน เมื่อมีความดันกระทำกับด้านใดด้านหนึ่งของเหลวที่อยู่ภายในถูกกดลงเป็นเหตุให้อีกด้านหนึ่งเพิ่มขึ้น ของเหลวหยุดเมื่อแรงที่เกิดจากความดันแตกต่างสมดุลกับแรงที่เกิดจากน้ำหนักของของเหลวในหลอดแก้ว การวัดความแตกต่างในความสูงของของเหลวลักษณะนี้ความดันสามารถวัดอยู่ในหน่วยของนิ้วหรือมิลลิเมตรของของเหลวนั้น เช่น ถ้าความดันที่จ่ายให้กับด้านหนึ่งขอมาโนมิเตอร์ทำให้ของเหลวเลื่อนลง 1 นิ้ว เพราะฉะนั้นจะได้การแทนที่รวมเป็น 2 นิ้ว ถ้าของเหลวที่ใช้เป็นปรอท (Mercury) จะอ้างถึง 2 นิ้วของปรอท ดังนั้นความดันที่ได้เป็น 0.98 psi เนื่องมาจาก 1 psi มีค่าเท่ากับ 2.04 นิ้วปรอท หรือ 27.7 นิ้วน้ำ ถ้าใช้น้ำเป็นของเหลวในหลอดแก้วความสูงของน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละด้านมีค่าเท่ากับ 13.58 นิ้ว หรือรวมทั้งหมดแล้ว คือ 27.16 นิ้ว ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การเปลี่ยนแปลงของมาโนมิเตอร์รูปตัว

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ	**ใบข้อมูล**
	สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2	**(ทฤษฎี)**
	Mechatronics Level2	**หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์**
	0920083270102	**รหัสวิชา 0922720106**
		หัวข้อที่ 3

1.3.2 บูร์ดอง (Bourdon tube)

บูร์ดองเป็นอุปกรณ์วัดความดันที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมีโครงสร้างง่าย ราคาถูก วัดความดันได้ถึงย่านสูงๆ ใช้วัดสุญญากาศได้ และสามารถออกแบบให้ใช้งานกับทรานสดิวเซอร์อื่นๆ หรือเครื่องบันทึกค่าได้ หลักการทำงานและโครงสร้างของบูร์ดองเป็นท่อโลหะที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงรีและงอขึ้นเป็นส่วนโค้งของวงกลมหรือเป็นขด โดยปลายข้างหนึ่งปิด เมื่อมีความดันต่อเข้าปลายอีกข้างหนึ่งที่เปิดและถูกยึดติดอยู่กับที่ ความดันที่ต่อเข้าตัวบูร์ดองทำให้เกิดความเครียด (Strain) บูร์ดองจึงพยายามยืดตัวออกให้ตรงทำให้ปลายที่ปิดเคลื่อนที่ ซึ่งการเคลื่อนที่ของปลายท่อด้านนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความดันที่อยู่ภายใน ทำให้สามารถที่ทราบค่าของความดันที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่นี้ได้ บูร์ดองที่ใช้อยู่ทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทดังต่อไปนี้

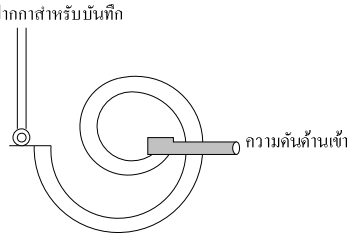
1.3.2.1บูร์ดองแบบรูปตัว C

บูร์ดองประเภทนี้มีโครงสร้างเป็นส่วนโค้งของวงกลมประมาณ 270 องศา ลักษณะคล้ายตัวอักษร C หลักการทำงานโดยปกติการยืดตัวของท่อโลหะจะมีค่าประมาณ 2 ถึง 7 มิลลิเมตรเท่านั้น จำเป็นต้องมีการขยายระยะทางการเคลื่อนที่ เพื่อนำไปชี้หรือแสดงผลที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย การขยายระยะทางการเคลื่อนที่ดังกล่าวนั้นสามารถทำได้โดยใช้ชุดเฟืองขยาย ดังภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3 บูร์ดองแบบรูปตัว C

1.3.2.2 บูร์ดองแบบก้นหอย (Spiral Bourdon tube)

บูร์ดองชนิดนี้มีลักษณะคล้ายกับบูร์ดองแบบรูปตัว C แต่ถูกขดเป็นรูปก้นหอยตามภาพที่ 3.4 เมื่อป้อนความดันให้กับบูร์ดองความดันที่กระทำอยู่ภายในจะทำให้ก้นหอยคลายตัวออก ทำให้ปลายที่ปิดมีการเคลื่อนที่ เข็มหรือปากกาหรืออาจจะเป็นแกนของทรานสดิวเซอร์ชนิดที่ใช้ในการตรวจวัดจะต่ออยู่กับปลายด้านนี้ โครงสร้างบูร์ดองประเภทนี้ให้ค่าระยะการเคลื่อนที่มากกว่าแบบตัว C ดังนั้นไม่จำเป็นต้องมีชุดเฟืองขยาย ความเที่ยงตรงของบูร์ดองชนิดก้นหอยดีกว่าแบบรูปตัว C

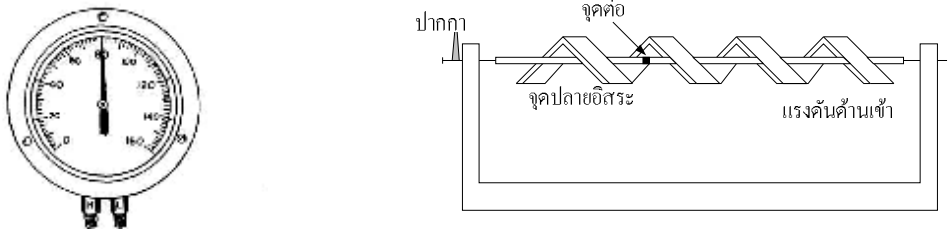


ภาพที่ 3.4 บูร์ดองแบบก้นหอย

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		หัวข้อที่ 3

1.3.2.3 บูร์ดองแบบขดซ้อน (Helical Bourdon tube)

บูร์ดองแบบนี้มีลักษณะคล้ายกับแบบก้นหอย แต่การขดมีรัศมีที่เท่ากันและขดซ้อนเป็นวงหลายๆวง บูร์ดองแบบขดซ้อนเป็นบูร์ดองที่ให้ระยะทางการเคลื่อนที่มากที่สุด เข็มหรือปากกาหรือทรานสดิวเซอร์ชนิดตรวจวัดการเคลื่อนที่ติดอยู่กับปลายของชิ้นส่วนที่ต่อร่วมอยู่กับปลายด้านที่ปิดดังภาพที่ 3.5 บูร์ดองชนิดนี้สามารถทนต่อค่าความดันเกินพิกัดได้ดีกว่าทั้งสองแบบที่ผ่านมา มีเสถียรภาพการใช้งานดีและทนต่อความดันที่เปลี่ยนแปลงค่าอย่างรวดเร็ว เหมาะสำหรับต่อใช้งานร่วมกับทรานสดิวเซอร์ จุดที่สังเกตอีกจุด คือ จำนวนขดซ้อนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความดัน หมายถึง จำนวนขดน้อยที่ความดันต่ำและมากที่ความดันสูง



ภาพที่ 3.5 บูร์ดองแบบขดซ้อ

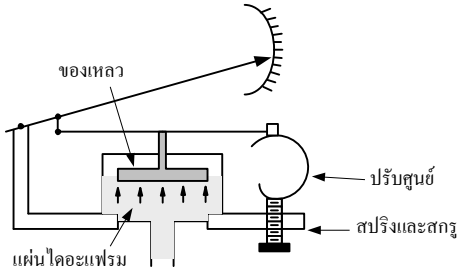
ตาราง การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของบูร์ดอง

ข้อดี	ข้อเสีย
- มีโครงสร้างง่ายและราคาถูก มีขนาดทุกย่านของการใช้งาน คือ มีตั้งแต่ 15-10^5 psig - สามารถออกแบบให้เข้ากับทรานสดิวเซอร์ชนิดต่างๆ ได้ ทั้ง นิวแมติกส์ ไฮดรอลิกส์และอิเล็กทรอนิกส์	- มีฮีสเตอร์ซีส หรือค่าความผิดพลาดภายในตัวเองค่อนข้างสูง - สำหรับค่าความดันที่น้อยกว่า 1 bar หรือ 15 psig ไม่ค่อยนิยมใช้เนื่องมาจากแรงต้านที่เกิดขึ้นจากท่อโลหะเอง - จะมีปัญหาในกรณีใช้งานกับจุดที่มีการสั่นสะเทือนหรือช็อคสูงๆ ยกเว้นแบบที่ไม่ได้ใช้ชุดเฟืองขยาย

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		หัวข้อที่ 3

1.3.3 ไดอะแฟรม (Diaphragm)

ไดอะแฟรมเป็นแผ่นโลหะหรือสารสังเคราะห์ที่มีลักษณะกลมบาง อาจเป็นแผ่นเรียบ (Flat type) หรือเป็นลอน (corrugate type) มีข้อแตกต่างคือ ไดอะแฟรมแบบแผ่นเรียบพบมากในทรานสดิวเซอร์ชนิดที่เปลี่ยนความดันเป็นสัญญาณไฟฟ้า (Electrical pressure transducer) โดยเฉพาะแบบคาปาซิตีฟและไดอะแฟรมแบบแผ่นเรียบนี้ให้ระยะการเคลื่อนที่เพียงเล็กน้อย สำหรับไดอะแฟรมแบบลอน ส่วนใหญ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่กว่าแผ่นเรียบ ความเป็นเชิงเส้นและการทนต่อค่าความดันเกินพิกัดก็สามารถทำได้ดีกว่าสวิตช์ความดัน (Pressure Switch) การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของหน้าสัมผัส อาศัยการเคลื่อนที่ของแผ่นไดอะแฟรมช่วยในการทำงาน ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 เกจวัดความดันแบบไดอะแฟรม

ภาพที่ 3.7 สวิทช์ความดันแบบต่างๆ

สวิทช์ความดันส่วนใหญ่ทำงานโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงความดันลมหรือน้ำมัน (ใช้กับระบบนิวแมกเนติกส์หรือไฮดรอลิกส์) จากภาพที่ 3.6 สภาวะปกติเมื่อยังไม่มีความดันหรือความดันต่ำกว่าแรงของสปริง แต่เมื่อความดันมีค่ามากกว่าแรงของสปริงทำให้ไดอะแฟรมยกตัวดันแกนไปเปลี่ยนตำแหน่ง

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		หัวข้อที่ 3

1.4 อุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหล

อุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหล

เครื่องจักรกลในปัจจุบันมีการนำเอาพลังงานของของไหลมาใช้เป็นต้นกำลัง เช่น เครื่องจักรที่มีส่วนประกอบของนิวแมติกส์ที่ใช้พลังงานจากความดันลมหรือเครื่องจักรไฮดรอลิกส์ที่ใช้พลังงานจากความดันของน้ำมัน นอกจากนี้ระบบหรือกระบวนการอื่นๆในอุตสาหกรรมมักเกี่ยวข้องอยู่กับของไหลเสมอ ตัวแปรที่มีความสำคัญอีกตัวแปรหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับของไหลที่ต้องการตรวจวัด คือ อัตราการไหลของของไหล

1.4.1นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการไหล

คุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของของไหลที่ควรทราบ เพื่อพิจารณาเลือกอุปกรณ์ในการวัดการไหลได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เช่น ค่าความหนืด ค่าความหนาแน่น ความดัน อุณหภูมิ ค่าต่างๆมีความสัมพันธ์กัน

อุณหภูมิ (Temperature)

ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำให้ตัวแปรอื่น เช่น ค่าความหนืด ค่าความหนาแน่น การอัดตัว (compression) เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย การวัดอัตราการไหลของปริมาตรค่าอุณหภูมิพื้นฐานหรืออ้างอิงจะมีค่าอยู่ที่ 60 $^{\circ}$F ค่าการไหลในระบบที่มีอุณหภูมิต่างๆต้องเทียบกับอุณหภูมิอ้างอิง

ความดัน (Pressure)

การเปลี่ยนแปลงค่าของความดันในของเหลวมีผลต่อตัวแปรอื่นน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ค่าความดันพื้นฐานอ้างอิงมีค่า 14.7 psia สำหรับการวัดแบบกำหนดค่าปริมาตร เช่น ค่าการไหลของลมกำหนดไว้ 15 SCFM. (Standard Cubic Feet per Minute) หมายความว่า ค่าการไหลของลมขณะนั้นมีค่าเท่ากับ 15 ft^3/min ที่อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$F และความดัน 14.7 psia

ค่าความหนาแน่น (Density)

คือ ค่ามวลของสารต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรซึ่งเขียนอยู่ในรูปของสมการได้ว่า $\rho = m/V$ ค่าความหนาแน่นของของเหลวจะเปลี่ยนค่าตามอุณหภูมิแต่เกือบจะไม่มีผลเมื่อความดันเปลี่ยนไป ยกเว้นช่วงความดันสูงมากๆ โดยปกติเรียกของเหลวว่าเป็นสารประเภทอัดตัวไม่ลง (Incompressible) แต่กรณีที่เป็นก๊าซหรือไอความหนาแน่นเปลี่ยนตามทั้งค่าความดันและอุณหภูมิ

ค่าการอัดตัว (Compressibility)

ของเหลวเมื่อเพิ่มความดันในส่วนของปริมาตรแทบไม่มีการเปลี่ยน ดังนั้นในการคำนวณจึงให้เป็นค่าคงที่ แต่กรณีที่เป็นก๊าซหรือไอค่าการอัดตัวนี้ถือเป็นตัวประกอบที่ความสำคัญมากความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของก๊าซ

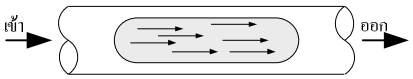
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ	**ใบข้อมูล**
	สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2	**(ทฤษฎี)**
	Mechatronics Level2	**หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์**
	0920083270102	**รหัสวิชา 0922720106**
		หัวข้อที่ 3

ค่าความหนืด (Viscosity)

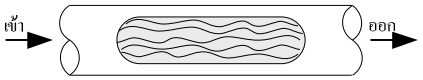
คือ คุณสมบัติต่อต้านการไหลของของเหลว พบว่าของเหลวที่มีความหนืดมากจะไหลช้ากว่าของเหลวที่มีความหนืดน้อย คุณสมบัติดังกล่าวเกิดจากผลการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของโครงสร้างของของเหลวนั้น ขณะที่อุณหภูมิต่ำๆ โมเลกุลของของเหลวจะยึดเหนี่ยวกันอย่างใกล้ชิดทำให้มีแรงยึดเกาะมาก ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้โมเลกุลแยกตัวออกจากกัน แรงยึดเกาะน้อยลงเป็นเหตุให้ความหนืดลดลง หน่วยวัดความหนืดที่นิยมใช้คือ Poise, centipoises (1 Pascal-sec = 10 Poise = 10^3 centipoises)

ความเร็วของการไหล (Flow Velocity)

เป็นความเร็วในทิศทางการไหล ความเร็วหรืออัตราการไหลเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของการไหล คือ เมื่อความเร็วเฉลี่ยถูกทำให้ช้าลงการไหลจะเป็นแบบราบเรียบ ภาพที่ 4.1 และหากเพิ่มความเร็วในการไหลกลายเป็นการไหลแบบปั่นป่วน ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 การไหลแบบราบเรียบ



ภาพที่ 4.2 การไหลแบบปั่นป่วน

อัตราการไหลของปริมาตร (Volume Flow Rate)

เป็นการวัดปริมาตรของการไหลต่อหน่วยเวลา

ความเร็วของการไหล (Flow Velocity)

เป็นปริมาตรของการไหลต่อพื้นที่ หน้าตัดที่ของไหลไหลผ่าน

อัตราการไหลของมวลหรือน้ำหนัก (Mass or Weight Flow Rate)

เป็นการวัดน้ำหนักหรือมวลของของไหลต่อหน่วยเวลา

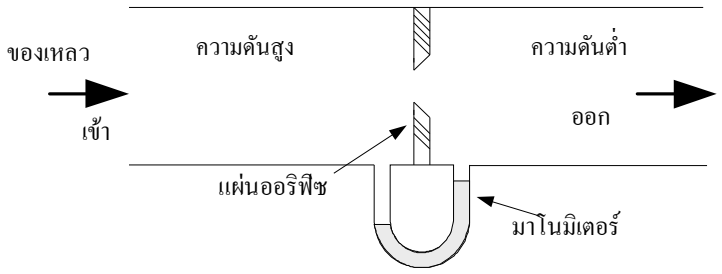
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		หัวข้อที่ 3

1.4.2 อุปกรณ์วัดแบบจำกัดการไหล (Restriction Flow Sensor)

การวัดอัตราการไหลด้วยอุปกรณ์ประเภทนี้ จะวัดค่าความดันตกคร่อมตรงจุดที่ทำให้เกิดแรงเสียดทาน โดยมีการติดตั้งภายในท่อ ความเร็วที่ผ่านจะเพิ่มขึ้นแต่ความดันลดต่ำลง โดยที่ปริมาณการไหลมีค่าเท่าเดิม

1.4.2.1 แผ่นออริฟิซ (Orifice Plate)

ลักษณะเป็นแผ่นซึ่งมีการเจาะรูหรือทำเป็นช่องแคบ นำไปติดตั้งไว้ในท่อที่ของไหลไหลผ่าน ทำให้เกิดเป็นการจำกัดการไหลขึ้น โดยมีความดันแตกต่างระหว่างด้านหน้าและหลังของแผ่นออริฟิซ ซึ่งค่าความดันแตกต่างที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลและขนาดของช่องที่ของของไหลไหลผ่าน แผ่นออริฟิซที่ใช้สำหรับทำให้เกิดความดันแตกต่างนี้ค่าของความดันที่ได้สามารถใช้ร่วมกับมาโนมิเตอร์ได้ ดังภาพที่ 4.3 อัตราการไหลที่สูงทำให้เกิดความดันแตกต่างที่มาโนมิเตอร์สูงตามไปด้วย ความดันแตกต่างที่เกิดขึ้นสามารถปรับเทียบให้เป็นหน่วยของอัตราไหลได้ เช่น ft^3/min หรือ m^3/min เซนเซอร์วัดการไหลแบบแผ่นออริฟิซ มีโครงสร้างพื้นฐานดังภาพที่ 4.3 คือ ลักษณะเป็นแผ่นจานที่มีรูตรงกลางติดตั้งขวางแนวทางการไหลของของเหลวภายในท่อ เพื่อเป็นการบีบแนวการไหลเข้าหากัน ส่งผลให้เกิดผลต่างความดันระหว่างความดันด้านสูง (High pressure, P_H) กับความดันด้านต่ำ (Low pressure, P_L) โดย d แทนขนาดส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ การตรวจวัดอัตราการไหลโดยใช้แผ่นออริฟิซไม่ว่าจะเป็นการตรวจวัด ณ ตำแหน่งที่ทำการตรวจ สอบหรือการตรวจวัดระยะไกลใช้เทคนิคและวิธีการเช่นเดียวกับการตรวจวัดอัตราการไหลโดยใช้ท่อเวนทูรี ทั้งสองวิธีการนั้นใช้ได้ทั้งการตรวจวัดการไหลของก๊าซและของเหลว โดยทั่วไปคุณสมบัติในการใช้งานของเซนเซอร์ตรวจวัดการไหลแบบแผ่นออริฟิซทำให้ความดันสูญเสียเกิด ขึ้นภายในท่อมากกว่าการใช้ท่อเวนทูรี เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่เป็นแผ่นเพลตบางของออริฟิซที่ไปขวางทิศทางการไหลของของเหลวภายในท่อ นอกจากนี้จำเป็นต้องใช้ช่วงความยาวของท่อก่อนที่จะผ่านแผ่นออริฟิซมากกว่ากรณีที่ใช้ท่อเวนทูรีอีกด้วย เมื่อเทียบกันระหว่างการใช้งานแผ่นออริฟิซ ท่อเวนทูรีและนอซเซิลแล้วพบว่าแผ่นออริฟิซมีการใช้งานแพร่หลายกว่าเพราะว่า มีราคาถูก โครงสร้างไม่ซับซ้อน ตลอดจนนำไปติดตั้งกับท่อส่งจ่ายที่มีอยู่เดิมได้ง่ายกว่า

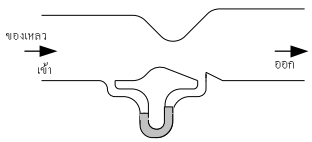


ภาพที่ 4.3 การนำแผ่นออริฟิซใช้ร่วมกับมาโนมิเตอร์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์ รหัสวิชา 0922720106 หัวข้อที่ 3

1.4.2.2 ท่อเวนทูรี (Venturi Tube)

การทำงานมีลักษณะคล้ายแบบแผ่นออริฟิซแต่มีความถูกต้องสูงกว่า เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วของของไหลเกิดขึ้นช้าทั้งช่วงเพิ่มและช่วงลดทำให้มีการสิ้นเปลืองพลังงานที่น้อยกว่า แต่ท่อเวนทูรีมีราคาที่สูงกว่ารวมทั้งการติดตั้งที่ยุ่งยากกว่า ดังภาพที่ 4.4

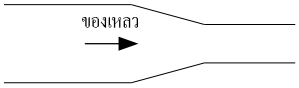


ภาพที่ 4.4 แสดงหลักการและโครงสร้างของท่อเวนทูรี

ภาพที่ 4.4 แสดงหลักการและโครงสร้างของท่อเวนทูรี การจำกัดพื้นที่การไหลของของเหลว โดยการบีบเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อให้เล็กลง เพื่อให้ของเหลวที่ไหลผ่านมีความเร็วเพิ่มขึ้นและการขยายพื้นที่ในการไหล โดยการขยายเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อให้กลับสู่ขนาดเดิม การทำงานอาศัยคุณสมบัติเมื่อของเหลวที่ไหลผ่านบริเวณจำกัดพื้นที่ การไหลมีความ เร็วเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความดันมีค่าลดลง ขนาดของค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงลดลงไปนั้นมีค่าแปรผันไปตามอัตราการไหลของของเหลวในท่อ โดยคำนวณจากค่าของความดันผลต่างภายในท่อที่วัดได้ตรงบริเวณการจำกัดพื้นที่ในการไหล การตรวจวัดค่าความดันผลต่างนั้นสามารถกระทำได้โดยใช้เซนเซอร์ตรวจวัดความดัน เช่น มาโนมิเตอร์ นอกจากนี้ลักษณะของการควบคุมระยะไกล หรือการอ่านค่าระยะไกล โดยเลือกเซนเซอร์ตรวจวัดความดันชนิดนี้ให้สัญญาณเอาต์พุตในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้าแล้วจึงส่งผ่านทางสายสัญญาณตัวนำไปยังจุดควบคุมในระยะไกลจากตำแหน่งตรวจวัด

1.4.2.3 นอซเซิล (Nozzle)

เป็นการรวมคุณสมบัติแผ่นออริฟิซและท่อเวนทูรี โดยให้ความถูกต้องที่สูงและราคาต่ำกว่าแบบท่อเวนทูรี เหมาะสำหรับของไหลที่มีความเร็วในการไหลสูง ทนต่อการกัดกร่อนจากการเสียดสีได้ดีกว่า แผ่นออริฟิซในขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและค่าความดันแตกต่างที่เท่ากัน ให้ค่าการไหลมากกว่าแผ่นออริฟิซถึง 65% แต่นอซเซิลไม่เหมาะกับของไหลที่มีสารแขวนลอยอยู่ เพราะธรรมชาติของของเหลวจะเกิดการไหลแบบหมุนวนหลังช่วงนอซเซิล เป็นเหตุให้สารแขวนลอยที่หนักกว่าเข้าไปสะสมอยู่ด้านหลัง ดังนั้นการติดตั้งเพื่อใช้งานกับสารประเภทนี้ ควรติดตั้งในแนวตั้ง โดยทิศทางการไหลจากด้านบนสู่ด้านล่าง นอซเซิล ใช้งานได้ดีทั้งของไหลที่เป็นก๊าซและของเหลว แต่ราคาและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูงกว่าแบบออริฟิซ เนื่องจากออริฟิซเป็นแผ่นสามารถถอดได้ โดยไม่ต้องถอดด้านหน้าและด้านหลังด้วย แต่นอซเซิลจำเป็นต้องถอดออกด้วย ดังภาพที่ 4.5

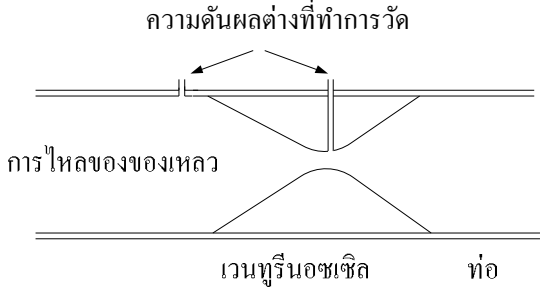


ภาพที่ 4.5 หลักการของนอซเซิล

นอซเซิลมีโครงสร้างคล้ายแผ่นออริฟิซทำการบีบแนวทางการไหลให้เล็กลงหลักการเช่นเดียวกับอัตราการไหลของของเหลวในท่อคำนวณได้จากผลต่างของความดันที่ตรวจวัดได้โดยทั่วไปทำการปรับเทียบให้อยู่ในหน่วยของอัตราการไหลเชิงปริมาตรนอซเซิลต้องการช่วงความยาวของท่อก่อนถึงตัวสั้นกว่ากรณีที่ใช้แผ่นออริฟิซและใช้พื้นที่การติดตั้งน้อยกว่าท่อเวนทูรีผลของความดันสูญเสียในท่อซึ่งเกิดจากการใช้นอซเซิลมีค่าต่ำกว่าการใช้แผ่นออริฟิซนอซเซิลสามารถวัดอัตราการไหลได้ทั้งของเหลวและก๊าซโดยให้ความแม่นยำในการตรวจวัดที่ดีสำหรับการจุดตรวจสอบหรือการตรวจวัดระยะไกลโดยใช้นอซเซิลทำได้เช่นเดียวกับวิธีการที่ใช้ในท่อเวนทูรีหรือแผ่นออริฟิซ

1.4.2.4 เวนทูรีนอซเซิล (Venturi nozzle)

เวนทูรีนอซเซิลมีจุดประสงค์เพื่อลดผลของความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นในท่ออันเนื่องจากการใช้เซนเซอร์วัดอัตราการไหลแบบนอซเซิล แต่คงความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน โครงสร้างของเวนทูรีนอซเซิลแสดงดังภาพที่ 4.6 เป็นการผสมผสานโครงสร้างของนอซเซิลกับท่อเวนทูรี โดยช่วงทางเข้าของการไหลเป็นลักษณะของนอซเซิล ขณะที่ทางออกจะขยายเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อให้กลับสู่ขนาดเดิมเช่นเดียวกับโครงสร้างท่อเวนทูรี การตรวจวัดอัตราการไหลโดยใช้เวนทูรีนอซเซิลทำได้ทั้งของเหลวและก๊าซโดยให้ความแม่นยำในการตรวจวัดที่ดีเช่นเดียวกับการใช้งานนอซเซิลและท่อเวนทูรี โดยทำการตรวจวัดที่จุดตรวจสอบหรือระยะไกลด้วยหลักการเดียวกับที่ใช้กันในท่อเวนทูรี แผ่นออริฟิซหรือนอซเซิลโดยทั่วไปเวนทูรีนอซเซิลมีราคาแพงกว่านอซเซิล แต่ทำให้ความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นในท่อมีค่าต่ำกว่า ขณะที่ทำการติดตั้งได้ง่ายและมีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับกรณีใช้ท่อเวนทูรี



ภาพที่ 4.6 เวนทูรีนอซเซิล

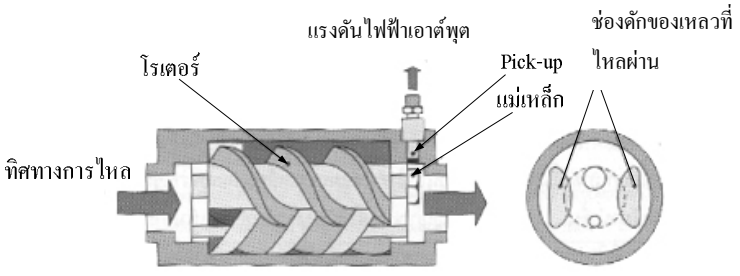
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ	**ใบข้อมูล**
	สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2	**(ทฤษฎี)**
	Mechatronics Level2	**หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์**
	0920083270102	**รหัสวิชา 0922720106**
		หัวข้อที่ 3

1.4.3 อุปกรณ์วัดการไหลแบบกีดขวางการไหล (Obstruction Flow Sensor)

ปัจจุบันมีการผลิตอุปกรณ์สำหรับวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตรมีหลายรูปแบบ แต่อุปกรณ์ตรวจวัดเหล่านั้นหลักการทำงานที่สำคัญ 4 รูปแบบ คือ มิเตอร์แบบสกรูเกลียว (Helical screw meter) มิเตอร์แบบตุ้มหมุน (Rotating lobe meter) มิเตอร์แบบกังหัน (Turbine meter) มิเตอร์แบบใบพัดหมุน (Paddle wheel meter) นอกจากใช้ในการวัดการไหล เทคนิคทั้งสี่สามารถนำไปปรับเพื่อวัดความเร็วและเนื่องจากการใช้งานมิเตอร์ตรวจวัดอัตราการไหลทั้งสี่แบบต้องอาศัยการสัมผัสกับของเหลวโดยตรง ไม่ว่าเป็นการปะทะหรือการขวางกั้นแนวทิศทางของการไหลของของเหลว ทำให้ความแม่นยำในการวัดของมิเตอร์มีค่าขึ้นอยู่กับปัจจัยดังกล่าวเป็นสำคัญ ส่วนมากออกแบบให้องค์ประกอบที่ทำหน้าที่เป็นส่วนตรวจจับอัตราการไหล คือ สกรูเกลียว ตุ้มหมุน กังหันหรือใบพัดหมุนให้มีแรงเสียดทานน้อยที่สุดและมีน้ำหนักเบาที่สุด เพื่อให้เกิดความคล่องตัวและหมุนได้อย่างเป็นอิสระ

1.4.3.1 มิเตอร์แบบสกรูเกลียว

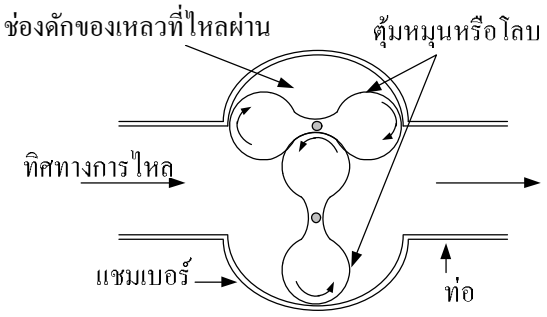
โครงสร้างของมิเตอร์แบบสกรูเกลียว ดังภาพที่ 4.7 ประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรที่ยึดติดไว้ทางปลายด้านหนึ่งของเพลาโรเตอร์ โดยแท่ง Pick-up ซึ่งภายในเป็นขดลวดเหนี่ยวนำ ติดตั้งไว้ด้านบนเหนือแม่เหล็กหรือเรียกส่วนประกอบทั้งสองส่วนว่า อิเล็กทรอแมกเนติก pick-up (electromagnetic pick-up) การใช้งานมิเตอร์แบบสกรูเกลียวถูกนำไปต่อร่วมกับท่อส่งจ่ายของเหลวที่ต้องการตรวจวัดการไหล ลักษณะโครงสร้างของสกรูเกลียวที่ทำให้เกิดช่องของเหลว (trapped liquid) ขึ้น ดังนั้นเมื่อมีการไหลของของเหลวผ่านจึงทำให้โรเตอร์เกิดการหมุนเกิดขึ้น ผลจากการหมุนของโรเตอร์ทำให้แม่เหล็กที่ยึดติดอยู่กับเพลาของโรเตอร์เคลื่อนที่ผ่านขดลวดภายในแท่ง Pick-up และกำเนิดเป็นสัญญาณพัลส์ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced voltage) ขึ้นทางเอาต์พุตของวงจร เมื่อนำสัญญาณพัลส์เอาต์พุตที่ได้จากมิเตอร์ต่อเข้ากับวงจรนับ (counter) จำนวนพัลส์ที่ได้มีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของการไหลของของเหลวที่ไหลผ่านตัวมิเตอร์ มิเตอร์แบบสกรูเกลียวมีราคาค่อนข้างแพง การใช้งานทำให้ความดันในท่อที่ทำการวัดมีค่าลดลง แต่ผลการตรวจวัดการไหลของของเหลวที่ได้มีค่าความแม่นยำสูง สามารถนำไปใช้กับของเหลวหลายชนิดและใช้ได้กับอัตราการไหลที่แตกต่างกัน มิเตอร์แบบสกรูเกลียวบางชนิดสามารถทำการวัดการไหลได้แบบสองทิศทาง (bi-directional) ด้วย



ภาพที่ 4.7 มิเตอร์แบบสกรูเกลียว

1.4.3.2 มิเตอร์แบบตุ้มหมุน (Rotating lobe meter)

มิเตอร์แบบตุ้มหมุน เป็นมิเตอร์วัดการไหลมีโครงสร้างการดังภาพที่ 4.8 ประกอบด้วย ตุ้มหมุนหรือโลบ (lobe) ติดตั้งไว้ภายในแชมเบอร์ (chamber) ของมิเตอร์ เมื่อมีการไหลของของเหลวขึ้นทำให้ตุ้มหมุนเกิดการหมุนตามไปในทิศทางดังภาพที่ 4.8 ขณะเดียวกันตุ้มหมุนแต่ละอันจะดักของเหลวในแชมเบอร์ด้วยปริมาณที่ทราบค่า เมื่อตุ้มหมุนๆไปครบหนึ่งรอบ ดังนั้นทำให้สามารถวัดและคำนวณหาปริมาณของของเหลวที่ไหลผ่านได้ มิเตอร์แบบนี้ถูกนำไปใช้งานที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง เช่น ใช้เป็นมิเตอร์ตรวจวัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ส่งจ่ายให้กับผู้บริโภค นอกจากนี้ยังประยุกต์ใช้โดยต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า มิเตอร์แบบนี้สามารถทำหน้าที่เป็นปั๊มส่งจ่ายของเหลว พร้อมกับเป็นตัวตรวจวัดการไหลได้พร้อมกัน เช่น ปั๊มในโรงงานอุตสาหกรรมทางเคมี เป็นต้น



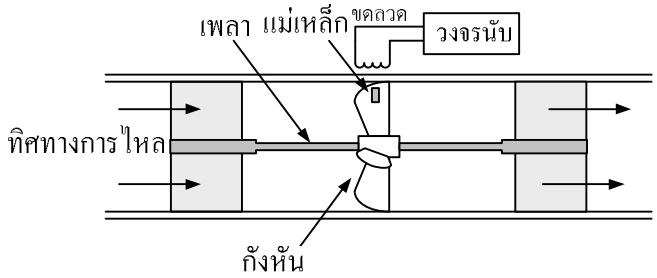
ภาพที่ 4.8 มิเตอร์แบบตุ้มหมุน

1.4.3.3 มิเตอร์แบบกังหัน (Turbine meter)

อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดนี้มีใบพัด ทำมุมเฉียงกับทิศทางของการไหล ขณะที่ของไหลไหลทำให้ใบพัดหมุนไปตามอัตราและทิศทาง การไหลที่ ตัวโครง (Housing) มีขดลวดที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ โดยขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนตำแหน่งของแกนที่อยู่ภายใน ภาพที่ 4.9 เมื่อใบพัดหมุนผ่านแกนของชุดขดลวดทำให้เกิดการเคลื่อนที่ขึ้นลงของแกนภายในขดลวด ทำให้ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดเปลี่ยนแปลงตาม หากต่อชุดขดลวดดังกล่าวเข้ากับวงจรไฟฟ้า สามารถสร้างสัญญาณพัลส์ขึ้น โดยพัลส์ที่เกิดขึ้นเป็นไปตามอัตราการไหล ซึ่งสามารถกำหนดหน่วยอัตราการไหลเป็น pulse/cc หรือ pulse/m^3 หรือหน่วยอื่น มิเตอร์แบบกังหันเป็นเซ็นเซอร์สำหรับวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตรและความเร็วในการไหลของของเหลว กังหันภายในมิเตอร์จะหมุนเมื่อมีการไหลของของเหลวขึ้น โดยความเร็วในการหมุนมีค่าแปรผันตรงกับความเร็วในการไหลของของเหลวภายในท่อ การวัดด้วยวิธีการนี้ทำได้โดยติดตั้งแผ่นแม่เหล็กถาวรขนาดเล็กไว้ที่ปลายใบกังหันหรือติดตั้งไว้ที่เพลาของกังหัน เมื่อกังหันหมุนทำให้แผ่นแม่เหล็กเคลื่อนที่ผ่านขดลวดตัวนำด้านนอก สร้างเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นและส่งเป็นสัญญาณพัลส์ให้กับวงจรนับ ทำการเพิ่มค่าการนับแปรค่าไปตามความเร็วในการหมุน

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ	**ใบข้อมูล**
	สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2	**(ทฤษฎี)**
	Mechatronics Level2	**หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์**
	0920083270102	**รหัสวิชา 0922720106**
		หัวข้อที่ 3

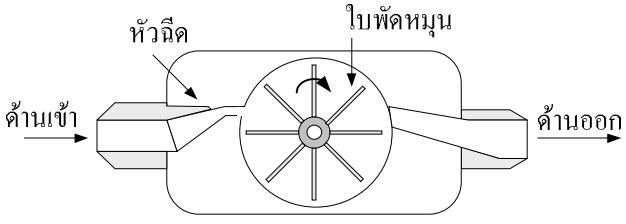
โดยทั่วไปมิเตอร์แบบกังหันทำให้ความดันในท่อลดลง ราคาแพง แต่มีข้อดี คือ ค่าความไวและความแม่นยำในการตรวจวัดสูง มีย่านการวัดได้ตั้งแต่ในหน่วยเศษส่วนของลิตรต่อวินาทีถึงหน่วยร้อยของลิตรต่อวินาที โดยค่าความไวและความแม่นยำในการวัดขึ้นอยู่กับความคล่องตัวในการหมุนของกังหัน สามารถปรับแต่งให้มีค่าสูงขึ้นได้ โดยทำการปรับลดแรงเสียดทานต่างๆที่เกิดขึ้นให้น้อยลง เช่น แรงเสียดทานระหว่างของเหลวกับกังหัน เพลาหรือลูกปืน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและทิศทางการไหล



ภาพที่ 4.9 มิเตอร์แบบกังหัน

1.4.3.4 มิเตอร์แบบใบพัดหมุน (Paddle wheel meter)

ดังภาพที่ 4.10 เป็นเซนเซอร์สำหรับวัดการไหลของของเหลว มีความแม่นยำสูง โดยการไหลของของเหลวถูกส่งผ่านเข้าหัวฉีด เพื่อบังคับใบพัดหมุนเกิดการหมุนขึ้นและเมื่อทราบปริมาณของเหลวไหลเข้าออก รวมทั้งจำนวนรอบในการหมุนของใบพัดหมุนแล้ว สามารถนำเป็นข้อมูลเพื่อคำนวณหาอัตราการไหลที่เกิดขึ้นต่อไป โดยการวัดจำนวนรอบในการหมุนของใบหมุนนั้นทำได้โดยใช้วงจรนับ ซึ่งอาจเป็นวงจรนับแบบทางกล (mechanical counter) ที่ต่อตรงเข้ากับเพลาของใบพัดหมุนหรืออาจใช้หลักการทำงานแบบอิเล็กทรอแมกเนติก pick-up หรือแบบออพติคัล pick-up การใช้งานมิเตอร์แบบใบพัดหมุน ทำให้ค่าความดันในท่อที่ทำการวัดมีค่าลดลงเช่นเดียวกับการใช้งานมิเตอร์แบบกังหัน แต่มีค่าน้อยมาก การวัดนอกจากนี้มิเตอร์แบบใบพัดหมุนเหมาะกับการใช้งานในการวัดการไหลของของเหลวเพียงเท่านั้นและมิเตอร์แบบนี้มีราคาค่อนข้างถูกกว่ามิเตอร์แบบกังหัน



ภาพที่ 4.10 มิเตอร์แบบใบพัดหมุน

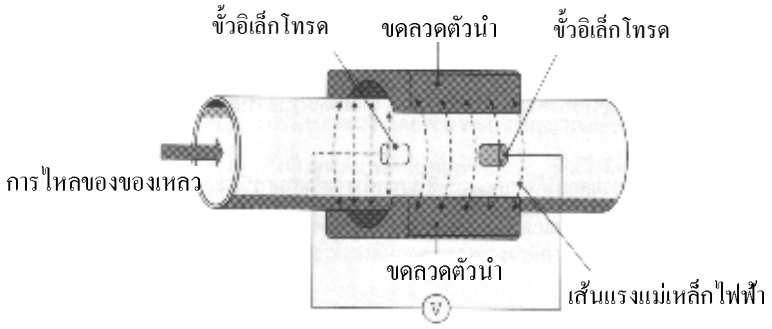
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		หัวข้อที่ 3

1.4.4 อุปกรณ์วัดการไหลแบบไม่สัมผัสการไหล

อาศัยการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการตรวจสอบการไหลของของเหลวเป็นหลัก ผลการตรวจวัดที่มีความแม่นยำกว่าอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลแบบที่ต้องสัมผัสกับการไหลโดยตรง เพราะประกอบด้วยวงจรที่ซับซ้อน รวมถึงราคาที่แพง อุปกรณ์ตรวจวัดการไหลแบบไม่สัมผัสกับการไหลมากมายหลายแบบ แต่ละแบบอาศัยคุณสมบัติการทำงานพื้นฐานที่สำคัญ 2 ลักษณะ คือ เซนเซอร์วัดการไหลแบบอิเล็กทรอแมกเนติก (Electromagnetic flow meter) เซนเซอร์ตรวจวัดการไหลแบบอัลตราโซนิกส์ (Ultrasonic flow meter)

1.4.4.1อุปกรณ์วัดการไหลแบบอิเล็กทรอแมกเนติก

อาศัยหลักการเหนี่ยวนำเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าประยุกต์ใช้งานในการตรวจสอบอัตราการไหลของของเหลว โดยให้ของเหลวที่ไหลผ่านเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้า ทำหน้าที่เหมือนเป็นตัวนำไฟฟ้า

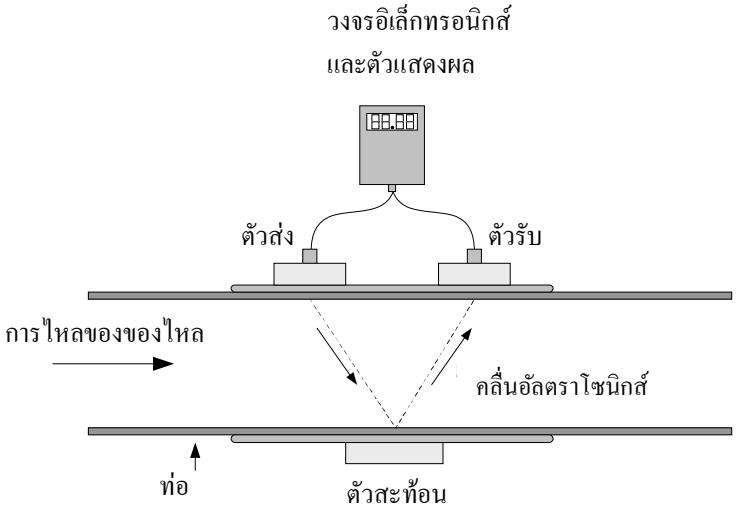


ภาพที่ 4.11 อุปกรณ์ตรวจวัดการไหลแบบอิเล็กทรอแมกเนติก

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ	**ใบข้อมูล**
	สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2	**(ทฤษฎี)**
	Mechatronics Level2	**หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์**
	0920083270102	**รหัสวิชา 0922720106**
		หัวข้อที่ 3

1.4.4.2 อุปกรณ์วัดการไหลแบบอัลตราโซนิกส์ (Ultrasonic flow meter)

ภาพที่ 4.12 การใช้งานของอุปกรณ์วัดการไหลแบบอัลตราโซนิกส์ติดตั้งอยู่บนท่อส่งจ่าย ประกอบด้วยตัวส่งคลื่นอัลตราโซนิกส์ (Ultrasonic transmitter) ตัวสะท้อน (Reflector) และตัวรับ (Receiver) โดยตัวส่งทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิกส์ ส่งผ่านยังตัวสะท้อนเพื่อสะท้อนคลื่นให้ตัวรับคลื่น การทำงานของวงจรกรณีที่ไม่มีการไหล เวลาที่คลื่นใช้ในการเดินทางจากตัวส่งไปยังตัวรับมีค่าขึ้นอยู่กับระยะห่างจากตัวส่งถึงตัวรับและความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่นในของเหลวนั้น กรณีที่มีการไหลในทิศทางดังภาพที่ 4.12 คือ เคลื่อนที่ผ่านตัวส่งไปยังตัวรับ การเคลื่อนที่ของคลื่นในกรณีนี้มีค่าเร็วเพิ่มขึ้น ทำให้เวลาหน่วงที่เกิดขึ้นหรือเวลาที่คลื่นใช้ในการเดินทางจากตัวส่งไปยังตัวรับมีค่าน้อยลงกว่าในกรณีแรกที่ไม่มีการไหล กรณีมีการไหลในทิศทางตรงกันข้ามกัน คือ เคลื่อนที่ผ่านตัวรับไปยังตัวส่ง กรณีเช่นนี้เวลาหน่วงมีค่าเพิ่มขึ้น จากนั้นเวลาหน่วงที่ตรวจสอบได้ถูกนำไปประมวลผลสัญญาณด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส์ พร้อมทั้งปรับเทียบสเกลให้แสดงผลอยู่ในเทอมของอัตราการไหลของของเหลวที่ตรวจวัดได้ อุปกรณ์ตรวจวัดการไหลแบบอัลตราโซนิกส์มีราคาแพงกว่าแบบอื่น ผลการวัดที่มีความแม่นยำสูง มีความเสถียรภาพ เคลื่อนย้ายสะดวก สามารถตรวจวัดการไหลได้ทั้งสองทิศทางและเนื่องจากการใช้งานไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับของเหลวจึงทำให้อุปกรณ์ชนิดนี้สามารถนำไปใช้วัดของเหลวได้ทั้งของเหลวที่มีสภาวะความนำไฟฟ้าและไม่นำไฟฟ้า ยกเว้นการไหลของก๊าซซึ่งไม่สามารถนำเซนเซอร์แบบอัลตราโซนิกส์ไปใช้ตรวจวัดได้

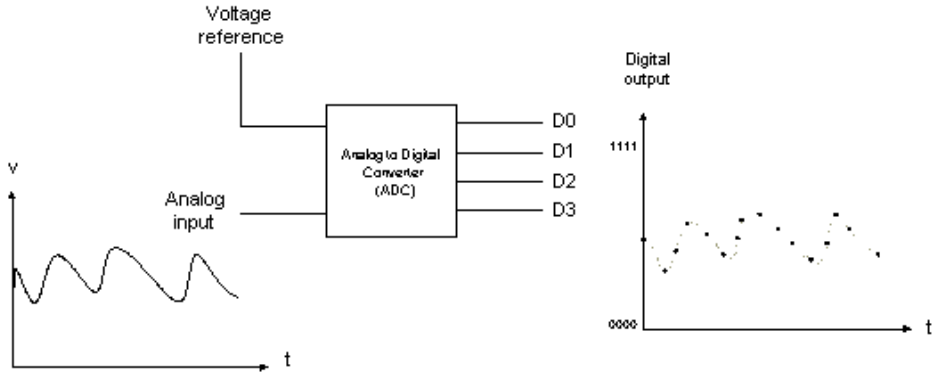


ภาพที่ 4.12 อุปกรณ์ตรวจวัดการไหลแบบอัลตราโซนิกส์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		หัวข้อที่ 3

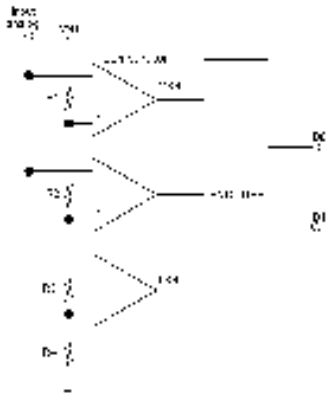
Analog-to-Digital Converter (ADC)

สัญญาณใดๆ โดยส่วนใหญ่แล้วมักเป็นสัญญาณที่มีความต่อเนื่องทางเวลา และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง เรียกสัญญาณนี้ว่าสัญญาณแอนะล็อก (analog signal) ยกตัวอย่างเช่นสัญญาณเสียง สัญญาณไฟฟ้าในรูปแบบของกระแสและแรงดัน ล้วนแล้วแต่เป็นสัญญาณแอนะล็อกแทบทั้งสิ้น แต่ในปัจจุบันเครื่องมือ และอุปกรณ์บางประเภท ที่ต้องใช้สัญญาณอีกรูปแบบหนึ่งที่ไม่สามารถรับอินพุตที่เป็นสัญญาณแอนะล็อกโดยตรง คืออุปกรณ์ที่เป็น microprocessor, *microcontroller* ซึ่งต้องการสัญญาณในรูปแบบดิจิตอลเท่านั้น ในการนำไปประมวณผลจึงจำเป็นต้องมีวงจรที่แปลงสัญญาณทางแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณทางดิจิตอล เรียกวงจรดังกล่าวว่า วงจร A/D (Analog to Digital Converter - ADC)



รูปที่ 1 แสดงการแปลงค่าสัญญาณจาก แอนะล็อกเป็น สัญญาณดิจิตอล

หลักการเบื้องต้นของการแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลนั้นแสดงได้ดังนี้



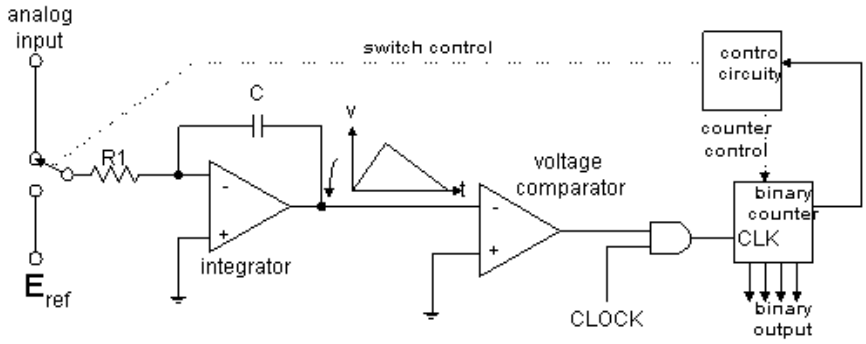
รูปที่ 2 Analog to Digital แบบ flash

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		หัวข้อที่ 3

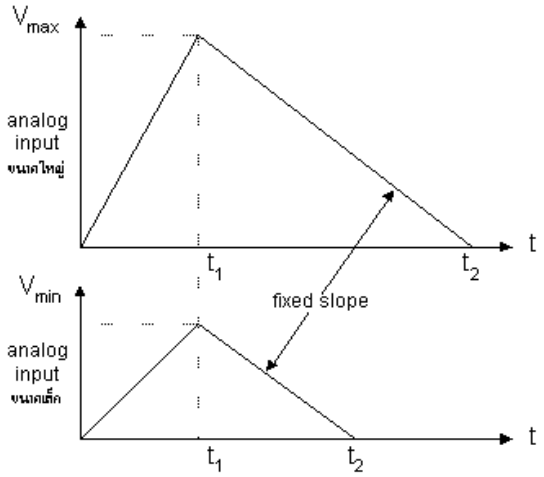
ระดับแรงดันของสัญญาณ analog input จะถูกเปรียบเทียบกับค่าแรงดันอ้างอิง (Vref) ที่จุดต่างๆ ทางด้าน input ของวงจร comparator หรือวงจรเปรียบเทียบแรงดัน ถ้าค่าแรงดัน input ทั้งสองเท่ากัน ที่ output ของวงจรเปรียบเทียบ ก็จะมีค่าเท่ากับ 1 แต่ถ้าไม่เท่าก็จะมีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งเป็นระดับสัญญาณทางดิจิตอล โดยวงจร encoder ถูกใช้ในการเรียงลำดับของสัญญาณจากตัวเปรียบเทียบ ให้อยู่ในรูปรหัสเลขฐานสองอีกทีหนึ่ง เราสามารถแบ่ง ADC ออกตามการใช้งานได้หลายวิธีด้วยกันคือ

1. Dual-Slope (Integrating) ADC

เป็น ADC ที่ใช้งานเกี่ยวกับเครื่องมือวัดความเร็วต่ำ วงจรภายในประกอบด้วยวงจรที่เป็นแบบแอนะล็อกและดิจิตอลรวมกันอยู่ในไอซีตัวเดียว



รูปที่ 3 แสดง Block diagram ของ ADC แบบ Dual-Slope



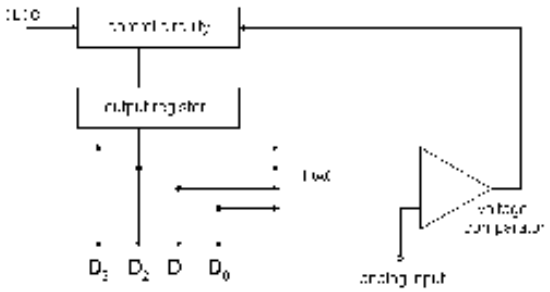
รูปที่ 4 สัญญาณ ramps (มีค่าเป็นลบ) ที่ได้จากวงจร integrator ของ analog input

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ	**ใบข้อมูล**
	สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2	**(ทฤษฎี)**
	Mechatronics Level2	**หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์**
	0920083270102	**รหัสวิชา 0922720106**
		หัวข้อที่ 3

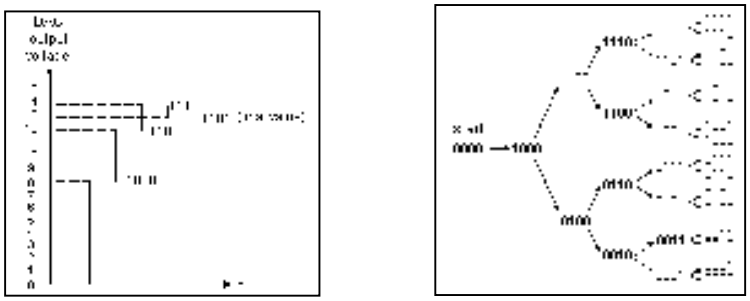
เมื่อป้อนสัญญาณ analog input ในช่วงเวลา t1 เข้ามายัง ADC ผ่านวงจร integrator ทาง output ของวงจร integrator จะมีค่าเป็นลบด้วย แรงดันลบทำให้เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบเป็น “1” จึงไปกระตุ้นให้วงจรนับเริ่มต้นนับขึ้น หลังจากผ่านช่วงเวลา t1 แล้ววงจรควบคุม จะทำการเคลียร์วงจรนับ และทำการเปลี่ยนอินพุตของวงจร integrator ไปต่อกับแรงดันอ้างอิง วงจรนับจะเริ่มต้นนับใหม่จนกระทั่งเอาต์พุตของวงจร integrator ตกลงเป็นศูนย์ ที่จุดนี้ เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบกลายเป็น “0” จะทำให้วงจรนับหยุดลง สัญญาณดิจิตอลที่นับได้ครั้งสุดท้ายนี้จะแทนด้วย analog input ที่เข้ามา อัตราการ integrated จะขึ้นอยู่กับขนาดแรงดันอินพุต

2. Successive Approximation ADC

เป็น ADC แบบประมาณค่าต่อเนื่อง ที่ประกอบด้วยวงจรเปรียบเทียบแรงดัน วงจรรีจิสเตอร์แบบ successive approximation register (SAR) ที่ใช้เก็บค่าหลังจากการประมาณค่าสัญญาณอินพุตที่รับเข้ามา โดยวงจร SAR จะมีขาควบคุม 3 ขาคือ ขาสัญญาณบอกเริ่มแปลงค่า ขาสัญญาณบอกจบการแปลงค่า และขาสัญญาณนาฬิกาสำหรับควบคุมกระบวนการแปลงค่าในแต่ละรอบ และ วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก (Digital to Analog converter-DAC)



รูปที่ 5 แสดง Block diagram ของ ADC แบบ successive approximation



รูปที่ 6 (ก) แสดงค่าเอาต์พุตของ DAC (ข) ค่าการนับขึ้น-ลง ของ register

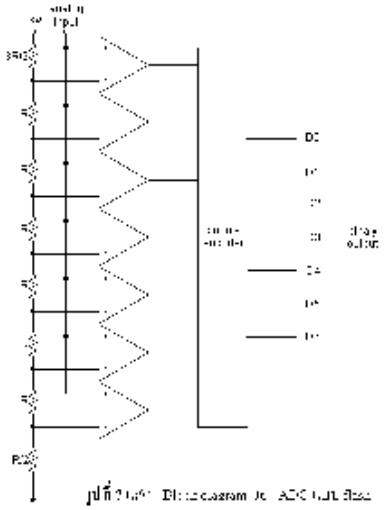
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		หัวข้อที่ 3

จากรูปเป็น ADC ขนาด 4 บิทเพราะฉะนั้นเอาต์พุตที่ได้ที่อยู่ในรูปแบบของดิจิตอล ก็จะมีระดับสัญญาณอยู่ในช่วง 0000-1111 หรือแทนด้วยฐานสิบที่ตรงกับ 0 -15 ถ้าสมมุติให้ที่ analog input มีค่าเท่ากับแรงดัน 13 V สัญญาณ clock ลูกแรกถูกส่งไปบอกให้วงจร SAR เริ่มกระบวนการแปลงค่า เริ่มต้นการนับค่า output ของ SAR จะ start ที่ 1000 จากนั้นเอาท์พุทที่ DAC จะแปลงค่าได้เท่ากับ 8 V แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าทาง analog input แต่ค่าทาง analog input ยังมีค่ามากกว่า ก็จะมีสัญญาณ clock ลูกถัดไปที่ วงจร SAR อีก ทำให้ส่งค่าเอาต์พุต ที่เพิ่มค่าบิทที่มีนัยสำคัญลองลงมาอีก เท่ากับ 1100 ค่าที่ได้จาก DAC จะมีค่าเท่ากับ 12 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับ analog input ค่าที่ได้จากเอาต์พุต DAC ยังมีค่าน้อยกว่า สัญญาณ clock ลูกถัดไปก็ถูกส่งไปที่วงจร SAR อีก output ที่ได้จาก SAR ก็จะเพิ่มบิทที่มีนัยสำคัญลองลงมาอีก เป็น 1110 ค่าที่ได้จากเอาต์พุต DAC จะมีค่าเท่ากับ 14 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าทาง analog input แล้ว ค่าทาง DAC มีค่ามากกว่า สัญญาณ clock ลูกถัดไปก็ส่งไปที่วงจร SAR อีก แต่ค่าเอาต์พุตที่ได้จะไม่เพิ่มบิทที่มีนัยสำคัญลองลงมาอีกแต่จะลดค่าเดิมลงไป 1 ซึ่งก็มีค่าเท่ากับ 1101 หรือค่าที่เอาต์พุต DAC เท่ากับ 13 ซึ่งเท่ากับค่าทาง analog input ทำให้เอาท์พุทที่วงจรเปรียบเทียบเป็น 1 ส่งค่าไปบอกให้วงจร SAR จบกระบวนการแปลงค่า แล้วค้างค่าการนับสุดท้ายไว้ ที่เอาท์พุทของวงจร SAR แล้วทำการเคลียร์ค่าการนับใหม่ เพราะฉะนั้นค่าเอาต์พุตที่ได้จากการแปลงค่าของ ADC แบบนี้ มีค่าเท่ากับ 1101

3. Flash A/D Converter

เป็น ADC ที่มีความเร็วที่สุดในการแปลงค่า โดยลักษณะการทำงานจะใช้ comparator หรือตัวเปรียบเทียบต่อขนานกัน เพื่อทำการแปลงสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นดิจิตอล

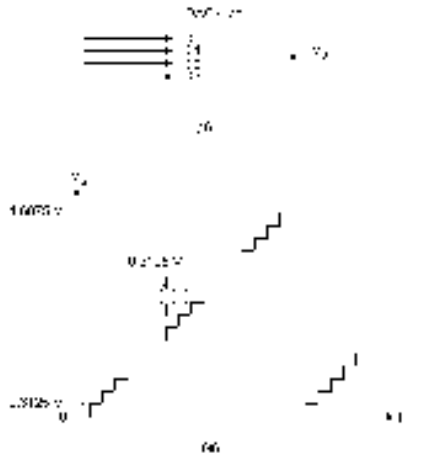
จากรูปตัวต้านทานที่ต่ออยู่ จะแบ่งแรงดันจากแรงดันอ้างอิง ที่ตกคร่อมตัวเปรียบเทียบแต่ละตัว สัญญาณเอาท์พุทที่ตัวเปรียบเทียบแต่ละตัว จะมีค่าเป็น 0 หรือ 1 ขึ้นอยู่กับค่าแรงดัน analog input ที่มาเปรียบเทียบ ในส่วนของวงจร encoder เป็นตัวเรียงลำดับของสัญญาณ จากตัวเปรียบเทียบ เอาต์พุตที่ได้จะเป็นรูปแบบของรหัสเลขฐานสอง หรือสัญญาณดิจิตอล



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ	**ใบข้อมูล**
	สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2	**(ทฤษฎี)**
	Mechatronics Level2	**หัวข้อวิชา เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์**
	0920083270102	**รหัสวิชา 0922720106**
		หัวข้อที่ 3

Digital to Analog Converter (DAC)

Digital to Analog Converter ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิตอล ในรหัสเลขฐานสอง ให้เป็นสัญญาณแอนะล็อก ความละเอียดเอาต์พุตที่ได้ จะมีความสัมพันธ์โดยตรง ต่อจำนวนบิททางอินพุต เพราะฉะนั้นระดับสัญญาณแอนะล็อกทางเอาต์พุตที่ DAC ขนาด 4 บิท จะมีค่าเท่ากับ 2n หรือ 24 = 16 ระดับ ซึ่งหมายถึงสัญญาณแอนะล็อกทางเอาต์พุตจะมีระดับแรงดัน 16 ขั้น ถ้า DAC ขนาด 12 บิท ระดับแรงดันทางเอาต์พุตจะเท่ากับ 2^12 = 4096 ระดับ จะเห็นว่ายิ่ง DAC มีจำนวนบิทมากเท่าไร ก็จะได้ระดับสัญญาณทางด้านเอาต์พุตที่มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งก็คือความละเอียดของสัญญาณนั่นเอง



INPUT D_3 D_2 D_1 D_0	V_o (V)
0 0 0 0	0.0000
0 0 0 1	0.3125
0 0 1 0	0.6250
0 0 1 1	0.9375
0 1 0 0	1.2500
0 1 0 1	1.5625
0 1 1 0	1.8750
0 1 1 1	2.1875
1 0 0 0	2.5000
1 0 0 1	2.8125
1 0 1 0	3.1250
1 0 1 1	3.4375
1 1 0 0	3.7500
1 1 0 1	4.0625
1 1 1 0	4.3750
1 1 1 1	4.6875

(ค)

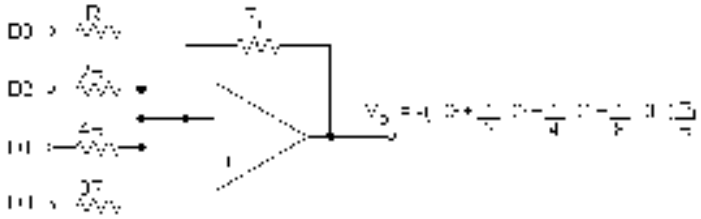
รูปที่ 8 (ก) Block diagram ของ DAC (ข) ระดับแรงดันเอาต์พุตที่ได้
(ค) ค่าเปรียบเทียบกันระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต

จากรูปเป็น DAC ขนาด 4 บิท ถ้าแทนค่าอินพุตลอจิก “0” ให้มีค่าเท่ากับศูนย์หรือระดับกราวด์ ลอจิก “1” ให้มีค่าเท่ากับ 5 V สัญญาณที่เปลี่ยนจากดิจิตอลเป็นแอนะล็อกนั้น ระดับแรงดันทางเอาต์พุตหาได้จาก E / 2n โดย E คือ ระดับแรงดันลอจิก "1" และ n คือจำนวนบิท ของ DAC ในที่นี้ให้ E = 5 , n = 4 เพราะฉะนั้น 5/24 = 0.3125 V หรือระยะห่างของแต่ละขั้น วิธีการเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อกนั้น มีหลักการ ใหญ่ๆ ด้วยกัน 2 วิธีคือ

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ	**ใบข้อมูล**
	สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2	**(ทฤษฎี)**
	Mechatronics Level2	**หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์**
	0920083270102	**รหัสวิชา 0922720106**
		หัวข้อที่ 3

1. Weighted-Resistor DAC

DAC แบบนี้ประกอบด้วยตัวต้านทานหลายค่า โดยจัดเรียงค่าของตัวต้านทานแต่ละค่า ตามน้ำหนักของรหัสไบนารี่ และออปแอมป์ ใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณอินพุต ให้เป็นแรงดัน ที่เป็นสัดส่วนกันโดยใช้หลักการของ Voltage Summing Amplifier



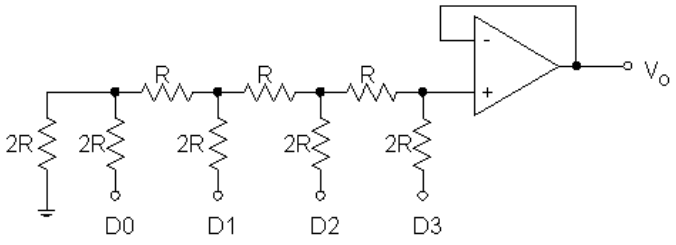
รูปที่ 9 วงจร DAC แบบ Weighted -Resistor

ในวิธีการเปลี่ยนจากสัญญาณดิจิตอล ให้เป็นสัญญาณแอนะล็อกนั้น จากรูปเป็น DAC 4 บิท จะแทนค่าลอจิก “0” เท่ากับ ศูนย์ และลอจิก “1” เท่ากับ 5 V ค่าของตัวต้านทาน Rf และ R เท่ากับ 1k สมมุติให้อินพุตเท่ากับ 0001 แรงดัน 5 V ที่ D0 จะตกคร่อมที่ 8R หรือแทนค่าความต้านทานเท่ากับ 8 k จะทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวต้านทานเท่ากับ 5/8k = 625 A กระแสที่ได้ก็จะไหลผ่านตัวตันทาน Rf ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมมีค่าเท่ากับ 625 A x 1k = 0.625 V หรือได้แรงดันที่จุด Vo เท่ากับ -0.625 V

วงจรประเภทนี้มีข้อเสียตรงที่ ถ้าต้องการจำนวนบิททางอินพุตที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความต้านทานที่ใช้มีค่าเพิ่มขึ้นมากมาย เช่น DAC ขนาด 8 บิท ถ้าหากค่า R = 10k ค่าความต้านทานตัวที่ 8 จะมีค่าเท่ากับ (2n-1)R หรือเท่ากับ (28-1)10k = 1.28 M ซึ่งตัวต้านทานที่มีค่ามาก จะสร้างได้ยาก และความร้อนจะทำให้ค่าของตัวต้านทานเปลี่ยนไป ทำให้ความละเอียดแม่นยำของการใช้ลดลง

2. R-2R Ladder Converter

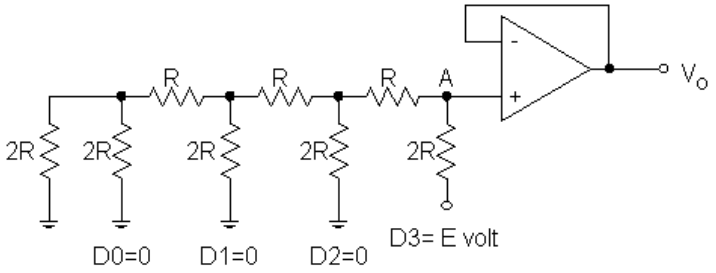
การทำงานของวงจร R-2R ladder คล้ายกับการทำงานของวงจร weighted-resistor แต่วงจร R-2R ladder จะใช้ค่าของตัวต้านทานเพียง 2 ค่าเท่านั้น ที่ต่อกันในลักษณะวงจรแบ่งแรงดัน



รูปที่ 10 วงจร DAC แบบ R-2R Ladder ขนาน 4 บิต

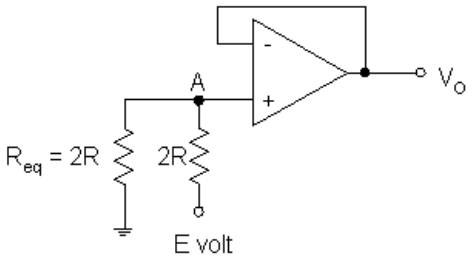
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ	**ใบข้อมูล**
	สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2	**(ทฤษฎี)**
	Mechatronics Level2	**หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์**
	0920083270102	**รหัสวิชา 0922720106**
		หัวข้อที่ 3

จากรูปเป็น R-2R ladder ขนาด 4 บิท เมื่อให้อินพุตเป็น 1000 เราจะสมมุติให้อินพุตลอจิก “1” เท่ากับ E Volt และลอจิก “0” เท่ากับ 0 Volt เมื่อพิจารณาจะเห็นว่า อินพุต D3 ต่ออยู่กับ E Volt และอินพุตที่เหลือถูกต่อลงกราวด์หรือตามรหัสไบนารี่ 1000



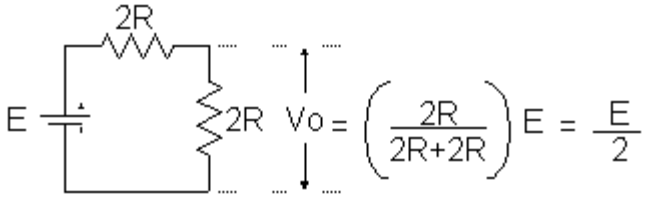
รูปที่ 11 เมื่ออินพุตเท่ากับ 1000 D0, D1, D2 เปรียบเสมือนว่าต่อลงกราวด์ D3 เท่ากับ E volt

หาค่าของ Req โดยมองเข้าไปที่จุด A ทางซ้ายสุดจะเห็นว่า มี 2R ขนานกับ 2R จะมีค่าเท่ากับ R ที่ต่ออนุกรมกับ R มีค่าเท่ากับ 2R แล้วต่อขนานกับ 2R มีค่าเท่ากับ R แล้วต่ออนุกรมกับ R มีค่าเท่ากับ 2R ต่อขนานกับ 2R ได้ค่า R สุดท้ายต่ออนุกรมอยู่กับ R เพราะฉะนั้น Req = 2R



รูปที่ 12 จัดรูปวงจรใหม่โดยได้ค่า Req = 2R

เขียนในรูปของวงจรสมมูลย์ ซึ่งก็คือ ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจร DAC ที่อินพุตเท่ากับ 1000



รูปที่ 13 วงจรสมมูลย์ของรูปที่ 12

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ	**ใบทดสอบ**
	สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2	**หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์**
	Mechatronics Level2	**รหัสวิชา** 0922720106
	0920083270102	**หัวข้อที่** 3

แบบทดสอบ

ข้อสอบแบบปรนัยทั้งหมด 10 ข้อ ให้กากบาททับข้อที่ถูกต้องที่สุด

1.การแบ่งชนิดของเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์สามารถแบ่งได้กี่ชนิด

ก. 3 ชนิด ข. 4 ชนิด

ค. 5 ชนิด ง. 6 ชนิด

2.พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ชนิดใดสามารถตรวจจับได้แต่โลหะ

ก. เซนเซอร์แบบเก็บประจุ ข. เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

ค. เซนเซอร์แบบแสง ง. เซนเซอร์อัลต้าโซนิก

3.พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์แบบแสงมีรูปแบบการตรวจจับกี่แบบ

ก. 1 แบบ ข. 2 แบบ ค. 3 แบบ ง. 4 แบบ

4. อุปกรณ์วัดความดันชนิดบูร์ดองแบ่งย่อยได้ 3 ประเภทมีอะไรบ้าง

ก. แบบก้นหอย,แบบป้อนกลับ,แบบรูปตัว C

ข. แบบรูปตัว C,แบบก้นหอย,แบบขดซ้อน

ค. แบบขดซ้อน,แบบก้นหอย,แบบรูปตัว G

ง. แบบรูปตัว C,แบบก้นหอย,แบบกระป๋อง

5.อุปกรณ์ตรวจวัดความดันชนิดไดอะแฟมมีข้อดีอะไร

ก.ความเป็นเชิงเส้นค่อนข้างดี ข.มีความเร็วสูง

ค.มีความทนทานสูง ง.ถูกทุกข้อ

6.อุปกรณ์วัดการไหลแบบกีดขวางการไหลแบ่งย่อยได้กี่ประเภท

ก. 5 ประเภท ข. 3 ประเภท ค. 2 ประเภท ง. ไม่มีข้อใดถูก

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบทดสอบ** **หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์** **รหัสวิชา 0922720106** **หัวข้อที่ 3**

7.อุปกรณ์วัดการไหลแบบไม่สัมผัสการไหล ใช้หลักการใดในการวัด

ก. การอัดประจุไฟฟ้า ข. การส่องผ่านของแสง

ค. แม่เหล็กไฟฟ้า ง. การสั่นสะเทือน

8. การแปลง Analog-to-Digital แบ่งได้กี่ประเภท

ก. 4 ประเภท ข. 3 ประเภท ค. 2 ประเภท ง. ไม่มีข้อใดถูก

9.การแปลง Digital to Analog แปลงได้สูงสุดกี่บิต

ก. 8 บิต ข. 16 บิต ค. 32 บิต ง. ไม่มีข้อใดถูก

10.การแปลง Digital to Analog ด้วยวิธี Weighted-Resistor DAC ใช้หลักการใด

ก. Voltage Summing Amplifier ข. Current Summing Amplifier

ค. Invert Amplifier ง. Non-Invert Amplifier

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level2 0920083270102	ใบเฉลยทดสอบ
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		หัวข้อที่ 3

เฉลยแบบทดสอบ

1.ง

2.ข

3.ค

4.ข

5.ก

6.ง

7.ค

8.ข

9.ง

10.ก

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบเตรียมการสอน** **(ปฏิบัติ)**	
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์	
		รหัสวิชา 0922720106	
		งานที่ 3	**เวลา 4 ชม.**

วัตถุประสงค์ :

1.เพื่อให้ผู้รับการฝึกให้สามารถปฏิบัติงานต่อวงจรแปลงสัญญาณ ADC และ DAC ได้

2.เพื่อให้ผู้รับการฝึกสามารถต่อใช้งาน เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ได้

3.เพื่อให้ผู้รับการฝึกให้ทราบพื้นฐานในการประยุกต์ใช้งานของเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

วิธีการสอน :

ให้ทดลองปฏิบัติต่อวงจรและใช้ชุดฝึกในการทดลองต่อใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ

อุปกรณ์ช่วยฝึก :

ชุดฝึก Flow sensor

ชุดฝึก Presser sensor

อุปกรณ์ในใบทดลอง

การมอบหมายงาน :

-

การวัดและประเมินผล :

ให้เป็นไปตามผู้สอน

หนังสืออ้างอิง :

-

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบข้อมูล** **(ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		งานที่ 3

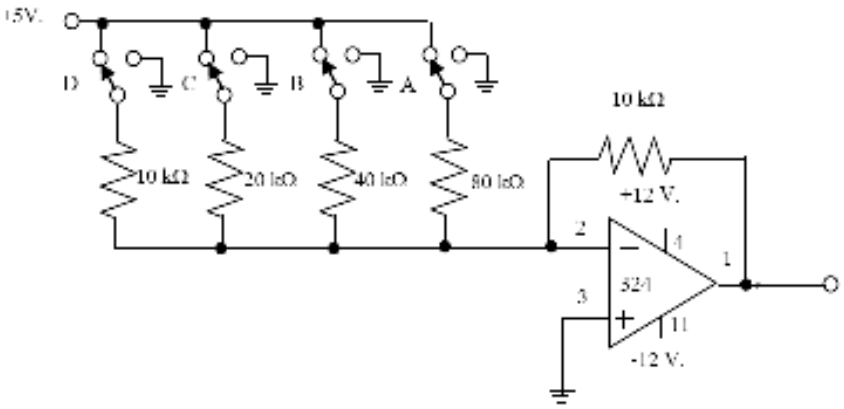
1.วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อก (Digital to Analog Converter)

1.วัตถุประสงค์

1. เปรียบเทียบการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อกแบบ Binary Weighted Resistor และแบบ R-2R Ladder
2. ประกอบวงจรและทดสอบการทำงานวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อกได้
3. ออกแบบวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อกได้

2.ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 1.1 ทดลองเปลี่ยนค่าลอจิกที่อินพุต บันทึกค่าแรงดันที่ เอาต์พุตลงในตารางบันทึกผล



รูปที่ 1.1

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		งานที่ 3

2.การวัดการไหลของอากาศโดยใช้ Venturi Tube with Inclined Tube Manometer Fivefold

1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของหลอดเวนทูรีในขณะวัดการไหล

1.2 เพื่อสามารถนำเอาหลอดเวนทูรีไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์วัดความดันได้

1.3 เพื่อสามารถแปลงค่าของความเร็วในการไหลให้อยู่ในลักษณะความดันแตกต่างได้

1.4 เพื่อสามารถนำเอาหลอดเวนทูรีไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างถูกต้อง

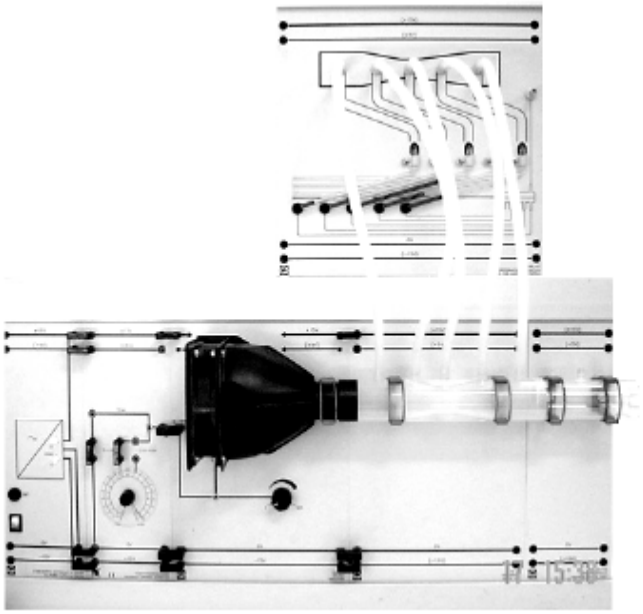
2.ลำดับขั้นการทดลอง

2.1 ประกอบอุปกรณ์ต่างๆ ดังรูปที่ 2.1

2.2 ปรับ Reference variable generator ให้ได้แรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตประมาณ 10 Volt วัดความดัน (Pressure) ที่เกิดขึ้นตามจุดต่างๆ ของหลอดเวนทูรี (Venturi tube) ใช้ Inclined tubemanometer five fold บันทึกระดับของของเหลวในหลอดทั้ง 5 หลอด ของมาโนมิเตอร์โดย

ทำเครื่องหมาย (x) ลงในช่องของตารางที่ 1

<u>หมายเหตุ</u> ในการอ่านค่าให้อ่านที่ขอบบนของของเหลว



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของวงจร

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบข้อมูล** **(ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		งานที่ 3

3.การวัดการไหลของอากาศโดยใช้ Windmill-Type Anemometer

1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ Windmill-Type Anemometer ในขณะวัดการไหล

1.2 เพื่อสามารถแปลงค่าความเร็วในการไหลให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลได้

1.3 เพื่อสามารถแปลงความเร็วในการไหลให้อยู่ในลักษณะของแรงดันไฟฟ้าได้

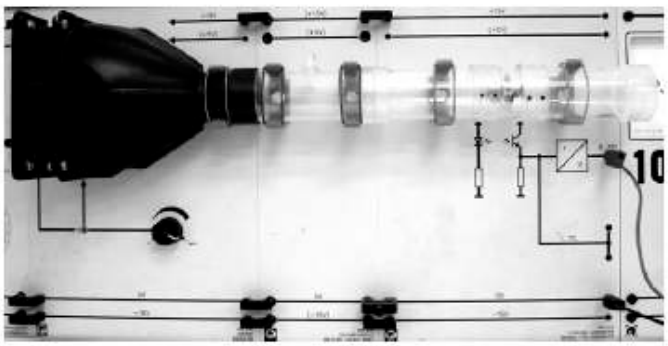
2.ลำดับขั้นการทดลอง

2.1 ประกอบวงจรดังรูปที่ 3.1 โดยใช้ Windmill-type anemometer (666 632) วัดความเร็วในการไหลของอากาศให้อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้า

2.2 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้า (*Vin*) ที่ Reference variable generator ให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 1 Volt ทำการทดลองข้อ 2.3 และ 2.4 พร้อมกัน

2.3 วัดความดันที่เกิดจากการไหลของอากาศภายในท่อเทียบกับความดันบรรยากาศ โดยอ่านค่าความดันจาก Inclined tube manometer โดยใช้สเกลบน (ρ) = 0.88 kg/m3 บันทึกผลที่ได้ลง ในตารางที่ 3

2.4 วัดค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุต (*Vo*(*windmill*)) และความถี่ *Windmill* ของอุปกรณ์ Windmill type - anemometer บันทึกผลลงในตาราง



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของวงจร

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level2 0920083270102	ใบข้อมูล (ปฏิบัติ)
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		งานที่ 3

4.การทดลอง Inductive proximity sensor

1วัตถุประสงค์

1.1.สามารถต่อใช้งาน Inductive proximity sensor ได้

1.2.สามารถติดตั้งและประยุกต์ใช้งาน Inductive proximity sensor ได้

1.3.สามารถแก้ปัญหาและซ่อมบำรุงเบื้องต้นได้

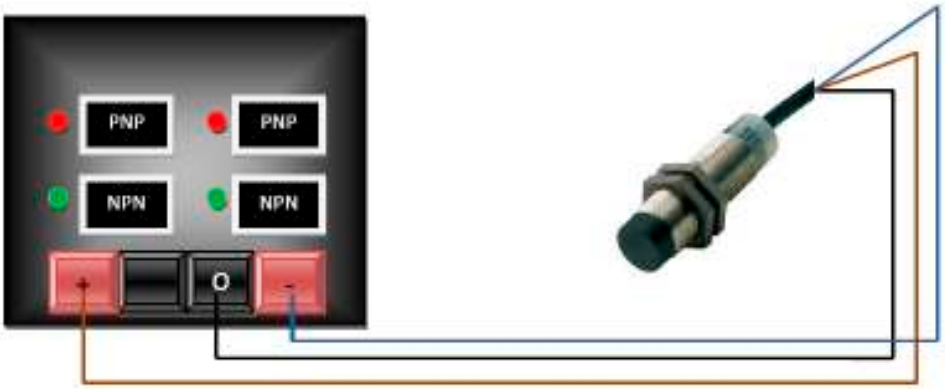
2.ขั้นตอนในการทดลอง

2.1.ต่อวงจรตามรูปที่ 4.1

-สีน้ำตาล คือ สายสัญญาณไฟ +

-สีน้ำเงิน คือ สายสัญญาณไฟ –

-สีดำ คือ Output



รูปที่ 4.1

2.2.นำโลหะชนิดต่างๆที่ได้เตรียมไว้มาทำการหาระยะที่ไกลที่สุดที่สามารถตรวจวัดได้โดยนำโลหะมาวางไว้บริเวณส่วนหัวของเซนเซอร์และเลื่อนระยะออกจนถึงจุดที่ไฟแสดงสถานะการตรวจจับดับลง

2.3.ทำการวัดระยะและบันทึกผล

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์** **รหัสวิชา 0922720106** **งานที่ 3**

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน :

1.อ่านทำความเข้าใจในใบข้อมูลปฏิบัติ

2.จัดเตรียมอุปกรณ์

3.ตรวจดูความพร้อมใช้งานของอุปกรณ์

4.ทำการต่ออุปกรณ์ตามแบบในใบงาน

5.ตรวจสอบความผิดพลาด

6.เริ่มต้นการทดลองและบันทึกผล

7.สรุปผลการทดลอง

8.เก็บและทำความสะอาดอุปกรณ์

อุปกรณ์และเครื่องมือ:

1. ออสซิลโลสโคป 1 เครื่อง

2. ไอซี LM324

3. ตัวต้านทานค่า 10 k 2 ตัว , 20 k 1 ตัว ,40k 1 ตัว , 80 k 1 ตัว

4.Power Supply +-12 V,+5V

5.บอร์ดทดลอง(โฟโต้บอร์ด)

วัสดุ :

-

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์** **รหัสวิชา 0922720106** **งานที่ 3**

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน :

1.อ่านทำความเข้าใจในใบข้อมูลปฏิบัติ

2.จัดเตรียมอุปกรณ์

3.ตรวจดูความพร้อมใช้งานของอุปกรณ์

4.ทำการต่ออุปกรณ์ตามแบบในใบงาน

5.ตรวจสอบความผิดพลาด

6.เริ่มต้นการทดลองและบันทึกผล

7.สรุปผลการทดลอง

8.เก็บและทำความสะอาดอุปกรณ์

อุปกรณ์และเครื่องมือ:

3.1 DC-Power supply unit ± 15 V / 3A (726 86)

3.2 Reference variable generator (734 02)

3.3 Ventilator (Blower) (666 630)

3.4 Venturi tube (666 631)

3.5 Pressure measurement point (666 639)

3.6 Inclined tube manometer fivefold (666 637)

3.7 Pane frame

3.7.1 Set of connecting leads, 1 mm2 (501 532)

3.7.2 Set of bridging plugs, black (502 511)

3.7.3 Set of bridging plugs with tap, black (502 512)

หมายเหตุ ใช้ชุดทดลองวัดการไหล

วัสดุ :

-

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์** **รหัสวิชา 0922720106** **งานที่ 3**

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน :

1.อ่านทำความเข้าใจในใบข้อมูลปฏิบัติ

2.จัดเตรียมอุปกรณ์

3.ตรวจดูความพร้อมใช้งานของอุปกรณ์

4.ทำการต่ออุปกรณ์ตามแบบในใบงาน

5.ตรวจสอบความผิดพลาด

6.เริ่มต้นการทดลองและบันทึกผล

7.สรุปผลการทดลอง

8.เก็บและทำความสะอาดอุปกรณ์

อุปกรณ์และเครื่องมือ:

3.1 DC-Power supply unit ± 15 V / 3A (726 86)

3.2 Reference variable generator (734 02)

3.3 Ventilator (Blower) (666 630)

3.4 Pressure measurement point (666 639)

3.5 Measurement indicator (727 41)

3.6 Inclined tube manometer (666 636)

3.7 Windmill-type anemometer (666 632)

3.8 Pane frame

3.8.1 Set of connecting leads, 1 mm2 (501 532)

3.8.2 Set of bridging plugs, black (502 511)

3.8.3 Set of bridging plugs with tap, black (502 512)

หมายเหตุ ใช้ชุดทดลองวัดการไหล

วัสดุ :

-

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์** **รหัสวิชา** 0922720106 **งานที่** 3

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน :

1.อ่านทำความเข้าใจในใบข้อมูลปฏิบัติ

2.จัดเตรียมอุปกรณ์

3.ตรวจดูความพร้อมใช้งานของอุปกรณ์

4.ทำการต่ออุปกรณ์ตามแบบในใบงาน

5.ตรวจสอบความผิดพลาด

6.เริ่มต้นการทดลองและบันทึกผล

7.สรุปผลการทดลอง

8.เก็บและทำความสะอาดอุปกรณ์

อุปกรณ์และเครื่องมือ:

2.1.ชุด DC Sensor switch test box

2.2. capacitive proximity switches แบบ 3 สาย NPN

2.3.เหล็กอ่อน, อลูมิเนียม , ทองแดง , ทองเหลือง,เหล็กกล้า

วัสดุ :

-

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบงาน**
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		งานที่ 3

บันทึกผลการทดลองที่ 1

ตารางบันทึกผล

อินพุต				เอาต์พุต
D	C	B	A	Vout(V.)
0	0	0	0	
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	1	0	
1	1	1	1	

สรุปผลการทดลอง.....

.....

.....

.....

.....

ครุภัณฑ์/เครื่องมือ/วัสดุ/อุปกรณ์

1. ออสซิลโลสโคป 1 เครื่อง
2. ไอซี LM324
3. ตัวต้านทานค่า 10 k 2 ตัว , 20 k 1 ตัว ,40k 1 ตัว , 80 k 1 ตัว
4.Power Supply +-12 V,+5V
5.บอร์ดทดลอง(โฟโต้บอร์ด)

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์** **รหัสวิชา 0922720106** **งานที่ 3**

บันทึกผลการทดลองที่ 2

<u>ตาราง กราฟแสดงระดับความดันแตกต่างในแต่ละจุดของหลอดเวนทูรี</u>

Inclined tube manometer fivefold				
1	2	3	4	5

สรุปผลการทดลอง.....

.....

.....

.....

.....

<u>ครุภัณฑ์/เครื่องมือ/วัสดุ/อุปกรณ์</u>

1 DC-Power supply unit ± 15 V / 3A (726 86)

2 Reference variable generator (734 02)

3 Ventilator (Blower) (666 630)

4 Venturi tube (666 631)

5 Pressure measurement point (666 639)

6 Inclined tube manometer fivefold (666 637)

.7 Pane frame

7.1 Set of connecting leads, 1 mm2 (501 532)

7.2 Set of bridging plugs, black (502 511)

7.3 Set of bridging plugs with tap, black (502 512)

<u>หมายเหตุ</u> ใช้ชุดทดลองวัดการไหล

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบงาน**
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		งานที่ 3

บันทึกผลการทดลองที่ 3

ตารางบันทึกผล

V_{in} (Volt)	v (m/s)	P (Pa)	$V_{o(resistor)}$ (Volt)	$F_{resistor}$ (Hz)
1	0.5			
2	1			
3	1.5			
4	2			
5	2.5			
6	3			
7	3.5			
8	4			
9	4.5			
10	5			

สรุปผลการทดลอง

....

.....

.....

.....

ครุภัณฑ์/เครื่องมือ/วัสดุ/อุปกรณ์

1 DC-Power supply unit ± 15 V / 3A (726 86)

2 Reference variable generator (734 02)

3 Ventilator (Blower) (666 630)

4 Pressure measurement point (666 639)

5 Measurement indicator (727 41)

6 Inclined tube manometer (666 636)

7 Windmill-type anemometer (666 632)

8 Pane frame

8.1 Set of connecting leads, 1 mm2 (501 532)

8.2 Set of bridging plugs, black (502 511)

8.3 Set of bridging plugs with tap, black (502 512)

หมายเหตุ ใช้ชุดทดลองวัดการไหล

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** Mechatronics Level2 0920083270102	**ใบงาน**
		หัวข้อวิชา การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และทรานดิวเซอร์
		รหัสวิชา 0922720106
		งานที่ 3

บันทึกผลการทดลองที่ 4

ตารางบันทึกผล

ชนิดโลหะ	**ระยะตรวจจับ(mm)**
เหล็กอ่อน	
อลูมิเนียม	
ทองแดง	
ทองเหลือง	
เหล็กกล้า	

5.สรุปผลการทดลอง

....

.....

.....

.....

.....

ครุภัณฑ์/เครื่องมือ/วัสดุ/อุปกรณ์

2.1.ชุด DC Sensor switch test box

2.2. capacitive proximity switches แบบ 3 สาย NPN

2.3.เหล็กอ่อน, อลูมิเนียม , ทองแดง , ทองเหลือง,เหล็กกล้า

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบเตรียมการสอน** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4 **เวลา 3 ชม.**

วัตถุประสงค์ :

1. เพื่อให้ผู้รับการฝึกมีความรู้เกี่ยวกับระบบกลไกส่งกำลังทางกล
2. เพื่อให้ผู้รับการฝึกสามารถออกแบบกลไกเบื้องต้น

วิธีการสอน :

สอนแบบบรรยาย

หัวข้อสำคัญ :

1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบกลไก
2. ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล
3. ระบบกลไกส่งกำลัง
4. ข้อเปรียบเทียบของการส่งกำลังด้วยเฟือง สายพาน และโซ่

อุปกรณ์ช่วยฝึก :

1. ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
2. ใบทดสอบ
3. ใบเฉลยทดสอบ

การมอบหมายงาน :

ไม่มี

การวัดและประเมินผล :

ทำแบบทดสอบแบบปรนัยในใบทดสอบ คะแนนผ่านเกณฑ์ต่ำสุด 53.85 เปอร์เซ็นต์ (จำนวน 7 ข้อจาก 13 ข้อ)

หนังสืออ้างอิง :

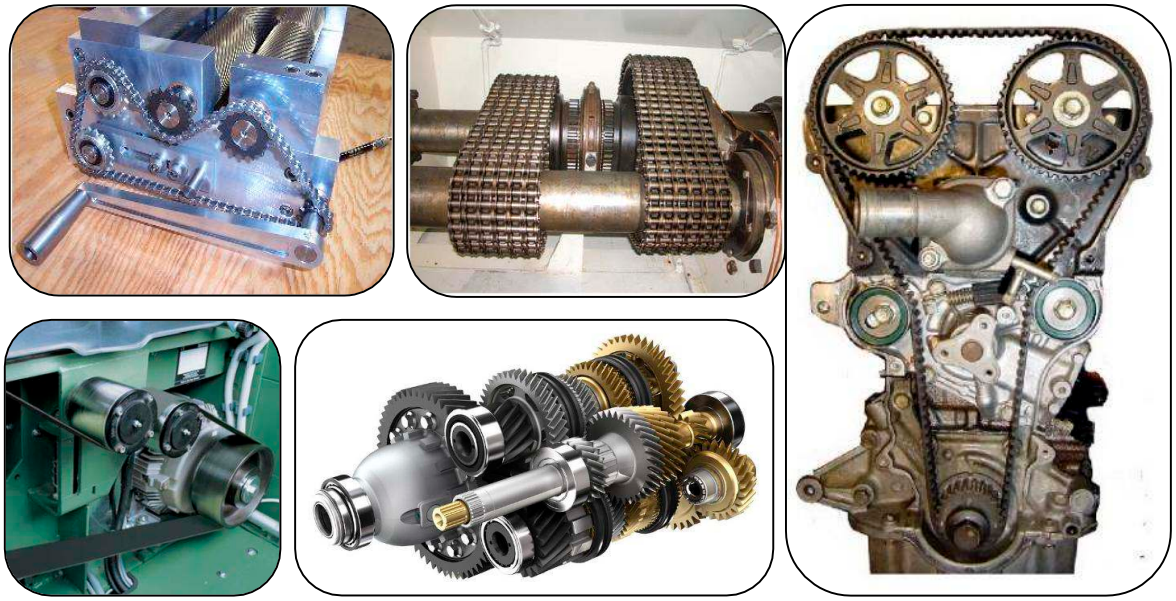
บุญธรรม ภัทราจารุกุล. (2554). แมคคาทรอนิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
มานพ ตันตระบัณฑิตย์ และคณะ. (2537). ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. กรุงเทพ : ส.ส.ท.

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบกลไก

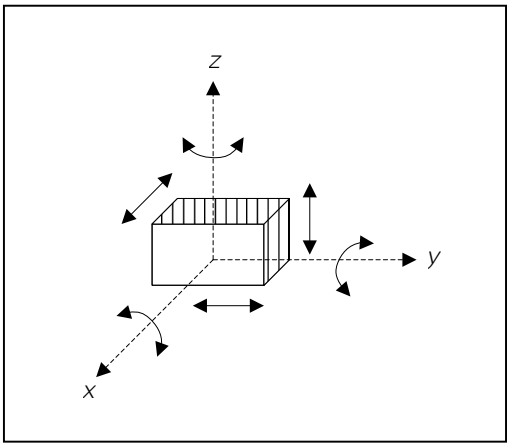
1.1 ความหมายของระบบกลไก

ระบบกลไก หมายถึง การรวมกันของชิ้นส่วนทางกลในรูปแบบเฉพาะ เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนที่ระหว่างชิ้นส่วนเหล่านั้น จากการเคลื่อนที่รูปแบบหนึ่งเปลี่ยนเป็นการเคลื่อนที่อีกรูปแบบหนึ่งตามต้องการ ตัวอย่างระบบกลไกแบบต่างๆ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างระบบกลไกแบบต่างๆ

1.2 รูปแบบของการเคลื่อนที่

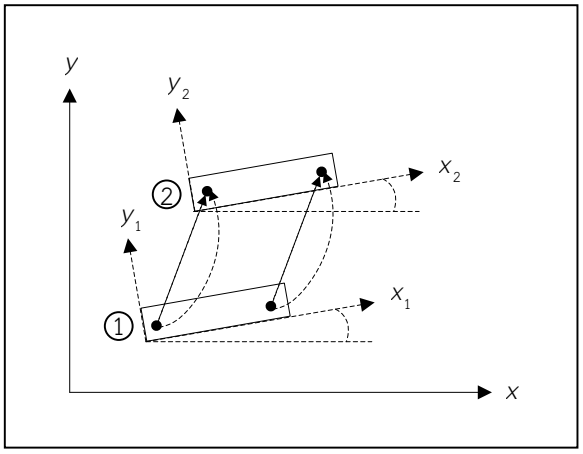


รูปที่ 2 แสดงระบบแกนพิกัดฉากสำหรับอ้างอิงการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ชิ้นส่วนทางกลสามารถที่จะเคลื่อนที่ในลักษณะการเลื่อน (Translation) เพียงอย่างเดียว หรือการหมุน (Rotation) เพียงอย่างเดียว หรือทั้งเลื่อนและหมุนประกอบกัน การเคลื่อนที่ตามลักษณะดังกล่าวสามารถอ้างอิงด้วยมิติในระบบแกนพิกัดฉาก (Coordinate system) ดังรูปที่ 2

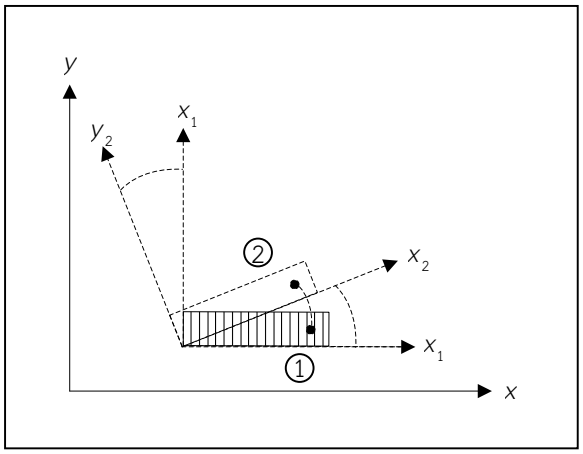
พิจารณาการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนประกอบของกลไกในระนาบใดๆ จะเห็นว่าการเลื่อนนิยามได้จากเส้นทางการเคลื่อนที่ (path) ของจุดที่สนใจสองจุดจะต้องคู่ขนานกัน ไม่ว่าการเลื่อนนั้นจะมีวิถีตรงหรือวิธีโค้งดังแสดงในรูปที่ 3 ส่วนการเคลื่อนที่แบบหมุนนิยามได้จากเส้นทางการเคลื่อนที่ (path)

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)** **หัวข้อวิชา ระบบกลไก** **รหัสวิชา 0922720107** **หัวข้อที่ 4**

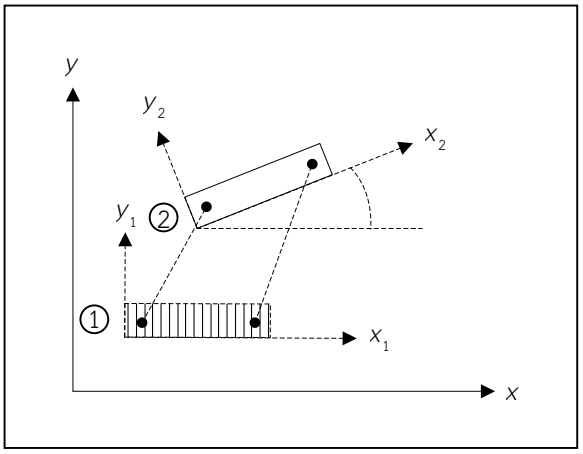


รูปที่ 3 แสดงลักษณะการเลื่อนของวัตถุในระนาบ x-y

ของจุดที่สนใจตามเส้นสัมผัสของวงกลมรอบจุดศูนย์กลางการหมุนที่แน่นอนดังแสดงในรูปที่ 4 และการเคลื่อนที่แบบผสมระหว่างการเลื่อนและการหมุนนิยามได้จากการมีเส้นทางการเคลื่อนที่ (path) ที่ไม่ขนานกันของสองจุดที่สนใจ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนมุมของวัตถุจากเดิมดังแสดงในรูปที่ 5



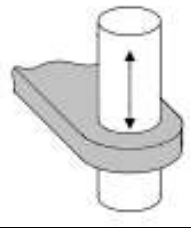
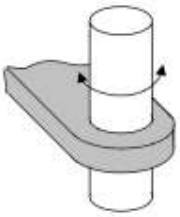
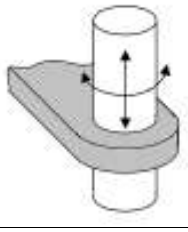
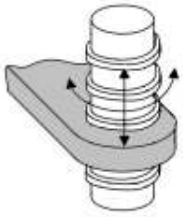
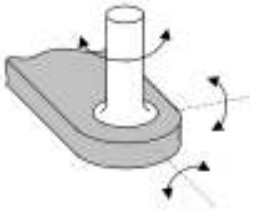
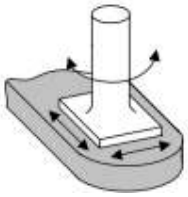
รูปที่ 4 แสดงลักษณะการหมุนของวัตถุในระนาบ x-y



รูปที่ 5 แสดงลักษณะการเลื่อนและหมุนของวัตถุในระนาบ x-y

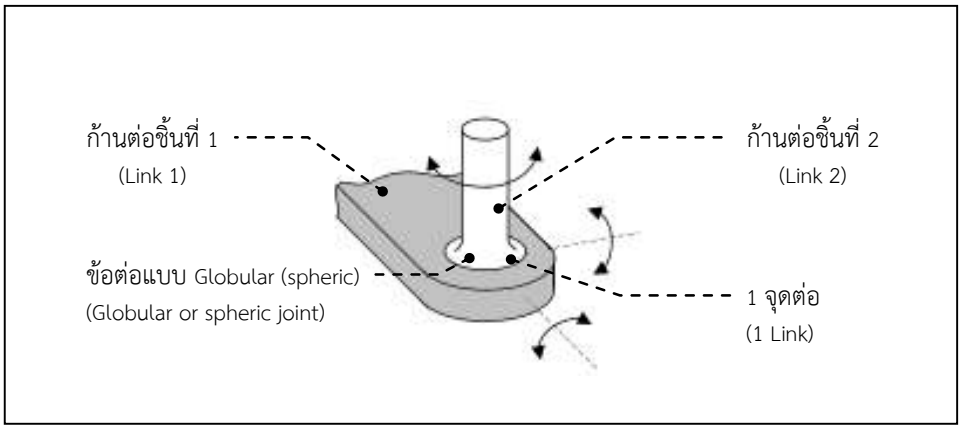
จากหลักการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนที่ด้วยการอ้างอิงระบบแกนพิกัดฉาก (Coordinate system) เมื่อนำมาพิจารณาลักษณะการเคลื่อนที่ของจุดต่อร่วม (Node) ระหว่างก้านต่อ (Link) 1 คู่ (Pair) สามารถที่จะหารูปแบบการเคลื่อนที่ที่เป็นไปได้ของข้อต่อ (Joint) พื้นฐานของระบบกลไกได้ดังรูปที่ 6 ซึ่งประกอบด้วย

- Prismatic pair เป็นคู่ต่อที่จำกัดการเคลื่อนที่เฉพาะสำหรับการเลื่อนในแนวแกนเดียว
- Turning or revolute pair เป็นคู่ต่อที่จำกัดการเคลื่อนที่เฉพาะสำหรับการหมุนรอบแกนเดียว
- Cylindric pair เป็นคู่ต่อที่จำกัดการเคลื่อนที่เฉพาะสำหรับการหมุนรอบแกนเดียวและการเลื่อนในแนวแกนเดียว
- Screw or helical pair เป็นคู่ต่อที่จำกัดการเคลื่อนที่เฉพาะสำหรับการหมุนรอบแกนเดียวและการเลื่อนในแนวแกนเดียว
- Globular or spheric pair เป็นคู่ต่อที่จำกัดการเคลื่อนที่เฉพาะสำหรับการหมุนรอบแกนสามแกน
- Flat or planar pair เป็นคู่ต่อที่จำกัดการเคลื่อนที่เฉพาะสำหรับหมุนรอบแกนและการเลื่อนในแนวแกนสองแกน

		
Prismatic pair	Turning or Revolute pair	Cylindric pair
		
Screw or helical pair	Globular or spheric pair	Flat or planar pair

รูปที่ 6 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของข้อต่อพื้นฐาน

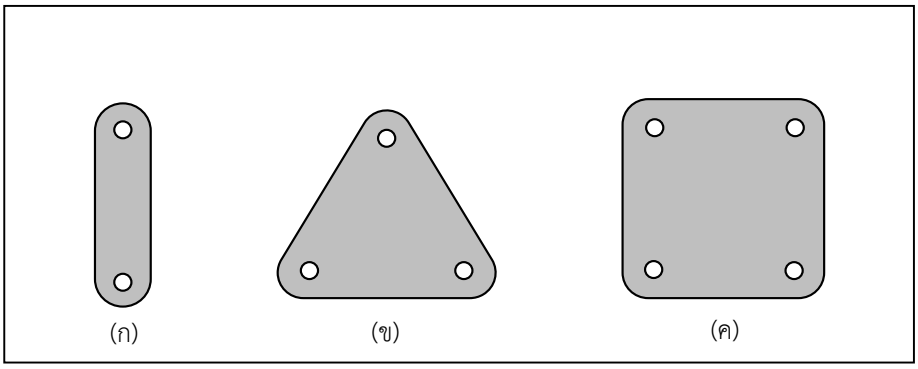
1.3 คำจำกัดความสำหรับชิ้นส่วนของระบบกลไก



รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างการเรียกชื่อเฉพาะแทนชิ้นส่วนของระบบกลไก

- One degree of freedom คือ ความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่เพียง 1 รูปแบบการเคลื่อน จากรูปที่ 6 คู่ต่อที่ให้ความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่ 1 รูปแบบได้แก่ Prismatic pair, Turning or revolute pair และ Screw or helical pair เนื่องจากการเคลื่อนที่แบบเลื่อนและหมุนสัมพันธ์กันจากการถูกบังคับด้วยมุมเอียง (helix angle) ของเกลียว
- Two degrees of freedom คือ ความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่เพียง 2 รูปแบบการเคลื่อน จากรูปที่ 6 คู่ต่อที่ให้ความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่ 2 รูปแบบคือ Cylindric pair

- Three degrees of freedom คือ ความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่ได้ 3 รูปแบบการเคลื่อน จากรูปที่ 6 คู่ต่อที่ให้ความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่ 3 รูปแบบ ได้แก่ Globular or spheric pair และ Flat or planar pair
- Link คือ ชิ้นส่วนแข็งเกร็ง (rigid body) ของกลไกที่มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กับชิ้นส่วนอื่น ในที่นี้เรียกว่า *"ก้านต่อ"*
- Node คือจุดต่อร่วมระหว่างก้านต่อ ในที่นี้เรียกว่า *"จุดต่อ"* ประเภทจุดต่อและลักษณะก้านต่อพื้นฐานแสดงดังรูปที่ 8
- Joint คือ ข้อต่อที่ประกอบด้วยจุดต่อร่วมระหว่างก้านต่อซึ่งจะให้การเคลื่อนที่ในลักษณะต่างๆ ในที่นี้เรียกว่า *"ข้อต่อ"*
- Linkage คือระบบกลไกที่ประกอบด้วยก้านต่อที่เชื่อมต่อกันที่จุดต่อรวมเป็นข้อต่อที่ให้รูปแบบการเคลื่อนที่ในลักษณะเฉพาะ เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบลูกโซ่หรือต่อเนื่องกันของก้านต่อภายในระบบกลไก



รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างก้านต่อพื้นฐาน
(ก) ก้านต่อแบบต่อ 2 จุด (Binary link with 2 nodes)
(ข) ก้านต่อแบบต่อ 3 จุด (Ternary link with 3 nodes)
(ค) ก้านต่อแบบต่อ 4 จุด (Quaternary link with 4 nodes)

1.4 ความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่

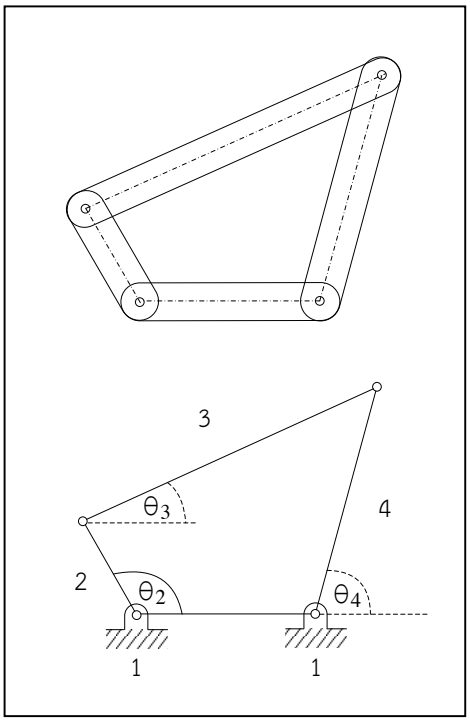
ความสามารถในการเคลื่อนของกลไก (mobility of a mechanism) คือจำนวนความเป็นอิสระ (number of degree of freedom) ของการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นตัวแปร (parameter) ที่ต้องการ เพื่อบังคับก้านต่อ (link) ที่อยู่ในระบบกลไกให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่กำหนด จำนวนความเป็นอิสระของความสามารถในการเคลื่อนที่ (mobility) ของกลไกในแนวระนาบ (planar mechanism) ใดๆ หาได้จากสูตร

$$m = 2(n-1) - 2j_1 - j_2 \quad \text{..... (1)}$$

เมื่อ n แทนจำนวนก้านต่อของกลไก
j_1 แทนจำนวนก้านต่อที่มีความเป็นอิสระเท่ากับ 1
j_2 แทนจำนวนก้านต่อที่มีความเป็นอิสระเท่ากับ 2

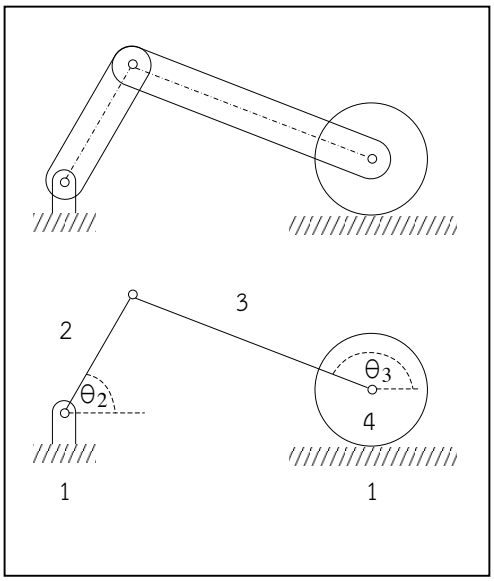
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

ตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 9 แสดงกลไก 4 ก้านต่อ

ตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 10 แสดงกลไกล้อหมุน

- พิจารณากลไก 4 ก้านต่อแสดงดังรูปที่ 9 ประกอบด้วยก้านต่อ (link) 4 ตัว และมีจำนวนจุดต่อจำนวน 4 จุด แต่ละจุดเป็นข้อต่อแบบหมุน (turning) ซึ่งให้ความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันระหว่างก้านต่อเป็น 1 (one degree of freedom pair) ดังนั้น

$$n = 4; \quad j_1 = 4; \quad j_2 = 0$$
$$m = 3(n-1) - 2j_1 - j_2$$
$$= 3(4-1) - 2(4) - 0$$
$$= 1$$

$m = 1$ แสดงให้เห็นว่า เมื่อต้องการหาค่าทางเรขาคณิตของกลไกจะต้องกำหนดค่าตัวแปรอิสระจำนวน 1 ตัวแปร และจากรูปที่ 9 ถ้ากำหนด θ_2 จะสามารถหา θ_3 และ θ_4 ได้จากความสัมพันธ์ทางเรขาคณิต

- พิจารณากลไกล้อหมุนแสดงดังรูปที่ 10 ประกอบด้วยก้านต่อ (link) 4 ตัว และมีจำนวนจุดต่อจำนวน 4 จุด มีจุดต่อ 3 จุดเป็นจุดต่อแบบหมุน (turning) และ 1 จุดเป็นจุดต่อแบบกลิ้ง (Rolling) ซึ่งจุดต่อ 3 จุดแรกให้ความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันระหว่างก้านต่อเป็น 1 (one degree of freedom pair) และจุดต่ออีก 1 จุด ให้ความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันระหว่างก้านต่อเป็น 2 (two degree of freedom) ดังนั้น

$$n = 4; \quad j_1 = 3; \quad j_2 = 1$$
$$m = 3(n-1) - 2j_1 - j_2$$
$$= 3(4-1) - 2(3) - 1$$
$$= 2$$

เช่นเดียวกับตัวอย่างที่ 1 $m = 2$ แสดงให้เห็นว่า เมื่อต้องการหาค่าทางเรขาคณิตของกลไกจะต้องกำหนดค่าตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร จากรูปที่ 10 สามารถเลือกกำหนด θ_2 และ θ_3 เพื่อหาค่าตัวแปรอื่นๆ ได้

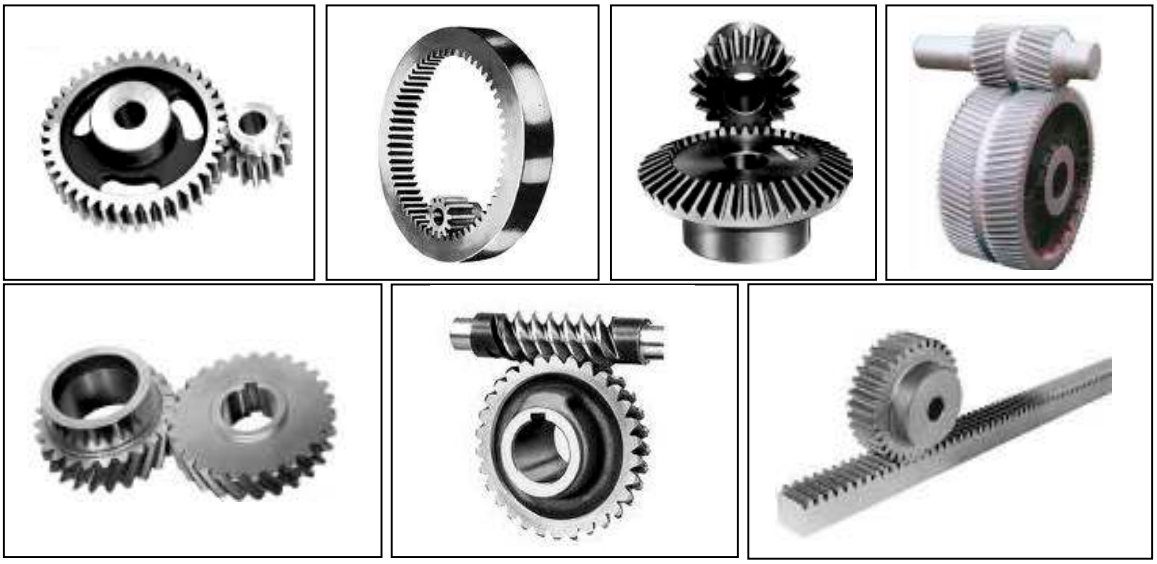
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)** **หัวข้อวิชา ระบบกลไก** **รหัสวิชา 0922720107** **หัวข้อที่ 4**

2. ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

2.1 เฟือง

2.1.1 ชนิดของเฟือง

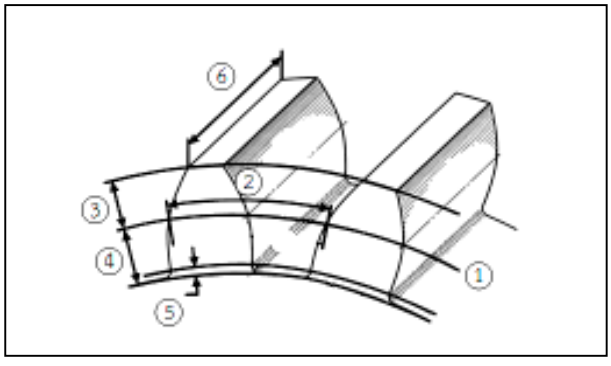
ลักษณะคู่เฟืองที่นิยมใช้ในงานส่งกำลังทางกลโดยทั่วไปมีดังนี้



รูปที่ 11 แสดงลักษณะคู่เฟืองสำหรับงานส่งกำลังโดยทั่วไป

ก. คู่เฟืองตรง (Straight spurs)
ข. คู่เฟืองตรงและเฟืองวงแหวน (Gear and internal ring gear)
ค. คู่เฟืองดอกจอก (Bevel gears)
ง. คู่เฟืองฟันเฉียงคู่ (Herringbones)
จ. คู่เฟืองฟันเฉียง (Helical gears)
ฉ. คู่เฟืองตรงและเฟืองตัวหนอน (Gear and worm gear)
ช. คู่เฟืองสะพานและเฟืองฟันตรง (Rack and pinion)

2.1.2 โครงสร้างของเฟือง



รูปที่ 12 แสดงโครงสร้างของเฟืองตรง

① วงกลมพิตช์ (Pitch circle) คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแนววงกลมซึ่งเป็นเส้นสัมผัสกันระหว่างคู่เฟืองที่ขบกัน

② เซอร์คิวลาพิตช์ (Circular pitch) คือระยะที่วัดบนวงกลมพิตช์ จากจุดหนึ่งบนเฟืองไปยังอีกจุดหนึ่ง ณ ตำแหน่งเดียวกันบนฟันถัดไป

③ แอดเดนดัม (Addendum) คือระยะที่วัดในแนวรัศมีระหว่างแนววงกลมของยอดฟันถึงวงกลมพิตช์

④ ดีเดนดัม (Dedendum) คือระยะที่วัดในแนวรัศมีระหว่างวงกลมพิตช์ถึงแนววงกลมของฐานฟัน

⑤ เคลียรันช์ (Clearance) คือผลต่างระหว่างขนาดดีเดนดัมของเฟืองที่พิจารณากับขนาดแอดเดนดัมของเฟืองที่มาขบ

⑥ ความหนาเฟือง (Face width) คือขนาดที่วัดบนแนวแกนของเฟือง

2.1.3 ขนาดมาตรฐานของเฟือง

เนื่องจากมิติของเฟืองประกอบด้วยจำนวนฟันและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ (Pitch circle) ดังนั้นการบอกขนาดของมาตรฐานเฟืองอาจทำได้ด้วยการใช้ค่าดัชนีที่เกิดจากอัตราส่วนระหว่างจำนวนฟันและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ โดยดัชนีของเฟืองระบบอังกฤษเรียกว่า *"ไดอะมิทรัลพิตช์ (diametral pitch : P)"* และดัชนีของเฟืองระบบเอสไอเรียกว่า *"โมดุล (module : m)"* ดังนี้

$$diametral\ pitch\ \ P = \frac{Z}{d} \quad \text{..... (1)}$$

$$module\ \ m = \frac{d}{z} \quad \text{..... (2)}$$

เมื่อ z คือ จำนวนฟันของเฟือง

d คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์มีหน่วย mm. สำหรับระบบเอสไอ และหน่วย in. สำหรับระบบอังกฤษ

ตารางที่ 1 แสดงดัชนีของขนาดเฟืองมาตรฐานในระบบหน่วยเอสไอและหน่วยอังกฤษ และตารางที่ 2 แสดงขนาดส่วนประกอบต่างๆ ของเฟืองที่มีฟันแบบเส้นโค้งอินโวลูต (involute curve) ซึ่งเป็นรูปร่างฟันเฟืองที่นิยมใช้โดยทั่วไป และมีมุมกด (Pressure angle) ที่กระทำระหว่างสองฟันที่ขบกันขนาด 14.5°, 20° และ 25°

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างดัชนีของขนาดเฟืองมาตรฐานในระบบหน่วยเอสไอและหน่วยอังกฤษ

โมดุล (*mm.*)			ไดอะมิทรัลพิตช์ (in^{-1})		
1	4	16	20	5	1.25
1.25	5	20	16	4	1
1.5	6	25	12	3	0.75
2	8	32	10	2.5	0.625
2.5	10	40	8	2.	0.5
3	12	50	6	1.5	

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างขนาดส่วนประกอบของเฟืองที่มีฟันแบบเส้นโค้งอินโวลูต

	รายละเอียด	14.5°	20° พิตช์หยาบ*	20° พิตช์ละเอียด**	25°
ระบบเอสไอ	แอดเดนดัม	m	m	m	m
	ดีเดนดัม	$1.157m$	$1.2m$	$1.2m+0.05$	$1.25m$
	เคลียรันซ์	$0.157m$	$0.25m$	$0.2m+0.05$	$0.25m$
	ความสูงใช้งาน	$2m$	$2m$	$2m$	$2m$
	ความสูงทั้งหมด	$2.157m$	$2.25m$	$2.2m+0.05$	$2.25m$
ระบบอังกฤษ	แอดเดนดัม	$\frac{1}{p}$	$\frac{1}{p}$	$\frac{1}{p}$	$\frac{1}{p}$
	ดีเดนดัม	$\frac{1.157}{p}$	$\frac{1.25}{p}$	$\frac{1.2}{p}+0.002$	$\frac{1.25}{p}$
	เคลียรันซ์	$\frac{0.157}{p}$	$\frac{0.25}{p}$	$\frac{0.2}{p}+0.002$	$\frac{0.25}{p}$
	ความสูงใช้งาน	$\frac{2}{p}$	$\frac{2}{p}$	$\frac{2}{p}$	$\frac{2}{p}$
	ความสูงทั้งหมด	$\frac{2.157}{p}$	$\frac{2.25}{p}$	$\frac{2.2}{p}+0.002$	$\frac{2.25}{p}$

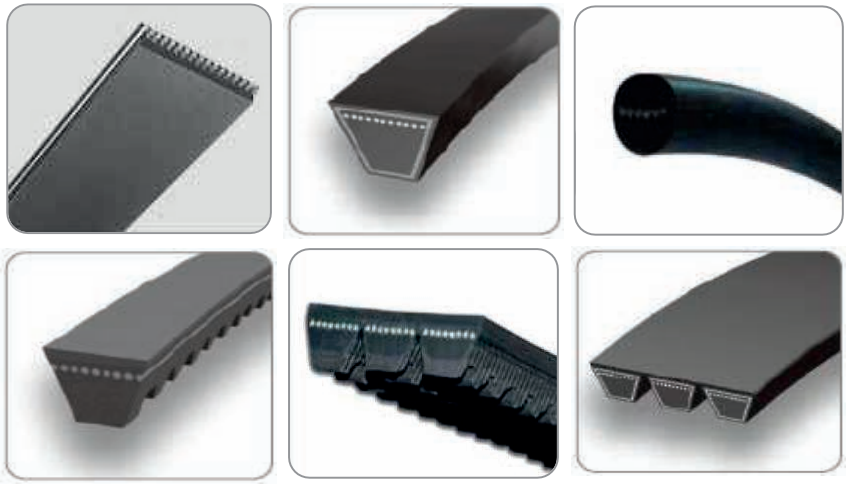
*พิตช์หยาบ คือขนาดที่โตกว่าโมดูล $1.25m$ หรือขนาดที่เล็กกว่าไดอะมิทรัลพิตช์ $20p$,

**พิตช์ละเอียด คือขนาดที่เท่ากับหรือเล็กกว่าโมดูล $1.25m$ หรือขนาดที่เท่ากับหรือมากกว่าไดอะมิทรัลพิตช์ $20p$

2.2 สายพาน

2.2.1 ชนิดของสายพาน

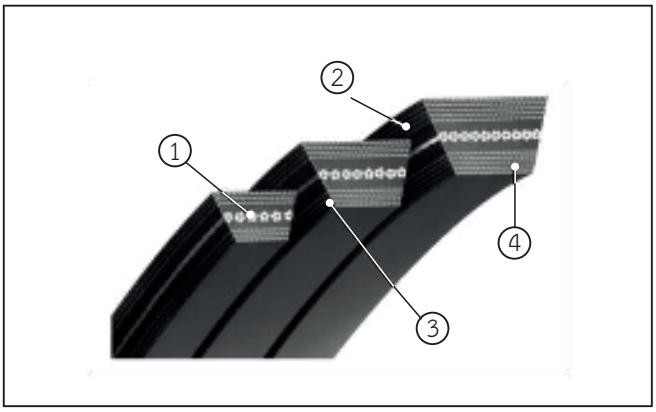
ชนิดของสายพานโดยทั่วไปอาจแบ่งตามลักษณะหน้าตัดที่ใช้งาน ได้แก่ สายพานแบน (Flat belt) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สายพานลิ่ม (V-belt) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู สายพานกลม (Round belt) มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม และสายพานไทท์มิง (Timing belt) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ด้านสัมผัสกับล้อเฟืองเป็นร่องฟันเฟืองตลอดความยาวของสายพาน นอกจากนี้ยังมีสายพานชนิดพิเศษอื่นๆ ซึ่งมีรูปร่างหน้าตัดแตกต่างจากที่ได้กล่าวมาเพื่อความเหมาะสมกับการใช้งานในลักษณะเฉพาะ ในการส่งถ่ายกำลังสูงๆ การใช้สายพานเพียงเส้นเดียวอาจใช้รับภาระงานไม่ได้ ดังนั้นจึงใช้สายพานหลายๆ เส้นหรือชุดสายพานสำเร็จรูปในการส่งถ่ายกำลังแทน



รูปที่ 13 แสดงลักษณะสายพานสำหรับงานส่งกำลังทางกลโดยทั่วไป

2.2.2 โครงสร้างของสายพาน

รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างส่วนประกอบของวัสดุที่ใช้ผลิตสายพานหน้าตัดตัว V (V-belt cross section) ซึ่งนิยมใช้ในระบบกลไกส่งกำลังโดยทั่วไป ชนิดของวัสดุอาจแตกต่างกันเพื่อให้เกิดความเหมาะสมตามลักษณะงานที่นำไปใช้และแตกต่างกันตามบริษัทผู้ผลิต แต่คุณสมบัติของวัสดุจะให้ความยืดหยุ่น เพิ่มความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส ความสามารถรับแรงตึงและแรงกดอัดของหน้าตัดด้านบนและด้านล่างของสายพาน



รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างส่วนประกอบของวัสดุที่ใช้ผลิตสายพานหน้าตัดตัว V

① เส้นใยสังเคราะห์ทำจากสารประเภท polyester สำหรับรับภาระสูงและการกระตุก
② ผิวหยาบด้านข้างเพิ่มแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสลดการลื่นไถล (slip)
③ วัสดุประเภทยางเพิ่มความทนทานต่อสภาพอากาศและน้ำมัน
④ วัสดุประเภทสิ่งทอสำหรับความยืดหยุ่นในการรับแรงตึงและแรงอัดของผิวส่วนบนและส่วนล่าง

2.2.3 ขนาดมาตรฐานของสายพาน

องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Standard Organization : ISO) ได้กำหนดมาตรฐานความกว้างของสายพานแบนและความกว้างของล้อสายพานแบนที่สอดคล้องกันบรรจุเป็นรหัสมาตรฐาน ISO 22-1975(E) เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ขนาดสายพานให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3 และความยาวมาตรฐานของสายพานแสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งในทางปฏิบัติอาจเลือกใช้ล้อสายพานกว้างกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางได้

ตารางที่ 3 แสดงความกว้างของสายพานแบนและความกว้างของล้อสายพานแบนตามมาตรฐาน ISO รหัส ISO 22-1975(E)

สายพาน		ล้อสายพาน		สายพาน		ล้อสายพาน	
mm.	in	mm.	in	mm.	in	mm.	in
16	0.63	20	0.80	140	5.60	160	6.30
20	0.80	25	1.00	160	6.30	180	7.10
25	1.00	32	1.25	180	7.10	200	8.00
32	1.25	40	1.60	200	8.00	224	9.00
40	1.60	50	2.00	224	9.00	250	10.00
50	2.00	63	2.50	250	10.00	280	11.20
63	2.50	71	2.80	280	11.20	315	12.50
71	2.80	80	3.15	315	12.50	355	14.00
80	3.15	90	3.55	355	14.00	400	16.00
90	3.55	100	4.00	400	16.00	450	18.00
100	4.00	112	4.50	450	18.00	500	20.00
112	4.50	125	5.00	500	20.00	560	22.40
125	5.00	140	5.60			630	25.00

ตารางที่ 4 แสดงความยาวสายพานแบนส่งกำลังตามมาตรฐาน ISO รหัส ISO 63-1975(E)

mm.	in	mm.	in	mm.	in	mm.	in
500*	20*	850	34	1400*	55*	2800*	112*
530	21	900*	35.5*	1500	60	3150*	124*
560*	22.5*	950	38	1600*	63*	3550*	140*
600	24	1000*	40*	1700	68	4000*	160*
630*	25*	1060	42.5	1800*	71*	4500*	180*
670	27	1120*	45*	1900	76	5000*	200*
710*	28*	1180	47	2000*	80*		
750	30	1250*	50*	2240	89		
800*	32*	1320	53	2500*	100*		

เครื่องหมาย * แสดงถึงค่าที่แนะนำให้ใช้งาน

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

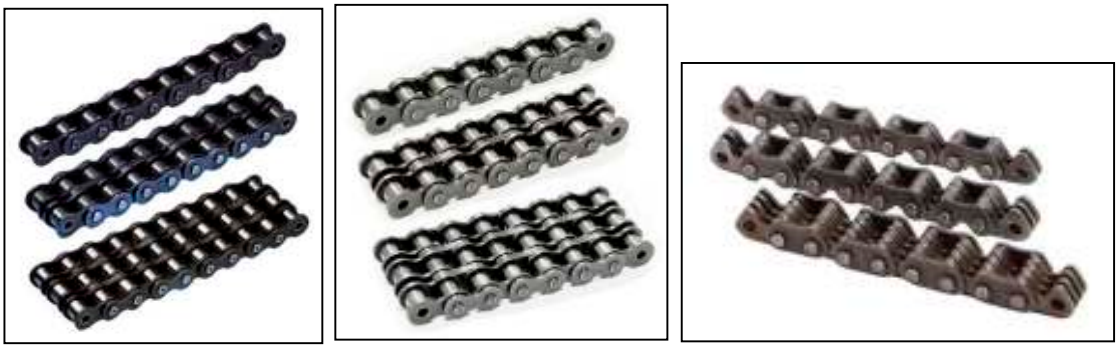
2.3 โซ่

2.3.1 ชนิดของโซ่

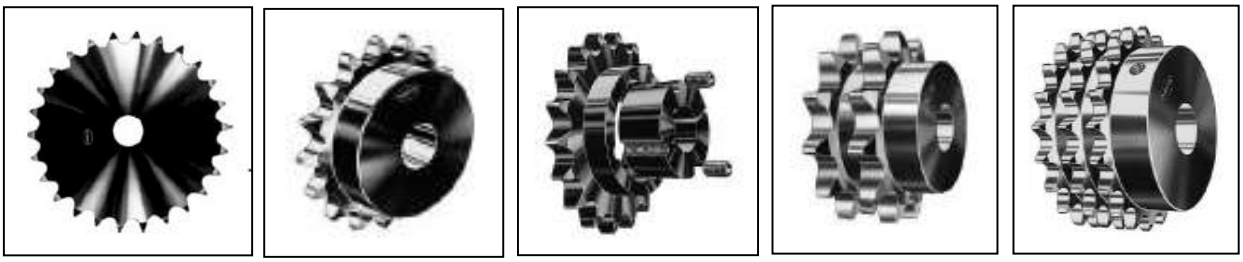
โซ่ในระบบกลไกส่งกำลังแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. โซ่ลูกกลิ้ง (Roller chain) ประกอบด้วยแผ่นต่อ (link plate) ด้านในและด้านนอกซึ่งถูกยึดติดกันด้วยสลัก (pin) และบูช (bush) และมีลูกกลิ้ง (roller) สวมอยู่ด้านใน ดังแสดงในรูปที่ 15 โซ่ลูกกลิ้งจะมีอายุการใช้งานสูง เนื่องจากลูกกลิ้งที่สวมอยู่ด้านในจะช่วยลดการเสียดสีกับฟันของเฟืองโซ่ในระหว่างสัมผัสกัน
2. โซ่บูช (Bushed chain) ประกอบด้วยแผ่นต่อด้านในและด้านนอก และยึดด้วยสลักและบูช ด้านในไม่มีลูกกลิ้ง โซ่บูชจะรับแรงได้มากกว่าโซ่ลูกกลิ้ง เนื่องจากสามารถออกแบบให้บูชและสลักมีขนาดใหญ่กว่าโซ่ลูกกลิ้งได้ในระยะพิตช์ที่เท่ากัน
3. โซ่ฟัน (Toothed chain) ประกอบด้วยแผ่นต่อหลายแผ่นเรียงซ้อนกันและยึดติดกันด้วยสลัก แผ่นต่อแต่ละแผ่นจะมีฟันสองฟัน ในระหว่างส่งกำลังตัวโซ่และเฟืองโซ่จะขบกันอย่างสนิททำให้ลดการเกิดเสียงระหว่างใช้งาน ลดการสึกหรอจากการสัมผัสกันระหว่างโซ่และเฟืองโซ่ ใช้งานที่ความเร็วสูงได้ดี มีน้ำหนักมากกว่าโซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูช

โซ่ทั้งสามชนิดเมื่อใช้รับแรงมากๆ อาจใช้แบบสองชั้นหรือสามชั้นได้ และนอกจากนี้ยังมีโซ่ชนิดพิเศษอื่นๆ ซึ่งถูกออกแบบให้ใช้เฉพาะงาน เนื่องจากข้อจำกัดต่างๆ เช่น งานที่ต้องรับภาระแรงสูงพิเศษและต้องการความแม่นยำสูง เป็นต้น ทำให้ไม่สามารถใช้งานโซ่ตามมาตรฐานได้



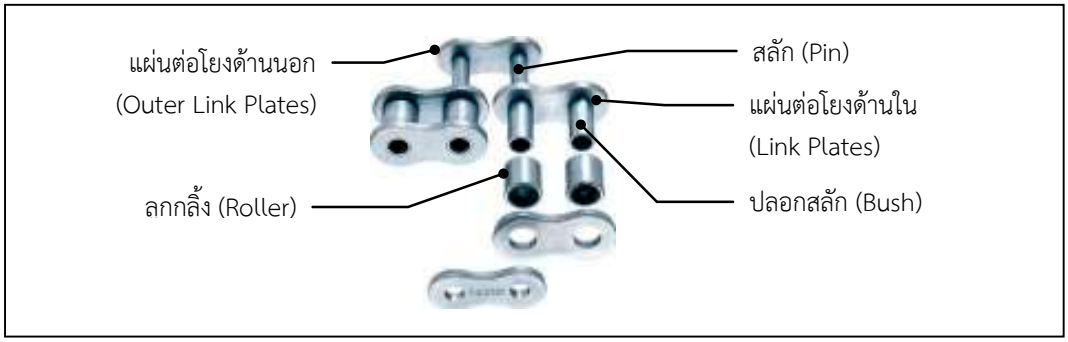
รูปที่ 15 แสดงโซ่ลูกกลิ้ง โซ่บูช และโซ่ฟันตามลำดับ



รูปที่ 16 แสดงลักษณะเฟืองโซ่สำหรับงานส่งกำลัง

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)** **หัวข้อวิชา ระบบกลไก** **รหัสวิชา 0922720107** **หัวข้อที่ 4**

3.3.2 โครงสร้างของโซ่

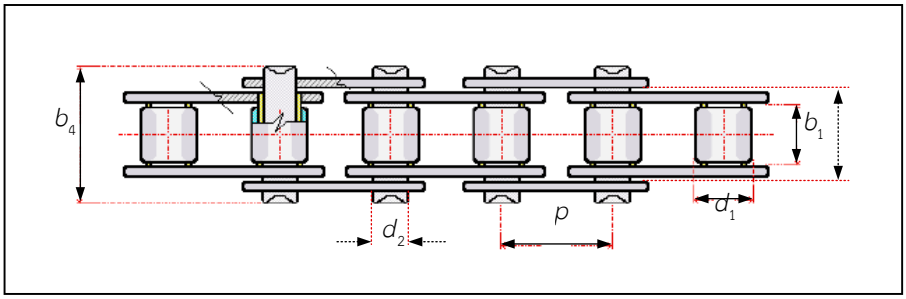


รูปที่ 16 แสดงโครงสร้างของโซ่ลูกกลิ้ง

3.3.3 ขนาดมาตรฐานของโซ่

องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Standard Organization : ISO) ได้กำหนดมาตรฐานของโซ่ลูกกลิ้งบรรจุเป็นรหัสมาตรฐาน ISO/R 606-1967(E) โดยใช้อักษร A และ B ประกอบในรหัสโซ่ เพื่อแสดงถึงโซ่ที่มาจากสถาบันมาตรฐานแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (American National Standard Institute : IANSI) และมาตรฐานอังกฤษ (British Standard : BS)

การให้รหัสโซ่ลูกกลิ้ง กำหนดให้ตัวเลขสองตัวแทนระยะพิตช์ของโซ่โดยบอกเป็นจำนวนเศษในสิบหกส่วนของหน่วยนิ้ว ตามด้วยตัวอักษร A หรือ B และตามด้วยตัวเลขหลังขีด (hyphen) โดย 1, 2 หรือ 3 แทนจำนวนแถวของโซ่ เช่น ISO/R 606 10A-3 หมายถึง โซ่ลูกกลิ้งมีระยะพิตช์เท่ากับ 10/16 in หรือ 15.875 mm. เป็นโซ่มาตรฐานอังกฤษ และมีสามแถว



รูปที่ 17 แสดงรายละเอียดการวัดขนาดต่างๆ ของโซ่ลูกกลิ้งตามรหัสมาตรฐาน ISO/R 606-1967(E)

ตารางที่ 5 แสดงขนาดต่างๆ ของโซ่ลูกกลิ้งตามรหัสมาตรฐาน ISO/R 606-1967(E)

โซ่ ISO	พิตช์ *p*	d_1 *max*	b_1 *min*	d_2 *max*	b_3 *min*	*แรงแตกหัก kN*		
						หนึ่งแถว	*สองแถว*	*สามแถว*
05B	8.000	5.00	3.00	2.31	4.90	4.51	7.85	11.18
06B	9.525	6.35	5.72	3.28	8.66	8.93	16.97	24.92
08A	12.700	7.95	7.95	3.96	11.31	13.83	27.66	41.50
08B	12.700	8.51	7.75	4.45	11.43	17.85	31.20	44.54
10A	15.875	10.16	9.53	5.08	13.97	21.78	43.56	65.33

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

ตารางที่ 5 แสดงขนาดต่างๆ ของโซ่ลูกกลิ้งตามรหัสมาตรฐาน ISO/R 606-1967(E) (ต่อ)

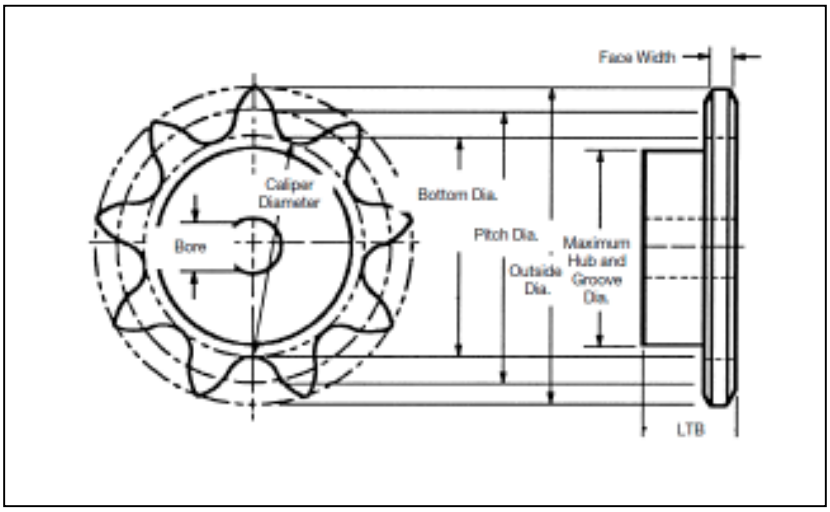
โซ่ ISO	*พิตช์ p*	d_1 *max*	b_1 *min*	d_2 *max*	b_3 *min*	*แรงแตกหัก kN*		
						หนึ่งแถว	*สองแถว*	*สามแถว*
10B	15.875	10.16	9.65	5.08	13.41	22.27	44.54	66.81
12A	19.050	11.91	12.70	5.94	17.88	31.20	62.39	93.59
12B	19.050	12.07	11.68	5.72	15.75	28.94	57.88	86.82
16A	25.400	15.88	15.88	7.92	22.74	55.62	111.25	166.87
16B	25.400	15.88	17.02	8.28	25.58	42.28	84.56	126.84
20A	31.750	19.05	19.05	9.53	27.59	86.82	173.64	260.46
20B	31.750	19.05	19.56	10.19	29.14	64.55	129.10	193.65
24A	38.100	22.23	25.40	11.10	35.59	124.59	249.17	373.76
24B	38.100	25.40	25.40	14.63	38.05	97.90	195.81	293.71
28A	44.450	25.40	25.40	12.70	37.32	169.12	338.25	507.37
28B	44.450	27.94	30.99	15.90	46.71	129.10	258.20	387.30
32A	50.800	28.58	31.75	14.27	45.34	222.49	444.98	667.47
32B	50.800	29.21	30.99	17.81	45.70	169.12	338.25	507.37
40A	63.500	39.68	38.10	19.84	55.02	347.08	694.16	1041.23
40B	63.500	39.37	38.10	22.89	55.88	262.61	525.23	787.84
48A	76.200	47.63	47.63	23.80	67.95	500.60	1001.21	1501.81
48B	76.200	48.26	45.72	29.24	70.69	400.54	800.99	1201.43

ตารางที่ 6 แสดงตัวอย่างรายละเอียดของเฟืองโซ่ (Sprocket) แบบ B (Type B) 2 ขนาด ซึ่งสอดคล้องกับระยะพิตย์ของโซ่ตามรหัสมาตรฐาน ISO/R 606-1967(E) ในตารางที่ 5

			1 แถว			2 แถว			3 แถว		
ISO	ฟัน	Pitch Dia.	Bore	น้ำหนัก	Hub	Bore	น้ำหนัก	Hub	Bore	น้ำหนัก	Hub
06B	15	45.81	20	0.14	34	20	0.29	34	20	0.36	34
	16	48.82	22	0.18	37	20	0.34	37	20	0.45	37
	17	51.84	25	0.20	40	24	0.39	40	24	0.54	40
	18	54.85	25	0.23	43	25	0.45	43	25	0.64	43
	19	57.87	28	0.25	46	28	0.52	46	28	0.72	46
	20	60.89	30	0.31	49	30	0.59	49	30	0.77	49
	21	63.91	30	0.36	50	30	0.68	52	30	0.86	52
	22	66.93	32	0.37	51	35	0.75	55	35	0.95	54
08B	15	61.08	30	0.14	46	30	0.35	46	31	0.81	46
	16	65.10	32	0.15	50	33	0.36	50	35	0.90	50
	17	69.12	35	0.16	54	36	0.44	54	36	1.04	54

ตารางที่ 6 แสดงตัวอย่างรายละเอียดของเฟืองโซ่ (Sprocket) แบบ B (Type B) 2 ขนาด ซึ่งสอดคล้องกับระยะพิตย์ของโซ่ตามรหัสมาตรฐาน ISO/R 606-1967(E) ในตารางที่ 5 (ต่อ)

			1 แถว			2 แถว			3 แถว		
ISO	ฟัน	Pitch Dia.	Bore	น้ำหนัก	Hub	Bore	น้ำหนัก	Hub	Bore	น้ำหนัก	Hub
08B	18	73.14	38	0.20	57	38	0.49	58	38	1.22	58
	19	77.16	40	0.21	64	40	0.57	62	40	1.41	62
	20	81.18	42	0.25	67	40	0.65	66	40	1.58	66
	21	85.21	45	0.26	70	45	0.72	70	45	1.81	70
	22	89.24	48	0.30	73	45	0.73	70	45	2.03	70

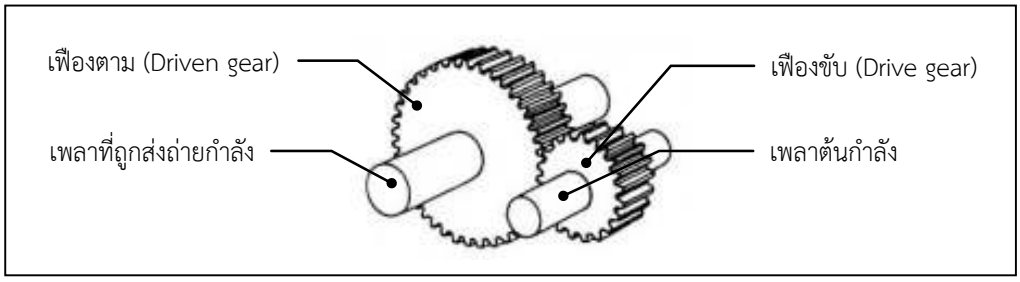


รูปที่ 18 แสดงรายละเอียดการวัดขนาดต่างๆ ของเฟืองโซ่ตามรหัสมาตรฐาน ISO/R 606-1967(E)

3. ระบบกลไกส่งกำลัง

3.1 ระบบส่งกำลังด้วยเฟือง

3.1.1 ส่วนประกอบชุดส่งกำลังด้วยเฟือง

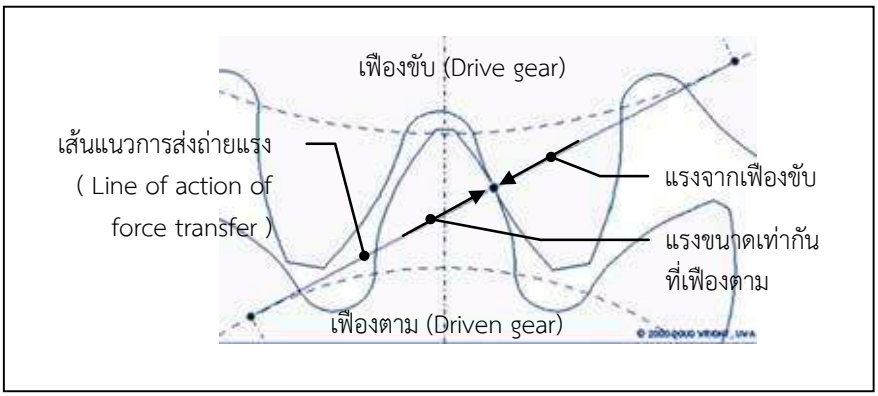


รูปที่ 19 แสดงส่วนประกอบของชุดส่งกำลังด้วยเฟือง

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

3.1.2 หลักการส่งกำลังด้วยเฟือง

การส่งกำลังด้วยเฟืองใช้หลักการเคลื่อนที่ร่วมกันด้วยแรงผลักระหว่างเฟืองตัวขับและตัวตาม กำลังงานจากต้นกำลังจะถูกส่งจากเพลาของเฟืองขับผ่านฟันเฟืองที่ขบกันไปยังเพลาของเฟืองตาม

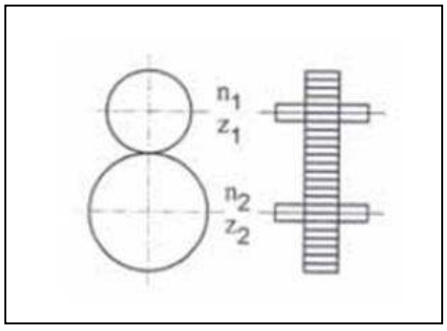


รูปที่ 20 แสดงลักษณะการส่งถ่ายกำลังระหว่างคู่เฟือง

3.1.3 การคำนวณอัตราส่วนการส่งกำลังด้วยเฟือง

อัตราส่วนการส่งถ่ายกำลังผ่านคู่เฟืองเกิดจากการใช้มิติทางด้านขนาดที่แตกต่างกันระหว่างคู่เฟือง จำนวนหรือขนาดที่ใช้หาอัตราส่วนการส่งถ่ายกำลังได้แก่ คู่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ หรือคู่จำนวนฟันเฟือง หรือคู่จำนวนความเร็วรอบหรือคู่ความเร็วเชิงมุม หรือคู่ทอร์ค ระหว่างเฟืองขับและเฟืองตาม ค่าอัตราส่วนการส่งถ่ายกำลังใช้แสดงถึงผลของแรงบิดและความเร็วของการหมุนที่เปลี่ยนแปลงไปในการส่งถ่ายกำลัง และโดยหลักการส่งถ่ายกำลัง *“ ทอร์คจะแปรผกผันกับความเร็ว ”* กล่าวคือ ถ้าผลลัพธ์ของการส่งกำลังได้ทอร์คเพิ่มขึ้น จะได้ความเร็วของการหมุนลดลง ในทางตรงข้าม ถ้าผลลัพธ์ได้ทอร์คลดลง จะได้ความเร็วของการหมุนเพิ่มขึ้น

- สูตรคำนวณอัตราส่วนการส่งกำลังชั้นเดียว



รูปที่ 21 แสดงตัวอย่างการส่งกำลังชั้นเดียว

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{T_2}{T_1} \quad \text{..... (3)}$$

เมื่อ i แทน อัตราส่วนการส่งกำลังด้วยเฟือง

d_1, d_2 แทน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเฟืองขับและเฟืองตาม (มม. : mm.)

z_1, z_2 แทน จำนวนฟันของเฟืองขับและเฟืองตาม

n_1, n_2 แทน ความเร็วรอบของเฟืองขับและเฟืองตาม (รอบ/นาที : rpm.)

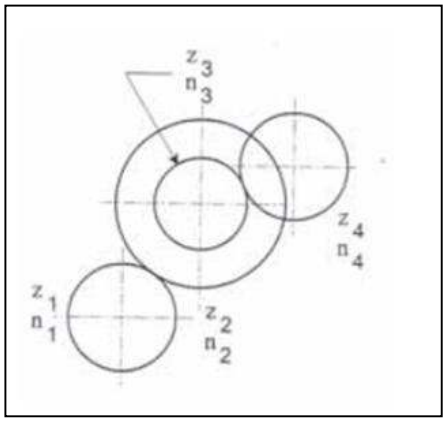
ω_1, ω_2 แทน ความเร็วเชิงมุมของเฟืองขับและเฟืองตาม (เรเดียน/วินาที : rad./sec.)

T_1, T_2 แทน ทอร์คของเฟืองขับและเฟืองตาม (นิวตัน.เมตร : N.m)

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

หมายเหตุ หน่วยที่ใช้ในที่นี้คือหน่วยมาตรฐานในระบบ SI การใช้ระบบหน่วยวัดอื่นเช่น ระบบอังกฤษสามารถใช้ได้ การใช้หน่วยวัดในขนาดที่ใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าสามารถใช้คำนวณได้ เช่น ใช้หน่วยเมตร (m.) แทน มิลลิเมตร (mm.) เป็นต้น แต่คู่จำนวนหรือขนาดในการคำนวณทั้งสองจะต้องเป็นหน่วยเดียวกัน

- สูตรคำนวณอัตราส่วนการส่งกำลังหลายชั้น



รูปที่ 22 แสดงตัวอย่างการส่งกำลังหลายชั้น

จากสมการที่ (3) จะได้

อัตราทดเฟืองคู่ที่ 1 $i_1 = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{T_2}{T_1}$

อัตราทดเฟืองคู่ที่ 2 $i_2 = \frac{d_4}{d_3} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{\omega_3}{\omega_4} = \frac{T_4}{T_3}$

อัตราทดรวมสูตรที่ 1 $i = i_1 \times i_2$ ..... (4)

อัตราทดรวมสูตรที่ 2 $i = \frac{d_2}{d_1} \times \frac{d_4}{d_3}$ ..... (5)

อัตราทดรวมสูตรที่ 3 $i = \frac{z_2}{z_1} \times \frac{z_4}{z_3}$ ..... (6)

อัตราทดรวมสูตรที่ 4 $i = \frac{n_1}{n_4}$ ..... (7)

อัตราทดรวมสูตรที่ 5 $i = \frac{\omega_1}{\omega_4}$ ..... (8)

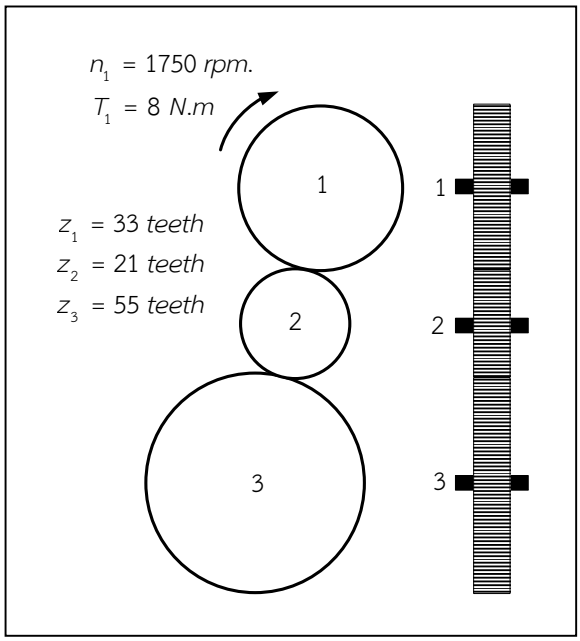
อัตราทดรวมสูตรที่ 6 $i = \frac{T_4}{T_1}$ ..... (9)

สังเกตว่าสูตรที่ 7, 8 และ 9 ใช้ตัวแปรเพียงสองตัวในการหาอัตราทดรวม เนื่องจากความเร็วรอบ ความเร็วเชิงมุม และทอร์คบนแกนเพลาเดียวกันของเฟืองหมาย 2 และ 3 มีค่าเท่ากันจึงตัดทิ้งได้ ทำให้สะดวกกว่าการใช้สูตรที่ 4, 5 และ 6 คำนวณ และจากลักษณะการตัดตัวแปรแบบเดียวกันนี้ ทำให้สามารถใช้ความเร็วรอบหรือความเร็วเชิงมุม หรือทอร์คของเฟืองตัวแรก (เฟืองต้นกำลัง) และเฟืองตัวสุดท้ายหาอัตราทดรวมได้เช่นกัน สำหรับกรณีที่มีการส่งกำลังหลายชั้น

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

3.1.4 ตัวอย่างการคำนวณการส่งกำลังด้วยเฟือง

<u>ตัวอย่างที่ 1</u> จงหาอัตราทด i , ทอร์ค T (N.m) และความเร็วรอบ n (rpm) ระหว่างเฟืองแต่ละคู่ของระบบกลไกส่งกำลังด้วยเฟืองในรูปที่ 23



รูปที่ 23 แสดงการส่งกำลังด้วยเฟืองสำหรับตัวอย่างการคำนวณที่ 1

เฟืองคู่ที่ 1

$$i_{12} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{21\ teeth.}{33\ teeth.} = \frac{7}{11} = 1:1.57$$

$$T_2 = T_1 \cdot i_{12} = (8\ N.m)\left(\frac{7}{11}\right) = 5.09\ N.m$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{12}} = \frac{1750\ rpm.}{\left(\frac{7}{11}\right)} = 2750\ rpm.$$

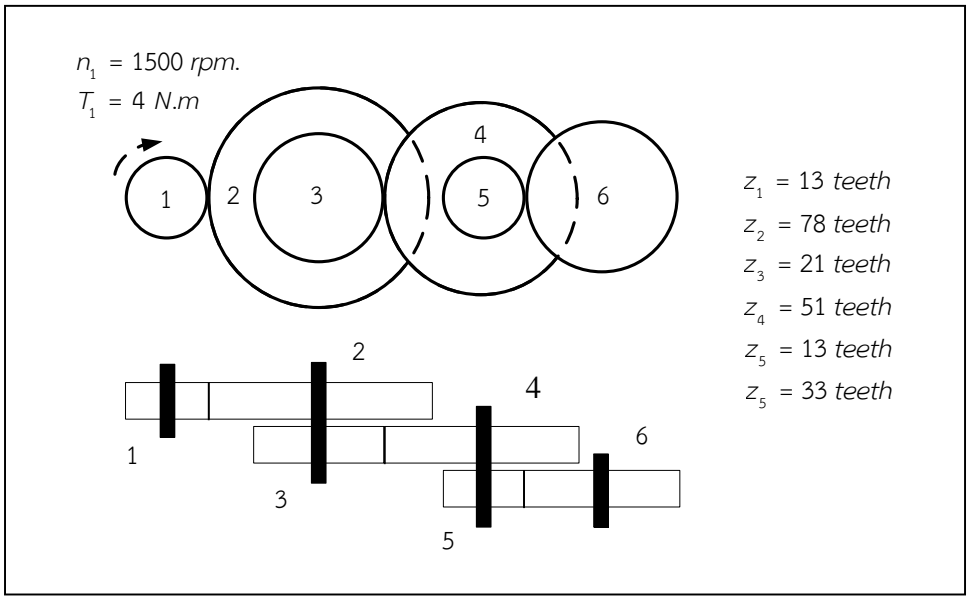
เฟืองคู่ที่ 2

$$i_{23} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{55\ teeth.}{21\ teeth.} = 2.62:1$$

$$T_3 = T_2 \cdot i_{23} = (5.09\ N.m)\left(\frac{55}{21}\right) = 13.33\ N.m$$

$$n_3 = \frac{n_2}{i_{23}} = \frac{2750\ rpm.}{\left(\frac{55}{21}\right)} = 1050\ rpm.$$

<u>ตัวอย่างที่ 2</u> จงหาอัตราทด i , ทอร์ค T (N.m) และความเร็วรอบ n (rpm) ระหว่างเฟืองแต่ละคู่ของระบบกลไกส่งกำลังด้วยเฟืองในรูป 24 รวมทั้งหาอัตราทดรวม i_{tot} (N.m)



รูปที่ 24 แสดงการส่งกำลังด้วยเฟืองสำหรับตัวอย่างการคำนวณที่ 2

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

เฟืองคู่ที่ 1

$$i_{12} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{78\ teeth.}{13\ teeth.} = \frac{6}{1} = 6:1$$

$$T_2 = T_1 \cdot i_{12} = (4\ N.m)\left(\frac{6}{1}\right) = 24\ N.m$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{12}} = \frac{1500\ rpm.}{\left(\frac{6}{1}\right)} = 250\ rpm.$$

เฟืองคู่ที่ 2

$$i_{34} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{51\ teeth.}{21\ teeth.} = \frac{17}{7} = 2.43:1$$

$$T_4 = T_3 \cdot i_{34} = T_2 \cdot i_{34} = (24\ N.m)\left(\frac{17}{7}\right) = 58.29\ N.m$$

$$n_4 = \frac{n_3}{i_{34}} = \frac{n_2}{i_{34}} = \frac{250\ rpm.}{\left(\frac{17}{7}\right)} = 102.94\ rpm.$$

เฟืองคู่ที่ 3

$$i_{56} = \frac{z_6}{z_5} = \frac{33\ teeth.}{13\ teeth.} = 2.54:1$$

$$T_6 = T_5 \cdot i_{56} = T_4 \cdot i_{56} = (58.29\ N.m)\left(\frac{33}{13}\right) = 147.97\ N.m$$

$$n_6 = \frac{n_5}{i_{56}} = \frac{n_4}{i_{56}} = \frac{102.94\ rpm.}{\left(\frac{33}{13}\right)} = 40.55\ rpm.$$

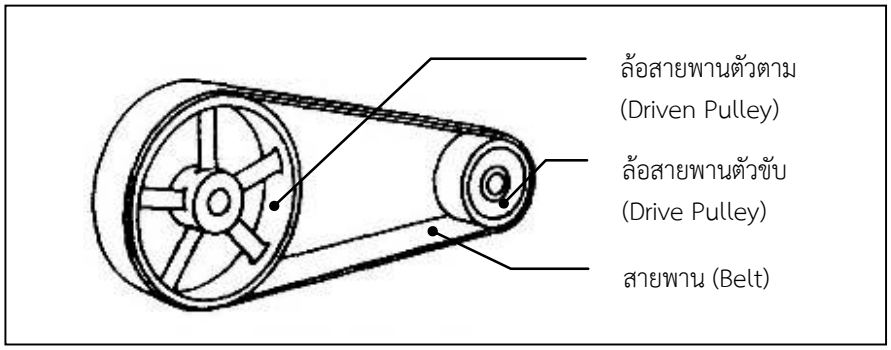
อัตราทดรวม

$$i_{tot} = i_{12} \cdot i_{34} \cdot i_{56} = \left(\frac{6}{1}\right)\left(\frac{17}{7}\right)\left(\frac{33}{13}\right) = \frac{3366}{91} = 36.99$$

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

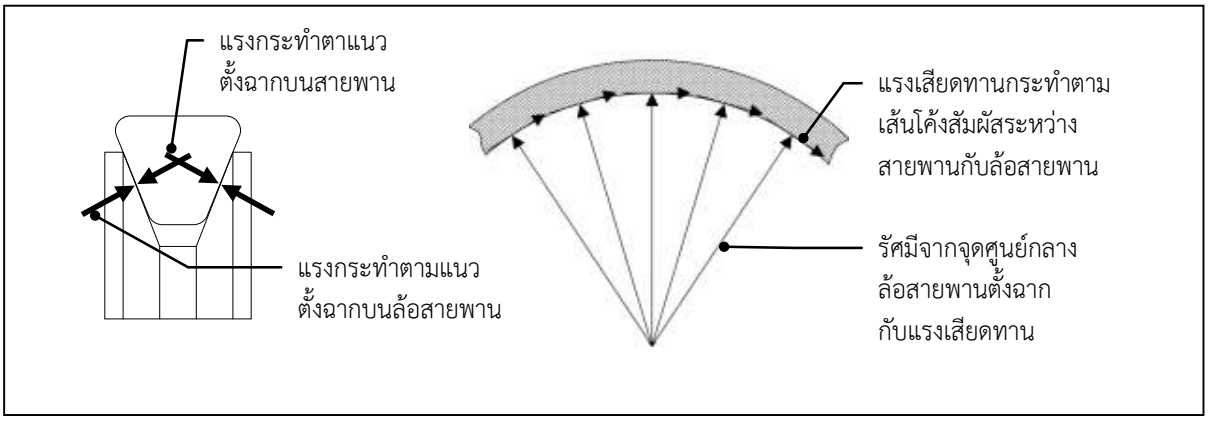
3.2 ระบบส่งกำลังด้วยสายพาน

3.2.1 ส่วนประกอบชุดส่งกำลังด้วยสายพาน



รูปที่ 25 แสดงส่วนประกอบของชุดส่งกำลังด้วยสายพาน

3.2.2 หลักการส่งกำลังด้วยสายพาน



รูปที่ 26 แสดงลักษณะการส่งถ่ายกำลังผ่านสายพานหน้าตัดรูปตัววีและล้อสายพาน

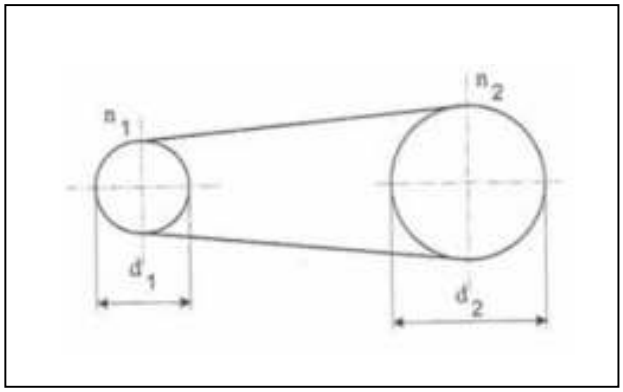
การส่งกำลังด้วยสายพานใช้หลักการเคลื่อนที่ร่วมกันด้วยความฝืดระหว่างสายพานและล้อสายพาน ความฝืดซึ่งเกิดจากแรงเสียดทาน (Friction Force) ระหว่างผิวสัมผัสของสายพานกับล้อสายพานจากจุดต้นกำลังจะถูกส่งถ่าย (Transmission) ไปเป็นความฝืดระหว่างผิวสัมผัสของสายพานกับล้อสายพานที่จุดปลายกำลัง

3.2.3 การคำนวณอัตราส่วนการส่งกำลังด้วยสายพาน

เช่นเดียวกับอัตราส่วนการส่งกำลังด้วยเฟือง อัตราส่วนการส่งถ่ายกำลังผ่านสายพานเกิดจากการใช้มิติทางด้านขนาดที่แตกต่างกันระหว่างคู่ล้อสายพาน จำนวนหรือขนาดที่ใช้หาอัตราส่วนการส่งกำลังแตกต่างกันตรงที่ไม่มีมิติของจำนวนฟันบนล้อสายพาน (ยกเว้นสายพานไทมิ่ง) จำนวนหรือขนาดที่ใช้หาอัตราส่วนการส่งถ่ายกำลังในที่นี้ได้แก่ คู่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ หรือคู่จำนวนความเร็วรอบ หรือคู่ความเร็วเชิงมุม หรือคู่ทอร์คระหว่างล้อขับและล้อตาม และโดยหลักการส่งถ่ายกำลัง “ ทอร์คจะแปรผกผันกับความเร็ว ” ดังการขยายความในหัวข้อ 3.1.3

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

o สูตรคำนวณอัตราส่วนการส่งกำลังชั้นเดียว



รูปที่ 27 แสดงตัวอย่างการส่งกำลังชั้นเดียว

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{T_2}{T_1} \quad \text{..... (10)}$$

เมื่อ i แทน อัตราส่วนการส่งกำลังด้วยสายพาน

d_1, d_2 แทน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของล้อขับและล้อตาม (มม. : mm.)

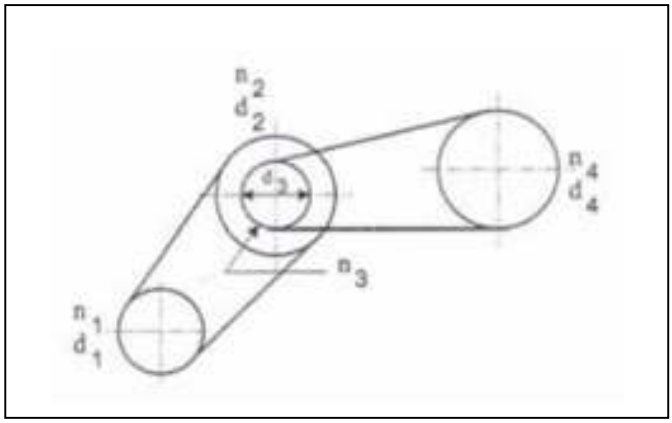
n_1, n_2 แทน ความเร็วรอบของล้อขับและล้อตาม (รอบ/นาที : rpm.)

ω_1, ω_2 แทน ความเร็วเชิงมุมของล้อขับและล้อตาม (เรเดียน/วินาที : rad./sec.)

T_1, T_2 แทน ทอร์คของล้อขับและล้อตาม (นิวตัน.เมตร : N.m)

<u>หมายเหตุ</u> เช่นเดียวกับอัตราส่วนการส่งกำลังด้วยเฟือง หน่วยที่ใช้ในที่นี้คือหน่วยมาตรฐานในระบบ SI การใช้ระบบหน่วยวัดอื่นเช่น หน่วยวัดในระบบอังกฤษสามารถใช้ได้ การใช้หน่วยวัดในขนาดที่ใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าสามารถใช้คำนวณได้ เช่น ใช้หน่วยเมตร (m.) แทน มิลลิเมตร (mm.) เป็นต้น แต่คู่จำนวนหรือขนาดในการคำนวณทั้งสองจะต้องเป็นหน่วยเดียวกัน

o สูตรคำนวณอัตราส่วนการส่งกำลังหลายชั้น



รูปที่ 28 แสดงตัวอย่างการส่งกำลังหลายชั้น

จากสมการที่ (10) จะได้

อัตราทดเฟืองคู่ที่ 1 $i_1 = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{T_2}{T_1}$

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

อัตราทดเฟืองคู่ที่ 2 $i_2 = \frac{d_4}{d_3} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{\omega_3}{\omega_4} = \frac{T_4}{T_3}$

อัตราทดรวมสูตรที่ 1 $i = i_1 \times i_2$ ..... (11)

อัตราทดรวมสูตรที่ 2 $i = \frac{d_2}{d_1} \times \frac{d_4}{d_3}$ ..... (12)

อัตราทดรวมสูตรที่ 4 $i = \frac{n_1}{n_4}$ ..... (13)

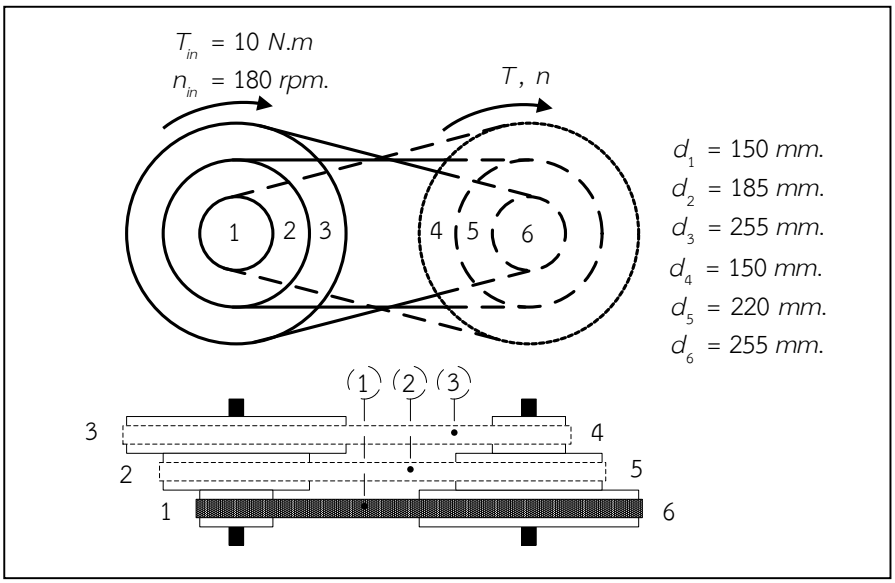
อัตราทดรวมสูตรที่ 5 $i = \frac{\omega_1}{\omega_4}$ ..... (14)

อัตราทดรวมสูตรที่ 6 $i = \frac{T_4}{T_1}$ ..... (15)

เช่นเดียวกับอัตราส่วนการส่งกำลังหลายชั้นของเฟือง สังเกตว่าสูตรที่ (13), (14) และ (15) ใช้ตัวแปรเพียงสองตัวในการหาอัตราทดรวม เนื่องจากความเร็วรอบ ความเร็วเชิงมุม และทอร์คบนแกนเพลาเดียวกันของล้อสายพานหมาย 2 และ 3 มีค่าเท่ากันจึงตัดทิ้งได้ ทำให้สะดวกกว่าการใช้สูตรที่ (11) และ (12) คำนวณ และเช่นเดียวกัน ลักษณะการตัดตัวแปรแบบเดียวกันนี้ ทำให้สามารถใช้ความเร็วรอบ หรือความเร็วเชิงมุม หรือทอร์คของล้อสายพานตัวแรก (ล้อต้นกำลัง) และล้อสายพานตัวสุดท้ายหาอัตราทดรวมได้เช่นกันสำหรับในกรณีที่มีการส่งกำลังหลายชั้น

3.2.4 ตัวอย่างการคำนวณการส่งกำลังด้วยสายพาน

ตัวอย่างที่ 3 จงหาอัตราทด i , ทอร์ค T (N.m) และความเร็วรอบ n (rpm) ของระบบกลไกส่งกำลังด้วยสายพานในรูปที่ 29 เมื่อปรับตำแหน่งสายพานให้อยู่ในตำแหน่งที่ ① , ② และ ③ ตามลำดับ



รูปที่ 29 แสดงการส่งกำลังด้วยสายพานสำหรับตัวอย่างการคำนวณที่ 3

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

ตำแหน่งที่ ①

$$i_1 = \frac{d_6}{d_1} = \frac{255\ mm.}{150\ mm.} = \frac{17}{10} = 1.7:1$$

$$T_1 = T_{in} \cdot i_1 = (10\ N.m)\left(\frac{1.7}{1}\right) = 17\ N.m$$

$$n_1 = \frac{n_{in}}{i_1} = \frac{180\ rpm.}{\left(\frac{1.7}{1}\right)} = 105.88\ rpm.$$

ตำแหน่งที่ ②

$$i_2 = \frac{d_5}{d_2} = \frac{220\ mm.}{185\ mm.} = \frac{44}{37} = 1.19:1$$

$$T_2 = T_{in} \cdot i_2 = (10\ N.m)\left(\frac{1.19}{1}\right) = 11.9\ N.m$$

$$n_2 = \frac{n_{in}}{i_2} = \frac{180\ rpm.}{\left(\frac{1.19}{1}\right)} = 151.26\ rpm.$$

ตำแหน่งที่ ③

$$i_3 = \frac{d_4}{d_3} = \frac{150\ mm.}{255\ mm.} = \frac{10}{17} = 1:1.7$$

$$T_3 = T_{in} \cdot i_3 = (10\ N.m)\left(\frac{1}{1.7}\right) = 0.59\ N.m$$

$$n_3 = \frac{n_{in}}{i_3} = \frac{180\ rpm.}{\left(\frac{1}{1.7}\right)} = 306\ rpm.$$

<u>ตัวอย่างที่ 4</u> จงหาอัตราทด i , ทอร์ค T (N.m) และความเร็วรอบ n (rpm) ระหว่างคู่ล้อสายพานแต่ละคู่ของระบบกลไกส่งกำลังด้วยสายพานในรูปที่ 30

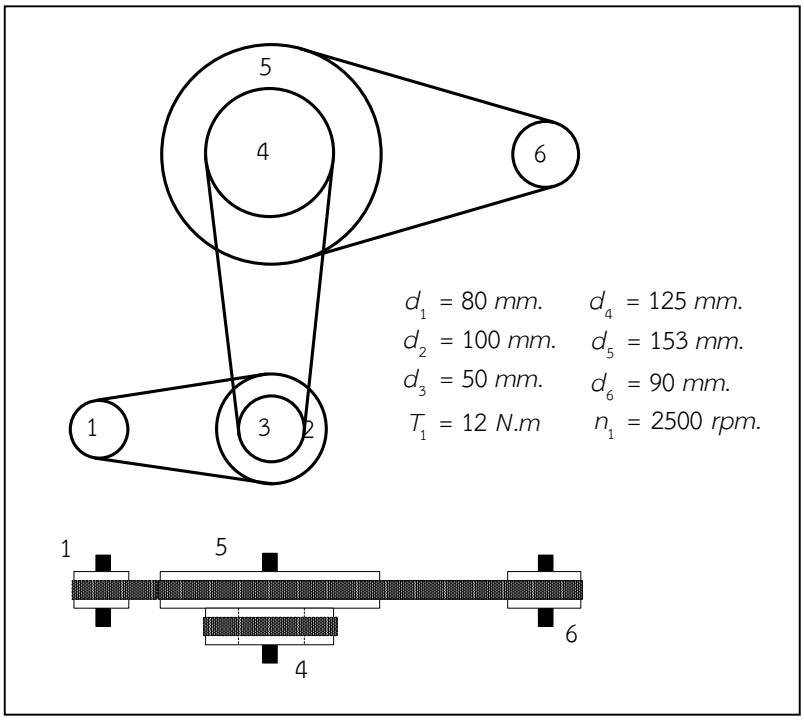
ล้อสายพานคู่ที่ 1

$$i_{12} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{100\ mm.}{80\ mm.} = \frac{5}{4} = 1.25:1$$

$$T_2 = T_1 \cdot i_{12} = (12\ N.m)\left(\frac{5}{4}\right) = 15\ N.m$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{12}} = \frac{2500\ rpm.}{\left(\frac{5}{4}\right)} = 2000\ rpm.$$

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)** **หัวข้อวิชา ระบบกลไก** **รหัสวิชา 0922720107** **หัวข้อที่ 4**



รูปที่ 30 แสดงการส่งกำลังด้วยสายพานสำหรับตัวอย่างการคำนวณที่ 4

ล้อสายพานคู่ที่ 2

$$i_{34} = \frac{d_4}{d_3} = \frac{125\ mm.}{50\ mm.} = \frac{5}{2} = 2.5:1$$

$$T_4 = T_3 \cdot i_{34} = T_2 \cdot i_{34} = (15\ N.m)\left(\frac{5}{2}\right) = 37.5\ N.m$$

$$n_4 = \frac{n_3}{i_{34}} = \frac{n_2}{i_{34}} = \frac{2000\ rpm.}{\left(\frac{5}{2}\right)} = 800\ rpm.$$

ล้อสายพานคู่ที่ 3

$$i_{56} = \frac{d_6}{d_5} = \frac{90\ mm.}{153\ mm.} = \frac{10}{17} = 1:1.7$$

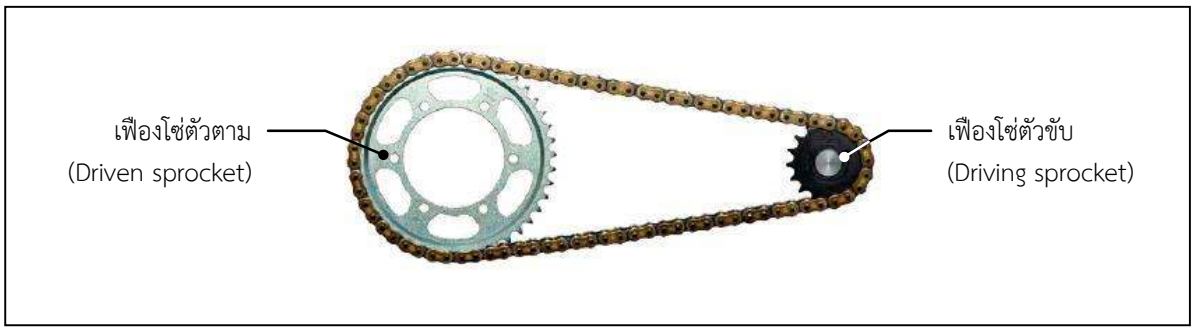
$$T_6 = T_4 \cdot i_{56} = (37.5\ N.m)\left(\frac{10}{17}\right) = 22.06\ N.m$$

$$n_6 = \frac{n_5}{i_{56}} = \frac{n_4}{i_{56}} = \frac{800\ rpm.}{\left(\frac{10}{17}\right)} = 1360\ rpm.$$

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

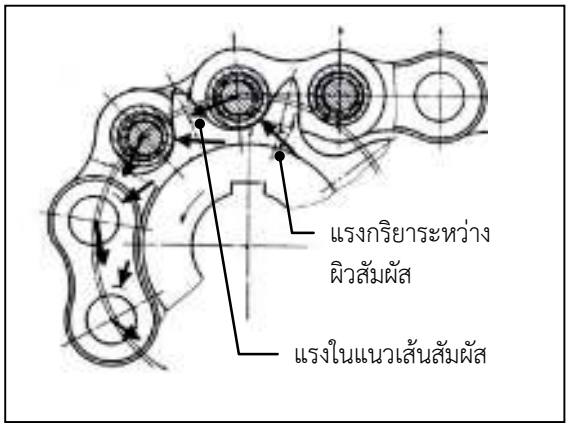
3.3 ระบบส่งกำลังด้วยโซ่

3.3.1 ส่วนประกอบชุดส่งกำลังด้วยโซ่



รูปที่ 31 แสดงส่วนประกอบของชุดส่งกำลังด้วยโซ่

3.3.2 หลักการส่งกำลังด้วยโซ่



รูปที่ 32 แสดงลักษณะการส่งถ่ายกำลังผ่านเฟืองโซ่และโซ่

การส่งกำลังด้วยโซ่ใช้หลักการเคลื่อนที่ร่วมกันด้วยแรงกระทำระหว่างเฟืองโซ่ (sprocket) และข้อโซ่ แรงกริยาระหว่างผิวสัมผัสของเฟืองโซ่และข้อโซ่จะเกิดขึ้นมากสุดที่จุดเริ่มสัมผัส และค่อยๆ มีขนาดลดลงตามจุดต่างๆ ตามลักษณะที่แสดงดังรูป 32 แรงกริยาจากเฟืองโซ่ต้นกำลังจะถูกส่งถ่ายเป็นแรงในแนวเส้นสัมผัสไปตามโซ่และเข้าสู่เฟืองโซ่ที่จุดที่ต้องการ

3.3.3 การคำนวณอัตราส่วนการส่งกำลังด้วยโซ่

เช่นเดียวกับอัตราส่วนการส่งกำลังด้วยเฟืองและสายพาน อัตราส่วนการส่งถ่ายกำลังผ่านโซ่เกิดจากการใช้มิติทางด้านขนาดที่แตกต่างกันระหว่างคู่เฟืองโซ่ จำนวนหรือขนาดที่ใช้หาอัตราส่วนการส่งถ่ายกำลังได้แก่ คู่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ หรือคู่จำนวนฟันเฟือง หรือคู่จำนวนความเร็วรอบ หรือคู่ความเร็วเชิงมุม หรือคู่ทอร์คระหว่างเฟืองโซ่ขับและเฟืองโซ่ตาม และเช่นเดียวกัน โดยหลักการส่งถ่ายกำลัง “ ทอร์คจะแปรผกผันกับความเร็ว ”

- สูตรคำนวณอัตราส่วนการส่งกำลังชั้นเดียว

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{T_2}{T_1} \quad \text{..... (16)}$$

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

เมื่อ i แทน อัตราส่วนการส่งกำลังด้วยโซ่

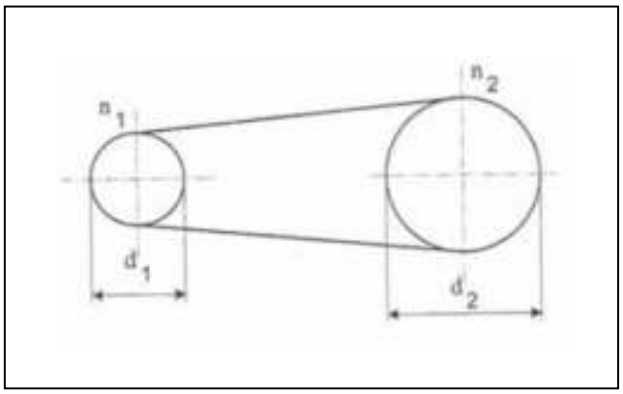
d_1, d_2 แทน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเฟืองโซ่ขับและเฟืองโซ่ตาม (มม. : mm.)

z_1, z_2 แทน จำนวนฟันของเฟืองโซ่ขับและเฟืองโซ่ตาม

n_1, n_2 แทน ความเร็วรอบของเฟืองโซ่ขับและเฟืองโซ่ตาม (รอบ/นาที : rpm.)

ω_1, ω_2 แทน ความเร็วเชิงมุมของเฟืองโซ่ขับและเฟืองโซ่ตาม (เรเดียน/วินาที : rad./sec.)

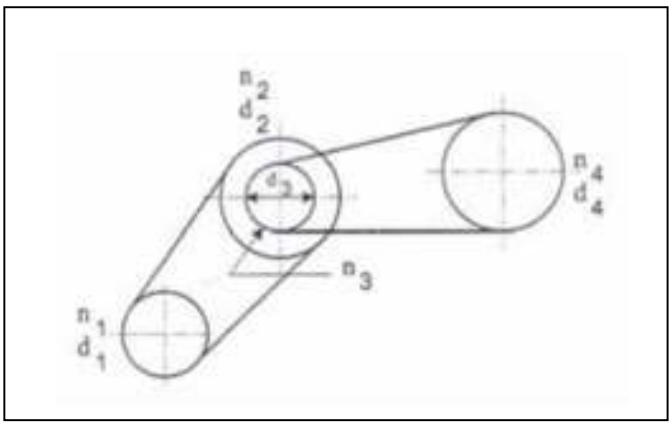
T_1, T_2 แทน ทอร์คของเฟืองโซ่ขับและเฟืองโซ่ตาม (นิวตัน.เมตร : N.m)



รูปที่ 33 แสดงตัวอย่างการส่งกำลังชั้นเดียว

<u>หมายเหตุ</u> เช่นเดียวกับอัตราส่วนการส่งกำลังด้วยเฟืองและสายพาน หน่วยที่ใช้ในที่นี้คือหน่วยมาตรฐานในระบบ SI การใช้ระบบหน่วยวัดอื่นเช่น ระบบอังกฤษสามารถใช้ได้ การใช้หน่วยวัดในขนาดที่ใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าสามารถใช้คำนวณได้ เช่น ใช้หน่วยเมตร (m.) แทน มิลลิเมตร (mm.) เป็น แต่คู่จำนวนหรือขนาดในการคำนวณทั้งสองจะต้องเป็นหน่วยเดียวกัน

o สูตรคำนวณอัตราส่วนการส่งกำลังหลายชั้น



รูปที่ 34 แสดงตัวอย่างการส่งกำลังหลายชั้น

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชา ระบบกลไก รหัสวิชา 0922720107 หัวข้อที่ 4

จากสมการที่ (16) จะได้

อัตราทดเฟืองคู่ที่ 1 $i_1 = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{T_2}{T_1}$

อัตราทดเฟืองคู่ที่ 2 $i_2 = \frac{d_4}{d_3} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{\omega_3}{\omega_4} = \frac{T_4}{T_3}$

อัตราทดรวมสูตรที่ 1 $i = i_1 \times i_2$ ..... (17)

อัตราทดรวมสูตรที่ 2 $i = \frac{d_2}{d_1} \times \frac{d_4}{d_3}$ ..... (18)

อัตราทดรวมสูตรที่ 3 $i = \frac{z_2}{z_1} \times \frac{z_4}{z_3}$ ..... (19)

อัตราทดรวมสูตรที่ 4 $i = \frac{n_1}{n_4}$ ..... (20)

อัตราทดรวมสูตรที่ 5 $i = \frac{\omega_1}{\omega_4}$ ..... (21)

อัตราทดรวมสูตรที่ 6 $i = \frac{T_4}{T_1}$ ..... (22)

เช่นเดียวกับอัตราส่วนการส่งกำลังหลายชั้นของเฟืองและสายพาน สังเกตว่าสูตรที่ (20), (21) และ (22) ใช้ตัวแปรเพียงสองตัวในการหาอัตราทดรวม เนื่องจากความเร็วรอบ ความเร็วเชิงมุม และทอร์คบนแกนเพลาเดียวกันของเฟืองโซ่หมาย 2 และ3 มีค่าเท่ากันจึงตัดทิ้งได้ ทำให้สะดวกกว่าการใช้สูตรที่ (17), (18) และ (19) คำนวณ และเช่นเดียวกันลักษณะการตัดตัวแปรแบบเดียวกันนี้ ทำให้สามารถใช้ความเร็วรอบ หรือความเร็วเชิงมุม หรือทอร์คของเฟืองโซ่ตัวแรก (เฟืองโซ่ต้นกำลัง) และเฟืองโซ่ตัวสุดท้ายหาอัตราทดรวมได้เช่นกันสำหรับในกรณีที่มีการส่งกำลังหลายชั้น

3.3.4 ตัวอย่างการคำนวณการส่งกำลังด้วยโซ่

<u>ตัวอย่างที่ 1</u> จงหาอัตราทด i, ทอร์ค T (N.m) และความเร็วรอบ n (rpm) ของเฟืองโซ่ของระบบกลไกส่งกำลังในรูปที่ 35 เมื่อกำหนดให้เฟืองโซ่หมายเลข 5 เป็นต้นกำลัง

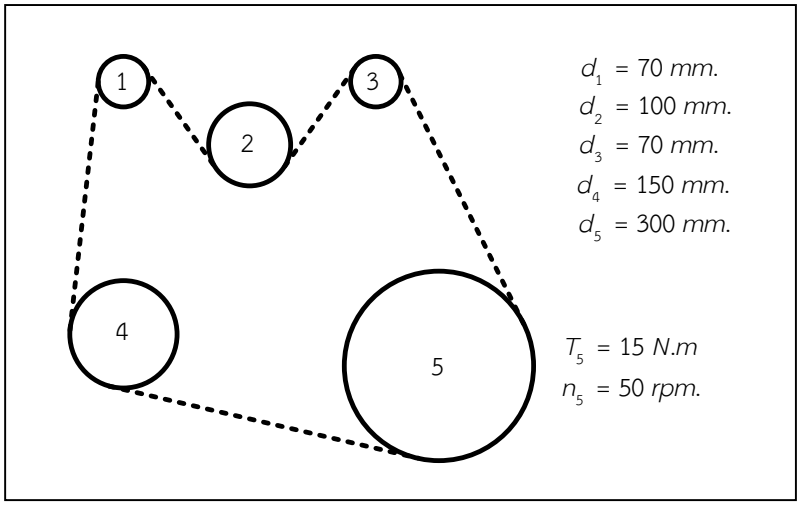
เฟืองโซ่หมายเลข 3 และ 5

$$i_{35} = \frac{d_3}{d_5} = \frac{70\ mm.}{300\ mm.} = \frac{7}{30} = 1:4.2857$$

$$T_3 = T_5 \cdot i_{35} = (15\ N.m)\left(\frac{7}{30}\right) = 3.5\ N.m$$

$$n_3 = \frac{n_5}{i_{35}} = \frac{50\ rpm.}{\left(\frac{7}{30}\right)} = 214.29\ rpm.$$

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)** **หัวข้อวิชา ระบบกลไก** **รหัสวิชา 0922720107** **หัวข้อที่ 4**



รูปที่ 35 แสดงการส่งกำลังด้วยโซ่สำหรับตัวอย่างการคำนวณที่ 5

เฟืองโซ่หมายเลข 2 และ 3

$$i_{23} = \frac{d_2}{d_3} = \frac{100\ mm.}{70\ mm.} = \frac{10}{7} = 1.4286:1$$

$$T_2 = T_3 \cdot i_{23} = (3.5\ N.m)\left(\frac{10}{7}\right) = 5\ N.m$$

$$n_2 = \frac{n_3}{i_{23}} = \frac{214.29\ rpm.}{\left(\frac{10}{7}\right)} = 150\ rpm.$$

เฟืองโซ่หมายเลข 1 และ 2

$$i_{12} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{70\ mm.}{100\ mm.} = \frac{7}{10} = 1:1.4286$$

$$T_1 = T_2 \cdot i_{12} = (5\ N.m)\left(\frac{7}{10}\right) = 3.5\ N.m$$

$$n_1 = \frac{n_2}{i_{12}} = \frac{150\ rpm.}{\left(\frac{7}{10}\right)} = 214.29\ rpm.$$

เฟืองโซ่หมายเลข 4 และ 1

$$i_{41} = \frac{d_4}{d_1} = \frac{150\ mm.}{70\ mm.} = \frac{15}{7} = 2.1429:1$$

$$T_4 = T_1 \cdot i_{41} = (3.5\ N.m)\left(\frac{15}{7}\right) = 7.5\ N.m$$

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		หัวข้อที่ 4

$$n_4 = \frac{n_1}{i_{41}} = \frac{214.29\ rpm.}{\left(\frac{15}{7}\right)} = 100\ rpm.$$

เฟืองโซ่หมายเลข 4 และ 5

$$i_{54} = \frac{d_5}{d_4} = \frac{300\ mm.}{150\ mm.} = \frac{2}{1} = 2:1$$

$$T_5 = T_4 \cdot i_{54} = (7.5\ N.m)\left(\frac{2}{1}\right) = 15\ N.m$$

$$n_5 = \frac{n_4}{i_{45}} = \frac{100\ rpm.}{\left(\frac{2}{1}\right)} = 50\ rpm.$$

จะสังเกตเห็นว่าเมื่อคำนวณครบรอบถึงเฟืองโซ่ต้นกำลัง (เฟืองโซ่หมายเลข 5) ค่าทอร์ค T_5 และความเร็วรอบ n_5 จะตรงกับค่าที่โจทย์กำหนด การคำนวณในตัวอย่างนี้มีลำดับจากเฟืองโซ่หมายเลข 3, 2, 1 และ 4 (ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา) นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณจากลำดับเฟืองโซ่หมายเลข 4, 1, 2 และ 3 (ทิศทางตามเข็มนาฬิกา) ซึ่งในที่นี้จะไม่แสดงตัวอย่างการคำนวณ

4. ข้อเปรียบเทียบของการส่งกำลังด้วยเฟือง สายพาน และโซ่

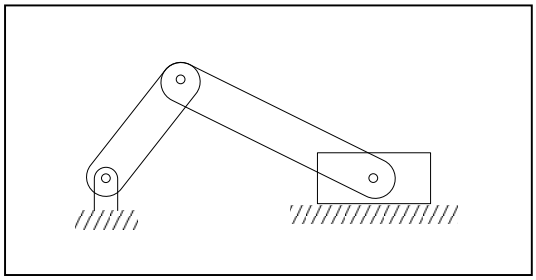
	เฟือง	สายพาน	โซ่
ราคาเทียบต่อหน่วย	ปานกลาง (ถ้าส่งผลิตพิเศษหรือจัดทำเป็นชุดเฟืองทดจะมีราคาแพงถึงแพงมาก)	ปานกลาง (ถ้าเป็นสายพานที่มีคุณสมบัติพิเศษ เช่น ทนต่อกรด คาบน้ำมัน หรือความร้อนสูงจะมีราคาแพง)	แพง
สมรรถนะการส่งถ่ายกำลัง	ส่งถ่ายกำลังได้สูง	ส่งถ่ายกำลังได้ปานกลาง	ส่งถ่ายกำลังได้สูง
การบำรุงรักษา	ต้องมีการหล่อลื่น	ไม่ต้องมีการหล่อลื่น	ต้องมีการหล่อลื่นบ่อยครั้ง
ระยะทางส่งกำลังระหว่างคู่เพลา (การทดในระดับชั้นที่เท่ากัน)	สามารถส่งกำลังระหว่างคู่เพลาที่มีระยะห่างกันมากได้	สามารถส่งกำลังระหว่างคู่เพลาที่มีระยะห่างกันมากได้	สามารถส่งกำลังระหว่างคู่เพลาที่มีระยะห่างกันปานกลาง
ความเที่ยงตรงในการติดตั้ง	ต้องมีความเที่ยงตรงสูงมาก	มีความเที่ยงตรงปานกลาง	ต้องมีความเที่ยงตรงสูง
ความคงที่ของอัตราทด (ความแม่นยำของตำแหน่งการเคลื่อนที่ระหว่างส่งถ่ายกำลัง)	สูง (มีเพียงระยะห่างระหว่างคู่ฟันของเฟืองที่ขบกันเพื่อป้องกันการขัดกันของฟันเฟือง (back lash) ที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการเคลื่อนที่)	ต่ำ เกิดจากการลื่นไถล (slip) ของสายพานบนล้อสายพาน (ยกเว้นสายพานไทมิ่งซึ่งมีฟันป้องกันการลื่นไถล แต่ก็มีระยะเลื่อนลักษณะเหมือน back lash บนเฟืองเช่นกัน)	ปานกลาง (ถึงแม้โซ่และเฟืองโซ่เคลื่อนล็อคติดกันที่คล้ายกับการขบของเฟืองแต่ก็มีระยะห่างระหว่างร่องโซ่กับฟันเฟืองโซ่มากกว่าเฟือง

	เฟือง	สายพาน	โซ่
พื้นที่การติดตั้ง (เทียบกรณีที่มีการทดหลายชั้น)	ใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย (มีลักษณะเป็นกล่องเฟืองทด (Gear box))	ใช้พื้นที่ติดตั้งมาก	ใช้พื้นที่ติดตั้งมาก
การใช้งานในที่ที่มีความชื้น ฝุ่นละออง หรือคราบน้ำมัน	ถ้าใช้งานในลักษณะเปิดต้องควบคุมการเกิดตระกันเกาะระหว่างร่องฟัน แต่ถ้าใช้ในลักษณะกล่องปิด (Gear box) ก็สามารถใช้งานได้	ต้องใช้สายพานที่คุณสมบัติพิเศษดังกล่าว	ใช้งานได้
การเกิดเสียงขณะใช้งาน	เกิดเสียงเล็กน้อย ซึ่งเกิดจากการเสียดสีกันระหว่างคู่ฟันที่เคลื่อนที่ขบกัน (เฟืองที่ขาดการหล่อเลื่อนหรือฟันชำรุดไม่สมบูรณ์จะมีเสียงดังในขณะใช้งาน)	ไม่เกิดเสียง หรือเกิดน้อยมาก (การเกิดเสียงของสายพานอาจเกิดจากการสั่นหรือการสะบัดของสายพาน ซึ่งแก้ได้โดยการปรับตึงและการปรับศูนย์)	เกิดเสียงต่อเนื่องเมื่อใช้งานที่ความเร็วสูง (เกิดความถี่เสียง) และในกรณีขาดการหล่อเลื่อนที่เหมาะสมหรือชำรุดจะเกิดเสียงดัง แม้จะทำงานที่ความเร็วต่ำ
ความอ่อนตัวในการใช้งาน	ทำจากวัสดุแข็งแกร็ง ไม่มีความอ่อนตัว	ทำจากวัสดุประเภทเส้นใยสังเคราะห์และยาง จึงมีความอ่อนตัวสูงมาก สามารถส่งกำลังในลักษณะไขว้สายพาน หรือลักษณะคู่เพลาที่บิดไม่ขนานกันได้	ทำจากวัสดุแข็งแกร็งต่อเป็นข้อ ทำให้อ่อนตัวหรือบิดได้เล็กน้อย

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบทดสอบ** **หัวข้อวิชา ระบบกลไก** **รหัสวิชา 0922720107** **หัวข้อที่ 4**

<u>คำสั่ง</u> :

โจทย์ทดสอบต่อไปนี้เป็นแบบปรนัย มีจำนวนทั้งหมด 13 ข้อ จงอ่านคำถามในแต่ละข้ออย่างละเอียด และเขียนวงกลมรอบตัวเลือกที่คาดว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

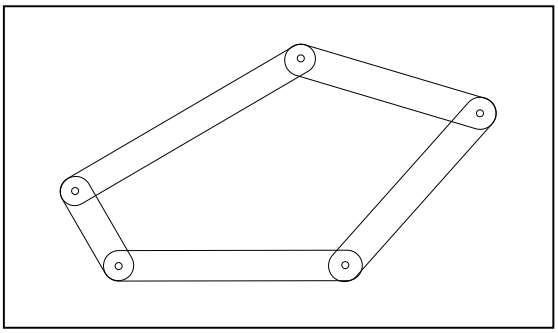


รูปที่ 1 แสดงระบบกลไกส่งสำหรับโจทย์ข้อ 1

1. จงหาจำนวนความสามารถในการเคลื่อนที่ของกลไกล (mobility of a mechanism) ของระบบกลไกในรูปที่ 1

   ก. 0 ค. 2

   ข. 1 ง. 3



รูปที่ 2 แสดงระบบกลไกส่งสำหรับโจทย์ข้อ 2

2. จงหาจำนวนความสามารถในการเคลื่อนที่ของกลไกล (mobility of a mechanism) ของระบบกลไกในรูปที่ 2

   ก. 0 ค. 2

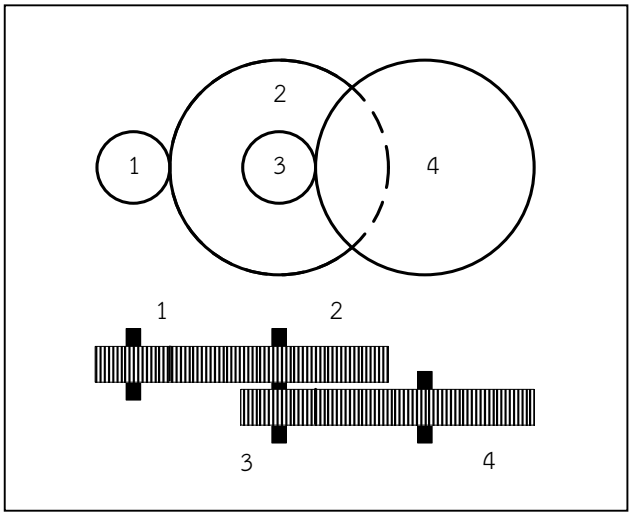
   ข. 1 ง. 3

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบทดสอบ** **หัวข้อวิชา ระบบกลไก** **รหัสวิชา 0922720107** **หัวข้อที่ 4**

3. ข้อใดกล่าวถึงนิยามศัพท์เฉพาะของคำว่า *" วงกลมพิตช์ (Pitch circle) "* ที่ใช้เรียกส่วนประกอบของเฟืองได้ถูกต้องที่สุด
   ก. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแนววงกลมซึ่งเป็นเส้นสัมผัสกันระหว่างคู่เฟืองที่ขบกัน
   ข. ระยะที่วัดจากจุดหนึ่งบนฟันเฟืองไปยังอีกจุดหนึ่ง ณ ตำแหน่งเดียวกันบนฟันถัดไป
   ค. ระยะที่วัดในแนวรัศมีระหว่างวงกลมของยอดฟันถึงวงกลมของฐานฟัน
   ง. ขนาดที่วัดตามแนวแกนของเฟือง

4. สำหรับงานส่งถ่ายกำลังที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงและต้องการการยึดเกาะที่แน่นอน ควรใช้สายพานชนิดใด
   ก. สายพานแบน
   ข. สายพานตัววี (สายพานลิ่ม)
   ค. สายพานกลม
   ง. สายพานไทมิ่ง

5. โซ่ชนิดใดสามารถใช้งานที่ความเร็วสูงได้และเกิดเสียงในขณะใช้งานน้อยกว่าโซ่ชนิดอื่น
   ก. โซ่ลูกกลิ้ง
   ข. โซ่บูช
   ค. โซ่ฟัน
   ง. โซ่บูชและโซ่ฟัน



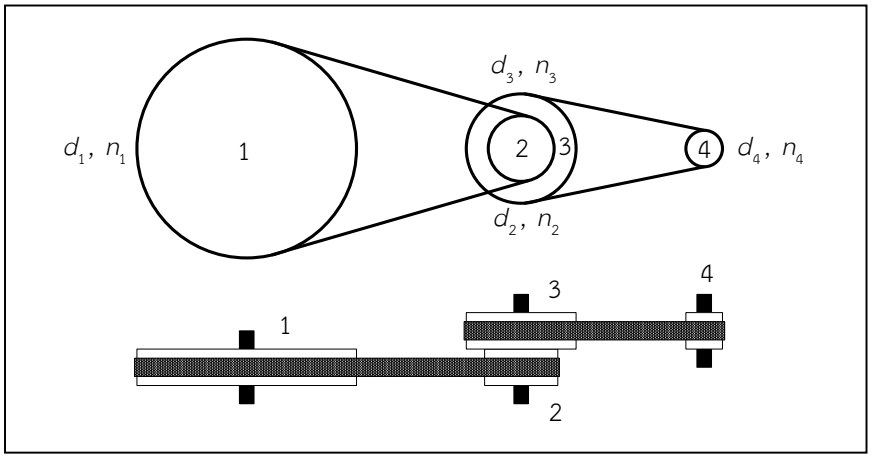
รูปที่ 3 แสดงระบบกลไกส่งกำลังด้วยเฟืองสำหรับโจทย์ข้อ 6 และข้อ 7

6. จงหาอัตราทดของเฟืองแต่ละคู่ (i_{12} และ i_{23}) ของระบบกลไกส่งกำลังด้วยเฟืองในรูป 2 เมื่อกำหนดให้เฟือง 1 เป็นตัวขับระบบ และ $n_1 = 4800\ rpm$, $n_2 = 1600\ rpm$ และ $n_4 = 533.33\ rpm$
   ก. 1:3, 1:3
   ข. 3:1, 3:1
   ค. 3:1, 1:3
   ง. 1:3, 3:1

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบทดสอบ** **หัวข้อวิชา ระบบกลไก** **รหัสวิชา 0922720107** **หัวข้อที่ 4**

7. จงหาจำนวนฟัน z_3 และ z_4 ของระบบกลไกส่งกำลังด้วยเฟืองในรูป 2 เมื่อกำหนดให้เฟือง 1 เป็นตัวขับระบบ และ $z_1 = 17\ rpm$, $n_1 = 3000\ rpm$, $n_2 = 1000\ rpm$ และ $n_4 = 333.33\ rpm$

ก. 17.00 *mm*, 51.00 *mm*
ข. 17.00 *mm*, 102.00 *mm*
ค. 5.67 *mm*, 17.01 *mm*
ง. 5.67 *mm*, 34.02 *mm*



รูปที่ 4 แสดงระบบกลไกส่งกำลังด้วยสายพานสำหรับโจทย์ข้อ 8 และข้อ 9

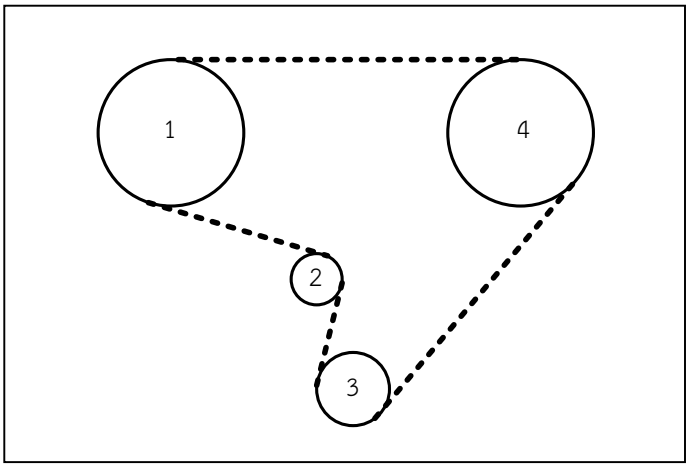
8. จงหาอัตราทดรวม i_{tot} และความเร็วรอบ n_1 ของระบบกลไกส่งกำลังด้วยสายพานในรูป 3 เมื่อกำหนดให้ล้อสายพาน 4 เป็นตัวขับระบบ และ $d_1 = 140\ mm$, $d_2 = 100\ mm$, $d_3 = 125\ mm$, $d_4 = 80\ mm$ และ $n_4 = 6300\ rpm$

ก. 1.12 : 1, 5644.8 *rpm*.
ข. 2.19 : 1, 5644.8 *rpm*.
ค. 1.12 : 1, 2880 *rpm*.
ง. 2.19 : 1, 2880 *rpm*.

9. จงหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง d_1 และความเร็วรอบ n_4 ของระบบกลไกส่งกำลังด้วยสายพานในรูปที่ 3 เมื่อกำหนดให้ล้อสายพาน 1 เป็นตัวขับระบบ และ $n_1 = 500\ rpm$, $d_2 = 30\ mm$, $d_3 = 50\ mm$, $d_4 = 20\ mm$ และ $i_{tot} = 1 : 6.25$

ก. 75 *mm*, 80 *rpm*.
ข. 75 *mm*, 3125 *rpm*.
ค. 187.5 *mm*, 80 *rpm*.
ง. 187.5 *mm*, 3125 *rpm*.

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบทดสอบ** **หัวข้อวิชา ระบบกลไก** **รหัสวิชา 0922720107** **หัวข้อที่ 4**



รูปที่ 5 แสดงระบบกลไกส่งกำลังด้วยโซ่สำหรับโจทย์ข้อ 10 และข้อ 11

10. จงหาอัตราทด i_{12} ระหว่างคู่เฟืองโซ่ 1 และ 2 และทอร์ค T_2 (N.m) ของเฟืองโซ่หมายเลข 2 ของระบบกลไกส่งกำลังในรูปที่ 4 เมื่อกำหนดให้เฟืองโซ่หมายเลข 1 เป็นตัวขับระบบ และ $n_1 = 250\ rpm$, $n_2 = 1250\ rpm$, $T_1 = 30\ N.m$

ก. 1 : 5, 6 *N.m*
ข. 1 : 5, 150 *N.m*
ค. 5 : 1, 6 *N.m*
ง. 5 : 1, 150 *N.m*

11. จงหาอัตราทด d_3 และ n_3 ของเฟืองโซ่หมายเลข 2 ของระบบกลไกส่งกำลังในรูปที่ 4 เมื่อกำหนดให้เฟืองโซ่หมายเลข 1 เป็นตัวขับระบบ และ $i_{43} = 3:1$, $n_2 = 750\ rpm$, $d_2 = 80\ mm$, $T_2 = 7\ N.m$, $T_4 = 35\ N.m$

ก. 480 *mm*, 450 *rpm*
ข. 480 *mm*, 1250 *rpm*
ค. 133.336 *mm*, 450 *rpm*
ง. 133.336 *mm*, 1250 *rpm*

12. ระบบส่งกำลังในข้อใดเหมาะสมกับงานส่งถ่ายกำลังของระบบเซอร์โวมอเตอร์สำหรับเครื่อง CNC ขนาดเล็ก

ก. เฟือง
ข. สายพาน
ค. โซ่
ง. ใช้ได้ทั้ง เฟือง, สายพาน หรือ โซ่

13. ระบบส่งกำลังในข้อใดสามารถใช้กับงานส่งกำลังทางกลระหว่างคู่เพลาที่มีลักษณะการติดตั้งที่บิดไขว้ตั้งฉากกัน (แนวความยาวของเพลาไม่ได้ขนานกัน)

ก. เฟือง
ข. สายพาน
ค. โซ่
ง. เฟืองและสายพาน

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบเฉลยทดสอบ** **หัวข้อวิชา ระบบกลไก** **รหัสวิชา 0922720107** **หัวข้อที่ 4**

1. **ข.**	2. **ค.**	3. **ก.**	4. **ค.**	5. **ค.**
6. **ข.**	7. **ก.**	8. **ง.**	9. **ข.**	10. **ก.**
11. **ง.**	12. **ก.**	13. **ง.**		

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	**ใบเตรียมการสอน (ปฏิบัติ)**		
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก		
		รหัสวิชา 0922720107		
		งานที่ 4	**เวลา 3 ชม.**	

วัตถุประสงค์ :

1. เพื่อให้ผู้รับการฝึกสามารถถอดและประกอบชิ้นส่วนทางกลของชุดสาธิตระบบส่งกำลังทางกล

วิธีการสอน :

สอนแบบบรรยาย

อุปกรณ์ช่วยฝึก :

1. ใบข้อมูล (ปฏิบัติ)
2. ใบงาน

การมอบหมายงาน :

ให้ศึกษาแบบประกอบในใบข้อมูล (ปฏิบัติ) จากนั้นถอดและประกอบชิ้นส่วนทางกลของชุดสาธิตระบบส่งกำลังทางกลตามขั้นตอนในใบงาน

การวัดและประเมินผล :

ให้คะแนนทักษะการถอดและประกอบชิ้นส่วนทางกลฯ และตรวจให้คะแนนใบงาน การผ่านเกณฑ์ทดสอบคิดคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

หนังสืออ้างอิง :

บุญธรรม ภัทราจารุกุล. (2554). แมคคาทรอนิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
มานพ ตันตระบัณฑิตย์ และคณะ. (2537). ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. กรุงเทพ : ส.ส.ท.

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		งานที่ 4

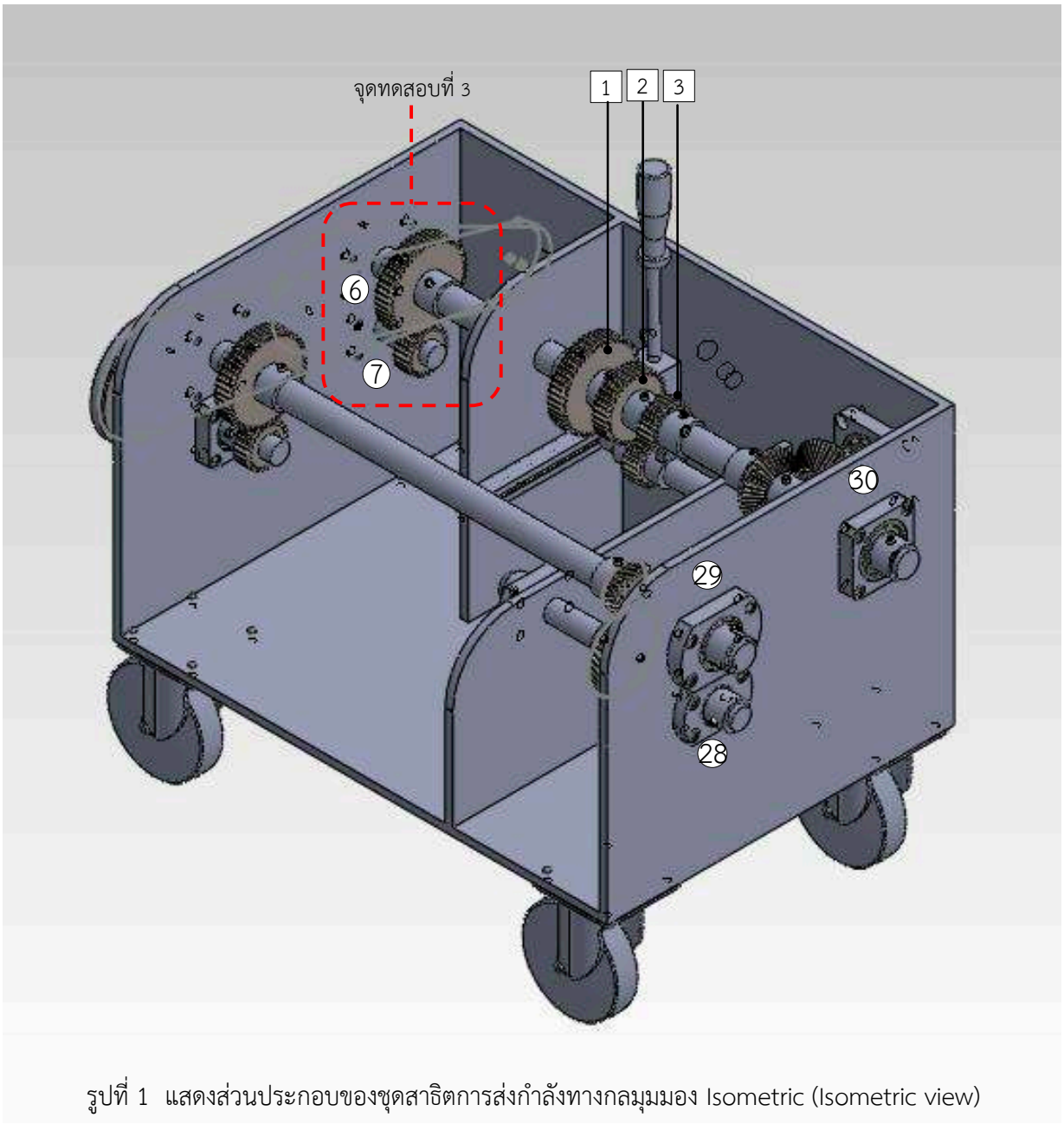
ข้อมูลประกอบ :

ชุดสาธิตการส่งกำลังทางกล

หลักการทำงาน

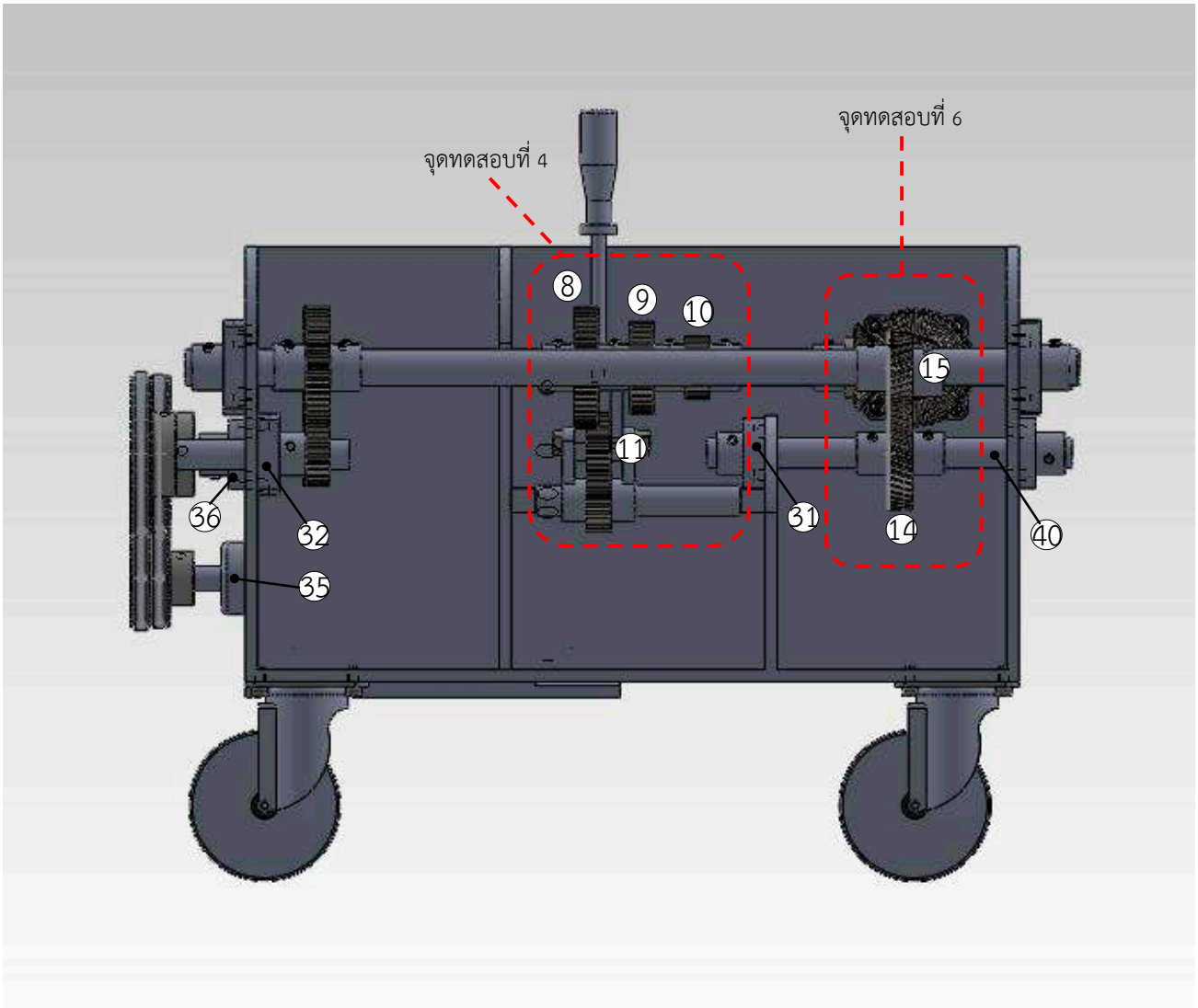
ชุดสาธิตการส่งกำลังทางกลเริ่มทำงานเมื่อป้อนกำลังไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ผ่านสวิตซ์เปิด-ปิดวงจรและเบรกเกอร์ (Circuit breaker) ป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจร กำลังจากมอเตอร์จะถูกส่งผ่านสายพานเข้าสู่เพลาต่างๆ และกระจายเข้าสู่เฟืองที่อยู่ในระบบส่งกำลังย่อย

ส่วนประกอบ



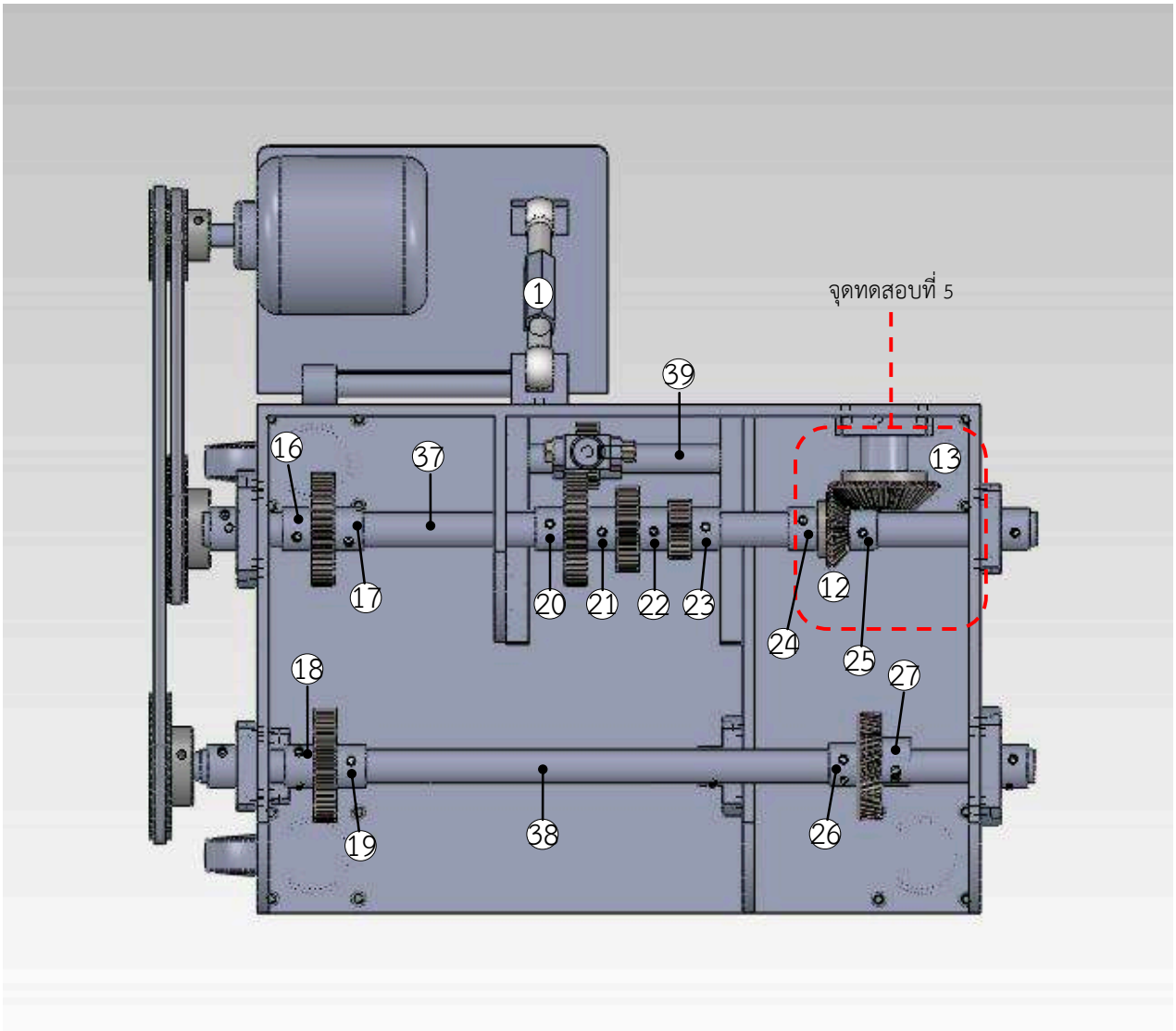
รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของชุดสาธิตการส่งกำลังทางกลมุมมอง Isometric (Isometric view)

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		งานที่ 4



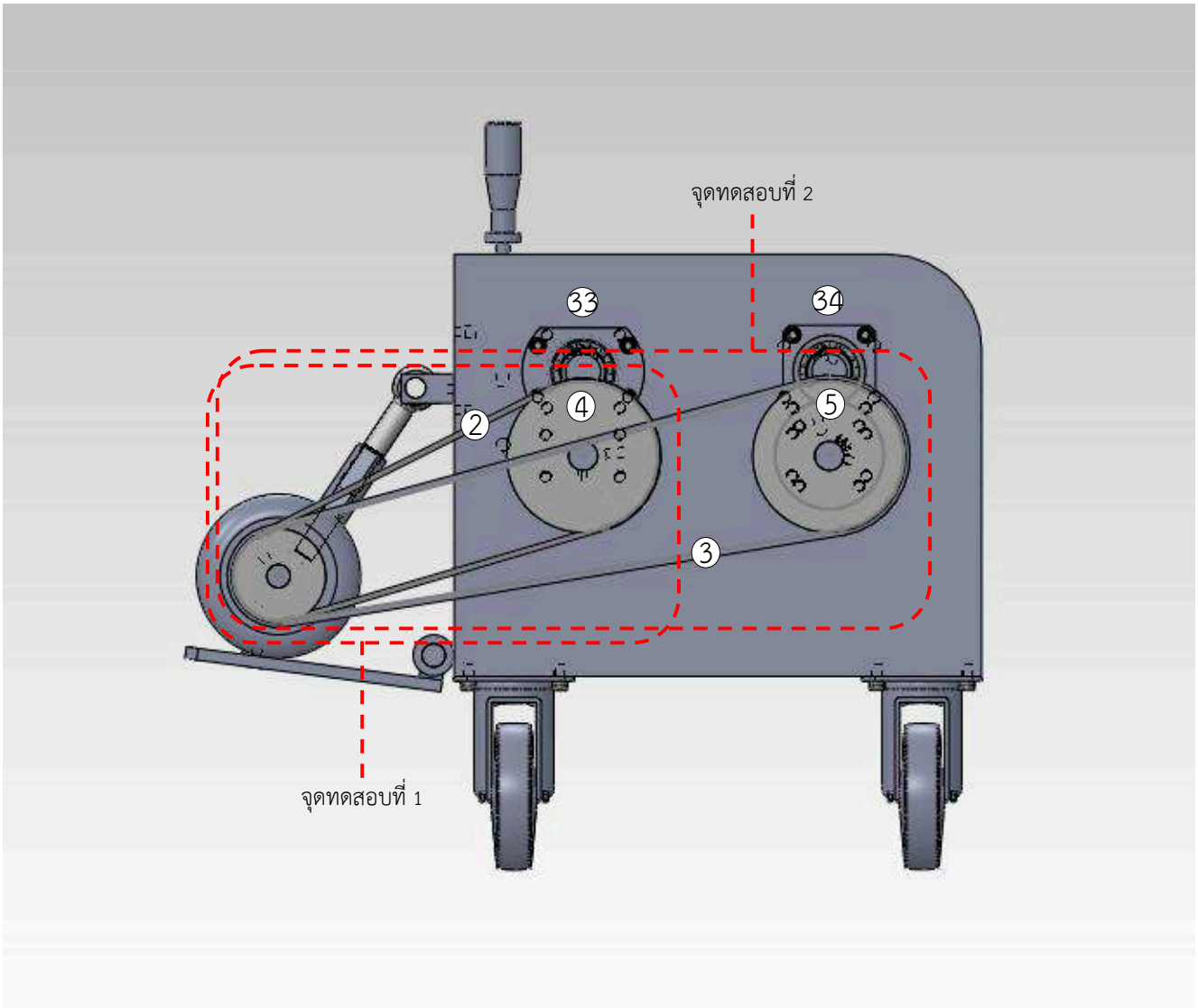
รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบของชุดสาธิตการส่งกำลังทางกลมุมมองด้านหน้า (Front view)

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ปฏิบัติ)
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		งานที่ 4



รูปที่ 3 แสดงส่วนประกอบของชุดสาธิตการส่งกำลังทางกลมุมมองด้านบน (Top view)

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบข้อมูล (ปฏิบัติ)
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		งานที่ 4



รูปที่ 4 แสดงส่วนประกอบของชุดสาธิตการส่งกำลังทางกลมุมมองด้านซ้าย (Left-side view)

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชา ระบบกลไก
		รหัสวิชา 0922720107
		งานที่ 4

ลำดับการถอดชิ้นส่วนเครื่องกล (ดูรูปที่ 1, 2, 3 และ 4 ประกอบ)

1. ปิดสวิตช์ (Switch off) โยกเบรกเกอร์ให้อยู่ตำแหน่ง off และถอดปลั๊กไฟของชุดสาธิตออกจากเต้าเสียบ
2. ปรับลดความตึงของสายพานที่ชี้นส่วนหมายเลข ①
3. ถอดสายพานหมายเลข ② และ ③ ออก
4. ถอดล้อสายพานหมายเลข ④ และ ⑤ ออก จากนั้นวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและบันทึกค่าลงในใบงาน
5. นับจำนวนฟันของเฟืองหมายเลข ⑥, ⑦ ของจุดทดสอบที่ 3, เฟืองหมายเลข ⑧, ⑨, ⑩ และ ⑪ ของจุดทดสอบที่ 4, เฟืองหมายเลข ⑫ และ ⑬ ของจุดทดสอบที่ 5, และเฟืองหมายเลข ⑭ และ ⑮ ของจุดทดสอบที่ 6 จากนั้นคลายเกลียวตัวหนอนที่ชี้นส่วนหมายเลข ⑯, ⑰, ⑱, ⑲, ⑳, ㉑, ㉒, ㉓, ㉔, ㉕, ㉖ และ ㉗
6. ถอดชิ้นส่วนหมายเลข ㉘, ㉙, ㉚, ㉛, ㉜, ㉝, ㉞, ㉟ และ ㊱
7. ถอดเพลาหมายเลข ㊲, ㊳, ㊴ และ ㊵ และชิ้นส่วนที่อยู่บนเพลาออก

ลำดับการประกอบชิ้นส่วนเครื่องกล (ดูรูปที่ 1, 2, 3 และ 4 ประกอบ)

1. ใส่เพลาหมายเลข ㊲, ㊳, ㊴ และ ㊵ ในตำแหน่งเดิม
2. ร้อยชิ้นส่วนหมายเลข ㉘, ㉙, ㉚, ㉛, ㉜, ㉝, ㉞, ㉟ และ ㊱ เข้าในเพลาที่ประกอบอยู่เดิม
3. ขันเกลียวตัวหนอนยึดชิ้นส่วนที่ร้อยในเพลาให้แน่น โดยต้องปรับให้การขบขันของเฟืองมีตำแหน่งที่เหมาะสม
4. ประกอบล้อสายพานหมายเลข ④ และ ⑤ เข้าในตำแหน่งเดิม
5. สวมสายพานหมายเลข ② และ ③ เข้ากับล้อสายพาน
6. ปรับความตึงของสายพานที่ชี้นส่วนหมายเลข ① ใช้มือดึงสายพานให้ล้อสายพานหมุนตาม สังเกตสายพานต้องไม่ลื่นไถล (Slip)
7. ตรวจสอบความถูกต้องของการประกอบ เสียบปลั๊กไฟของชุดสาธิตเข้ากับเต้าเสียบเตรียมพร้อม สำหรับการทดสอบการทำงานของชุดสาธิต

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชา ระบบกลไก** **รหัสวิชา 0922720107** **งานที่ 4**

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน :

1. ถอดชิ้นส่วนเครื่องกลออกจากชุดสาธิตการส่งกำลังทางกล (รายละเอียดระบุในใบข้อมูล (ปฏิบัติ))
2. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฟือง ล้อสายพาน จำนวนฟันเฟือง (รายละเอียดระบุในใบงาน)
3. คำนวณอัตราส่วนการส่งกำลัง และความเร็วรอบ (รายละเอียดระบุในใบงาน)
4. ประกอบชิ้นส่วนเครื่องกลเข้าชุดสาธิตการส่งกำลังทางกล (รายละเอียดระบุในใบข้อมูล (ปฏิบัติ))
5. ตรวจสอบความถูกต้องและทดสอบการทำงานของชุดสาธิตการส่งกำลังทางกล
6. บันทึกและวิจารณ์ผลการทดลอง

อุปกรณ์และเครื่องมือ:

1. ประแจหกเหลี่ยม 1 ชุด
2. ประแจปากตาย 1 ชุด
3. เครื่องวัดความเร็วรอบแบบพกพา 1 เครื่อง
4. เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ 1 ตัว

วัสดุ :

ไม่มี

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา ระบบกลไก** **รหัสวิชา 0922720107** **งานที่ 4**

<u>คำสั่ง</u> :

จงเติมข้อมูลลงในช่องว่างตามรายละเอียดที่ต้องการ (ค่าที่ได้จากการวัดอาจใช้ค่าโดยประมาณ ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณเมื่อเทียบกับการวัดด้วยเครื่องมือวัดจริงอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ แต่ควรมีค่าที่ใกล้เคียงกันโดยในที่นี้อนุญาตผิดพลาดได้ไม่เกิน $\pm$5%)

1. วัดจำนวนที่ใช้หาอัตราส่วนการส่งถ่ายกำลัง
   - ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสานพานหมายเลข ① = ... มม.
   - ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสานพานหมายเลข ④ = ... มม.
   - ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสานพานหมายเลข ⑤ = ... มม.
   - จำนวนฟันของเฟืองหมายเลข ⑥ = ... ฟัน
   - จำนวนฟันของเฟืองหมายเลข ⑦ = ... ฟัน
   - จำนวนฟันของเฟืองหมายเลข ⑧ = ... ฟัน
   - จำนวนฟันของเฟืองหมายเลข ⑨ = ... ฟัน
   - จำนวนฟันของเฟืองหมายเลข ⑩ = ... ฟัน
   - จำนวนฟันของเฟืองหมายเลข ⑪ = ... ฟัน
   - จำนวนฟันของเฟืองหมายเลข ⑫ = ... ฟัน
   - จำนวนฟันของเฟืองหมายเลข ⑬ = ... ฟัน
   - จำนวนฟันของเฟืองหมายเลข ⑭ = ... ฟัน
   - จำนวนฟันของเฟืองหมายเลข ⑮ = ... ฟัน
   - ความเร็วรอบของมอเตอร์ = ... รอบ/นาที

2. คำนวณอัตราส่วนการส่งกำลัง (อัตราทด)

   คำนวณอัตราทดจากสูตร (ความหมายแทนตัวแปรในสูตรให้ไว้ในใบข้อมูล (ทฤษฎี))

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

   - จุดทดสอบที่ 1 มีอัตราส่วนการส่งกำลัง = ... : .....
   - จุดทดสอบที่ 2 มีอัตราส่วนการส่งกำลัง = ... : .....
   - จุดทดสอบที่ 3 มีอัตราส่วนการส่งกำลัง = ... : .....

<u>ครุภัณฑ์/เครื่องมือ/วัสดุ/อุปกรณ์</u>

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา ระบบกลไก** **รหัสวิชา 0922720107** **งานที่ 4**

- จุดทดสอบที่ 4 มีอัตราส่วนการส่งกำลัง = ... : .....
  เมื่อคันโยกเปลี่ยนอัตราทดอยู่ในตำแหน่งที่ [1]
- จุดทดสอบที่ 4 มีอัตราส่วนการส่งกำลัง = ... : .....
  เมื่อคันโยกเปลี่ยนอัตราทดอยู่ในตำแหน่งที่ [2]
- จุดทดสอบที่ 4 มีอัตราส่วนการส่งกำลัง = ... : .....
  เมื่อคันโยกเปลี่ยนอัตราทดอยู่ในตำแหน่งที่ [3]
- จุดทดสอบที่ 5 มีอัตราส่วนการส่งกำลัง = ... : .....
- จุดทดสอบที่ 6 มีอัตราส่วนการส่งกำลัง = ... : .....

3. คำนวณความเร็วรอบจากอัตราส่วนการส่งกำลัง

   คำนวณความเร็วรอบจากสูตร (ความหมายแทนตัวแปรในสูตรให้ไว้ในใบข้อมูล (ทฤษฎี))

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

- ความเร็วรอบของล้อสายพานหมายเลข ① = ... รอบ/นาที
  (ได้จากการวัดเพื่อใช้เป็นค่าเริ่มต้น)
- ความเร็วรอบของล้อสายพานหมายเลข ④ = ... รอบ/นาที
- ความเร็วรอบของล้อสายพานหมายเลข ⑤ = ... รอบ/นาที
- ความเร็วรอบของเฟืองหมายเลข ⑦ = ... รอบ/นาที
- ความเร็วรอบของเฟืองหมายเลข ⑪ เมื่อคันโยกเปลี่ยนอัตราทดอยู่ในตำแหน่งที่ [1]
  = ... รอบ/นาที
- ความเร็วรอบของเฟืองหมายเลข ⑪ เมื่อคันโยกเปลี่ยนอัตราทดอยู่ในตำแหน่งที่ [2]
  = ... รอบ/นาที
- ความเร็วรอบของเฟืองหมายเลข ⑪ เมื่อคันโยกเปลี่ยนอัตราทดอยู่ในตำแหน่งที่ [3]
  = ... รอบ/นาที
- ความเร็วรอบของเฟืองหมายเลข ⑬ = ... รอบ/นาที
- ความเร็วรอบของเฟืองหมายเลข ⑭ = ... รอบ/นาที

<u>ครุภัณฑ์/เครื่องมือ/วัสดุ/อุปกรณ์</u>

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบงาน หัวข้อวิชา ระบบกลไก รหัสวิชา 0922720107 งานที่ 4

ความเร็วรอบจากการวัด

- ความเร็วรอบของล้อสายพานหมายเลข ④ = ... รอบ/นาที
- ความเร็วรอบของล้อสายพานหมายเลข ⑤ = ... รอบ/นาที
- ความเร็วรอบของเฟืองหมายเลข ⑦ = ... รอบ/นาที
- ความเร็วรอบของเฟืองหมายเลข ⑪ เมื่อคันโยกเปลี่ยนอัตราทดอยู่ในตำแหน่งที่ [1] = ... รอบ/นาที
- ความเร็วรอบของเฟืองหมายเลข ⑪ เมื่อคันโยกเปลี่ยนอัตราทดอยู่ในตำแหน่งที่ [2] = ... รอบ/นาที
- ความเร็วรอบของเฟืองหมายเลข ⑪ เมื่อคันโยกเปลี่ยนอัตราทดอยู่ในตำแหน่งที่ [3] = ... รอบ/นาที
- ความเร็วรอบของเฟืองหมายเลข ⑬ = ... รอบ/นาที
- ความเร็วรอบของเฟืองหมายเลข ⑭ = ... รอบ/นาที

4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ครุภัณฑ์/เครื่องมือ/วัสดุ/อุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบเตรียมการสอน** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5 / **เวลา 3 ชม.**

วัตถุประสงค์ :

1. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้เกี่ยวกับการควบคุมความเร็วมอเตอร์และการประยุกต์ใช้งาน
2. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถเลือกชนิดของอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน
3. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถบอกการปรับตั้งค่า Parameters ต่างๆเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้งานอย่างสูงสุด

วิธีการสอน :

บรรยายเชิงสาธิต ถาม-ตอบ

หัวข้อสำคัญ :

1. ความรู้เกี่ยวกับพื้นฐานอินเวอร์เตอร์
2. การบำรุงรักษาอินเวอร์เตอร์
3. โครงสร้างภายในมอเตอร์
4. การติดตั้งอินเวอร์เตอร์และข้อควรคำนึงด้านความปลอดภัยในการติดตั้งอินเวอร์เตอร์
5. การควบคุมอินเวอร์เตอร์

อุปกรณ์ช่วยฝึก :

ชุดทดลอง Inverter 3G3MX2

การมอบหมายงาน :

ใบทดสอบ

การวัดและประเมินผล :

ประเมินจากคะแนนการทำใบทดสอบ

หนังสืออ้างอิง : หนังสืออบรมการใช้งาน Inverter **3G3MX2**

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

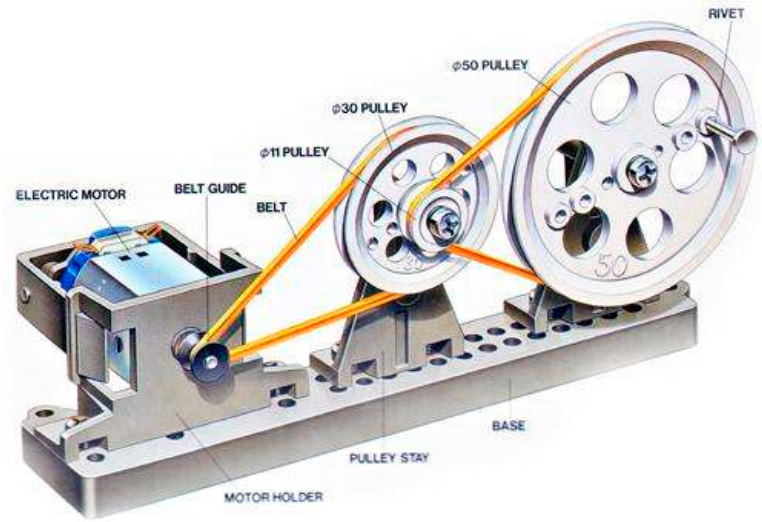
1.1 ความหมายของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ (Inverters)

อินเวอร์เตอร์ (Inverters) ในที่นี้หมายถึงการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ หรือ DC to AC Converter ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้อาจปรับหรือควบคุมขนาดของแรงดันไฟฟ้า และความถี่ได้ เพื่อใช้ในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของ 3-phase Squirrel-cage Induction motor

โดยทั่วไป วิธีการเพิ่มหรือลดความเร็วรอบของมอเตอร์ จะมีหลายแบบดังนี้

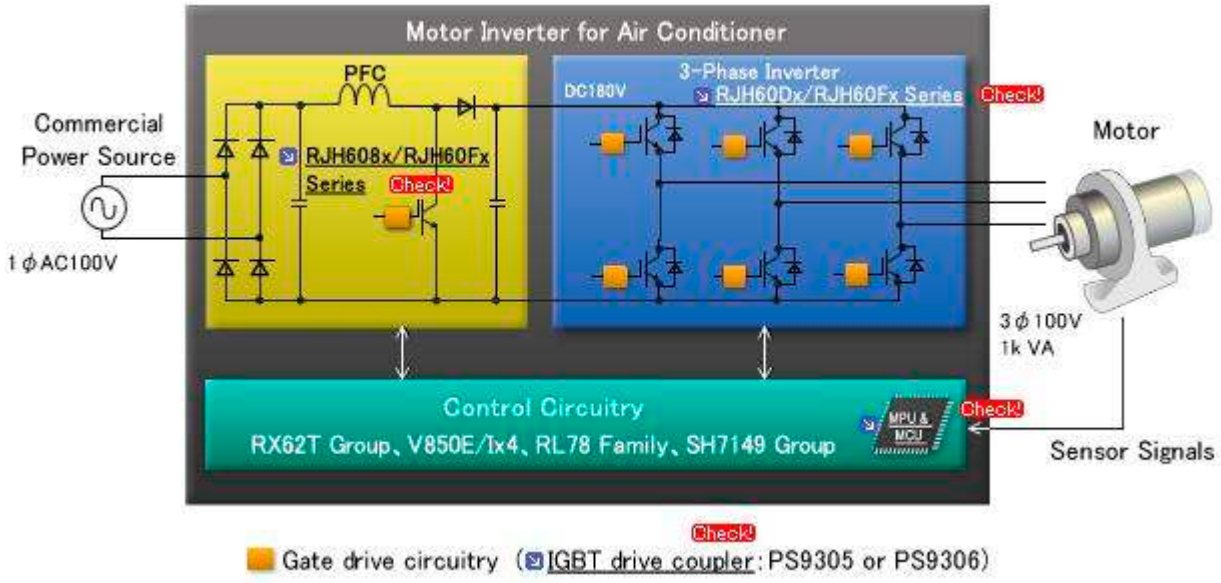
1. โดยใช้สายพานร่วมกับ PULLEY



2. โดยใช้เกียร์ทด หรือ มอเตอร์เกียร์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

3. โดยใช้อุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ อินเวอร์เตอร์



โดยผู้ผลิตอินเวอร์เตอร์ออกมานั้น ได้นำไปใช้ในระบบงานต่าง ๆ เช่น

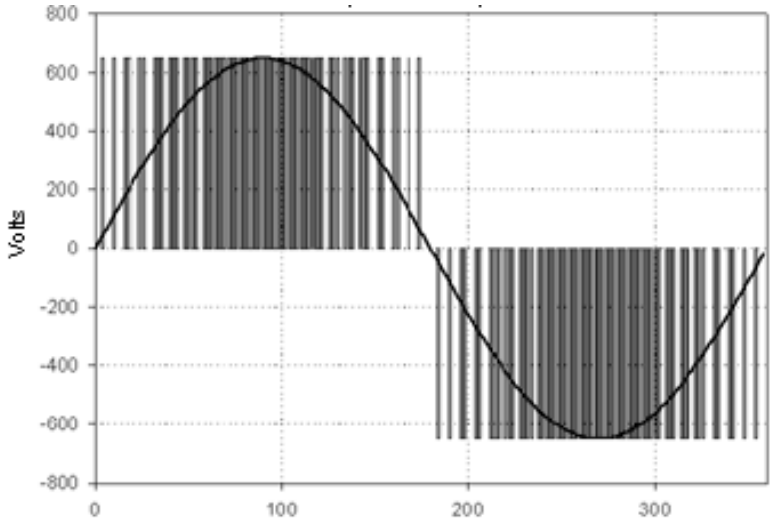
เช่นทำระบบ Close loop กับพัดลม หรือปั๊มน้ำ เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า สามารถควบคุมความเร็วใน Process ของระบบ ทำให้ระบบทำงานกึ่งอัตโนมัติ หรืออาจเป็นระบบอัตโนมัติได้ ใช้ควบคุมความเร็วของสายพานลำเลียงเพื่อควบคุมการป้อนวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย

1.2 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์จะแปลงไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าทั่วไปที่มีแรงดันและความถี่คงที่ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง DC โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) จากนั้นไฟกระแสตรงจะถูกแปลงเป็นไฟกระแสสลับที่สามารถปรับขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) วงจรทั้งสองนี้จะเป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่แปลงรูปคลื่นและผ่านพลังงานของอินเวอร์เตอร์

โดยทั่วไปแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับมีรูปคลื่นซายน์ แต่เอาท์พุตของอินเวอร์เตอร์จะมีรูปคลื่นแตกต่างจากรูปซายน์ นอกจากนั้นยังมีชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์และวงอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของ 3-phase Induction motor

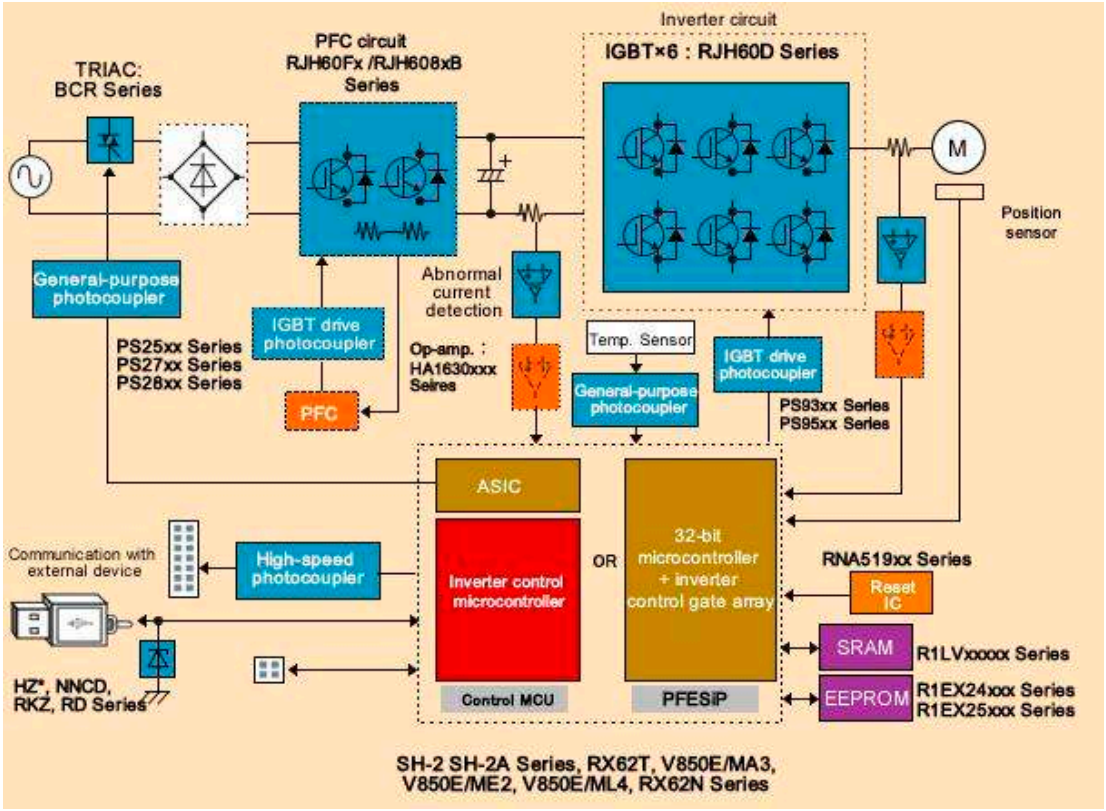
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5



1.3 โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์

1. ชุดคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟสลับจากแหล่งจ่ายไฟ AC. power supply (50 Hz) ให้เป็นไฟตรง (DC Voltage)
2. ชุดอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟตรง (DC Voltage) ให้เป็นไฟสลับ (AC Voltage) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ได้
3. ชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดคอนเวอร์เตอร์ และ ชุดอินเวอร์เตอร์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5



1.4 ผลที่ได้จากการใช้อินเวอร์เตอร์

- ใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำทั่วไปได้
- ติดตั้งง่าย ไม่กินพื้นที่
- ปรับเปลี่ยนความเร็วรอบได้สะดวกและง่าย
- กลับทิศการหมุนได้ง่าย
- ทำให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพสูงขึ้น
- ช่วยประหยัดพลังงาน
- SOFT START / SOFT STOP
- ทำงานได้โดยอัตโนมัติ
- การบำรุงรักษาน้อย

จะเห็นได้ว่าตัวแปรที่มีผลต่อความเร็วรอบของมอเตอร์คือ จำนวนขั้วแม่เหล็ก (P) และความถี่ (f,Hz) แต่การปรับจำนวนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์สามารถทำเพียงแค่เลือกว่าจะเอากี่ขั้ว หรืออาจจะมีขั้วแม่เหล็ก 2 ชุดในตัวเดียวกัน ทำให้สามารถเลือกความเร็วได้เพียง 2 ความเร็วเท่านั้น

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

ในปัจจุบันมอเตอร์ชนิดนี้ไม่เป็นที่นิยมนำมาใช้งาน เพราะประสิทธิภาพของ มอเตอร์จะต่ำ และราคาสูง การปรับความเร็วรอบไม่สามารถปรับความเร็วรอบได้ตามต้องการได้ ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดคือ การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์โดยวิธีการควบคุมความถี่ทางไฟฟ้า ซึ่งความเร็วรอบของมอเตอร์จะแปรผันตรงกับค่าความถี่ไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่มอเตอร์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

การบำรุงรักษาอินเวอร์เตอร์

ในการบำรุงรักษาอินเวอร์เตอร์ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ที่ต้องคอยตรวจสอบเป็นประจำ คือ

2.1 การรักษาความสะอาด

อินเวอร์เตอร์ ส่วนใหญ่จะใช้มาตรฐาน NEMA1 (มาตรฐานเกี่ยวกับการระบายอากาศด้านข้างสำหรับให้อากาศไหลเข้าออก) หรือ NEMA12 (มาตรฐานเกี่ยวกับการป้องกันฝุ่นละออง) มาตรฐานของ NEMA1 จะมีข้อเสียสำหรับฝุ่นละออง เนื่องจากฝุ่นละอองบนอุปกรณ์ อินเวอร์เตอร์จะทำให้อากาศไหลผ่านไม่สะดวก ทำให้ลดประสิทธิภาพการทำงานของแผ่นระบายความร้อน (heat sink) และพัดลมระบายความร้อน (circulating fan) รูปที่ 1 ฝุ่นที่เกิดขึ้นบนอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์สามารถทำให้เกิดการทำงานที่ผิดพลาดได้ ซึ่งฝุ่นจะดูดซับความชื้นซึ่งจะส่งเสริมให้เกิดความเสียหายได้ด้วย

รูป 1 แสดงผงฝุ่นที่ถูกพัดลมเป่าเข้าไปในอินเวอร์เตอร์

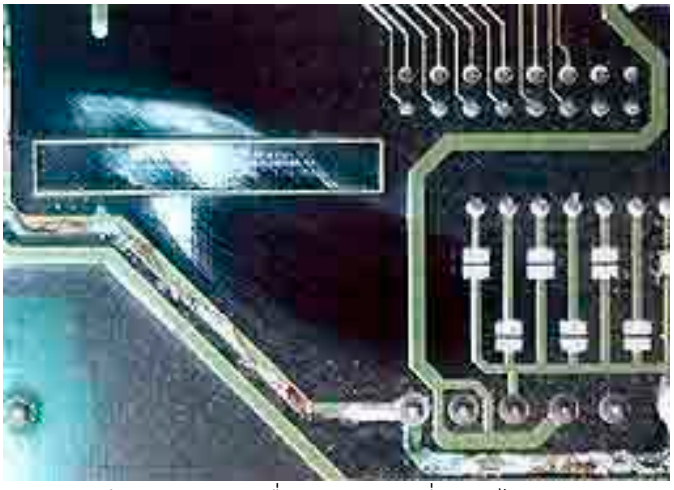
- การสเปรย์อากาศผ่านแผ่นระบายความร้อนของพัดลมเป็นมาตรการการบำรุงรักษาการป้องกันที่ดี การปล่อยอากาศที่อัดความดันเข้าไปในอินเวอร์เตอร์ ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้ได้กับสภาพแวดล้อมบางอย่าง แต่อากาศที่อยู่ภายในโรงงานจะประกอบด้วยน้ำมันและน้ำ

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

- ในการใช้อากาศอัดความดันสำหรับการระบายความร้อน เราต้องใช้อากาศซึ่งปราศจากน้ำมันและแห้ง หรือบางครั้งอาจทำให้มันเกิดอันตรายมากกว่าการทำให้เกิดผลดี ซึ่งต้องการแหล่งจ่ายอากาศที่พิเศษ และยังคงมีความเสี่ยงกับการเกิดประจุไฟฟ้าสถิต การสเปรย์ที่ไม่เกิดไฟฟ้าสถิตหรือ Reverse operated ESD vacuum จะลดการสะสมประจุไฟฟ้าสถิต

2.2 ทราบการตรวจสอบความชื้น

ในการติดตั้งอินเวอร์เตอร์นั้นต้องติดตั้งบนผนังที่สะอาด และแห้ง เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นและละอองไอน้ำจากความชื้นเข้าไปทำความเสียหายส่วนต่างๆที่อยู่ภายในของอินเวอร์เตอร์ได้ ซึ่งจะทำให้แผ่นวงจรเกิดการผุกร่อนเสียหายได้ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2



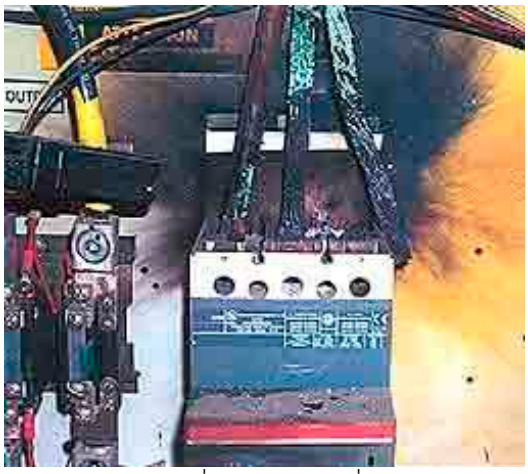
รูป 2 แสดงความเสียหายของจุดเชื่อมต่ออินพุตที่หลวมไม่แน่นของอินเวอร์เตอร์

ในการป้องกันหยดน้ำจากการควบแน่นของไอน้ำนั้น สามารถใช้ความร้อนที่แผ่รังสีออกมาจากแผ่นระบายความร้อน (Heat sink) มาเป็นตัวป้องกัน แต่ถ้าอินเวอร์เตอร์นั้นไม่ได้ใช้งานตลอดทั้งวันและติดตั้งอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีการควบแน่นของไอน้ำเกิดขึ้น สามารถใช้มาตรฐาน NEMA12 ซึ่งเป็นมาตรฐานเกี่ยวกับกล่องใส่อุปกรณ์และตัวทำความร้อนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ มาเป็นมาตรฐานในการกำหนดการป้องกันของอินเวอร์เตอร์ได้

2.3 การตรวจสอบจุดต่อต่างๆ

ตรวจสอบรอยต่อให้แน่น วัฏจักรความร้อนและความสั่นสะเทือนทางกลที่เกิดขึ้น สามารถทำให้จุดเชื่อมต่อต่างๆ อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าระดับมาตรฐานที่กำหนดในการบำรุงรักษา ซึ่งการเชื่อมต่อที่ไม่ดีจะทำให้เกิดการอาร์ค การเกิดอาร์คที่อินพุตของอินเวอร์เตอร์ จะทำให้เกิดแรงดันเกิน ซึ่งจะทำให้ฟิวส์ขาดและอุปกรณ์ป้องกันเสียหายได้ การเกิดอาร์คที่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จะทำให้เกิด กระแสเกินหรืออันตรายที่อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับกำลังไฟฟ้า

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5



รูป 3 แสดงความเสียหายของจุดเชื่อมต่ออินพุตที่หลวมไม่แน่นของอินเวอร์เตอร์

2.4 ทราบการตรวจสอบตัวเก็บประจุในอินเวอร์เตอร์

การตรวจสอบตัวเก็บประจุ ต่อมาทำการตรวจสอบตัวเก็บประจุที่ใช้กับบัสแรงดันกระแสตรง ว่ามีการโป่งและมีสารละลายใดๆ รั่วซึมหรือเปล่า ซึ่งทั้งสองกรณีนี้สามารถสังเกตได้จากส่วนประกอบต่างๆซึ่งมีความเครียดทางไฟฟ้าเกิดขึ้นและกา รนำส่วนประกอบต่างๆไปใช้ผิดวิธี และในขณะเดียวกันการวัดแรงดัน ขณะใช้งานอินเวอร์เตอร์ การขึ้นๆลงๆในการวัดแรงดันกระแสตรงที่บัสสามารถแสดงถึงการเสื่อมสภาพของตัวเก็บประจุ ซึ่งหน้าที่อย่างหนึ่งของตัวเก็บประจุคือ ทำหน้าที่เป็นตัวกรองกระแสที่ออกมาจากวงจรเรกติไฟเออร์ให้เรียบ แรงดันกระแสสลับที่ผิดปกติที่เกิดบนบัสของแรงดันกระแสตรงเป็นตัวบอกว่าตัวเก็บประจุมีปัญหาเกิดขึ้น

รูป 4 แสดงความเสียหายของตัวเก็บประจุของอินเวอร์เตอร์ ที่ทนแรงดันเกินพิกัด

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

ส่วนอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้สำหรับการสำรองอุปกรณ์ของอินเวอร์เตอร์ เราจะต้องเก็บให้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่สะอาดและแห้ง ไม่มีไอน้ำ และจะต้องทำการบำรุงรักษาการป้องกันอุปกรณ์ทั้งหมด เพื่อให้มีสภาพพร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะตัวเก็บประจุจะต้องทำการทดสอบทุกๆ 6 เดือน เพื่อรักษาตัวเก็บประจุไฟฟ้าให้มีความสามารถในการทำงานสูงสุด มิฉะนั้นความสามารถในการชาร์จประจุของมันจะลดลง และพึงระลึกอยู่เสมอว่า อย่าใช้งานมอเตอร์และอินเวอร์เตอร์เกินพิกัดของมัน

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

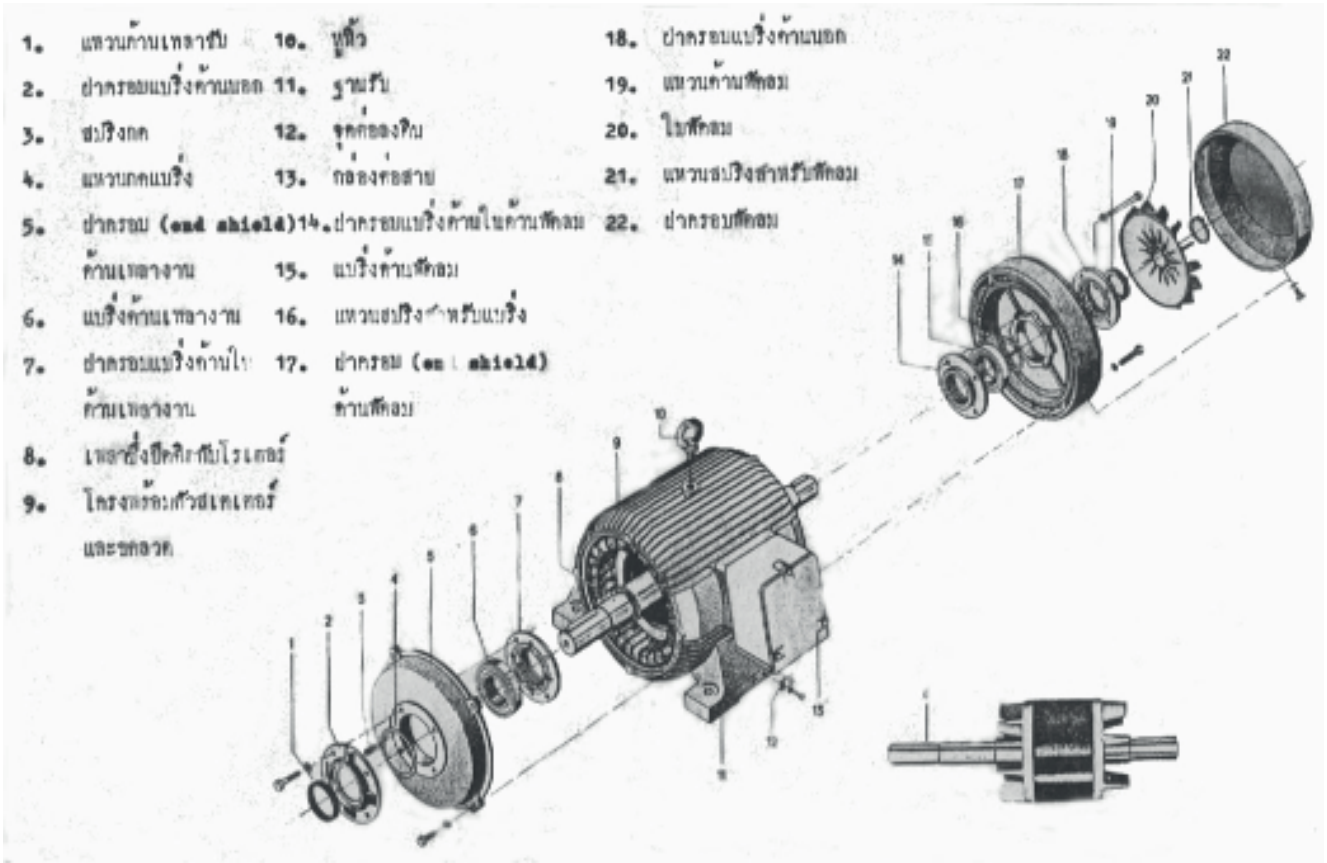
3.1 โครงสร้างภายในมอเตอร์

อินดักชั่นมอเตอร์สามเฟส (Three phase motors)

มอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่นิยมใช้มากโดยเฉพาะกำลังแรงม้าสูง ๆ มี คุณสมบัติพิเศษที่ให้ความเร็วคงที่ และมีการออกแบบให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน เช่นมีแรงบิดเริ่มต้น (Starting torque) สูง มีกระแสเริ่มต้นหมุน (Starting current) ต่ำ ใช้ได้กับแรงดันไฟฟ้า และความถี่ทุก ๆ มาตรฐาน หรือใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ สองระดับ เป็นต้น

โครสร้างมอเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel cage rotor)

โครงสร้างและส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสแบบโรเตอร์กรง กระรอก มีส่วนประกอบบตามรูป



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

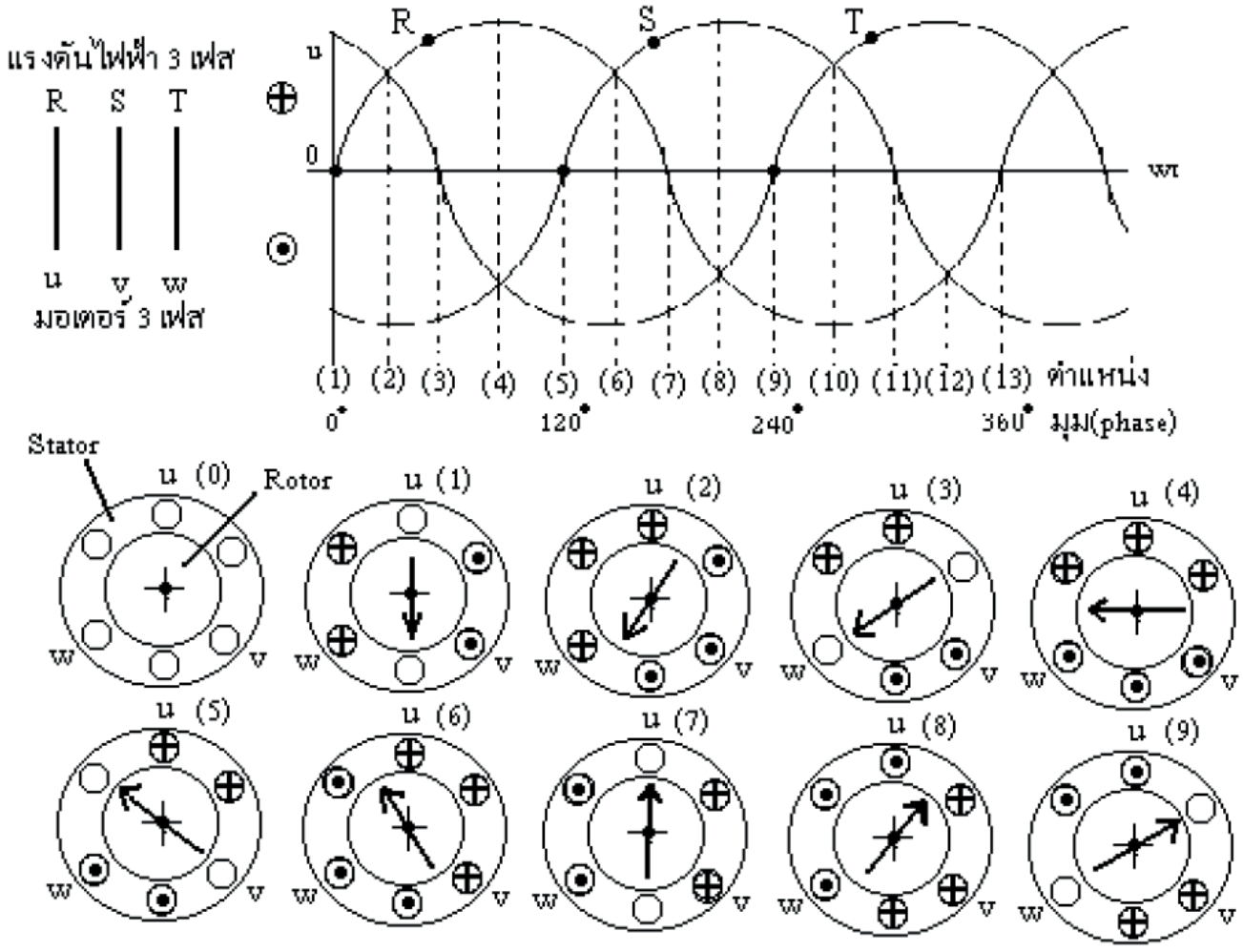
จากรูป ส่วนอยู่กับที่ (Stator) ทำจากเหล็กแผ่นบางที่อัดกัน (Laminated sheet steel) โดย ปกติแผ่นเหล็กมีความหนา 0.35 – 0.5 มม. และแผ่นเหล็กแต่ละแผ่นจะฉาบด้วยน้ำยาวานิช หรือออกไซด์ บนแกนนี้จะมีขดลวด 3 ชุด พันวางอยู่ในร่องรอบแกนจัดวางตำแหน่งต่างกัน 120 องศา ทางไฟฟ้าแล้ว ต่อปลายสายออกมา 6 ปลายด้วยกัน เพื่อเลือกต่อใช้งานเป็นแบบสตาร์ (Star) หรือเดลต้า(Delta)

ส่วนหมุน(Rotor) เป็นแบบขดลวดที่อยู่บนส่วนหมุนแต่เดิมเป็นแท่งทองแดง เส้นโต และปลายทั้งสองเชื่อมติดกันด้วยวงแหวนทองแดง ในปัจจุบันนิยมใช้อลูมิเนียมแทนทองแดง มอเตอร์แบบนี้เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า สควีเรลเคจอินดักชั่นมอเตอร์ (Squirrel cage motor)

3.2 หลักการทำงานของอินดักชั่นมอเตอร์สามเฟสแบบกรงกระรอก

มอเตอร์แบบนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวไฟฟ้าและแม่เหล็ก โดยเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าส่วนอยู่กับที่ (Stator) ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนที่ส่วนหมุนด้วยความเร็วซิงโคนัส (Synchronous speed) สนามแม่เหล็กนี้จะไปตัดกับตัวนำบนตัวส่วนหมุน(Rotor) เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่วนำขึ้นที่ตัวนำ โดยทิศทางของกระแสไฟฟ้าจะเป็นไปตามกฎของเลนซ์ คือ จะพยามสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาต้านกับสนามแม่หล็ก เป็นผลให้เกิดแรงบิด (Torque) ทำให้ส่วนหมุน เกิดการหมุนไปได้ โดย ทิศทางการหมุนไปในทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กหมุนที่เกิดบนส่วนอยู่กับที่ และจะพยามหมุนให้ได้ความเร็วทันกับสนามแม่เหล็กหมุนนี้

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5



จากรูป เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส ให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสโดยต่อเฟส R ให้กับขั้ว u เฟส S ให้กับขั้ว v เฟส T ให้กับขั้ว w เมื่อพิจารณาทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวดต่าง ๆ และสนามแม่เหล็กรวมที่เกิดจากแรงดันไฟฟ้า-กระแสไฟฟ้าไขดลวด ณ .ตำแหน่งต่าง ๆ (1 , 2 , 3 , ...) จะเห็นว่าสนามเหล็กรวมจะค่อย ๆ หนุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

3.3 การตรวจเช็คมอเตอร์ และการบำรุงรักษา

สาเหตุและลักษณะความผิดปกติที่เกิดขึ้น หรือกำลังจะเกิดขึ้น ที่สามารถตรวจวิเคราะห์ จากความสั่นสะเทือน อุณหภูมิ กระแสไฟฟ้าและเส้นแรงแม่เหล็ก รวมถึงกระแสเหนี่ยวนำที่แกนเพลา ในขณะที่มอเตอร์นั้นๆ ยังทำงานได้อยู่

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

โรเตอร์คดเนื่องจากอุณหภูมิ (Rotor Thermal Bow)

ในการออกแบบมอเตอร์ ผู้ผลิตมักลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโรเตอร์ลงและเพิ่มความยาวให้มากขึ้นเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของมอเตอร์ เมื่อโรเตอร์ยาวขึ้นความร้อนที่เกิดขึ้นจากการทำงานซึ่งแปรผันตามโหลดอาจทำให้แกนเหล็กโรเตอร์และสเตเตอร์มีโอกาสคดงอได้

นอกจากออกแบบแล้ว การใช้งานก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้โรเตอร์คดงอได้ เช่นจากการสตาร์ทมอเตอร์ภายใต้ภาวะโหลดหนักอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งตัวนำโรเตอร์ที่อยู่ภายใต้ขั้วแม่เหล็กจะมีกระแสไหลผ่านจำนวนมากจะเกิดความร้อนสูงกว่าตัวนำอื่นๆ ความร้อนที่ไม่สม่ำเสมอบนโรเตอร์นี้ที่ทำให้โร เตอร์โก่งหรือคด นำไปสู่ภาวะไม่สมดุลทางกล (1x) ซึ่งเมื่อมอเตอร์เย็นตัวปัญหานี้จะหายไป

ช่องอากาศไม่สมมาตร (Uneven Air Gap)

ช่องอากาศ (Air gap) คือช่องว่างระหว่างผิวด้านในสเตเตอร์ถึงผิวโรเตอร์ ซึ่งในการออกแบบมอเตอร์ ผู้ผลิตพยายามออกแบบให้ช่องอากาศมีความสมมาตรหรือสม่ำเสมอตลอดเส้นรอบวงของโรเตอร์ มอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดใหญ่จะมีค่าความไม่สมมาตรอยู่ที่ 5-10%

สเตเตอร์หลวมคลอน (Loose Stator Core/Laminations)

การเผาขดลวดเพื่อรื้อขดลวดมาพันใหม่ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ อาจทำให้ แผ่นโลหะบาง Laminate ที่ประกอบเป็นแกนเหล็กสเตเตอร์เกิดการผิดรูปไป หรืออาจทำให้ฉนวนเคลือบแผ่น Laminate ชำรุดเสียหาย หรือการนำเอาขดลวดที่เผาออกจากร่องสล็อตที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้ร่องสล็อตบิดหรือแยกออก และการเผาอาจทำให้โครงเหล็กสเตเตอร์บิดและขยายตัว กระแสไหลวน (Eddy current) ที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำบนแผ่นlaminateที่วางชิดกันอาจลัดวงจรหากัน เกิดประกายไฟและความร้อนขึ้น การผิดรูปของแกนเหล็กจะทำให้เกิดปัญหาช่องอากาศไม่สมมาตรตามมา

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

โรเตอร์หลวมคลอน (Loose Rotor)

การเปลี่ยนแปลงโหลดหรือแรงดันไฟฟ้าอย่างฉับพลันทำให้โรเตอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้นและขยายตัว (กระแสเพิ่มขึ้นฉับพลัน) บางครั้งโรเตอร์ก็อาจคลอนไปมาบนเพลาได้ เกิดการสั่นสะเทือนความถี่ 1x และฮาร์โมนิกส์ขึ้น ซึ่งมักเกิดขึ้นในช่วงที่อุณหภูมิเปลี่ยน โรเตอร์ไม่สมมาตร (Eccentric Rotor)

กรณีรูปทรงของโรเตอร์ไม่สมมาตร จะเกิดแรงไม่สมดุลทางแม่เหล็กที่เรียกว่า Pole pas frequency: FP ปรากฏเป็น side band อยู่รอบๆความถี่ 1x โดย

ขดลวดหลวมคลอน (Loose Windings)

กรณีถ้าขดลวดบนสเตเตอร์เกิดหลวมเล็กน้อย จะทำให้เกิดความถี่สั่นสะเทือนที่ 100Hz รุนแรงมากขึ้น ยิ่งทำให้เกิดปัญหาการแตกหลุดของฉนวนของขดลวด ซึ่งนำไปสู่การลัดวงจรของขดลวด การลัดวงจรลงกราวน์และสเตเตอร์เสียหายในที่สุด

ปัญหาตัวนำโรเตอร์ (Rotor bar Problems)

การเสียหายหลักของมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดใหญ่ คือการร้าว (Crack) ซึ่งผลที่ตามมาคือความร้อนและการแตกหักของตัวนำที่โรเตอร์ โดยเฉพาะมอเตอร์ที่สตาร์ทในขณะมีโหลดบ่อยครั้ง การสตาร์ทมอเตอร์แต่ละครั้งจะก่อให้เกิดความเครียดบนตัวนำโรเตอร์ เนื่องจากมีกระแสไหลผ่านตัวมันสูงสุดในขณะที่มอเตอร์เริ่มเดินต่ำกว่าความเร็วซิงโครนัส กระแสที่ไหลผ่านตัวนำจำนวนมากก่อให้เกิดความร้อนและการขยายตัวของตัวนำโรเตอร์ ซึ่งทำให้ความต้านทานไฟฟ้าในแต่ละตัวนำแตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดความร้อนไม่เท่ากันและการขยายตัวที่ไม่เท่ากัน นำไปสู่การแตกร้าวของจุดต่อที่เชื่อมระหว่างตัวนำและแหวนลัดวงจรด้านหัวและท้ายของโรเตอร์

ในระบบควบคุมความเร็วอิเล็กทรอนิกส์สำหรับมอเตอร์กระแสตรงขนาดใหญ่ที่มักใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เรียกว่า Silicon Controlled Rectifiers (SCRs) ในการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Rectifier) ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวจะสร้างแรงดันกระแสตรงที่มีการระรอก (Ripple) ที่มีความถี่ 3เท่า (Half wave) และ 6เท่าของความถี่ไฟฟ้า (Full wave) ตามลักษณะวงจร เมื่อกระแสไฟฟ้าเหล่านี้ป้อนเข้าสู่มอเตอร์จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนที่ความถี่ดังกล่าว

การวิเคราะห์อุณหภูมิ (Thermal Analysis)

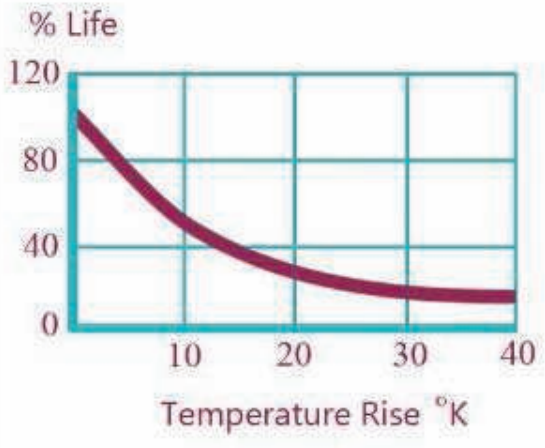
การใช้งานมอเตอร์ที่มีความร้อนสูงเป็นเวลานาน ทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์ลดลง ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเพิ่ม (Temperature rise) ที่ยอมรับได้ของฉนวนขดลวดและอุณหภูมิของแบริ่ง เนื่องจากค่าอุณหภูมิเพิ่มทุก 10องศา จะทำให้อายุการใช้งานของฉนวนลดลงครึ่งหนึ่ง และความร้อนสูงยังส่งผลกับความหนืด (Viscosity) ของสารหล่อลื่นในแบริ่ง อาจทำให้แบริ่งเสียหายจากการขาดสารหล่อลื่นได้เร็วขึ้น ดังนั้นการวัดอุณหภูมิเพื่อป้องกันการใช้งานมอเตอร์ขณะเกิดความร้อนสูงเป็นเวลานานเป็นสิ่งที่ควรกระทำ

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

ตามมาตรฐาน IEC 85 ได้แบ่งฉนวนออกเป็นคลาส ดังตัวอย่างในตารางที่1

คลาส	อุณหภูมิสูงสุดที่ทนได้ของฉนวน (°C)	อุณหภูมิห้องสูงสุด (°C)	อุณหภูมิเพิ่มสูงสุดที่ยอมรับได้ (°K)	ค่าเผื่อทางอุณหภูมิ (°C)
Class A	105	40	60	5
Class B	130	40	80	10
Class E	120	40	75	5
Class F	155	40	105	10
Class H	180	40	125	15

ตารางที่1 คลาสของฉนวนตาม IEC 85



ค่าเผื่อทางอุณหภูมิ เป็นค่าที่เผื่อไว้ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยของขดลวดและอุณหภูมิ ณ จุดร้อนที่สุด (Hottest point) โดย อุณหภูมิเพิ่มสูงสุดที่ยอมรับได้ = อุณหภูมิสุงสุด – อุณหภูมิห้องสูงสุด – ค่าเผื่อ

อุณหภูมิเพิ่มทุก10องศา คิดจากอุณหภูมิห้องสูงสุด 40องศา ทำให้อายุของฉนวนลดลงประมาณครึ่งหนึ่ง โดยอายุการใช้งานของฉนวนสัมพันธ์กับอุณหภูมิเพิ่มดังรูป

การวัดอุณหภูมิแบบเปรียบเทียบแนวโน้ม(Trending) เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็วในการประเมินสภาพความร้อนสูงเกิน (Over heat) ในมอเตอร์ สาเหตุหลักของความร้อนสูงเกิน เกิดจากการใช้งานเกินพิกัด แบริ่งยึดติดและการเยื้องศูนย์ (Misalignment) นอกจากนี้ความผิดปกติอื่นๆที่อาจก่อให้เกิดความร้อนสูงเกินได้คือการระบายความร้อนที่จำกัด อุณหภูมิบรรยากาศโดยรอบสูง อัตราการใช้งาน (Duty cycle) ที่มากเกินไป และแหล่งจ่ายไฟผิดปกติ เช่น แรงดันตก เกินหรือไม่สมดุล

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

4.1 ความสำคัญด้านความปลอดภัย

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) หรือไดรฟ์ (Drive) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ในการปรับความเร็ว หรือใช้งานร่วมกับระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งมีใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม การติดตั้งอินเวอร์เตอร์ที่ไม่ถูกต้องอาจทำให้อินเวอร์เตอร์เกิดความเสียหาย ทำงานได้ไม่เ ต็มประสิทธิภาพ หรืออาจเป็นต้นเหตุของเพลิงไหม้ได้ และการติดตั้งที่ไม่คำนึงผลกระทบของการแพร่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ตามมาตรฐานความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro-Magnetic Compatible: EMC) อาจทำให้อุปกรณ์อื่นที่มีความไวต่อสนามแม่เหล็กทำงานผิดพลาดได้ นอกจากนี้ เมื่อเกิดความเสียหายขึ้น อาจหาสาเหตุที่แท้จริงไม่ได้ ทำให้เกิดความเสียหายซ้ำ ๆ ตามมา ดังนั้น การติดตั้งอินเวอร์เตอร์อย่างถูกต้องจะส่งผลให้มีความปลอดภัยทั้งต่อผู้ใช้งาน อุปกรณ์ และทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ผู้ผลิตออกแบบไว้

4.2 ข้อควรคำนึงด้านความปลอดภัยในการติดตั้งอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ ที่ใช้แรงดัน และกระแสไฟฟ้าที่มีค่าสูง เพื่อความปลอดภัยของผู้ทำการติดตั้ง ผู้ใช้งาน และอินเวอร์เตอร์ ดังนั้นควรทำความเข้าใจถึงความปลอดภัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ข้อความสำคัญด้านความปลอดภัย

* คำเตือน (Warning) เป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการป้องกันอันตรายที่ไม่ควรให้เกิดขึ้น หรือควรหลีกเลี่ยง ถ้าไม่ปฏิบัติตามอาจเกิดอันตรายต่อชีวิต หรือเกิดความเสียหายที่รุนแรงได้
* ข้อควรระวัง (Caution) เป็นข้อมูลที่มีความจำเป็นสำหรับความเสี่ยงต่อความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ หรืออุปกรณ์ประกอบ ที่ควรหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้น
* โน้ต (Note) เป็นข้อมูลที่จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ทำงานได้อย่างถูกต้อง หรือดีที่สุด

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

ความปลอดภัยด้านไฟฟ้า และคำเตือนทั่วไป

แรงดัน และกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในอินเวอร์เตอร์ สามารถทำให้เกิดการลุกไหม้ หรือเกิดอันตรายต่อชีวิตได้ ดังนั้นต้องให้ความระมัดระวังเป็นพิเศษตลอดเวลาในการทำงาน หรือเมื่ออยู่ใกล้กับอินเวอร์เตอร์ ดังนั้นจะต้องมีการติดตั้งเครื่องหมายเตือนอันตราย ในจุดที่เห็นได้ชัดเจน และควรติดตั้งอินเวอร์เตอร์ภายใต้คำแนะนำ และเงื่อนไขตามที่ผู้ผลิตชี้แจงในคู่มือการติดตั้งโดยเคร่งครัด

4.3 การติดตั้งอินเวอร์เตอร์

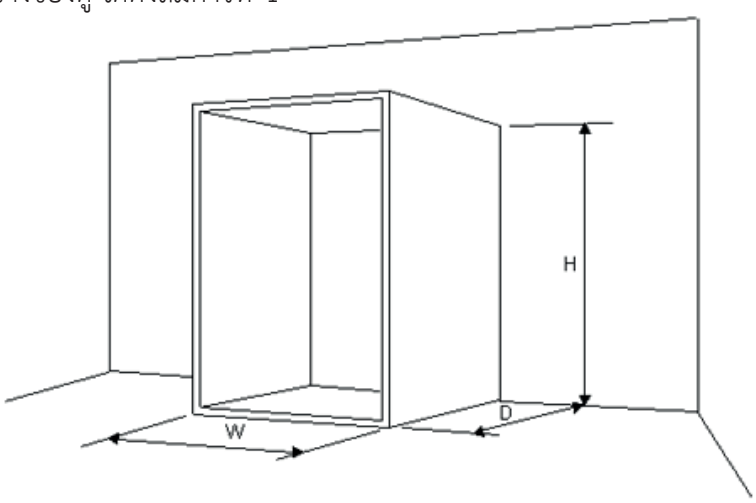
การวางแผนการติดตั้งอินเวอร์เตอร์มีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงหลายประการ ในที่นี้จะทำการอธิบายเป็นขั้น ๆ ซึ่งในบางขั้นตอนจะมีข้อมูลที่สำคัญ ควรทำการบันทึก เพื่อเป็นข้อมูลในอนาคตด้วย

การคำนวณขนาดของตู้แบบปิดที่ใช้สำหรับติดตั้งอินเวอร์เตอร์

ขนาดของตู้มีผลต่อความร้อน หรืออุณหภูมิสภาพแวดล้อมภายในตู้ที่ทำการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ โดยกำลังไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดความร้อนจะเกิดจากอุปกรณ์ต่าง ๆ คือ อินเวอร์เตอร์ ตัวกรอง RFI และอุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดความร้อนอื่น ๆ เช่น ตัวต้านทานเบรก แหล่งจ่ายสวิตชิ่ง หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น

1. การคำนวณขนาดตู้แบบปิดที่มีการซีล

การแปลงค่าความร้อนที่ถูกกำเนิดขึ้นในตู้แบบปิดไปสู่ค่าอุณหภูมิของอากาศที่กระจายภายในตู้ โดยการแพร่ความร้อนตามธรรมชาติ หรือการใช้การหมุนวนของอากาศ ภายในตู้ จะทำการคิดเฉพาะพื้นที่ของผนังของตู้ที่ไม่ถูกกีดขวาง (Unobstructed) โดยเป็นผนังตู้แบบปิดในส่วนที่ไม่สัมผัสกับผนัง และพื้น ดังแสดงดังรูปด้านล่าง และทำการหาค่าพื้นที่ต่ำสุดของผนังที่ไม่ถูกกีดขวางของตู้ ได้ดังสมการที่ 1



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

$$A_e = \frac{P}{k(T_{\text{int}} - T_{ext})}$$

เมื่อ

A_e คือ พื้นที่ของผนังที่ไม่ถูกกีดขวางของตู้ในหน่วย m^2 ($1\ m^2 = 10.8\ ft^2$)

T_{ext} คือ อุณหภูมิสูงสุดของสภาพแวดล้อมภายนอกตู้ในหน่วย $^{\circ}C$

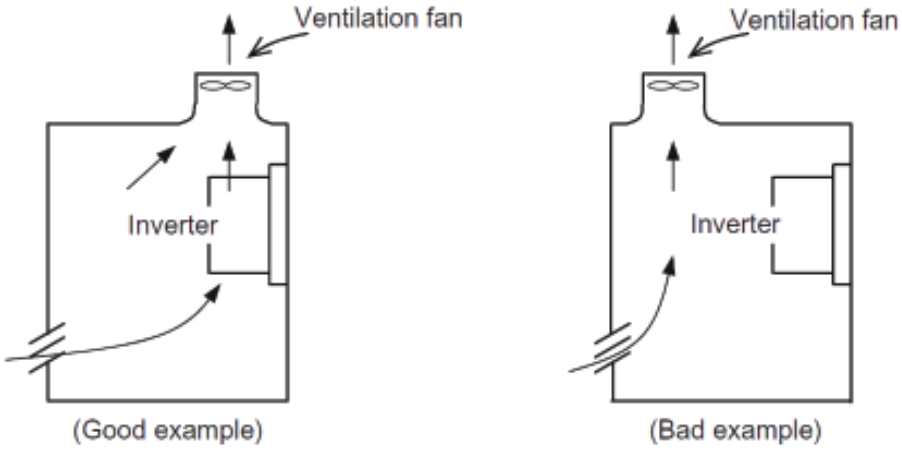
T_{int} คือ อุณหภูมิสูงสุดของสภาพแวดล้อมภายในตู้ในหน่วย $^{\circ}C$

P คือ กำลังไฟฟ้าที่ถูกเผาผลาญเป็นความร้อนของอุปกรณ์ทั้งหมดที่ติดตั้งในตู้ในหน่วย W

k คือ ค่าสัมประสิทธิในการส่งผ่านความร้อนของวัสดุที่ใช้ทำผนังตู้ในหน่วย $W/m^2/^{\circ}C$

4.4 การติดตั้งพัดลมระบายความร้อนในตู้ควบคุม

ในกรณีที่มีพื้นที่ในการติดตั้งตู้ที่จำกัด ทำให้ขนาดของตู้มีความพอดีกับอุปกรณ์ที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ การใช้พัดลมช่วยในการระบายความร้อน เพื่อไม่ให้อุณหภูมิสภาพแวดล้อมภายในตู้มีค่าสูงเกินค่าพิกัดที่อินเวอร์เตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นทนได้ อัตราการไหลต่ำสุดของลมในเชิงปริมาตร จะหาได้จากสมการที่ 2



เมื่อ

V คือ อัตราการไหลของลมในหน่วย m3/hr

k_d คือ อัตราส่วนของความกดดันอากาศที่ค่าระดับน้ำทะเลภายนอกตู้ ต่อความกดดันอากาศของจุดที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ภายในตู้ โดยทั่วไป จะมีค่าประมาณ 1.2 ถึง 1.3 สำหรับการลดลงของแรงดันลม เนื่องจากความสกปรกของแผ่นกรองฝุ่นละอองโดยควรออกแบบให้เส้นทางไหลของอากาศไหลผ่านตัวอินเวอร์เตอร์ด้วย

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

ตัวอย่างที่ 2 ให้คำนวณอัตราการไหลของลมที่ใช้สำหรับการระบายความร้อนจากภายในตู้ออกสู่ภาย นอกตู้ ที่มีข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้ ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส พิกัดกำลัง 15 kW 400 V จำนวน 3 ตัว ทำงานที่ความถี่สวิตช์ PWM 6 kHz ติดตั้งตัวกรอง RFI ตัวต้านทานเบรกถูกติดตั้งภายนอกตู้ อุณหภูมิสูงสุดของสภาพแวดล้อมภายนอกตู้มีค่า 30 $^{\circ}$C อุณหภูมิสูงสุดของสภาพแวดล้อมภายในตู้มีค่า 40 $^{\circ}$C

วิธีทำ จากขั้นตอนที่ 4 ของการวางแผนติดตั้งอินเวอร์เตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเผาผลาญความร้อนของอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส พิกัดกำลัง 15 kW ความถี่สวิตช์ PWM 6 kHz จากตารางที่ 7 มีค่ากำลังไฟฟ้า 670 W

จากขั้นตอนที่ 5 ของการวางแผนติดตั้งอินเวอร์เตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเผาผลาญความร้อนของตัวกรอง RFI ที่ติดตั้งสำหรับอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส พิกัดกำลัง 15 kW จากตารางที่ 8 มีค่ากำลังไฟฟ้า 60 W (max)

ดังนั้น จะมีข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลของลมในการระบายความร้อนของตู้ ดังนี้

$$T\,\text{int} = 40^{\circ}C$$
$$Text = 30^{\circ}C$$
$$k_d = 1.3$$
$$P = 3 \times (670 + 60)$$

หาอัตราการไหลต่ำสุดของลมที่ใช้ในการระบายความร้อนของตู้แบบปิด

$$v = \frac{3 \times 1.3 \times 2190}{40 - 30} = 845\ m^3 / hr$$

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

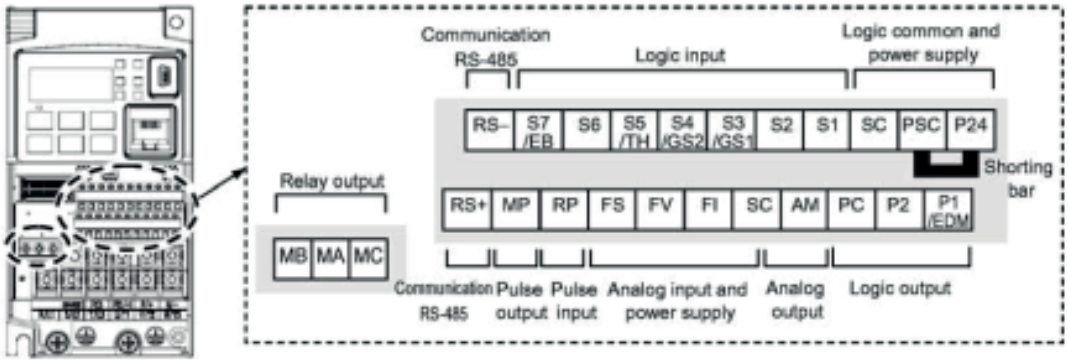
5. การควบคุมอินเวอร์เตอร์
การควบคุมอินเวอร์เตอร์

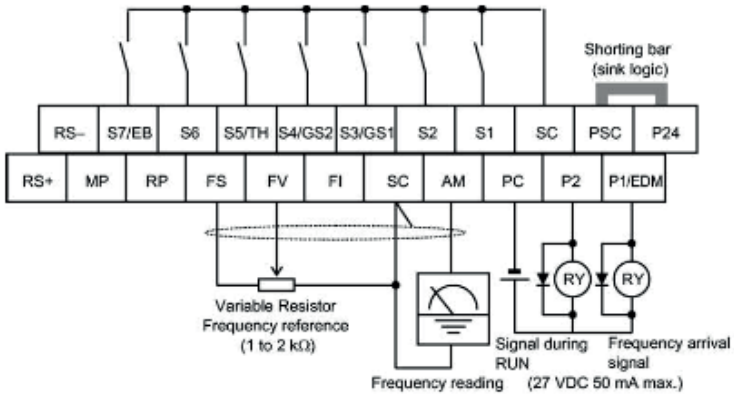
5.1 การตั้งค่าการทำงานอินเวอร์เตอร์
การตั้งค่าการทำงานอินเวอร์เตอร์จะเป็นการตั้งค่าในการควบคุมอินเวอร์เตอร์โดยใช้สัญญาณแอนนาล็อกและดิจิตอล

5.2 การตั้งค่าการใช้งานอินพุตและเอาท์พุตของอินเวอร์เตอร์

ขั้วต่ออินเวอร์เตอร์รุ่น 3G3MX2

- ขั้วต่อ RS- และ RS+ เป็นขั้วต่อพอร์ต RS-485 เพื่อใช้ในการส่งและรับข้อมูลระยะไกล
- Logic input เป็นขั้วต่อเพื่อใช้ในงานควบคุมแบบดิจิตอล
- Logic common and power supply ตั้งค่าอินพุตว่าจะใช้เป็นแบบ Sinking หรือ Sourcing
- Analog input and power supply เป็นอินพุตขณะของการควบคุมด้วย Analog





	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

5.3 การตั้งค่าการใช้งานด้วยอนาลอคของอินเวอร์เตอร์
อินเวอร์เตอร์มี 2 ชนิดภายนอกอาคารอนาลอค

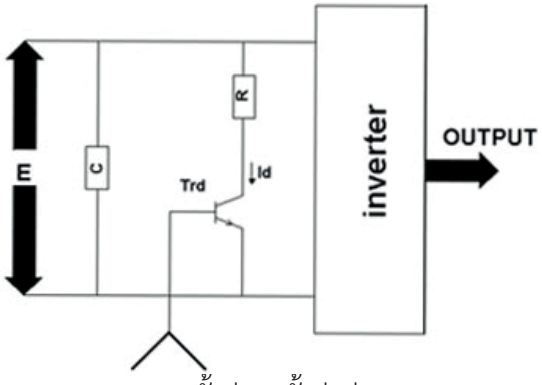
ขั้ว FV: 0 ถึง 10 V รับแรงดันจาก Resistor (วอลุ่ม) ได้รับการยอมรับว่าเป็นปัจจัยการผลิตแรงดันไฟฟ้าในบริบทของสัญญาณอินเวอร์เตอร์

ขั้ว FI : 0 ถึง 20 mA หากปัจจุบันคือ 4 ถึง 20 mA ตั้ง A103 ถึง 20%

5.4 การตั้งค่าระดับการเบรกของอินเวอร์เตอร์

การหยุด อินเวอร์เตอร์จะลดความถี่ลงจนถึงระดับหนึ่ง และจะผลิตไฟตรงเข้าไปในมอเตอร์เพื่อทำงานเป็นเบรกจนมอเตอร์หยุด เรียกว่า การเบรกด้วยไฟตรง

การลดความเร็ว ทำได้โดยตั้งความถี่ให้ต่ำ กว่าความถี่ขาออก อินเวอร์เตอร์จะลดความถี่ลงมาเรื่อย ๆ ตามช่วงเวลาการลดความเร็วที่ได้ตั้งไว้ในขณะลดความถี่ ความเร็วรอบของมอเตอร์จะมีค่ามากกว่าความถี่ขาออกของอินเวอร์เตอร์ มอเตอร์จะทำงาน เหมือนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผลิตไฟจ่ายกลับไปให้อินเวอร์เตอร์ (regeneration) ทำให้แรงดันไฟตรง (แรงดันคร่อม คอนเดนเซอร์) จะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นภายในอินเวอร์เตอร์จะมีวงจรที่ทำหน้าที่รับพลังงานที่เกิดจากการ regeneration ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการเบรกมอเตอร์ วงจรนี้เรียกว่า วงจรเบรกคืนพลังงาน ดังรูป



การตั้งค่าจะตั้งค่าผ่าน

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบทดสอบ** **หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน** **รหัสวิชา 0922720108** **หัวข้อที่ 5**

<u>จงทำเครื่องหมาย X หน้าข้อที่ถูกที่สุด</u>

1. อินเวอร์เตอร์ (Inverters) หมายถึงอะไร
    a. อุปกรณ์ทำหน้าที่แปลงไฟกระแสตรงเป็นกระแสสลับ
    b. อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบให้ความร้อน
    c. อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบให้ความเย็น
    d. อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบให้ความร้อนและเย็น
2. ข้อใดคือ วิธีการเพิ่มหรือลดความเร็วรอบของมอเตอร์
    a. ใช้ PULLEY
    b. โดยใช้เกียร์ทด หรือ มอเตอร์เกียร์
    c. โดยใช้อุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ อินเวอร์เตอร์
    d. ถูกทุกข้อ
3. มอเตอร์ชนิดใดที่เหมาะในการนำมาใช้กับอินเวอร์เตอร์
    a. มอเตอร์ DC
    b. มอเตอร์ Stepping
    c. มอเตอร์ Split Phase
    d. มอเตอร์Induction
4. ข้อใดไม่ใช่ข้อดีของการเลือกใช้ อินเวอร์เตอร์
    a. ปรับเปลี่ยนความเร็วรอบได้สะดวกและง่าย
    b. กลับทิศการหมุนได้ง่าย
    c. ช่วยประหยัดพลังงาน
    d. ทำให้เครื่องจักรมีอายุใช้งานนานขึ้น
5. อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วของมอเตอร์ด้วยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติใด
    a. เปลี่ยนแปลงขดลวดภายในทำให้ง่ายในการควบคุม
    b. เปลี่ยนความถี่ทางไฟฟ้า
    c. เปลี่ยนขั้วแม่เหล็ก
    d. เปลี่ยนแรงดันทางไฟฟ้า

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบเฉลยทดสอบ** **หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน** **รหัสวิชา 0922720108** **หัวข้อที่ 5**

<u>จงทำเครื่องหมาย X หน้าข้อที่ถูกที่สุด</u>

1. อินเวอร์เตอร์ (Inverters) หมายถึงอะไร
   - X a. อุปกรณ์ทำหน้าที่แปลงไฟกระแสตรงเป็นกระแสสลับ
   - b. อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบให้ความร้อน
   - c. อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบให้ความเย็น
   - d. อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบให้ความร้อนและเย็น
2. ข้อใดคือ วิธีการเพิ่มหรือลดความเร็วรอบของมอเตอร์
   - a. ใช้ PULLEY
   - b. โดยใช้เกียร์ทด หรือ มอเตอร์เกียร์
   - c. โดยใช้อุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ อินเวอร์เตอร์
   - X d. ถูกทุกข้อ
3. มอเตอร์ชนิดใดที่เหมาะในการนำมาใช้กับอินเวอร์เตอร์
   - a. มอเตอร์ DC
   - b. มอเตอร์ Stepping
   - c. มอเตอร์ Split Phase
   - X d. มอเตอร์Induction
4. ข้อใดไม่ใช่ข้อดีของการเลือกใช้ อินเวอร์เตอร์
   - a. ปรับเปลี่ยนความเร็วรอบได้สะดวกและง่าย
   - b. กลับทิศการหมุนได้ง่าย
   - c. ช่วยประหยัดพลังงาน
   - X d. ทำให้เครื่องจักรมีอายุใช้งานนานขึ้น
5. อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วของมอเตอร์ด้วยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติใด
   - a. เปลี่ยนแปลงขดลวดภายในทำให้ง่ายในการควบคุม
   - X b. เปลี่ยนความถี่ทางไฟฟ้า
   - c. เปลี่ยนขั้วแม่เหล็ก
   - d. เปลี่ยนแรงดันทางไฟฟ้า

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบเตรียมการสอน** **(ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5 / **เวลา 3 ชม.**

วัตถุประสงค์ :

1. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกสามารถเชื่อมต่อ Inverter อย่างถูกวิธี
2. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกสามารถควบคุม Inverter ด้วยวิธีแบบ Multifunction Input อย่างถูกวิธี
3. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกสามารถควบคุม Inverter ด้วยวิธีแบบ Analog Input อย่างถูกวิธี

วิธีการสอน :

บรรยายเชิงสาธิต

หัวข้อสำคัญ :

1. งานเตรียมวงจรอินเวอร์เตอร์
2. งานต่อวงจรการควบคุมอินเวอร์เตอร์ด้วย I/O
3. งานต่อวงจรการควบคุมอินเวอร์เตอร์ด้วยอนาลอก

อุปกรณ์ช่วยฝึก :

ชุดทดลอง Inverter 3G3MX2

การมอบหมายงาน :

ใบทดสอบ

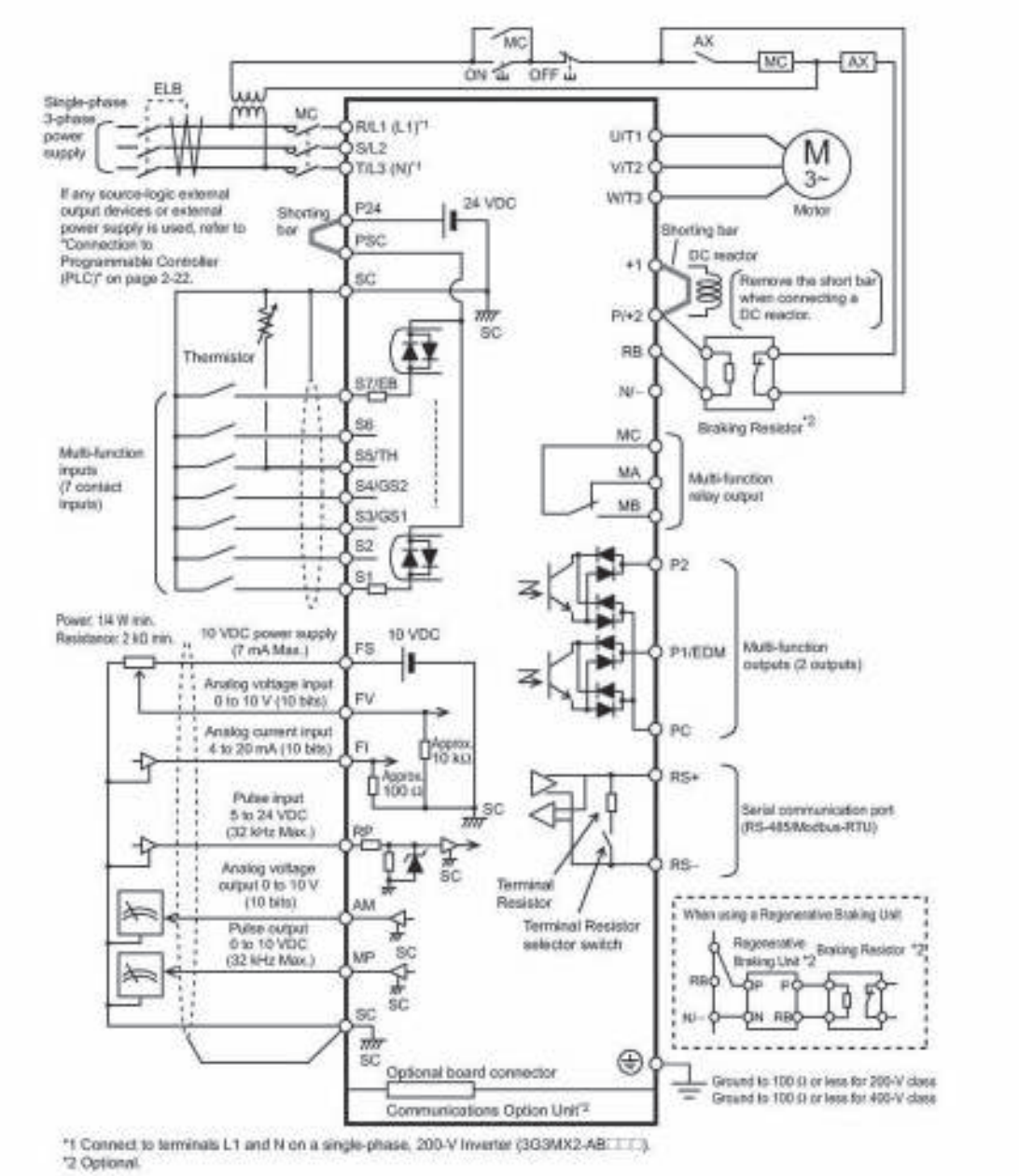
การวัดและประเมินผล :

1. ประเมินจากผลการทดลองตามใบงาน
2. ประเมินจากขั้นตอนการปฏิบัติงานตามใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน

หนังสืออ้างอิง : หนังสืออบรมการใช้งาน Inverter 3G3MX2

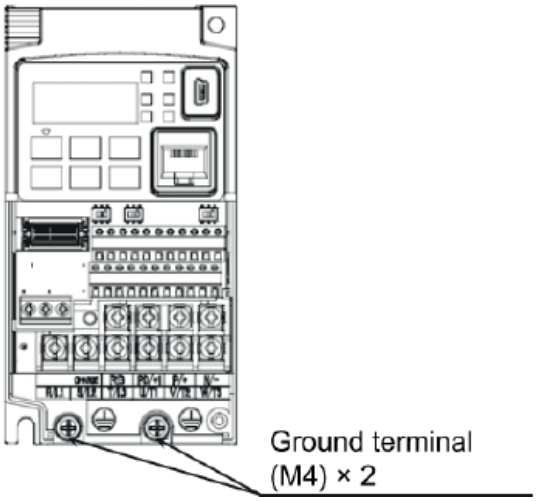
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

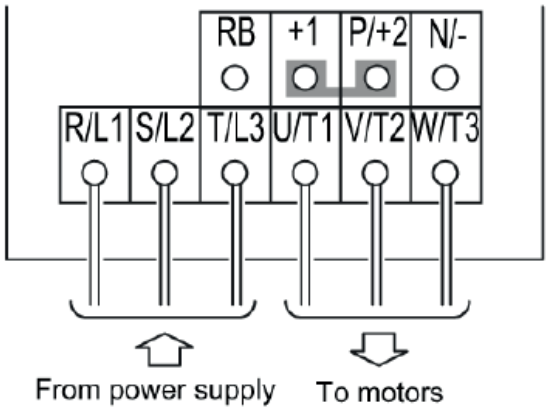
วงจรการต่อ Inverter



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

ขั้วต่อภาคกำลัง



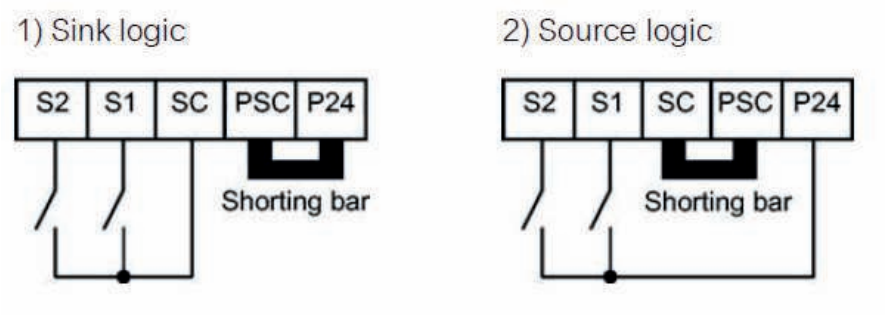


ขั้วต่อกำลัง

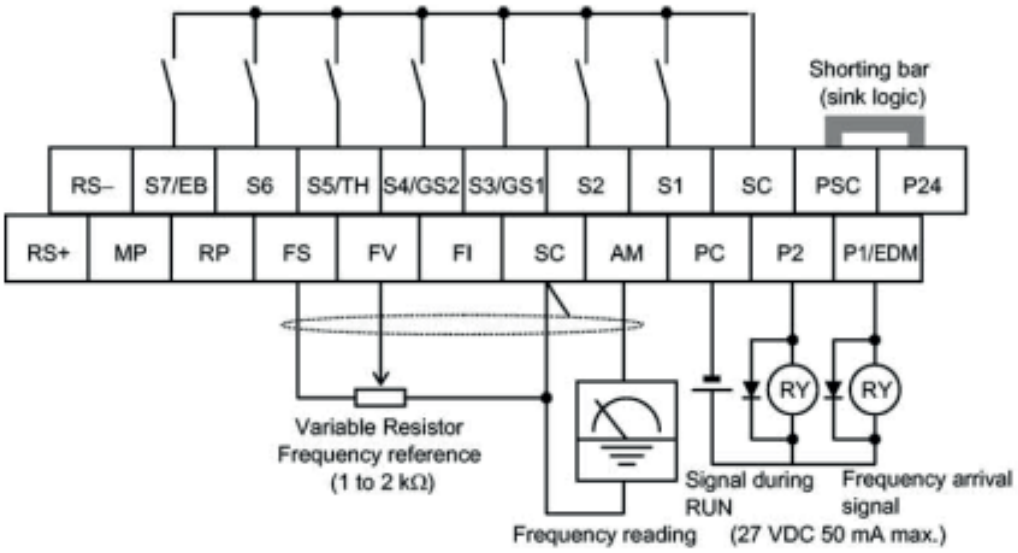
สัญลักษณ์	ชื่อ	ความหมาย
R/L1, S/L2, T/L3	จุดต่อแหล่งจ่ายไฟ	สำหรับต่อไฟเข้าอินเวอร์เตอร์ทั้ง 1 เฟส/ 3 เฟส
U/T1, V/T2, W/T3	เอาท์พุตอินเวอร์เตอร์	สำหรับต่อเข้ามอเตอร์ 3 เฟส
+1, P/+2	จุดต่อDC reactor ภายนอก	สำหรับต่อเข้า DC reactor แทน Short-circuit bar ที่ต่ออยู่เดิม
P/+2, RB	จุดต่อ Braking resistor ภายนอก	สำหรับต่อกับตัวต้านทานเบรก
P/+2, N/-	จุดต่อRegenerative braking unit	สำหรับต่อกับชุดเบรกแบบ regenerative
G	จุดต่อกราวด์ของอินเวอร์เตอร์	สำหรับต่อกราวด์ให้อินเวอร์เตอร์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

ขั้วต่อนั้นจะสามารถเลือก Input ที่ควบคุมแบบ Multifunction ได้สองแบบด้วยกันคือ



ตัวอย่างการต่อวงจรภาคควบคุมแบบ Sink Logic

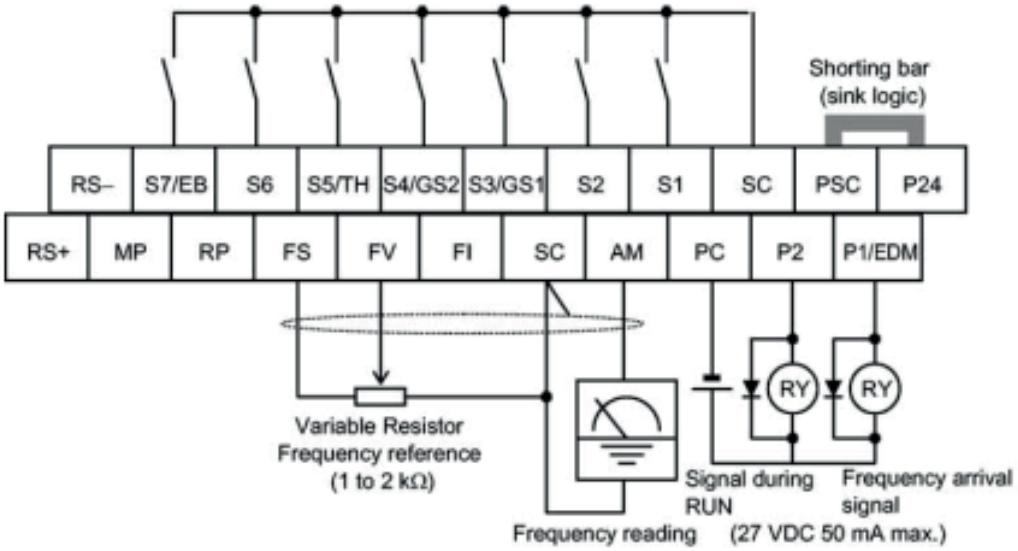


	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)** **หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน** **รหัสวิชา 0922720108** **หัวข้อที่ 5**

ประเภท สัญญาณ	สัญลักษณ์	ชื่อ	ความหมาย	รายละเอียด
แหล่งจ่ายไฟ	SC	อินพุตคอมมอน		
แหล่งจ่ายไฟ	FS	แหล่งจ่ายแรงดันสำหรับ FV	จ่ายแรงดัน 10 VDC สำหรับขั้ว FV	จ่ายกระแสสูงสุด 7 mA
อินพุตตั้งความถี่	FV	อินพุตความถี่ แบบแรงดัน	สัญญาณความถี่อินพุตแบบแรงดัน 0-10 VDC	อินพุตอิมพีแดนซ์ = 10 KΩ ช่วงแรงดันอินพุต -0.3 ถึง +12VDC
	FI	อินพุตความถี่ แบบกระแส	สัญญาณความถี่อินพุตแบบกระแส 4-20 mA	0-24 mA / อินพุตอิมพีแดนซ์ = 100 Ω
อินพุตเซนเซอร์	S5/TH	อินพุตเทอร์ มิสเตอร์ภายนอก	ต่อเทอร์มิสเตอร์ภายนอกสำหรับวัดอุณหภูมิ หรือใช้เป็นมัลติฟังก์ชั่นอินพุต	ชนิด PTC
เอาท์พุตอนาล็อก	AM	เอาท์พุตมัลติ ฟังก์ชั่น แบบ แรงดัน	เลือกสัญญาณเอาท์พุตของสัญญาณที่สนใจส่งออกมาเป็น 0-10 VDC	AM

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

การต่อสัญญาณเพื่อควบคุมแบบ Analog ชนิดแรงดัน โดยต่อเข้าขั้ว FS และ FV



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 1

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
Inverter 3G3MX2	1

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรในการทดลองที่ 1.1
3. ต่อสายไฟ
4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรก่อนการทดลอง
5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน** **รหัสวิชา 0922720108** **หัวข้อที่ 5**

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 2

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
Inverter 3G3MX2	1

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรในการทดลองที่ 1.2
3. ต่อสายไฟ
4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรก่อนการทดลอง
5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน**
		หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน
		รหัสวิชา 0922720108
		หัวข้อที่ 5

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 3

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

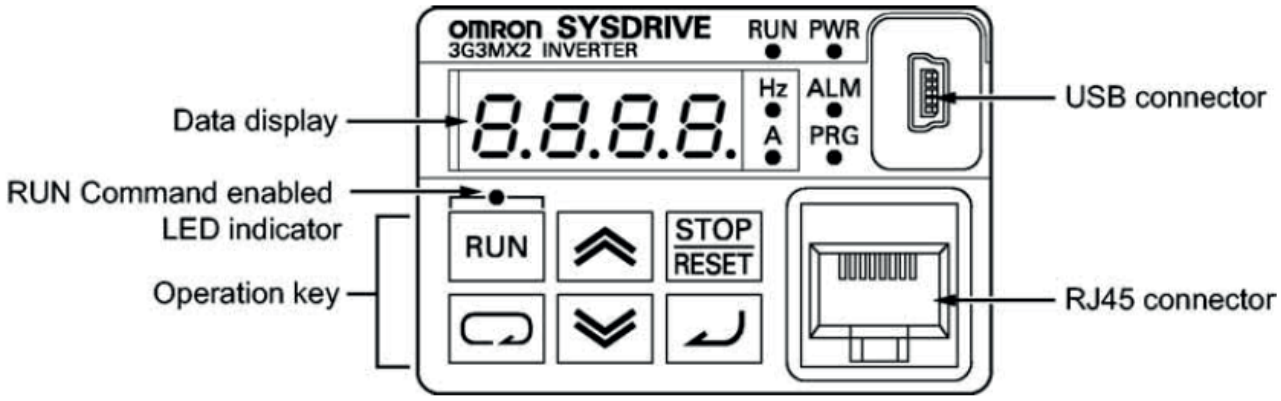
ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
Inverter 3G3MX2	1

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลอง ตามวงจรในการทดลองที่ 1.3
3. ต่อสายไฟ
4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรก่อนการทดลอง
5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน** **รหัสวิชา 0922720108** **หัวข้อที่ 5**

ใบงานที่ 1

การควบคุม Inverter นั้นจะควบคุมได้สามทางด้วยกันได้แก่ ทาง Digital Operator ทาง I/O และทาง Communication



เงื่อนไขการทดลอง

- ทำการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์พร้อมทั้งกำหนดค่าตัวเลขที่ต้องตั้งลงในตาราง

หมายเลขพารามิเตอร์	โจทย์	ค่าที่ผู้ใช้ต้องกำหนด
A001	ตั้งให้สามารถปรับค่าความถี่ผ่านหน้าจอสั่งงานได้	
A002	สั่งงานให้อินเวอร์เตอร์เริ่มต้นทำงานผ่านหน้าจอ	
A004	ตั้งค่าความถี่สูงสุดที่ 30 Hz	

- ทดลองกำปุ่ม START/STOP สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

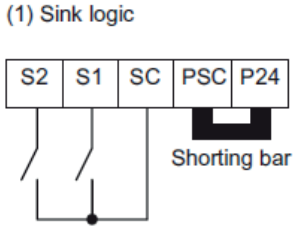
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน** **รหัสวิชา 0922720108** **หัวข้อที่ 5**

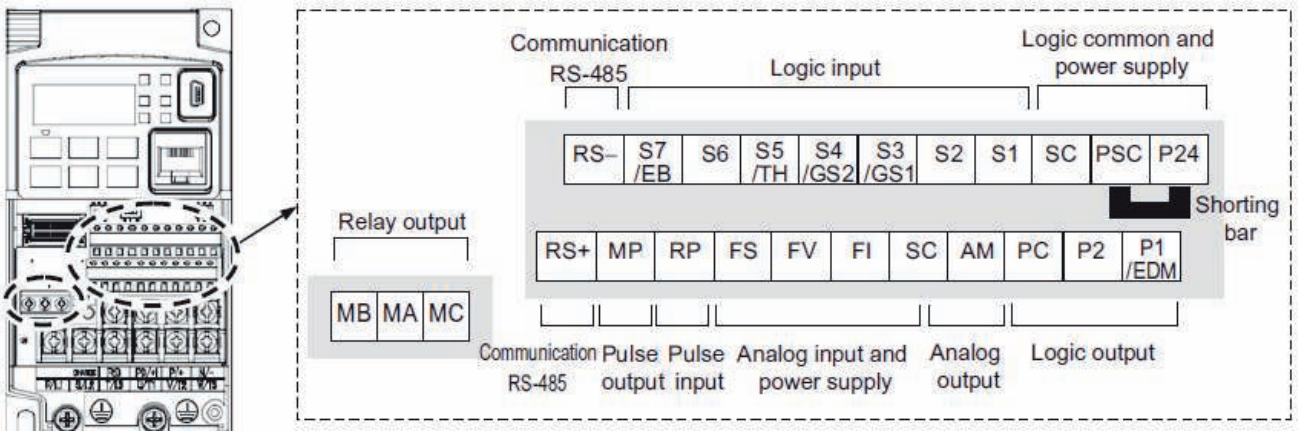
ใบงานที่ 2

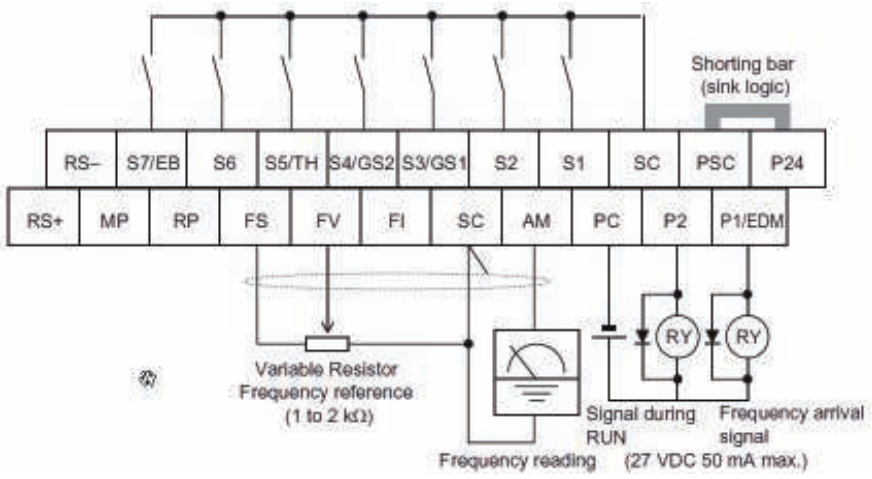
ผู้ใช้สามารถสั่งเปลี่ยนค่าความถี่ภายใน Inverter ได้โดยใช้ Multifunction Input

- ต่อวงจรตามรูปให้ใช้แบบ Sink Logic



- เดินสาย Multifunction Input และสวิตช์ตามรูป





	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน** **รหัสวิชา 0922720108** **หัวข้อที่ 5**

- ทำการตั้งค่าตามตารางด้านล่าง

หมายเลขพารามิเตอร์	ความหมาย	ค่าที่ผู้เข้ารับการฝึกต้องตั้ง
A001	ตั้งให้สามารถปรับค่าความถี่ผ่าน Multi function input terminal	01 (Control circuit terminal block)
A002	สั่งให้ Inverter เริ่มทำงานผ่านทางหน้าจอ	02 (Digital Operator)
A004	Maximum Frequency 1	80
C001	Multi-function Input 1 Selection	02: CF1 (Multi-step speed 1)
C002	Multi-function Input 2 Selection	03: CF1 (Multi-step speed 2)
C003	Multi-function Input 3 Selection	04: CF1 (Multi-step speed 3)
C004	Multi-function Input 4 Selection	05: CF1 (Multi-step speed 4)
A020	Multi-step Speed 1 Reference 0	000.0
A021	Multi-step Speed 1 Reference 1	005.0
A022	Multi-step Speed 1 Reference 2	010.0
A023	Multi-step Speed 1 Reference 3	015.0
A024	Multi-step Speed 1 Reference 4	020.0
A025	Multi-step Speed 1 Reference 5	025.0
A026	Multi-step Speed 1 Reference 6	030.0
A027	Multi-step Speed 1 Reference 7	035.0
A028	Multi-step Speed 1 Reference 8	040.0
A029	Multi-step Speed 1 Reference 9	045.0
A030	Multi-step Speed 1 Reference 10	050.0
A031	Multi-step Speed 1 Reference 11	055.0
A032	Multi-step Speed 1 Reference 12	060.0
A033	Multi-step Speed 1 Reference 13	065.0
A034	Multi-step Speed 1 Reference 14	070.0
A035	Multi-step Speed 1 Reference 15	075.0

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน** **รหัสวิชา 0922720108** **หัวข้อที่ 5**

- สั่งให้ Inverter อยู่ในตำแหน่ง RUN
- ทำการจ่ายอินพุตตามตารางและบันทึกค่าความถี่

ตาราง

SW1	SW2	SW3	SW4	OUTPUT FREQUENCY
OFF				
ON	OFF			
OFF	ON	OFF		
ON	ON	OFF		
OFF		ON	OFF	
ON	OFF	ON	OFF	
OFF	ON		OFF	
ON			OFF	
OFF			ON	
ON	OFF		ON	
OFF	ON	OFF	ON	
ON		OFF	ON	
OFF		ON		
ON	OFF	ON		
OFF	ON			
ON				

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

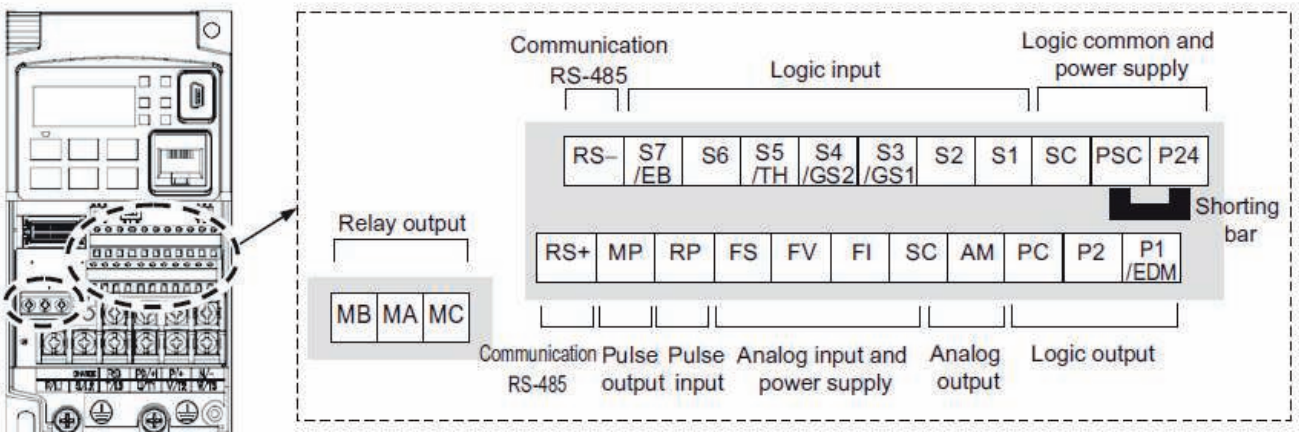
.....

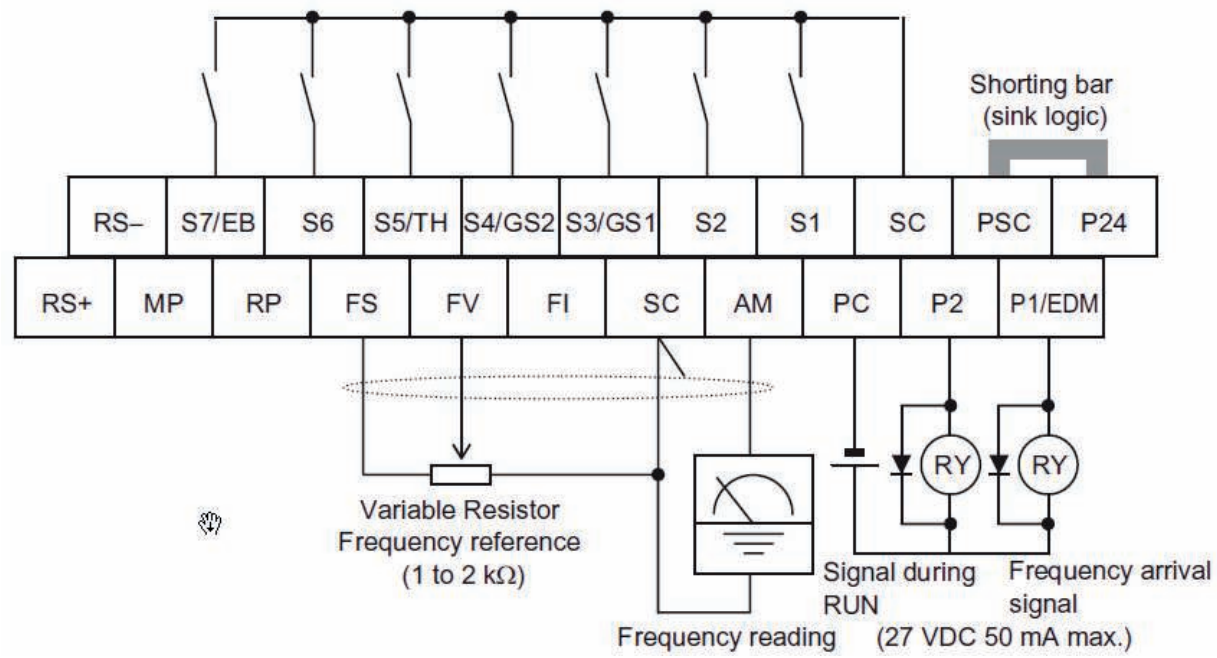
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน** **รหัสวิชา 0922720108** **หัวข้อที่ 5**

ใบงานที่ 3

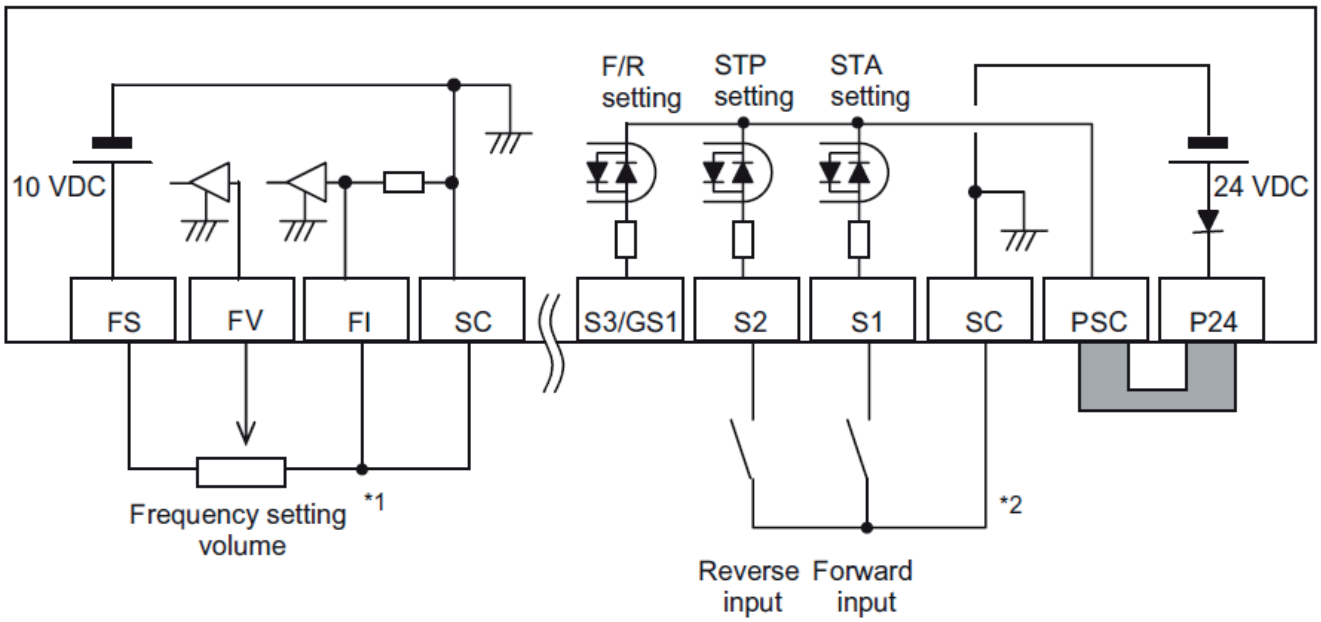
ผู้ใช้สามารถสั่งเปลี่ยนค่าความถี่ภายใน Inverter ได้โดยใช้ Analog Input

- เดินสาย Input แบบ Analog ตามรูปโดยใช้ค่าความต้านทาน 2 k





	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบงาน หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน รหัสวิชา 0922720108 หัวข้อที่ 5



- ทำการตั้งค่าตามตารางด้านล่าง

Parameter No.	Function name	Data	Default value	Note
A001	Frequency Reference Selection 1	01 (Control circuit terminal block)	02	
A002	RUN Command Selection 1	01 (Control circuit terminal block)	02	
C001	Multi-function Input 1 Selection	00 (FW: Forward)	00(FW)	If other input terminal is used, the parameter number becomes different.
C002	Multi-function Input 2 Selection	01 (RV: Reverse)	01(RV)	If other input terminal is used, the parameter number becomes different.

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา อินเวอร์เตอร์และพื้นฐานการใช้งาน** **รหัสวิชา 0922720108** **หัวข้อที่ 5**

- สั่งให้ Inverter อยู่ในตำแหน่ง RUN

ทำการหมุนตัวต้านทานและสรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบเตรียมการสอน (ทฤษฎี)	
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง	
		รหัสวิชา 0922720109	
		หัวข้อที่ 6	เวลา 2 ชม.

วัตถุประสงค์ :

1. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้เกี่ยวกับการใช้งาน PLC ในการต่อใช้งานโมดูลพิเศษ
2. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมบอกการใช้งานคำสั่งพิเศษ
3. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมอธิบายการใช้งาน PLC ร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกแบบ Analog และ Digital

วิธีการสอน :

บรรยายเชิงสาธิต ถาม-ตอบ

หัวข้อสำคัญ :

1. ความรู้เกี่ยวกับพื้นฐานโครงสร้าง PLC ชนิดโมดูล
2. โครงสร้างหน่วยความจำ
3. คำสั่งใน PLC

อุปกรณ์ช่วยฝึก :

PLC Omron CJ2M-CPU31

การมอบหมายงาน :

ใบทดสอบ

การวัดและประเมินผล :

ประเมินจากคะแนนการทำใบทดสอบ

หนังสืออ้างอิง :

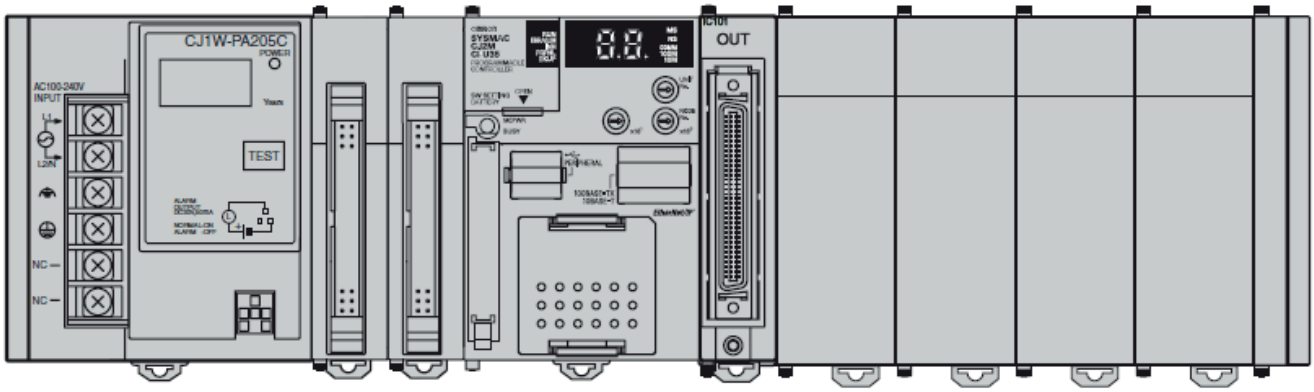
ธีรศิลป์ ทุมวิภาต, (2547), เรียนรู้ PLC ขั้นกลางด้วยตนเอง
บริษัท ซีเมนส์ จำกัด, (2551), คล่องแคล่ว PLC เล่ม 2 ตอน การใช้งาน SIEMENS S7-200 ระดับกลาง

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

1.1 โครงสร้างพื้นฐาน PLC ชนิดโมดูล

PLC ชนิดโมดูลโดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็น PLC ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถแยกส่วนประกอบเป็นโมดูล (Modules) ย่อยๆ เพื่อความสะดวกในการเพิ่มขยายอินพุต /เอาต์พุต และสามารถถอดเฉพาะโมดูลที่มีปัญหามาซ่อมได้ โดยไม่ต้องถอดออกมาทั้งเครื่อง

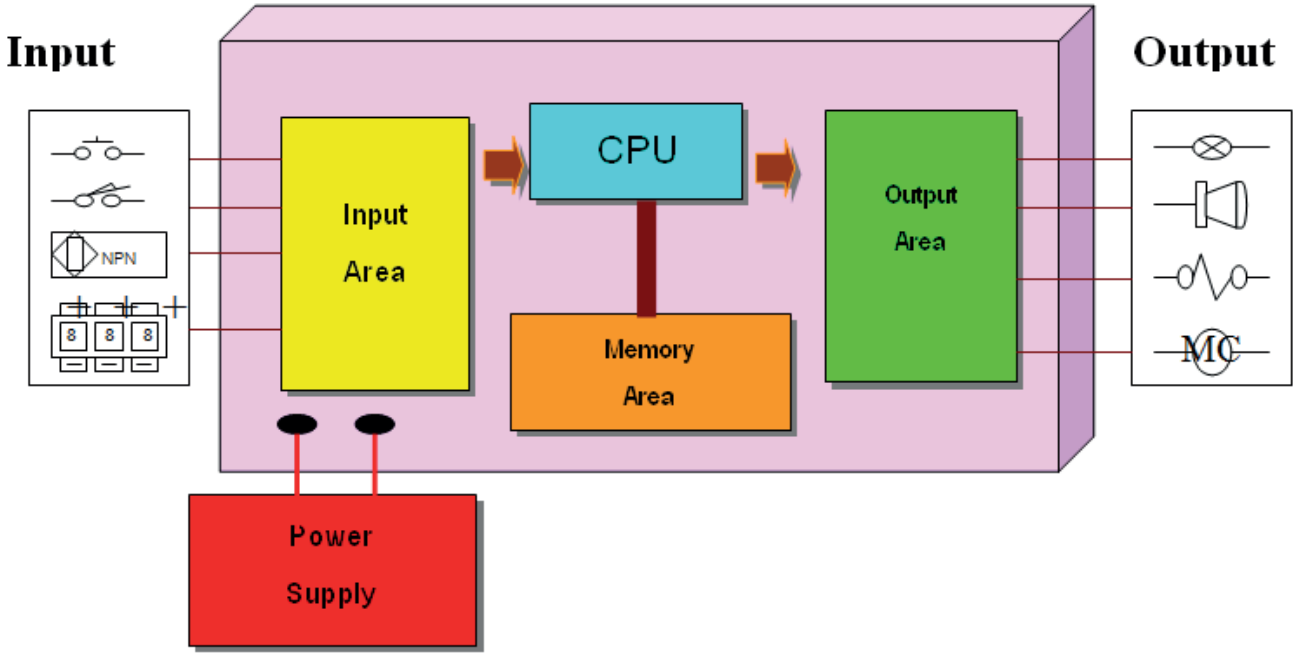
PLC ชนิดโมดูลโดยส่วนใหญ่ มีขีดความสามารถเพิ่มขึ้นกว่า PLC ระดับเล็ก มี การขยายขนาดของหน่วยความจำ (Memory) และลดเวลาของการ Scan Time ของโปรแกรม และมีจำนวนอินพุต /เอาต์พุตมากกว่า PLC ชนิดบล็อก นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์ภายนอกได้มากขึ้น เนื่องจากมียูนิตพิเศษ (Special I/O Unit) ให้ใช้งานมากกว่า PLC ชนิดบล็อก ซึ่งสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในเนื้อหาถัดไป



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง รหัสวิชา 0922720109 หัวข้อที่ 6

สำหรับโครงสร้างของ PLC ชนิดโมดูล จะมีโครงสร้างหลักๆ 5 ส่วนเหมือน PLC โดยทั่วไปประกอบด้วย

1. ภาคอินพุต (Input Section)
2. ตัวประมวลผล (CPU)
3. หน่วยความจำ (Memory)
4. ภาคเอาต์พุต (Output Section)
5. แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)



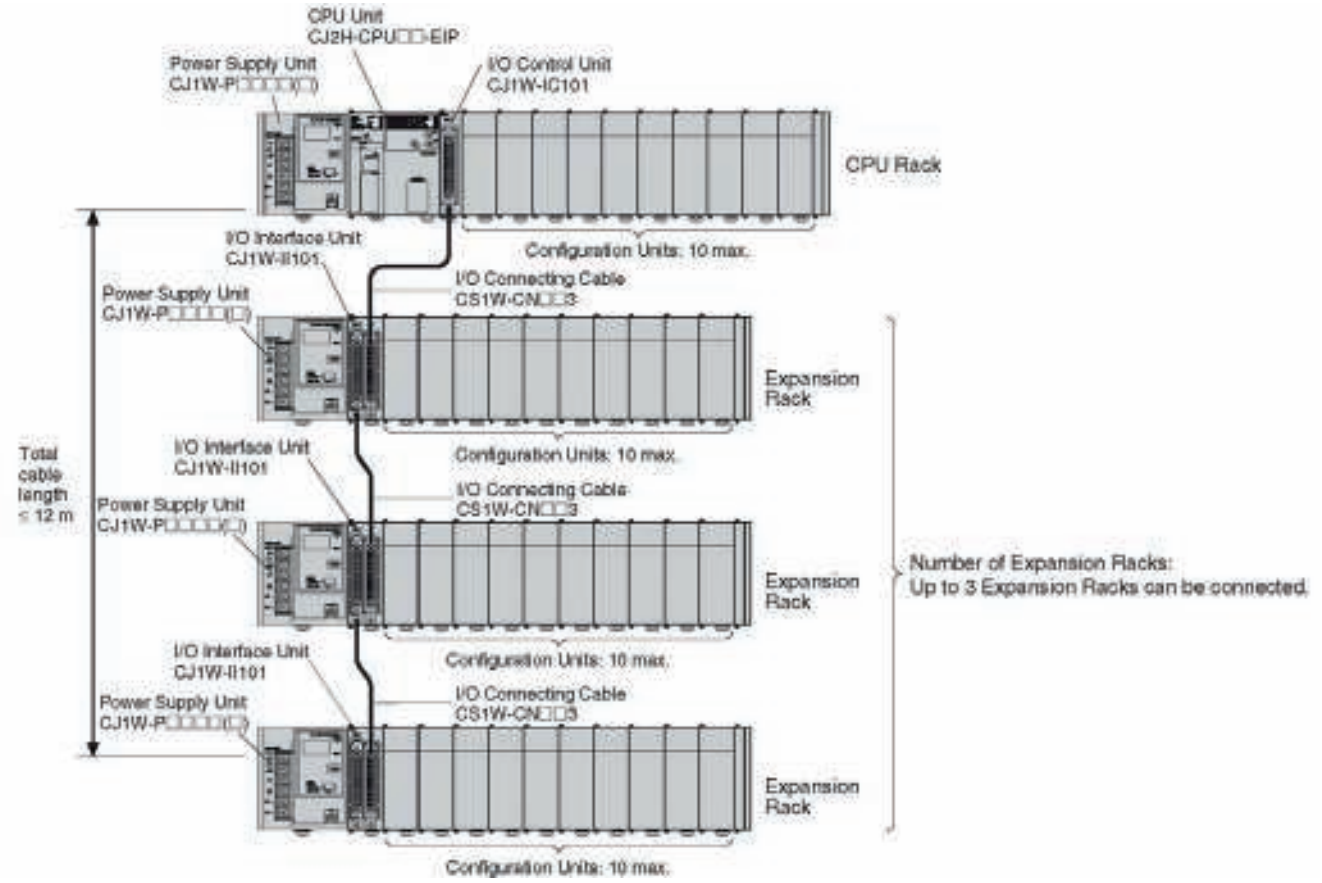
โครงสร้างของ PLC รุ่น CJ2

CPU Rack ในส่วนของ CPU Rack จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

- Power Supply Unit ทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟให้กับยูนิตอื่นๆที่นำมาติดตั้งร่วมกันบน CPU Rack
- CPU Unit เป็นตัวควบคุมและประมวลผลโปรแกรม
- ยูนิตอื่นๆ เช่น Basic I/O Units, Special I/O Units และ CPU Bus Units การติดตั้งยูนิตต่างๆ เหล่านี้ที่ CPU Rack สามารถติดตั้งได้มากที่สุด 10 ยูนิตเท่านั้น (ขึ้นอยู่กับรุ่นของ PLC ที่เลือกใช้)

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

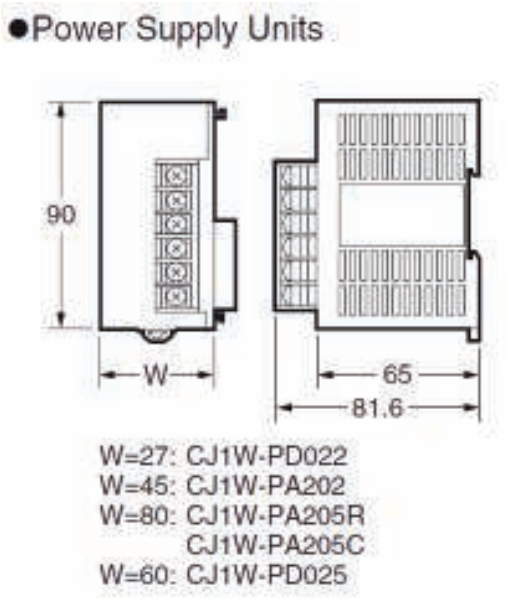
ในการใช้งาน สามารถใช้ CPU Rack ชุดเดียวก็ได้ หรือถ้าต้องการขยายอินพุต /เอาต์พุตเพิ่มเติม สามารถใช้ Expansion Rack ได้ โดยการติดตั้ง Expansion Rack นั้นจะต้องใช้ I/O Control Unit ร่วมกับ I/O Interface Unit ดังรูปด้านล่าง

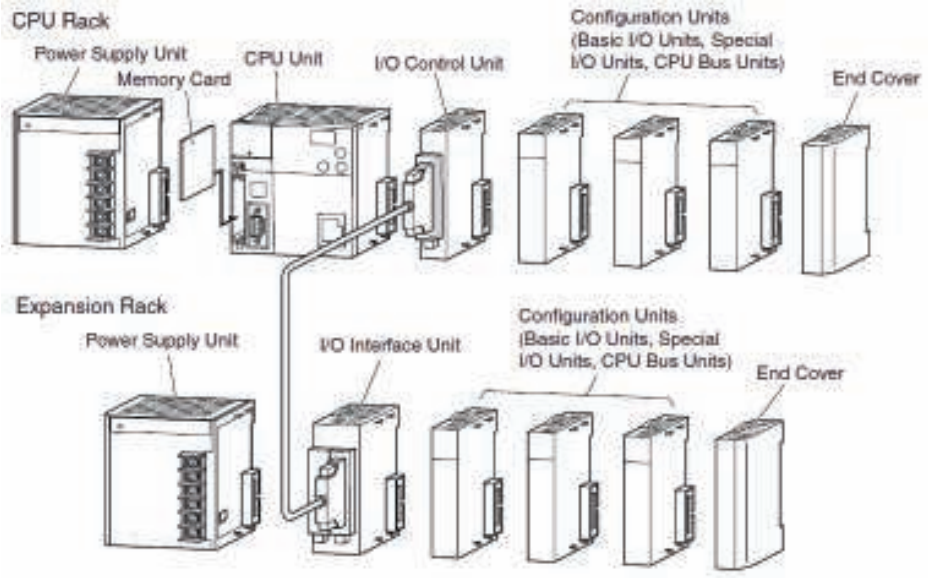


	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

1.2 ส่วนจ่ายกำลังไฟฟ้า

เป็นส่วนจ่ายกำลังไฟฟ้าเลี้ยงให้กับ CPU Rack และ Expansion Rack ซึ่งจะมีทั้งแบบที่ใช้ไฟ AC และ DC ซึ่งมีให้เลือกดังตาราง





	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

■ Power Supply Units

One Power Supply Unit is required for each Rack.

Product name		Power supply voltage	Output capacity			Options			Model	Standards
			5-VDC output capacity	24-VDC output capacity	Total power consump-tion	24-VDC service power supply	RUN output	Maintenance forecast monitor		
AC Power Supply Unit		100 to 240 VAC	5 A	0.8 A	25 W	No	No	Yes	CJ1W-PA205C	UC1, N, L, CE
							Yes	No	CJ1W-PA205R	
			2.8 A	0.4 A	14 W		No	No	CJ1W-PA202	
DC Power Supply Unit		24 VDC	5A	0.8 A	25 W		No	No	CJ1W-PD025	
			2 A	0.4 A	19.6 W		No	No	CJ1W-PD022	UC1, CE

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

ตัวอย่างที่ 1 การคำนวนหาขนาด Power Supply โดยจะใช้เป็นรุ่น CJ1W-PA205R

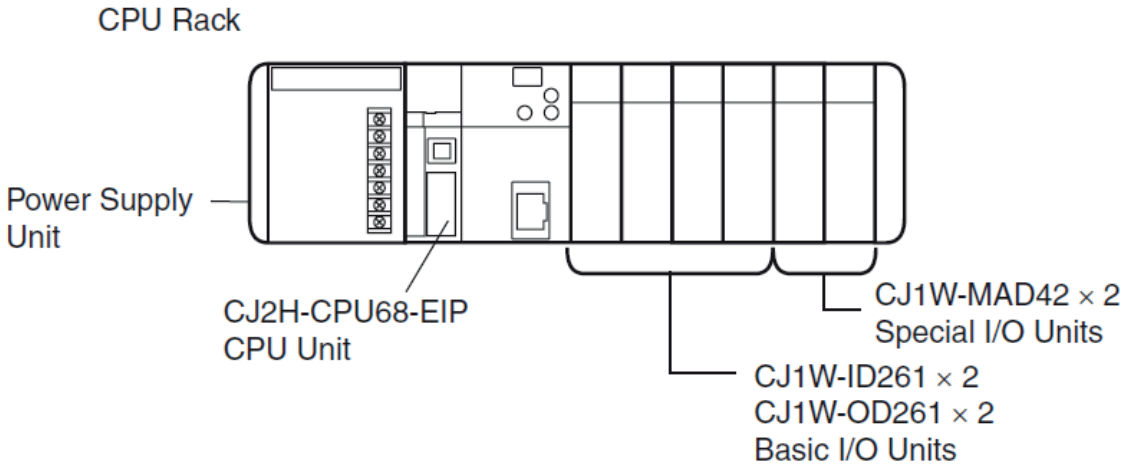
Unit	Model	Quantity	Voltage group	
			5-V	24-V
CPU Unit	CJ2H-CPU68-EIP	1	0.820 A	---
I/O Control Unit	CJ1W-IC101	1	0.020 A	---
Input Units	CJ1W-ID211	2	0.080 A	---
	CJ1W-ID231	2	0.090 A	---
Output Unit	CJ1W-OC201	2	0.090 A	0.048 A
Special I/O Unit	CJ1W-DA041	1	0.120 A	---
CPU Bus Unit	CJ1W-CLK23	1	0.350 A	---
Current consumption	Calculation		0.820 A + 0.020 A + 0.080 A × 2 + 0.090 A × 2 + 0.090 A × 2 + 0.120 A + 0.350 A	0.048 A × 2
	Result		1.83 A (≤5.0 A)	0.096 A (≤0.8 A)
Power consumption	Calculation		2.51 A × 5 V = 9.15 W	0.096 A × 24 V = 2.304 W
	Result		9.15 W + 2.30 W = 11.45 W (≤25 W)	

ตัวอย่างที่ 2 การคำนวนหาขนาด Power Supply โดยจะใช้เป็นรุ่น CJ1W-PA205R พร้อมใช้โมดูล Expansion

Unit	Model	Quantity	Voltage group	
			5-V	24-V
I/O Interface Unit	CJ1W-II101	1	0.130 A	---
Input Unit	CJ1W-ID211	2	0.080 A	---
Output Unit	CJ1W-OD231	8	0.140 A	---
Current consumption	Calculation		0.130 A + 0.080 A × 2 + 0.140 A × 8	---
	Result		1.41 A (≤5.0 A)	---
Power consumption	Calculation		1.41 A × 5 V = 7.05 W	---
	Result		7.05 W (≤25 W)	

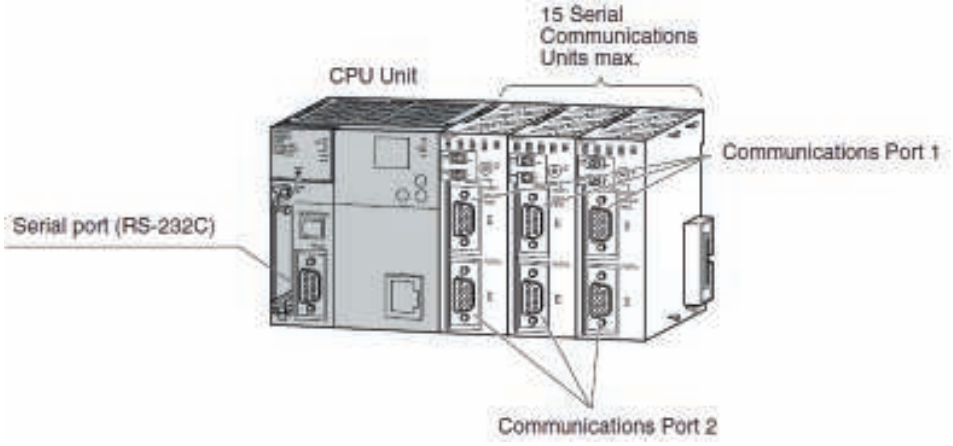
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

1.3 ส่วนประมวลผลกลาง



PLC แบบชนิดโมดูลนั้น CPU จะแยกจากส่วนประกอบออกจากยูนิตอื่น รวมทั้งส่วนของแหล่งจ่ายไฟด้วย (Power Supply Unit) ทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกขนาดของแหล่งจ่ายไฟให้ เหมาะสมกับยูนิตต่างๆ ที่นำมาติดตั้งร่วมกันได้

ใน CPU จะมีพอร์ตอนุกรมที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร (Communication ports) ทั้ง USB และ RS232C Port ในตัว ในกรณีที่ใช้พอร์ตที่มีอยู่ที่ CPU จนหมดแล้ว แต่ยังต้องการใช้ PLC ไปต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ อีก สามารถเพิ่มได้โดยใช้ยูนิตติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมได้แก่ Serial Communication Unit ติดตั้งเพิ่มเข้าไปที่ CPU Rack ได้อีก (สำหรับรุ่นอื่นอาจจะใช้ Communication Board ติดตั้งเพิ่มเข้าไปที่ CPU ได้เลย)



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง รหัสวิชา 0922720109 หัวข้อที่ 6

สำหรับ CPU แต่ละรุ่นจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันโดยยกตัวอย่างตาม Specification ในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1.3 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของ CJ2 CPU Unit แต่ละรุ่น

■ CJ2H (Built-in EtherNet/IP) CPU Units

Product name	Specifications				Current consumption (A)		Model	Standards
	I/O capacity/ Mountable Units (Expansion Racks)	Program capacity	Data memory capacity	LD instruction execution time	5 V	24 V		
CJ2H (Built-in EtherNet/IP) CPU Units	2,560 points/ 40 Units (3 Expansion Racks max.)	400K steps	832K words (DM: 32K words, EM: 32K words × 25 banks)	0.016 µs	0.82 (See note.)	---	CJ2H-CPU68-EIP	UC1, N, L, CE
		250K steps	512K words (DM: 32K words, EM: 32K words × 15 banks)				CJ2H-CPU67-EIP	
		150K steps	352K words (DM: 32K words, EM: 32K words × 10 banks)				CJ2H-CPU66-EIP	
		100K steps	160K words (DM: 32K words, EM: 32K words × 4 bank)				CJ2H-CPU65-EIP	
		50K steps	160K words (DM: 32K words, EM: 32K words × 4 bank)				CJ2H-CPU64-EIP	

Note: Add 0.15 A per Adapter when using NT-AL001 RS-232C/RS-222A Adapters.
Add 0.04 A per Adapter when using CJ1W-CIF11 RS-422A Adapters.
Add 0.20A/Unit when using NV3W-M□20L Programmable Terminals.

■ CJ2H CPU Units

Product name	Specifications				Current consumption (A)		Model	Standards
	I/O capacity/ Mountable Units (Expansion Racks)	Program capacity	Data memory capacity	LD instruction execution time	5 V	24 V		
CJ2H CPU Units	2,560 points/ 40 Units (3 Expansion Racks max.)	400K steps	832K words (DM: 32K words, EM: 32K words × 25 banks)	0.016 µs	0.42 (See note.)	---	CJ2H-CPU68	UC1, N, L, CE
		250K steps	512K words (DM: 32K words, EM: 32K words × 15 banks)				CJ2H-CPU67	
		150K steps	352K words (DM: 32K words, EM: 32K words × 10 banks)				CJ2H-CPU66	
		100K steps	160K words (DM: 32K words, EM: 32K words × 4 bank)				CJ2H-CPU65	
		50K steps	160K words (DM: 32K words, EM: 32K words × 4 bank)				CJ2H-CPU64	

Note: Add 0.15 A per Adapter when using NT-AL001 RS-232C/RS-222A Adapters.
Add 0.04 A per Adapter when using CJ1W-CIF11 RS-422A Adapters.
Add 0.20A/Unit when using NV3W-M□20L Programmable Terminals.

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง รหัสวิชา 0922720109 หัวข้อที่ 6

■ CJ2M CPU Units (Built-in EtherNet/IP)

Product name	Specifications						Current consumption (A)		Model	Standards
	I/O capacity/ Mountable Units (Expansion Racks)	Program capacity	Data memory capacity	LD instruction execution time	EtherNet/IP function	Option board slot	5 V	24 V		
CJ2M (Built-in EtherNet/IP) CPU Units	2,560 points/ 40 Units (3 Expansion Racks max.)	60K steps	160K words (DM: 32K words, EM: 32K words × 4 banks)	0.04 µs	YES	YES	0.7 (See note.)	---	CJ2M-CPU35 NEW	UC1, N, L, CE
		30K steps							CJ2M-CPU34 NEW	
		20K steps	64K words (DM: 32K words, EM: 32K words × 1 bank)						CJ2M-CPU33 NEW	
		10K steps							CJ2M-CPU32 NEW	
		5K steps							CJ2M-CPU31 NEW	

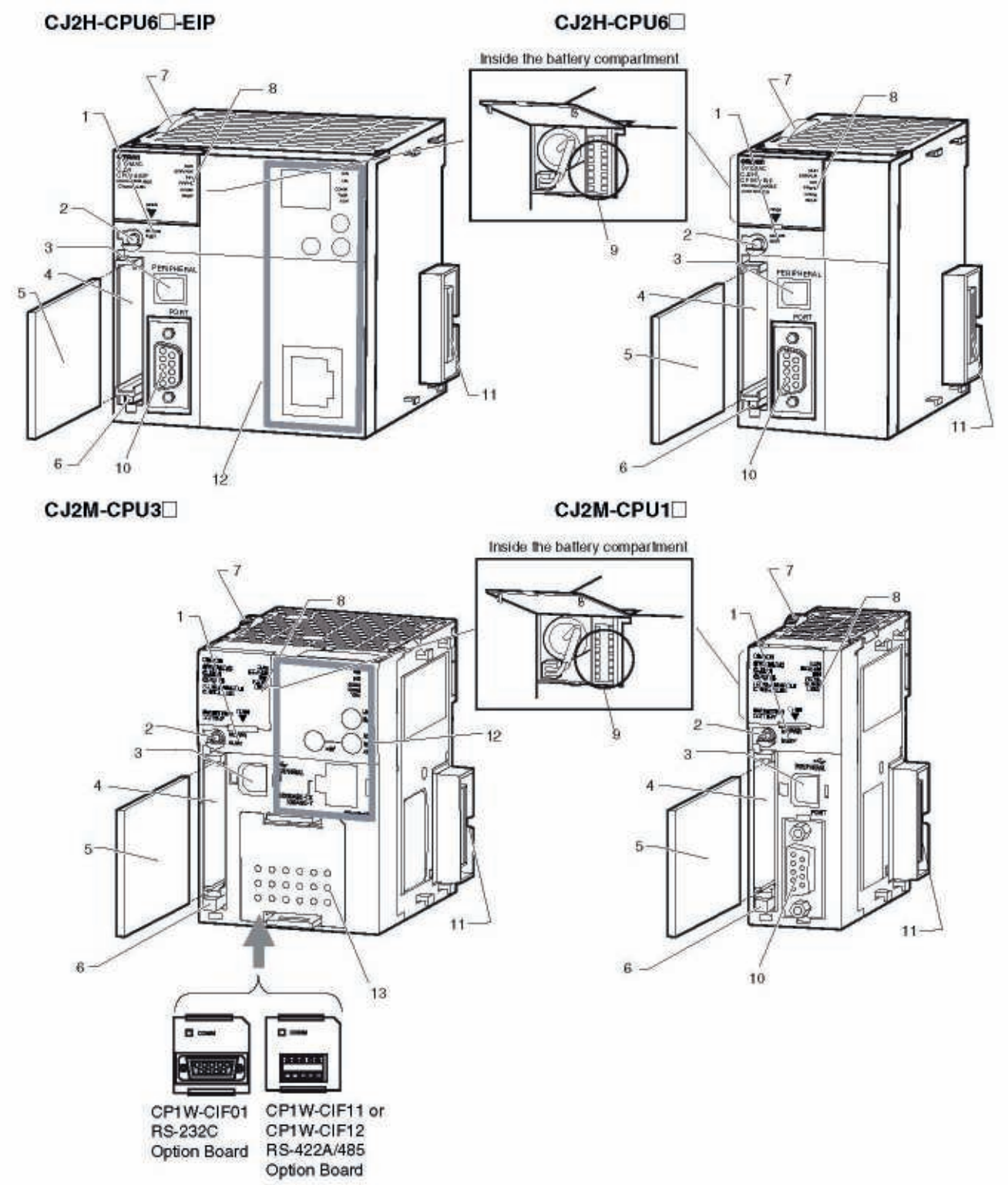
Note: Add 0.005A, 0.030A, and 0.075A when using Serial Communications Option Boards (CP1W-CIF01/11/12), respectively.
Add 0.15A/Unit when using NT-AL001 RS-232C/RS-422A Adapters.
Add 0.04A/Unit when using CJ1W-CIF11 RS-422A Adapters.
Add 0.20A/Unit when using NV3W-M□20L Programmable Terminals.

■ CJ2M CPU Units

Product name	Specifications						Current consumption (A)		Model	Standards
	I/O capacity/ Mountable Units (Expansion Racks)	Program capacity	Data memory capacity	LD instruction execution time	EtherNet/IP function	Option board slot	5 V	24 V		
CJ2M CPU Units	2,560 points/ 40 Units (3 Expansion Racks max.)	60K steps	160K words (DM: 32K words, EM: 32K words × 4 banks)	0.04 µs	---	---	0.5 (See note.)	---	CJ2M-CPU15 NEW	UC1, N, L, CE
		30K steps							CJ2M-CPU14 NEW	
		20K steps	64K words (DM: 32K words, EM: 32K words × 1 bank)						CJ2M-CPU13 NEW	
		10K steps							CJ2M-CPU12 NEW	
		5K steps							CJ2M-CPU11 NEW	

Note: Add 0.15A/Unit when using NT-AL001 RS-232C/RS-422A Adapters.
Add 0.04A/Unit when using CJ1W-CIF11 RS-422A Adapters.
Add 0.20A/Unit when using NV3W-M□20L Programmable Terminals.

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6



1. หลอดไฟ Indicator ของ Memory card
2. Indicator ที่ CPU Unit จะมีหลอด LED แสดงสถานะการทำงานของ PLC และอุปกรณ์บางตัวที่นำมาต่อร่วมกับ PLC สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้
3. ช่องโหลดโปรแกรมผ่าน USB
4. ช่องเสียบ Memory card
5. Memory card
6. ปุ่ม Memory Card Eject
7. ตัว Slider ทำหน้าที่ล๊อกโมดูลถัดไป
8. หลอด LED Indicators
9. DIP Switch
10. ช่อง RS-232C Serial Port (เป็น option)
11. Connector เพื่อเสียบโมดูลถัดไป
12. Built-in EtherNet/IP Section (CJ2H-CPU6@-EIP only)
13. Serial Option Boards (CJ2M-CPU3@ Only)
    a. CP1W-CIF01 RS-232C Option Board • RS-422A/485 Option Board (CP1W-CIF11 (Maximum transmission distance: 50 m) or CP1W-CIF12 (Maximum transmission distance: 500 m))

1.4 ส่วนอินพุตเอาท์พุตแบบดิจิตอล

หน่วยอินพุต/เอาต์พุต (Input/Output) สำหรับหน่วยอินพุต/เอาต์พุตของ PLC รุ่นนี้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. Basic I/O Unit เป็นส่วนที่ใช้รับและส่งสัญญาณจากอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตภายนอกที่รับและส่งสัญญาณเป็นแบบดิจิตอล สามารถแบ่ง Basic I/O Unit ออกเป็น 2 ประเภทคือ

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง รหัสวิชา 0922720109 หัวข้อที่ 6

■ Input Units

Unit classification	Product name	Specifications					Current consumption (A)		Model	Standards
		I/O points	Input voltage and current	Commons	External connection	No. of words allocated	5 V	24 V		
CJ1 Basic I/O Units	DC Input Units	8 inputs	12 to 24 VDC, 10 mA	Independent contacts	Removable terminal block	1 word	0.08	—	CJ1W-ID201	UC1, N, L, CE
		16 inputs	24 VDC, 7 mA	16 points, 1 common	Removable terminal block	1 word	0.08	—	CJ1W-ID211	
		16 inputs High-speed type	24 VDC, 7 mA	16 points, 1 common	Removable terminal block	1 word	0.13	—	CJ1W-ID212	
		32 inputs	24 VDC, 4.1 mA	16 points, 1 common	Fujitsu connector	2 words	0.09	—	CJ1W-ID231 (See note.)	
		32 inputs	24 VDC, 4.1 mA	16 points, 1 common	MIL connector	2 words	0.09	—	CJ1W-ID232 (See note.)	
		32 inputs High-speed type	24 VDC, 4.1 mA	16 points, 1 common	MIL connector	2 words	0.20	—	CJ1W-ID233 (See note.)	
		64 inputs	24 VDC, 4.1 mA	16 points, 1 common	Fujitsu connector	4 words	0.09	—	CJ1W-ID261 (See note.)	
		64 inputs	24 VDC, 4.1 mA	16 points, 1 common	MIL connector	4 words	0.09	—	CJ1W-ID262 (See note.)	
	AC Input Units	8 inputs	200 to 24 VAC, 10 mA (200 V, 50 Hz)	8 points, 1 common	Removable Terminal Block	1 word	0.08	—	CJ1W-IA201	
		16 inputs	100 to 120 VAC, 7 mA (100 V, 50 Hz)	16 points, 1 common	Removable Terminal Block	1 word	0.09	—	CJ1W-IA111	

Note: Connectors are not provided with these connector models. Either purchase one of the following 40-pin Connectors, or use an OMRON XW2□ Connector-Terminal Block Conversion Unit or a G7□ I/O Relay Terminal.

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง รหัสวิชา 0922720109 หัวข้อที่ 6

■ Output Units

Unit classification	Product name	Specifications					No. of words allocated	Current consumption (A)		Model	Standards
		Output type	I/O points	Maximum switching capacity	Commons	External connection		5 V	24 V		
CJ1 Basic I/O Units	Relay Contact Output Units	–	8 outputs	250 VAC/24 VDC, 2 A	Independent contacts	Removable terminal block	1 word	0.09	0.048 max.	CJ1W-OC201	UC1, N, L, CE
		–	16 outputs	250 VAC/24 VDC, 2 A	16 points, 1 common	Removable terminal block	1 word	0.11	0.095 max.	CJ1W-OC211	
	Triac Output Unit	–	8 outputs	250 VAC, 0.6 A	8 points, 1 common	Removable terminal block	1 word	0.22	–	CJ1W-OA201	
	Transistor Output Units	Sinking	8 outputs	12 to 24 VDC, 2 A	4 points, 1 common	Removable terminal block	1 word	0.09	–	CJ1W-OD201	
		Sinking	8 outputs	12 to 24 VDC, 0.5 A	8 points, 1 common	Removable terminal block	1 word	0.10	–	CJ1W-OD203	
		Sinking	16 outputs	12 to 24 VDC, 0.5 A	16 points, 1 common	Removable terminal block	1 word	0.10	–	CJ1W-OD211	
		Sinking	16 outputs (fast-response)	24 VDC, 0.5 A	16 points, 1 common	Removable terminal block	1 word	0.15	–	CJ1W-OD213	
		Sinking	32 outputs	12 to 24 VDC, 0.5 A	16 points, 1 common	Fujitsu connector	2 words	0.14	–	CJ1W-OD231 (See note.)	
		Sinking	32 outputs	12 to 24 VDC, 0.5 A	16 points, 1 common	MIL connector	2 words	0.14	–	CJ1W-OD233 (See note.)	
		Sinking	32 outputs (fast-response)	24 VDC, 0.5 A	16 points, 1 common	MIL connector	2 words	0.22	–	CJ1W-OD234 (See note.)	
		Sinking	64 outputs	12 to 24 VDC, 0.3 A	16 points, 1 common	Fujitsu connector	4 words	0.17	–	CJ1W-OD261 (See note.)	
		Sinking	64 outputs	12 to 24 VDC, 0.3 A	16 points, 1 common	MIL connector	4 words	0.17	–	CJ1W-OD263 (See note.)	
		Sourcing	8 outputs	24 VDC, 2 A Short-circuit protection	4 points, 1 common	Removable terminal block	1 word	0.11	–	CJ1W-OD202	
		Sourcing	8 outputs	24 VDC, 0.5 A Short-circuit protection	8 points, 1 common	Removable terminal block	1 word	0.10	–	CJ1W-OD204	
		Sourcing	16 outputs	24 VDC, 0.5 A Short-circuit protection	16 points, 1 common	Removable terminal block	1 word	0.10	–	CJ1W-OD212	
		Sourcing	32 outputs	24 VDC, 0.5 A Short-circuit protection	16 points, 1 common	MIL connector	2 words	0.15	–	CJ1W-OD232 (See note.)	
		Sourcing	64 outputs	12 to 24 VDC, 0.3 A	16 points, 1 common	MIL connector	4 words	0.17	–	CJ1W-OD262 (See note.)	

Note: Connectors are not provided with these connector models. Either purchase one of the following 40-pin Connectors, or use an OMRON XW2□ Connector-Terminal Block Conversion Unit or a G7□ I/O Relay Terminal.

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง รหัสวิชา 0922720109 หัวข้อที่ 6

■ I/O Units

Unit classification	Product name	Specifications						Current consumption (A)		Model	Standards
		Output type	I/O points	Input voltage, Input current / Maximum switching capacity	Commons	External connection	No. of words allocated	5 V	24 V		
CJ1 Basic I/O Units	DC Input/ Transistor Output Units	Sinking	16 inputs	24 VDC, 7 mA	16 points, 1 common	Fujitsu connector	2 words	0.13	---	CJ1W-MD231 (See note 2.)	UC1, N, CE
			16 outputs	250 VAC/24 VDC, 0.5 A	16 points, 1 common						
		Sinking	16 inputs	24 VDC, 7 mA	16 points, 1 common	MIL connector	2 words	0.13	---	CJ1W-MD233 (See note 2.)	UC1, N, CE
			16 outputs	12 to 24 VDC, 0.5 A	16 points, 1 common						
		Sinking	32 inputs	24 VDC, 4.1 mA	16 points, 1 common	Fujitsu connector	4 words	0.14	---	CJ1W-MD261 (See note 1.)	
			32 outputs	12 to 24 VDC, 0.3 A	16 points, 1 common						
		Sinking	32 inputs	24 VDC, 4.1 mA	16 points, 1 common	MIL connector	4 words	0.14	---	CJ1W-MD263 (See note 1.)	
			32 outputs	12 to 24 VDC, 0.3 A	16 points, 1 common						
		Sourcing	16 inputs	24 VDC, 7 mA	16 points, 1 common	MIL connector	2 words	0.13	---	CJ1W-MD232 (See note 2.)	UC1, N, L, CE
			16 outputs	24 VDC, 0.5 A Short-circuit protection	16 points, 1 common						
	TTL I/O Units	---	32 inputs	5 VDC, 35 mA	16 points, 1 common	MIL connector	4 words	0.19	---	CJ1W-MD563 (See note 1.)	UC1, N, CE
			32 outputs	5 VDC, 35 mA	16 points, 1 common						

Note 1. Connectors are not provided with these connector models. Either purchase one of the following 40-pin Connectors, or use an OMRON XW2□ Connector-Terminal Block Conversion Unit or a G7□ I/O Relay Terminal.
2. Connectors are not provided with these connector models. Either purchase one of the following 20-pin or 24-pin Connectors, or use an OMRON XW2□ Connector-Terminal Block Conversion Unit or a G7□ I/O Relay Terminal.

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง รหัสวิชา 0922720109 หัวข้อที่ 6

■ I/O Units

Unit classification	Product name	Specifications						Current consumption (A)		Model	Standards
		Output type	I/O points	Input voltage, Input current / Maximum switching capacity	Commons	External connection	No. of words allocated	5 V	24 V		
CJ1 Basic I/O Units	DC Input/ Transistor Output Units	Sinking	16 inputs	24 VDC, 7 mA	16 points, 1 common	Fujitsu connector	2 words	0.13	---	CJ1W-MD231 (See note 2.)	UC1, N, CE
			16 outputs	250 VAC/24 VDC, 0.5 A	16 points, 1 common						
		Sinking	16 inputs	24 VDC, 7 mA	16 points, 1 common	MIL connector	2 words	0.13	---	CJ1W-MD233 (See note 2.)	UC1, N, CE
			16 outputs	12 to 24 VDC, 0.5 A	16 points, 1 common						
		Sinking	32 inputs	24 VDC, 4.1 mA	16 points, 1 common	Fujitsu connector	4 words	0.14	---	CJ1W-MD261 (See note 1.)	
			32 outputs	12 to 24 VDC, 0.3 A	16 points, 1 common						
		Sinking	32 inputs	24 VDC, 4.1 mA	16 points, 1 common	MIL connector	4 words	0.14	---	CJ1W-MD263 (See note 1.)	
			32 outputs	12 to 24 VDC, 0.3 A	16 points, 1 common						
		Sourcing	16 inputs	24 VDC, 7 mA	16 points, 1 common	MIL connector	2 words	0.13	---	CJ1W-MD232 (See note 2.)	UC1, N, L, CE
			16 outputs	24 VDC, 0.5 A Short-circuit protection	16 points, 1 common						
	TTL I/O Units	---	32 inputs	5 VDC, 35 mA	16 points, 1 common	MIL connector	4 words	0.19	---	CJ1W-MD563 (See note 1.)	UC1, N, CE
			32 outputs	5 VDC, 35 mA	16 points, 1 common						

Note 1. Connectors are not provided with these connector models. Either purchase one of the following 40-pin Connectors, or use an OMRON XW2□ Connector-Terminal Block Conversion Unit or a G7□ I/O Relay Terminal.
2. Connectors are not provided with these connector models. Either purchase one of the following 20-pin or 24-pin Connectors, or use an OMRON XW2□ Connector-Terminal Block Conversion Unit or a G7□ I/O Relay Terminal.

● Applicable Connectors

Fujitsu Connectors for 32-input, 32-output, 64-input, 64-output, 32-input/32-output, and 16-input/16-output Units

Name	Connection	Remarks	Applicable Units	Model	Standards
40-pin Connectors	Soldered	FCN-361J040-AU Connector FCN-360C040-J2 Connector Cover	Fujitsu Connectors: CJ1W-ID231 (32 inputs): 1 per Unit CJ1W-ID261 (64 inputs) 2 per Unit CJ1W-OD231 (32 outputs):1 per Unit CJ1W-OD261 (64 outputs): 2 per Unit CJ1W-MD261 (32 inputs, 32 outputs): 2 per Unit	C500-CE404	—
	Crimped	FCN-363J040 Housing FCN-363J-AU Contactor FCN-360C040-J2 Connector Cover		C500-CE405	
	Pressure welded	FCN-367J040-AU/F		C500-CE403	
24-pin Connectors	Soldered	FCN-361J024-AU Connector FCN-360C024-J2 Connector Cover	Fujitsu Connectors: CJ1W-MD231 (16 inputs, 16 outputs): 2 per Unit	C500-CE241	
	Crimped	FCN-363J024 Housing FCN-363J-AU Contactor FCN-360C024-J2 Connector Cover		C500-CE242	
	Pressure welded	FCN-367J024-AU/F		C500-CE243	

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

MIL Connectors for 32-input, 32-output, 64-input, 64-output, 32-input/32-output, and 16-input/16-output Units

Name	Connection	Remarks	Applicable Units	Model	Standards
40-pin Connectors	Pressure welded	FRC5-AO40-3TOS	MIL Connectors: CJ1W-ID232/233 (32 inputs): 1 per Unit CJ1W-OD232/233/234 (32 outputs):1 per Unit CJ1W-ID262 (64 inputs): 2 per Unit CJ1W-OD262/263 (64 outputs): 2 per Unit CJ1W-MD263/563 (32 inputs, 32 outputs): 2 per Unit	XG4M-4030-T	---
20-pin Connectors	Pressure welded	FRC5-AO20-3TOS	MIL Connectors: CJ1W-MD232/233 (16 inputs, 16 outputs): 2 per Unit	XG4M-2030-T	

■ Interrupt Input Units

Unit classification	Product name	Specifications						No. of words allocated	Current consumption (A)		Model	Standards
		I/O points	Input voltage current	Commons	Input pulse width conditions	Max. Units mountable per Unit	External connection		5 V	24 V		
CJ1 Basic I/O Units	Interrupt Input Unit	16 inputs	24 VDC, 7 mA	16 points, 1 common	ON time: 0.05 ms max. OFF time: 0.5 ms max.	2	Removable terminal block	1 word	0.08	---	CJ1W-INT01	UC1, N, L, CE

Note 1. Can be used only on CPU Racks, and not on Expansion Racks.
2. The locations where the Units can be mounted depend on the CPU Rack and the CPU Unit model.
CJ2H-CPU6□-EIP: From the slot next to the CPU Unit until the forth slot.
CJ2H-CPU6□-L CJ2M: From the slot next to the CPU Unit until the fifth slot.

■ Quick-response Input Units

Unit classification	Product name	Specifications					No. of words allocated	Current consumption (A)		Model	Standards
		I/O points	Input voltage, input current	Commons	Input pulse width conditions	External connection		5 V	24 V		
CJ1 Basic I/O Units	Quick-response Input Unit	16 inputs	24 VDC, 7 mA	16 points, 1 common	ON time: 0.05 ms max. OFF time: 0.5 ms max.	Removable terminal block	1 word	0.08	---	CJ1W-IDP01	UC1, N, L, CE

Note: There are no restrictions on the mounting position or number of Units.

■ B7A Interface Units

Unit classification	Product name	Specifications		No. of words allocated	Current consumption (A)		Model	Standards
		I/O points	External connection		5 V	24 V		
CJ1 Basic I/O Units	B7A Interface Units	64 inputs	Removable terminal block	4 words	0.07	---	CJ1W-B7A14	UC1, CE
		64 outputs			0.07	---	CJ1W-B7A04	
		32 inputs/outputs			0.07	---	CJ1W-B7A22	

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง รหัสวิชา 0922720109 หัวข้อที่ 6

2. Special I/O Units and CPU Bus Units

■ Process I/O Units

● Isolated-type Units with Universal Inputs

Unit classification	Product name	Input points	Signal range selection	Signal range	Conversion speed (resolution)	Accuracy (at ambient temperature of 25°C)	External connection	No. of unit numbers allocated	Current consumption (A) 5 V	Current consumption (A) 24 V	Model	Standards
CJ1 Special I/O Units	Process Input Units (Isolated-type Units with Universal Inputs)	4 inputs	Set separately for each input	Universal inputs: Pt100 (3-wire), JPt100 (3-wire), Pt1000 (3-wire), Pt100 (4-wire), K, J, T, E, L, U, N, R, S, B, WRe5-26, PL II, 4 to 20 mA, 0 to 20 mA, 1 to 5 V, 0 to 1.25 V, 0 to 5 V, 0 to 10 V, ±100 mV selectable range, −1.25 to 1.25 V, −5 to 5 V, −10 to 10 V, ±10 V selectable range, potentiometer	Resolution (conversion speed): 1/256,000 (conversion cycle: 60 ms/ 4 inputs) 1/64,000 (conversion cycle: 10 ms/ 4 inputs) 1/16,000 (conversion cycle: 5 ms/ 4 inputs)	Standard accuracy: ±0.05% of F.S.	Removable terminal block	1	0.90	—	CJ1W-PH41U (See note 1.)	UC1, CE
		4 inputs	Set separately for each input	Universal inputs: Pt100, JPt100, Pt1000, K, J, T, L, R, S, B, 4 to 20 mA, 0 to 20 mA, 1 to 5 V, 0 to 5 V, 0 to 10 V	Conversion speed: 250 ms/ 4 inputs	Accuracy: Platinum resistance thermometer input: (±0.3% of PV or ±0.8°C, whichever is larger) ±1 digit max. Thermocouple input: (±0.3% of PV or ±1.5°C, whichever is larger) ±1 digit max. (See note 2.) Voltage or current input: ±0.3% of F.S. ±1 digit max.			0.32	—	CJ1W-AD04U	UC1, L, CE

Note 1. Do not connect a Relay Output Unit to the same CPU Rack or to the same Expansion Rack as the CJ1W-PH41U.
2. L and −100°C or less for K and T are ±2°C±1 digit max., and 200°C or less for R and S is ±3°C±1 digit max. No accuracy is specified for 400°C or less for B.

● Isolated-type Thermocouple Input Units

Unit classification	Product name	Input points	Signal range selection	Signal range	Conversion speed (resolution)	Accuracy (at ambient temperature of 25°C)	External connection	No. of unit numbers allocated	Current consumption (A) 5 V	Current consumption (A) 24 V	Model	Standards
CJ1 Special I/O Units	Process Input Units (Isolated-type Thermocouple Input Units)	2 inputs	Set separately for each input	Thermocouple: B, E, J, K, L, N, R, S, T, U, WRe5-26, PLII DC voltage: ±100 mV	Conversion speed: 10 ms/ 2 inputs, Resolution: 1/64,000	Standard accuracy: ±0.05% of F.S. (See note 1.)	Removable terminal block	1	0.18	0.06 (See note 2.)	CJ1W-PTS15	UC1, CE
		4 inputs		Thermocouple: R, S, K, J, T, L, B	Conversion speed: 250 ms/ 4 inputs	Accuracy: (±0.3% of PV or ±1°C, whichever is larger) ±1 digit max. (See note 3.)			0.25	—	CJ1W-PTS51	

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง รหัสวิชา 0922720109 หัวข้อที่ 6

● Analog Output Units

Unit classification	Product name	Output points	Signal range selection	Signal range	Resolution	Conversion speed	Accuracy (at ambient temperature of 25°C)	External connection	External power supply	No. of unit numbers allocated	Current consumption (A) 5 V	Current consumption (A) 24 V	Model	Standards
CJ1 Special I/O Units	Analog Output Units	4 outputs	Set separately for each input	1 to 5 V (1/10,000), 0 to 10 V (1/20,000), and −10 to 10 V (1/40,000)		20 µs/1 point, 25 µs/2 points, 30 µs/3 points, 35 µs/4 points. The Direct conversion is provided.	±0.3% of F.S.	Removable terminal block	—	1	0.40	—	CJ1W-DA042V	UC1, CE
	Analog Output Units	8 outputs		1 to 5 V, 0 5 to 5 V, 0 to 10 V, −10 to 10 V	1/4,000 (Settable to 1/8,000)	1 ms/point max. (Settable to 250 µs/point)			24 VDC +10% −15%, 140 mA max.		0.14	0.14 (See note.)	CJ1W-DA08V	UC1, N, L, CE
		8 outputs		4 to 20 mA					24 VDC +10% −15%, 170 mA max.		0.14	0.17 (See note.)	CJ1W-DA08C	UC1, N, CE
		4 outputs		1 to 5 V, 0 to 5 V, 0 to 10 V, −10 to 10 V, 4 to 20 mA	1/4000	1 ms/point max.	Voltage output: ±0.3% of F.S. Current output: ±0.5% of F.S.		24 VDC +10% −15%, 200 mA max.		0.12	0.2 (See note.)	CJ1W-DA041	UC1, N, L, CE
		2 outputs							24 VDC +10% −15%, 140 mA max.		0.12	0.14 (See note.)	CJ1W-DA021	

Note: This is for an external power supply, and not for internal current consumption

● Analog I/O Units

Unit classification	Product name	No. of points	Signal range selection	Signal range	Resolution (See note.)	Conversion speed (See note.)	Accuracy (at ambient temperature of 25°C)	External connection	No. of unit numbers allocated	Current consumption (A) 5 V	Current consumption (A) 24 V	Model	Standards
CJ1 Special I/O Units	Analog I/O Units	4 inputs	Set separately for each input	1 to 5 V, 0 to 5 V, 0 to 10 V, −10 to 10 V, 4 to 20 mA	1/4,000 (Settable to 1/8,000)	1 ms/point (Settable to 500 µs/point max.)	Voltage input: ±0.2% of F.S. Current input: ±0.2% of F.S.	Removable terminal block	1	0.58	—	CJ1W-MAD42	UC1, N, L, CE
		2 outputs					Voltage output: ±0.3% of F.S. Current output: ±0.3% of F.S.						

Note: The resolution and conversion speed cannot be set independently. If the resolution is set to 1/4,000, then the conversion speed will be 1 ms/point.

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

■ Temperature Control Units

Unit classification	Product name	Specifications			No. of unit numbers allocated	Current consumption (A)		Model	Standards
		No. of loops	Temperature sensor inputs	Control outputs		5 V	24 V		
CJ1 Special I/O Units	Temperature Control Units	4 loops	Thermocouple input (R, S, K, J, T, B, L)	Open collector NPN outputs (pulses)	2	0.25	—	CJ1W-TC001	UC1, N, L, CE
		4 loops		Open collector PNP outputs (pulses)		0.25	—	CJ1W-TC002	
		2 loops, heater burnout detection function		Open collector NPN outputs (pulses)		0.25	—	CJ1W-TC003	
		2 loops, heater burnout detection function		Open collector PNP outputs (pulses)		0.25	—	CJ1W-TC004	
		4 loops	Platinum resistance thermometer input (JPt100, Pt100)	Open collector NPN outputs (pulses)		0.25	—	CJ1W-TC101	
		4 loops		Open collector PNP outputs (pulses)		0.25	—	CJ1W-TC102	
		2 loops, heater burnout detection function		Open collector NPN outputs (pulses)		0.25	—	CJ1W-TC103	
		2 loops, heater burnout detection function		Open collector PNP outputs (pulses)		0.25	—	CJ1W-TC104	

■ High-speed Counter Unit

Unit classification	Product name	Specifications			No. of unit numbers allocated	Current consumption (A)		Model	Standards
		Countable channels	Encoder A and B inputs, pulse input Z signals	Max. counting rate		5 V	24 V		
CJ1 Special I/O Units	High-speed Counter Unit	2	Open collector Input voltage: 5 VDC, 12 V, or 24 V (5 V and 12 V are each for one axis only.)	50 kHz	4	0.28	—	CJ1W-CT021	UC1, N, L, CE
			RS-422 line driver	500 kHz					

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง รหัสวิชา 0922720109 หัวข้อที่ 6

■ Position Control Units

● Position Control Units (High-speed type)

Unit classification	Product name	Specifications				No. of unit numbers allocated	Current consumption (A)		Model	Standards
		Control output interface			No. of axes		5 V	24 V		
CJ1 Special I/O Units	Position Control Units (High-speed type)	Pulse-train open-collector output with Pulse Counter Function			2 axes	2	0.27	—	CJ1W-NC214	UL1, CE
					4 axes		0.31	—	CJ1W-NC414	
		Pulse-train line-driver output with Pulse Counter Function			2 axes	2	0.27	—	CJ1W-NC234	
					4 axes		0.31	—	CJ1W-NC434	
	Position Control Unit Cables	Open-collector output	For CJ1W-NC214/NC414	Connecting Servo Drives: OMNUC G Series R88D-GT OMNUC G5 Series R88D-KT	1 axis	Cable length: 1 m			XW2Z-100J-G13	—
				Connecting Servo Drives: SMARTSTEP2 R7D-BP		Cable length: 3 m			XW2Z-300J-G13	
				Connecting Servo Drives: OMNUC W Series R88D-WT		Cable length: 1 m			XW2Z-100J-G16	
				Connecting Servo Drives: SMARTSTEP R7D-AP		Cable length: 3 m			XW2Z-300J-G16	
				Connecting Servo Drives: OMNUC G Series R88D-GT OMNUC G5 Series R88D-KT		Cable length: 1 m			XW2Z-100J-G14	
				Connecting Servo Drives: SMARTSTEP2 R7D-BP		Cable length: 3 m			XW2Z-300J-G14	
				Connecting Servo Drives: OMNUC W Series R88D-WT		Cable length: 1 m			XW2Z-100J-G15	
				Connecting Servo Drives: SMARTSTEP R7D-AP		Cable length: 3 m			XW2Z-300J-G15	
				Connecting Servo Drives: OMNUC G Series R88D-GT OMNUC G5 Series R88D-KT	2 axes	Cable length: 1 m			XW2Z-100J-G5	
				Connecting Servo Drives: SMARTSTEP2 R7D-BP		Cable length: 3 m			XW2Z-300J-G5	
				Connecting Servo Drives: OMNUC W Series R88D-WT		Cable length: 1 m			XW2Z-100J-G8	
				Connecting Servo Drives: SMARTSTEP R7D-AP		Cable length: 3 m			XW2Z-300J-G8	
				Connecting Servo Drives: OMNUC G Series R88D-GT OMNUC G5 Series R88D-KT		Cable length: 1 m			XW2Z-100J-G6	
				Connecting Servo Drives: SMARTSTEP2 R7D-BP		Cable length: 3 m			XW2Z-300J-G6	
				Connecting Servo Drives: OMNUC W Series R88D-WT		Cable length: 1 m			XW2Z-100J-G7	
				Connecting Servo Drives: SMARTSTEP R7D-AP		Cable length: 3 m			XW2Z-300J-G7	
		Line-driver output	For CJ1W-NC234/NC434	Connecting Servo Drives: OMNUC G Series R88D-GT OMNUC G5 Series R88D-KT	1 axis	Cable length: 1 m			XW2Z-100J-G9	
						Cable length: 5 m			XW2Z-500J-G9	
						Cable length: 10 m			XW2Z-10MJ-G9	
				Connecting Servo Drives: SMARTSTEP2 R7D-BP		Cable length: 1 m			XW2Z-100J-G12	
						Cable length: 5 m			XW2Z-500J-G12	
						Cable length: 10 m			XW2Z-10MJ-G12	
				Connecting Servo Drives: OMNUC W Series R88D-WT		Cable length: 1 m			XW2Z-100J-G10	
						Cable length: 5 m			XW2Z-500J-G10	
						Cable length: 10 m			XW2Z-10MJ-G10	
				Connecting Servo Drives: SMARTSTEP R7D-AP		Cable length: 1 m			XW2Z-100J-G11	
						Cable length: 5 m			XW2Z-500J-G11	
						Cable length: 10 m			XW2Z-10MJ-G11	

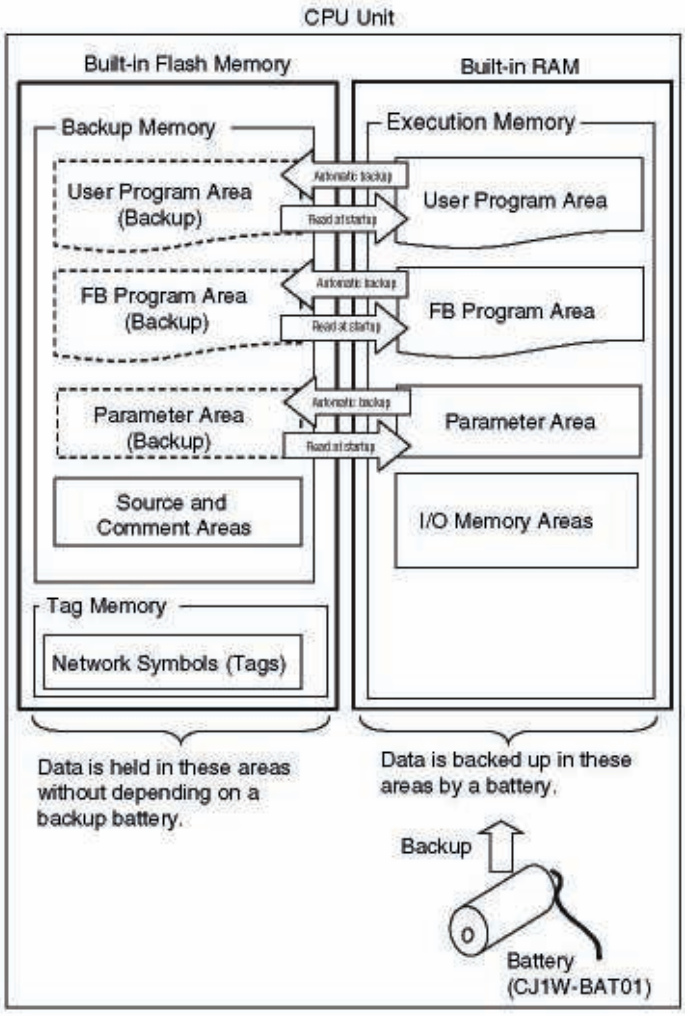
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

2.1 โครงสร้างหน่วยความจำภายใน

การใช้งาน PLC จำเป็นต้องทราบว่า PLC รุ่นนั้นจะกำหนดแอสเดรสอินพุต/เอาต์พุตเป็นแบบใด เพื่อที่จะได้รับและส่งสัญญาณระหว่างอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตภายนอกกับ PLC ได้ถูกต้อง โดยพื้นที่หน่วยความจำของ PLC รุ่น CJ2 นั้นจะแบ่งออกเป็นพื้นที่ต่างๆ ดังนี้

โดยภายในจะมีหน่วยความจำ 2 ชนิดหลักๆ คือ

- หน่วยความจำชนิด RAM
- หน่วยความจำชนิด Flash

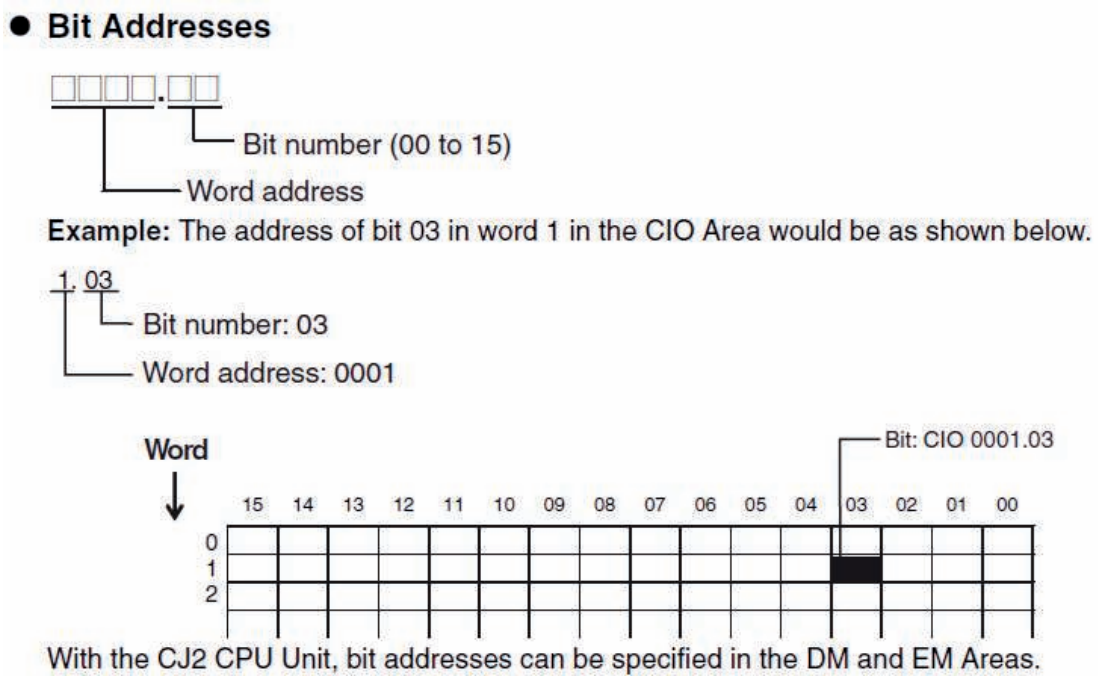


	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

หน่วยความจำที่อยู่ใน CPU Unit นั้น เป็นหน่วยความจำชนิด RAM ซึ่งต้องใช้แบตเตอรี่(Battery)ในการเก็บสำรองข้อมูล(Backup) ข้อมูล สามารถแบ่งหน่วยความจำใน CPU ออกเป็น 4 พื้นที่หลักๆ ด้วยกันคือ

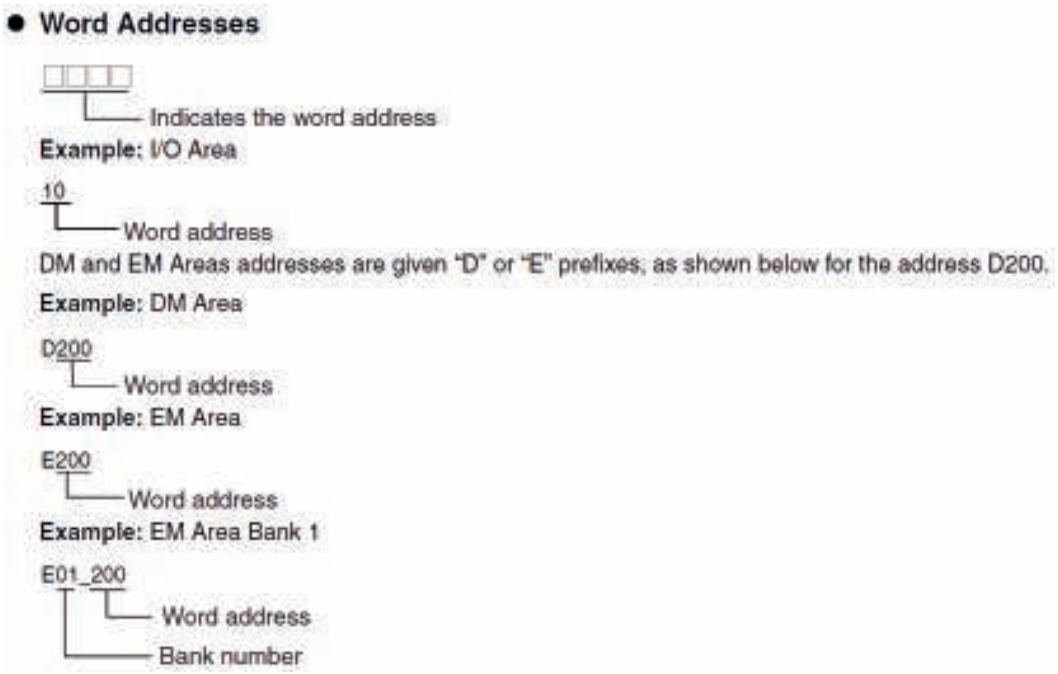
1. **User Program Memory** เป็นหน่วยความจำส่วนที่ใช้เก็บโปรแกรมจำพวก Ladder Diagram ที่ผู้ใช้เขียนสั่งให้ PLC ทำงาน
2. **I/O Memory Area** สำหรับพื้นที่หน่วยความจำส่วนนี้ สามารถนำไปใช้ร่วมกับคำสั่งต่างๆที่ใช้งานใน PLC โดยกำหนดเป็นค่า Operand ต่างๆเพื่อให้คำสั่งเหล่านั้นนำไปใช้งาน สำหรับพื้นที่หน่วยความจำส่วนนี้ประกอบด้วย CIO Area, Work Area, Holding Area, Auxiliary Area, DM Area, EM Area, Counter Area, Task Flag Area, Data Registers, Index Register, Condition Flag และ Clock Pulse Area ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดในส่วนต่อไป
3. **Parameter Area** สำหรับพื้นที่หน่วยความจำส่วนนี้ ไม่สามารถนำมากำหนดเป็น Operand ให้คำสั่งต่างๆใช้งานได้เหมือนพื้นที่ข้างบน แต่ถ้าต้องการเข้าไปเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆในพื้นที่ส่วนนี้สามารถทำได้โดยการใช้อุปกรณ์ป้อนโปรแกรมต่างๆได้แก่ Programming Console หรือ คอมพิวเตอร์ พื้นที่ส่วนนี้ประกอบด้วย PC Setup, I/O Table, Routing Table และ CPU Bus Unit Setup
4. **FB Program Area** สำหรับพื้นที่หน่วยความจำส่วนนี้ เก็บ Function Box ของผู้ใช้งานที่ได้สร้างขึ้น โดยใช้ CX-Programmer

ตัวอย่างการอ้างหน่วยความจำ Addressing I/O Memory Areas
การอ้างแบบบิต



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	**ใบข้อมูล (ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

การอ้างแบบ Word



2.2 พื้นที่หน่วยความจำในแต่ละส่วน

สำหรับเนื้อหาที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ จะอธิบายหน้าที่การทำงานของพื้นที่หน่วยความจำ ในส่วนของ I/O Memory Area โดยใน CPU Unit จะแบ่งพื้นที่หน่วยความจำส่วนนี้ออกเป็นพื้นที่ส่วนต่างๆ และแต่ละส่วนจะทำหน้าที่แตกต่างกัน

พื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ PLC ของ OMRON จะมีการแบ่งเป็นส่วนต่างๆ

1. **CIO Area** ใช้ในการติดต่อกับ Basic I/O Units ถ้าเวิร์ดใดไม่ได้ถูกใช้งานในโปรแกรม สามารถใช้เป็น Work bits ในโปรแกรมได้ ขณะใช้งานไม่ต้องพิมพ์คำว่า CIO นำหน้า
    a. I/O Area
    b. Data Link Area
    c. Synchronous Data Refresh Area
    d. CPU Bus Unit Area
    e. Special I/O Unit Area
    f. Pulse I/O Area
    g. Serial PLC Link Area
    h. DeviceNet Area
    i. Internal I/O Area

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)** **หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง** **รหัสวิชา 0922720109** **หัวข้อที่ 6**

Area		Size	Range	External I/O allocation	Bit access	Word access	Access: Read	Access: Write	Change from Programming Device	Status at startup or mode change	Forcing bit status	Reference
CIO Area	I/O Area	2,560 bits (160 words)	CIO 0 to CIO 159*1	Basic I/O Units	OK	OK	OK	OK	OK	Cleared*2	OK	6-8
	Data Link Area	3,200 bits (200 words)	CIO 1000 to CIO 1199	Data links or PLC links (conditional)	OK	OK	OK	OK	OK		OK	6-13
	Synchronous Data Refresh Area	1,536 bits (96 words)	CIO 1200 to CIO 1295	Synchronous Units*3	OK	OK	OK	OK	OK		OK	6-14
	CPU Bus Unit Area	6,400 bits (400 words)	CIO 1500 to CIO 1899	CPU Bus Units (conditional)	OK	OK	OK	OK	OK		OK	6-15
	Special I/O Unit Area	15,360 bits (960 words)	CIO 2000 to CIO 2959	Special I/O Units (conditional)	OK	OK	OK	OK	OK		OK	6-16
	Pulse I/O Area	32 bits (4 words)	CIO 2960 to CIO 2963	Pulse I/O Modules*4	OK	OK	OK	OK	OK		OK	6-17
	Serial PLC Link Area	1,440 bits (90 words)	CIO 3100 to CIO 3189	Linked PLC*4	OK	OK	OK	OK	OK		OK	6-18
	DeviceNet Area	9,600 bits (600 words)	CIO 3200 to CIO 3799	DeviceNet Master (fixed allocations) (conditional)	OK	OK	OK	OK	OK		OK	6-19
	Internal I/O Area	3,200 bits (200 words) 37,504 bits (2,344 words)	CIO 1300 to CIO 1499 CIO 3800 to CIO 6143	---	OK	OK	OK	OK	OK		OK	---
Work Area		8,192 bits (512 words)	W000 to W511	---	OK	OK	OK	OK	OK	Cleared *2	OK	6-20
Holding Area*5		8,192 bits (512 words)	H000 to H511	---	OK	OK	OK	OK	OK	Maintained	OK	6-21
Auxiliary Area		48,128 bits (3,008 words)	A000 to A447	---	OK	OK	OK	No	No	Depends on the address	No	6-23
			A448 to A959	---	OK	OK	OK	OK	OK			
			A960 to A1471*6	---	OK	OK	OK	OK	OK			
			A10000 to A11535*6	---	OK	OK	OK	No	No			

2. **Work Area (W)** สามารถนำเอาบิตใน Word เพื่อใช้เป็นตัวต่อ เวลาใช้งานต้องมีตัวอักษร W นำหน้า
3. **Holding Area (H)** เก็บสถานะบิตได้ตอนไฟฟ้าดับต่อ เวลาใช้งานต้องมีตัวอักษร H นำหน้า
4. **Auxiliary Area (A)** หน่วยความจำช่วยพิเศษแต่ละ Word จะมีหน้าที่การทำงานที่ต่างๆ กัน
5. **Data Memory Area (D) (DM Area)** ใช้ในการเก็บข้อมูลทั่วๆ ไปโดยค่าในหน่วยความจำนี้จะไม่สูญหายแม้ว่า PLC จะปิดไปแล้วก็ตาม
6. **Extended Data Memory Area (E) (EM Area)** ใช้ในการเก็บข้อมูลทั่วๆ ไปโดยค่าในหน่วยความจำนี้จะไม่สูญหายแม้ว่า PLC จะปิดไปแล้วก็ตาม โดยจะต้องต่อหน่วยความจำส่วนนี้เพิ่มเข้าไปหากต้องการ

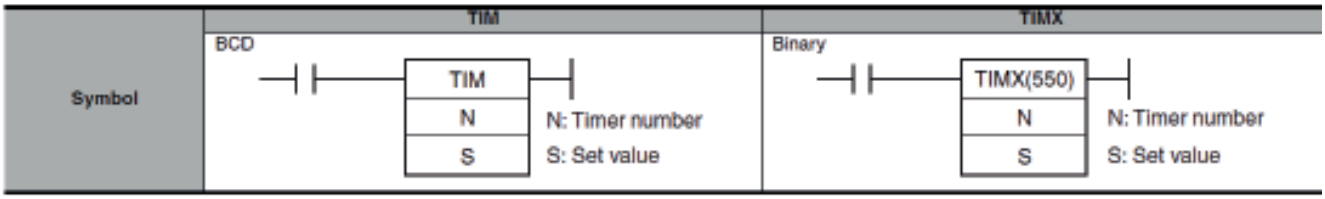
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี) หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง รหัสวิชา 0922720109 หัวข้อที่ 6

7. **Timer Area** Timer Area ถูกแบ่งเป็นสองส่วนคือส่วน Timer Completion Flags และ Timer Present Values (PVs) สามารถเรียกใช้งาน Timer ได้ถึง 4,096 ตัวโดยเรียกใช้ได้ตั้งแต่หมายเลข T0000-T4,095 โดยการเรียกใช้งาน Timer Completion Flags และ Timer Present Values (PVs) สามารถเรียกใช้หมายเลขเดียวกันได้
8. **Counter Area** Counter Area ถูกแบ่งเป็นสองส่วนคือส่วน Counter Completion Flags และ Counter Present Values (PVs) เหมือนกับ Timer สามารถเรียกใช้งาน Counter ได้ถึง 4,096 ตัวโดยเรียกใช้ได้ตั้งแต่หมายเลข C0000-C4,095 โดยการเรียกใช้งาน Counter Completion Flags และ Counter Present Values (PVs) สามารถเรียกใช้หมายเลขเดียวกันได้

Area	Size	Range	External I/O allocation	Bit access	Word access	Access		Change from Programming Device	Status at startup or mode change	Forcing bit status	Reference
						Read	Write				
TR Area	16 bits	TR0 to TR15	---	OK	---	OK	OK	No	Cleared	No	6-24
DM Area	32,768 words	D00000 to D32767	---	OK*8	OK	OK	OK	OK	Maintained	No	6-25
EM Area	32,768 words per bank, 25 banks max. (0 to 18 hex)	E00_0 to E18_32767*8	---	OK*8	OK	OK	OK	OK	Maintained	Can be enabled with a setting.*9	6-28
Timer Completion Flags	4,096 bits	T0 to T4095	---	OK	---	OK	OK	OK	Cleared	OK	6-32
Counter Completion Flags	4,096 bits	C0 to C4095	---	OK	---	OK	OK	OK	Maintained	OK	6-34
Timer PVs	4,096 words	T0 to T4095	---	---	OK	OK	OK	OK	Cleared	No*10	6-32
Counter PVs	4,096 words	C0 to C4095	---	---	OK	OK	OK	OK	Maintained	No*11	6-34
Task Flag Area	128 bits	TK000 to TK127	---	OK	---	OK	No	No	Cleared	No	6-35
Index Registers*7	16 registers	IR0 to IR15	---	OK	OK	Indirect addressing only	Specific instructions only	No	Cleared	No	6-36
Data Registers*7	16 registers	DR0 to DR15	---	No	OK	OK	OK	No	Cleared	No	6-41
Condition Flags	Example: Always ON Flag	System symbols in the global symbols table of the CX-Programmer (e.g., P_On)	---	OK	---	OK	No	No	Cleared	No	6-43
Pulse bits	Example: 1 s Clock Pulse	System symbols in the global symbols table of the CX-Programmer (e.g., P_1s)	---	OK	---	OK	No	No	Cleared	No	6-45

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

3.1 การใช้คำสั่ง TIMER: TIM

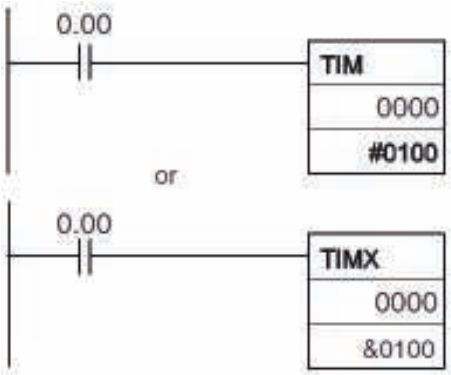


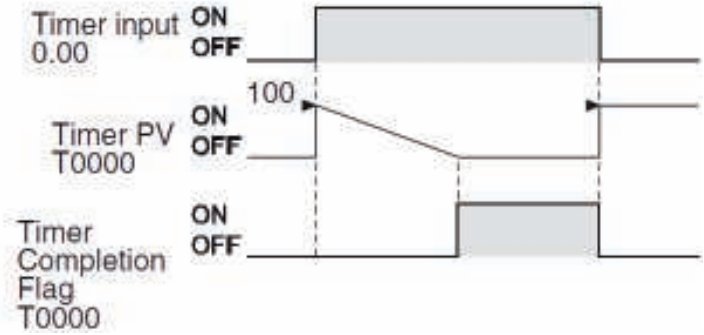
Timer ตัวปกติจะจับเวลาลงจากค่าเวลาที่ตั้งไว้ แล้วจะ ON โดยที่สถานะทางขา Timer Input ต้องเป็น ON ไว้ตลอดช่วงเวลาที่กำลังจับเวลาอยู่ ถ้าสถานะทางขา Timer Input เป็น OFF ก่อนถึงเวลาที่ตั้งไว้ ค่าเวลานั้นจะถูก Reset เป็นค่าเริ่มต้น และจะเริ่มจับเวลาลงใหม่อีกครั้งเมื่อสถานะทางขา Timer Input เป็น ON โดยหน้า Contact ของ Timer จะ ON ก็ต่อเมื่อ ค่าเวลาที่จับลงมีค่าเป็น 0 เท่านั้น

ตัวอย่างการใช้งาน

เมื่อ timer input CIO 0.00 เปลี่ยนสถานะจาก OFF เป็น ON timer PV จะเริ่มทำงานนับลงจากค่า SV. โดย Timer จะทำงานเมื่อนับจนกระทั่งถึง ศูนย์ T0000 จะ ON

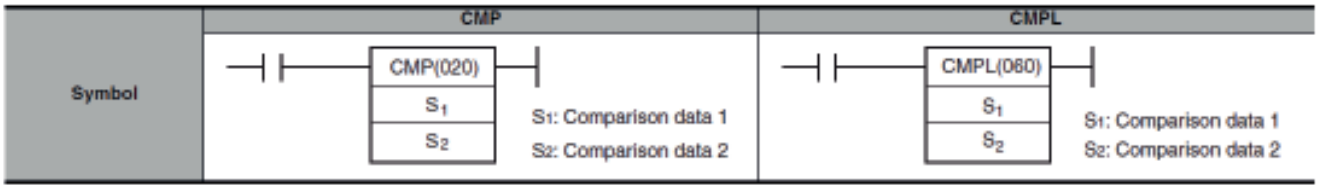
ขณะที่ CIO 0.00 เปลี่ยนสถานะไปเป็น OFF, ค่า timer PV จะรีเซตกลับเป็นค่า SV และบิตสถานะ Completion Flag เปลี่ยนเป็น OFF พร้อมเริ่มใหม่





	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

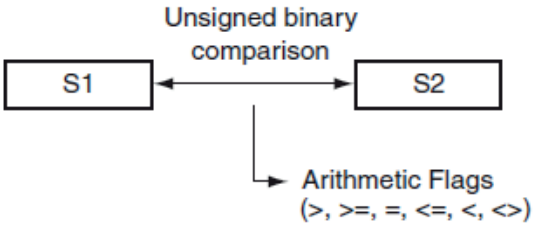
3.2 คำสั่ง Comparator (CMP)



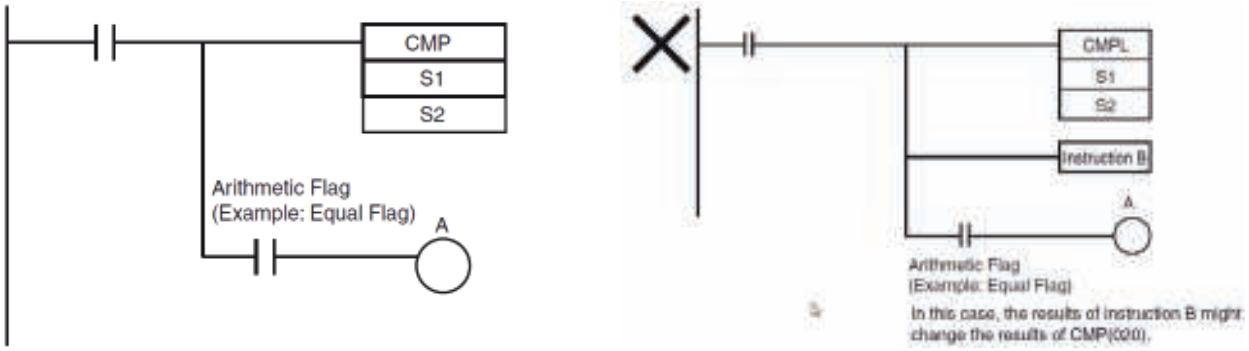
CMP เป็นฟังก์ชันเปรียบเทียบข้อมูลของ S1 กับ S2 โดยมีบิตที่แสดงสภาวะในการเปรียบเทียบดังนี้

CMP(020) Result	Flag status					
	>	> =	=	< =	<	< >
$S_1 > S_2$	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON
$S_1 = S_2$	OFF	ON	ON	ON	OFF	OFF
$S_1 < S_2$	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON

*A status of "---" indicates that the Flag may be ON or OFF.



เงื่อนไขของการใช้งานฟังก์ชัน CMP ร่วมกับ Arithmetic Flag



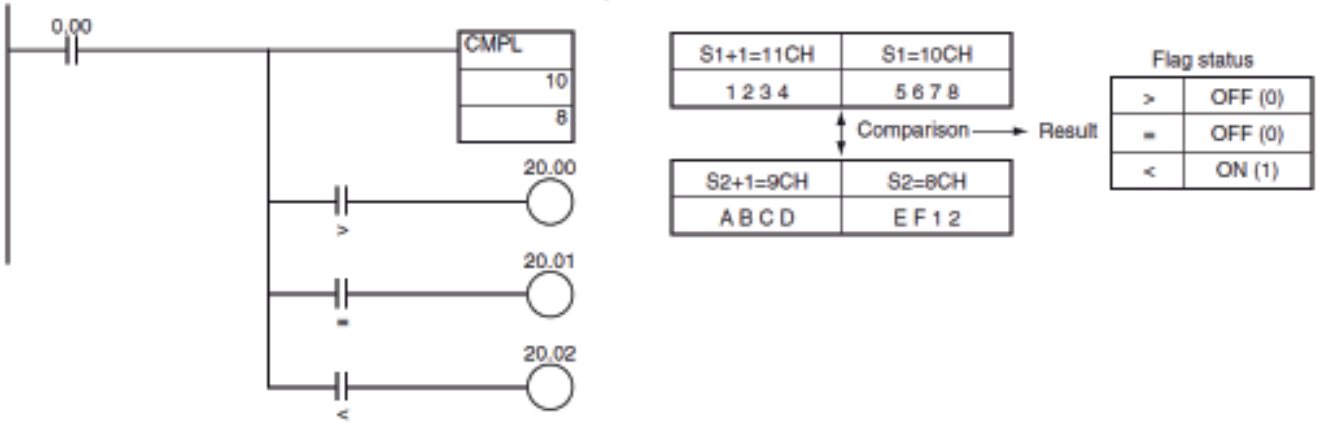
จะเห็นว่าในการใช้งาน Arithmetic Flag ร่วมกับฟังก์ชันในกลุ่ม Compare จะต้องใช้งาน Flag เหล่านั้นใต้ฟังก์ชัน Compare และไม่มีการใช้งานฟังก์ชันอื่นก่อนหน้าที่จะเรียกใช้ Flag เหล่านั้นใน Network เดียวกัน

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ทฤษฎี)**
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

ตัวอย่างการใช้งาน

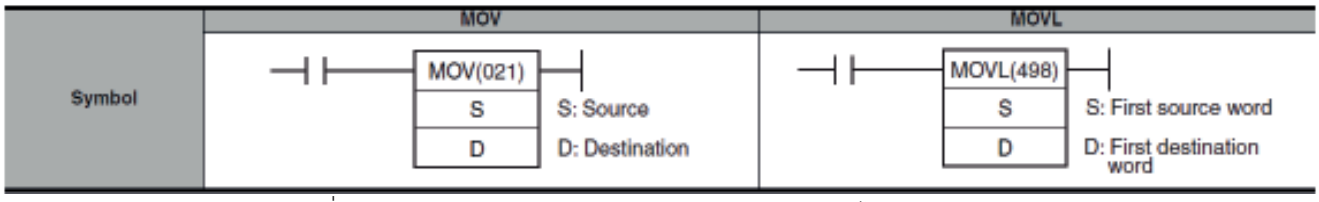
เมื่อ CIO 0.00 = ON ตัวเลขจำนวน 8 digit ที่เป็นข้อมูลแบบ unsigned binary data ใน CIO 0011 และ CIO 0010 จะถูกเปรียบเทียบกับตัวเลขจำนวน 8 digit ใน CIO 0009 และ CIO 0008 และส่งผล output ไปยัง Arithmetic Flags

ผลจะตรงกับเงื่อไข มากกว่า (Greater Than), เท่ากับ (Equals) และน้อยกว่า (Less Than) โดยส่งผลกับบิต CIO 20.00 (Greater Than), CIO 20.01 (Equals), and CIO 20.02 (Less Than) ตามลำดับ



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

3.3 คำสั่งกลุ่ม Data Movement

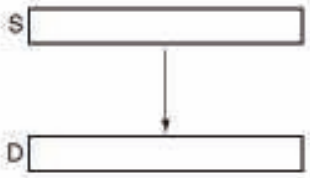


สำหรับฟังก์ชัน MOV ทำหน้าที่คัดลอก (Copy) ค่าข้อมูลจำนวน 1 เวิร์ดจาก S ไป D ดังรูป

Function

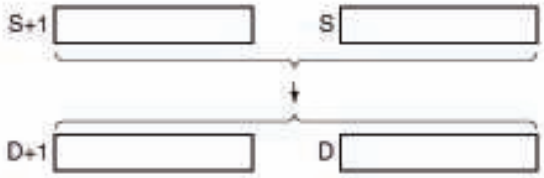
- **MOV**

Transfers S to D. If S is a constant, the value can be used for a data setting.



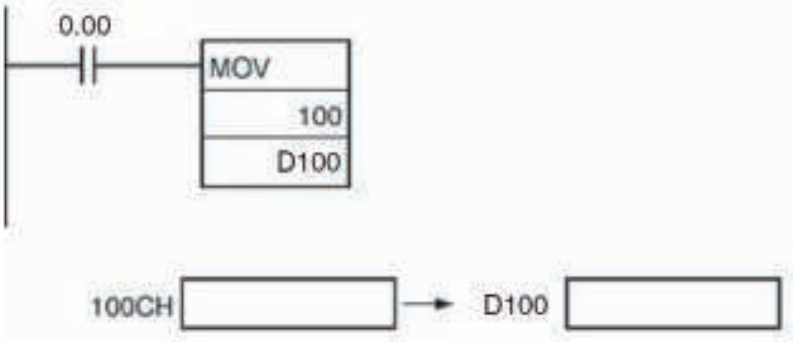
- **MOVL**

MOVL(498) transfers S+1 and S to D+1 and D. If S+1 and S are constants, the value can be used for a data setting.



ตัวอย่างการใช้งาน

เมื่อ CIO0.00 = ON จะลอกข้อมูลจากพื้นที่หน่วยความจำเป็นจำนวน 1 เวิร์ดจากพื้นที่หน่วยความจำ CIO 0100 ไปเก็บไว้ใน D00100



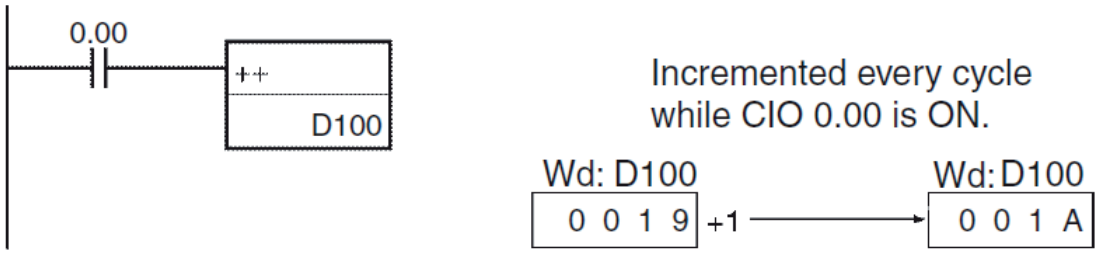
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

3.4 คำสั่งกลุ่ม Increment/Decrement

เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการเพิ่มค่าของ Wd ครั้งละหนึ่ง (บวก 1) ทุกครั้งที่ฟังก์ชั่นนี้ทำงาน

ตัวอย่างการใช้งาน

เมื่อ CIO 0.00 = ON จะส่งผลให้ค่าในหน่วยความจำ D100 เพิ่มขึ้นครั้งละ 1



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

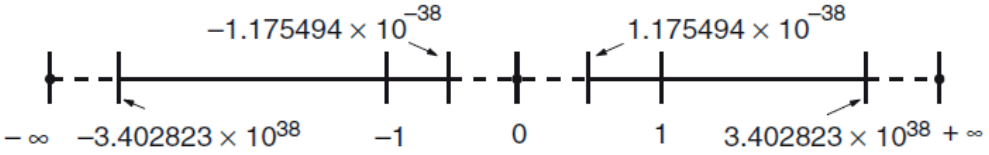
3.5 คำสั่งกลุ่ม Math

ในการเก็บข้อมูลที่เป็นเลขทศนิยมนั้นจะเก็บในรูปแบบ IEEE754 โดยใช้ข้อมูล 32 bits ดังรูป

Data	No. of bits	Contents
s: sign	1	0: positive; 1: negative
e: exponent	8	The exponent (e) value ranges from 0 to 255. The actual exponent is the value remaining after 127 is subtracted from e, resulting in a range of −127 to 128. "e=0" and "e=255" express special numbers.
f: mantissa	23	The mantissa portion of binary floating-point data fits the formal 2.0 > 1.f ≥1.0.

ค่าสูงสุดต่ำสุดของ Floating Point นั้นแสดงดังด้านล่าง

- $-\infty$
- $-3.402823 \times 10^{38} \leq \text{value} \leq -1.175494 \times 10^{-38}$
- 0
- $1.175494 \times 10^{-38} \leq \text{value} \leq 3.402823 \times 10^{38}$
- $+\infty$
- Not a number (NaN)



ตัวอย่าง เลขทศนิยมที่มีค่า -3.5

Sign: −

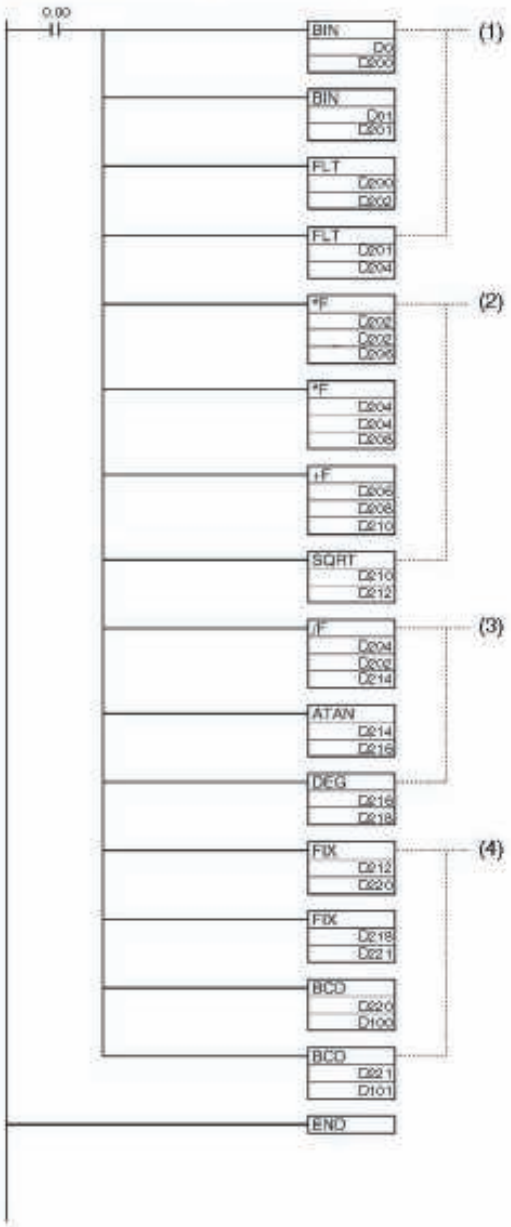
Exponent: $128 - 127 = 1$

Mantissa: $1 + (2^{22} + 2^{21}) \times 2^{-23} = 1 + (2^{-1} + 2^{-2}) = 1 + 0.75 = 1.75$

Value: $-1.75 \times 2^{1} = -3.5$

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

Example Programming



Calculations

Distance $r = \sqrt{x^2 + y^2}$

Angle $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$

Example: Given the coordinates (100, 100), the distance r and the angle θ can be calculated from the above equation.

Distance $r = \sqrt{100^2 + 100^2} = 141.4214$

Angle $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{100}{100}\right) \times 180 \div \pi = 45.0$

DM Contents

D0 #0100 (BCD) x → D100 #0141 (BCD) r

D1 #0100 (BCD) y → D101 #0045 (BCD)

(1) This section of the program converts the data from BCD to floating-point.
- The data area from D200 onwards is used as a work area.
- First BIN(023) is used to temporarily convert the BCD data to binary data, and then FLT(452) is used to convert the binary data to floating-point data.
- The value of x that has been converted to floating-point data is output to D203 and D202.
- The value of y that has been converted to floating-point data is output to D205 and D204.

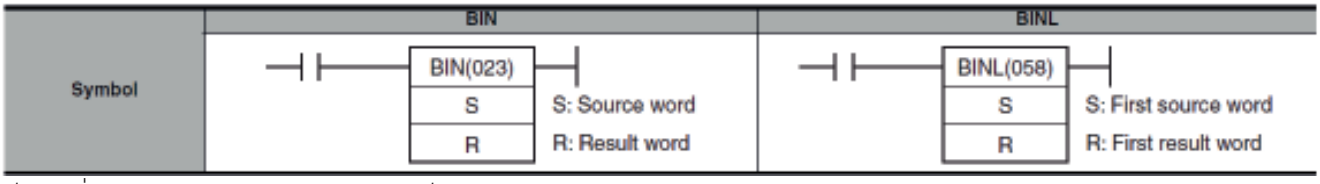
(2) In order to find the distance r, Floating-point Math Instructions are used to calculate the square root of x^2+y^2. The result is then output to D213 and D212 as floating-point data.

(3) In order to find the angle θ, Floating-point Math Instructions are used to calculate $\tan^{-1}$ (y/x). ATAN(465) outputs the result in radians, so DEG(459) is used to convert to degrees. The result is then output to D219 and D218 as floating-point data.

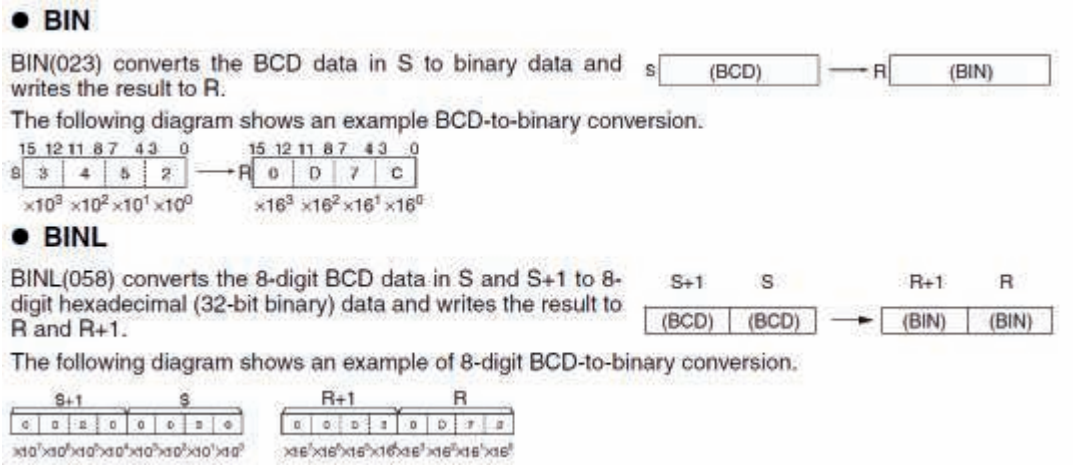
(4) The data is converted back from floating-point to BCD.
- First FIX(450) is used to temporarily convert the floating-point data to binary data, and then BCD(024) is used to convert the binary data to BCD data.
- The distance r is output to D100.
- The angle θ is output to D101.

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ทฤษฎี)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

3.6 คำสั่งกลุ่ม Data Convert , BIN (BCD TO BINARY)

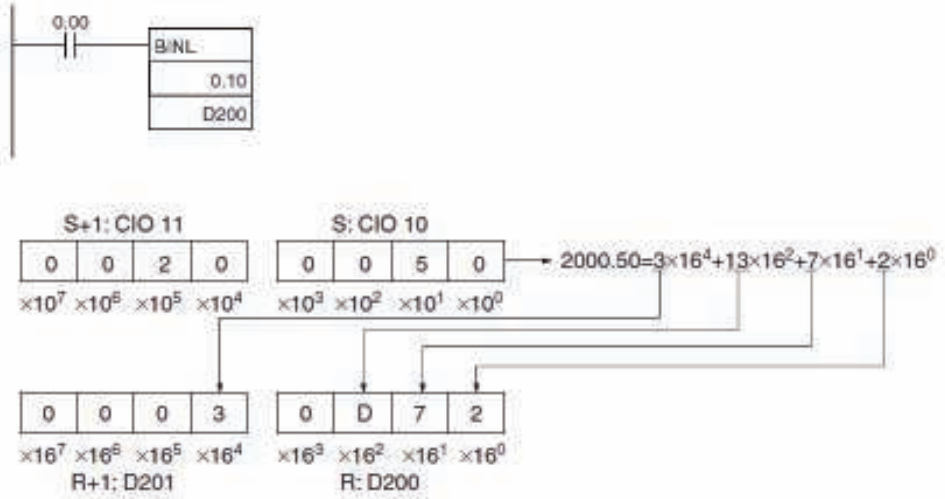


เป็นคำสั่งแปลงเลขฐานจากฐาน BCD เป็น BINARY โดยมีลักษณะการทำงานดังในรูป



ตัวอย่างการใช้งาน

เมื่อ CIO 0.00 = ON ข้อมูลจำนวน 8-digit BCD ในหน่วยความจำCIO 0010 และ CIO 0011 จะถูกแปลงไปเป็นเลขฐาน hexadecimal และเก็บลงในหน่วยความจำ D200 และ D201



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบทดสอบ** **หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง** **รหัสวิชา 0922720109** **หัวข้อที่ 6**

<u>จงทำเครื่องหมาย X หน้าข้อที่ถูกที่สุด</u>

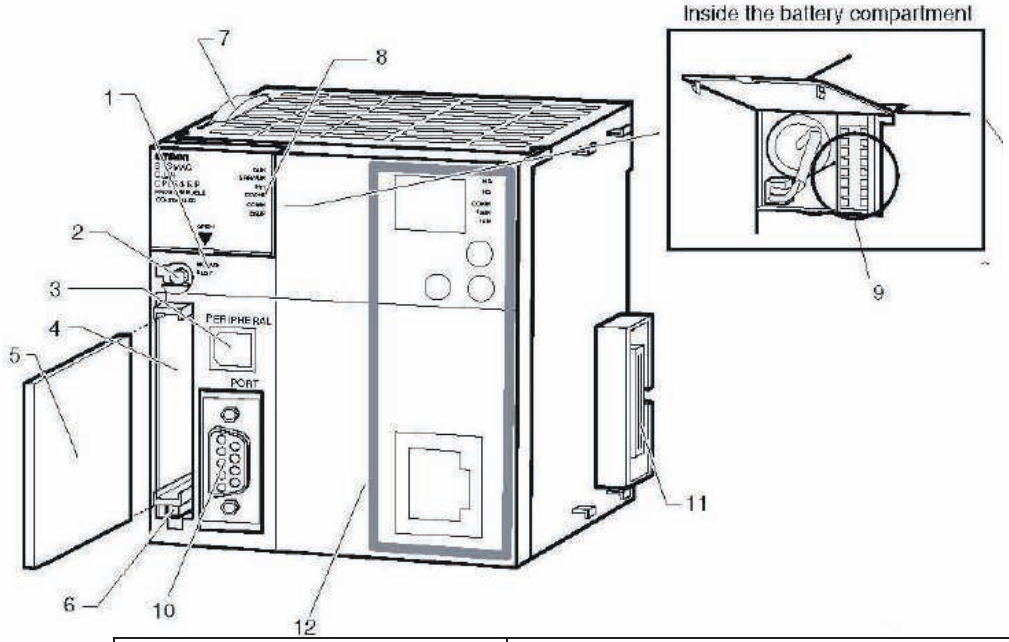
1. ข้อใดคือข้อดี PLC แบบโมดูล
   a. ขนาดเล็ก และ ราคาถูก
   b. ทำความสะอาดง่าย
   c. ทนการกัดกร่อนในสารเคมีได้ดี
   d. ซ่อมบำรุงได้ง่าย
2. ข้อใดไม่ใช่ โครงสร้างหลักๆ 5 ส่วน ของ PLC ชนิดโมดูล
   a. ภาคอนาล็อกเอาท์พุต (Analog Output Section)
   b. ภาคอินพุต (Input Section)
   c. ตัวประมวลผล (CPU)
   d. หน่วยความจำ (Memory)
3. จงคำนวนหาขนาด Power Supply AC ที่ต้องใช้เมื่อมีการใช้ โมดูลดังนี้
   a. PA202
   b. PA205R
   c. PD022
   d. PD025

Unit	Model	Quantity	Voltage group	
			5-V DC	24-V DC
CPU Unit	CJ1G-CPU45	1	0.910 A	---
I/O Control Unit	CJ1W-IC101	1	0.020 A	
Input Units	CJ1W-ID211	2	0.080 A	---
	CJ1W-ID231	2	0.090 A	---
Output Units	CJ1W-OC201	2	0.090 A	0.048 A
Special I/O Unit	CJ1W-DA041	1	0.120 A	---
CPU Bus Unit	CJ1W-CLK21	1	0.350 A	---

4. Power Supply DC มีข้อดีอย่างไร
   a. ขนาดเล็ก
   b. ใช้งานง่าย
   c. กินกระแสต่ำ
   d. สัญญาณรบกวนต่ำ

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบทดสอบ** **หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง** **รหัสวิชา 0922720109** **หัวข้อที่ 6**

5. จากส่วนประกอบของ PLC ให้ทำการจับคู่ส่วนประกอบ นำอักษรขวามือไปใส่ทางด้านซ้ายมือ

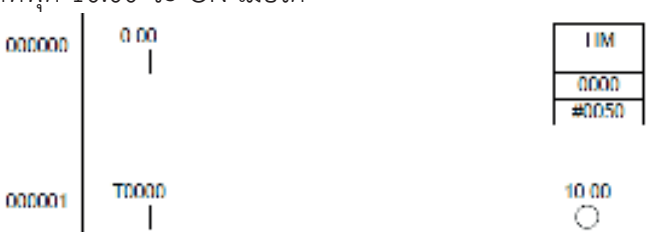


1.....	a. Built-in EtherNet
2.....	b.หลอด LED Indicators
3.....	c.หลอดไฟ Indicator ของ Memory card
4.....	e.Connector เพื่อเสียบโมดูลถัดไป
5.....	f.ช่องเสียบ Memory card
6.....	g. Switch ตัดการทำงานของ Memory Card
7.....	h.DIP Switch
8.....	i.Memory card
9.....	j.ช่องโหลดโปรแกรมผ่าน USB
10.....	k.ปุ่ม Memory Card Eject
11.....	l.ตัว Slider ทาหน้าที่ล๊อกโมดูลถัดไป
12.....	m.ช่อง RS-232C Serial Port (เป็น option)

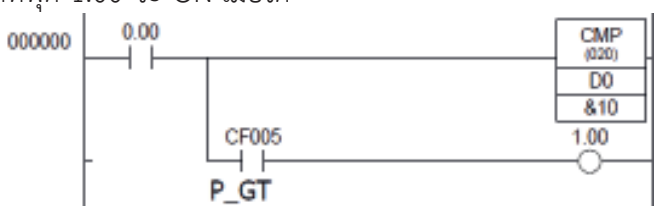
6. เพราะเหตุใด PLC จึงสามารถเก็บสถานะของหน่วยความจำได้ แม้ว่าไฟฟ้าจะดับ
   a. เพราะหน่วยความจำใน PLC สร้างจาก Flash
   b. ใช้ ตัวเก็บประจุขนาดใหญ่ เก็บไฟฟ้าได้เป็นวันๆ
   c. ใช้ ROM เป็นหน่วยความจำ
   d. ใช้ Battery เลี้ยงไว้ตลอดเวลา

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบทดสอบ หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง รหัสวิชา 0922720109 หัวข้อที่ 6

7. I/O Memory Area ทำหน้าที่ใด
   a. ใช้ในการเขียนโปรแกรม
   b. เก็บโปรแกรมของผู้ใช้ทั้งหมด
   c. เก็บ Error ทั้งหมดของเครื่อง
   d. สำรองข้อมูลทั้งหมดใน PLC
8. การอ้างหน่วยความจำ 0.00 ตัวเลข 00 ที่อยู่ด้านล่างหมายถึงอะไร
   a. Bit
   b. Byte
   c. Word
   d. Double Word
9. หน่วยความจำที่สามารถเข้าถึงแบบบิต ชนิดใด ที่สามารถเก็บข้อมูลได้ขณะไฟฟ้าดับ
   a. CIO
   b. Work Area
   c. Holding
   d. DM
10. เมื่อกดสวิตช์ 0.00 เอาท์พุต 10.00 จะ ON เมื่อใด



   a. เมื่อเวลาผ่านไป 5 mSec
   b. เมื่อเวลาผ่านไป 0.5 mSec
   c. เมื่อเวลาผ่านไป 5 Sec
   d. เมื่อเวลาผ่านไป 0.5 Sec
11. เมื่อกดสวิตช์ 0.00 เอาท์พุต 1.00 จะ ON เมื่อใด



   a. เมื่อค่าใน D0 มากกว่า $(10)_{10}$
   b. เมื่อค่าใน D0 น้อยกว่า $(10)_{10}$
   c. เมื่อค่าใน D0 มากกว่า $(10)_{16}$
   d. เมื่อค่าใน D0 น้อยกว่า $(10)_{16}$

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบทดสอบ** **หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง** **รหัสวิชา 0922720109** **หัวข้อที่ 6**

12. เมื่อกดสวิตช์ 0.00 เอาท์พุต จะทำการ Copy ข้อมูล ไปยัง D0 เครื่องหมาย # หมายถึงอะไร

a. เป็นการ Copy เลขฐานสองไปยังปลายทาง
b. เป็นการ Copy เลขฐานสิบไปยังปลายทาง
c. เป็นการ Copy เลขฐานแปดไปยังปลายทาง
d. เป็นการ Copy เลขฐานสิบหกไปยังปลายทาง

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบเฉลยทดสอบ** **หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง** **รหัสวิชา 0922720109** **หัวข้อที่ 6**

<u>จงทำเครื่องหมาย X หน้าข้อที่ถูกที่สุด</u>

1. ข้อใดคือข้อดี PLC แบบโมดูล
   a. ขนาดเล็ก และ ราคาถูก
   b. ทำความสะอาดง่าย
   c. ทนการกัดกร่อนในสารเคมีได้ดี
   X. ซ่อมบำรุงได้ง่าย
2. ข้อใดไม่ใช่ โครงสร้างหลักๆ 5 ส่วน ของ PLC ชนิดโมดูล
   X. ภาคอนาล็อกเอาท์พุต (Analog Output Section)
   b. ภาคอินพุต (Input Section)
   c. ตัวประมวลผล (CPU)
   d. หน่วยความจำ (Memory)
3. จงคำนวนหาขนาด Power Supply AC ที่ต้องใช้เมื่อมีการใช้ โมดูลดังนี้

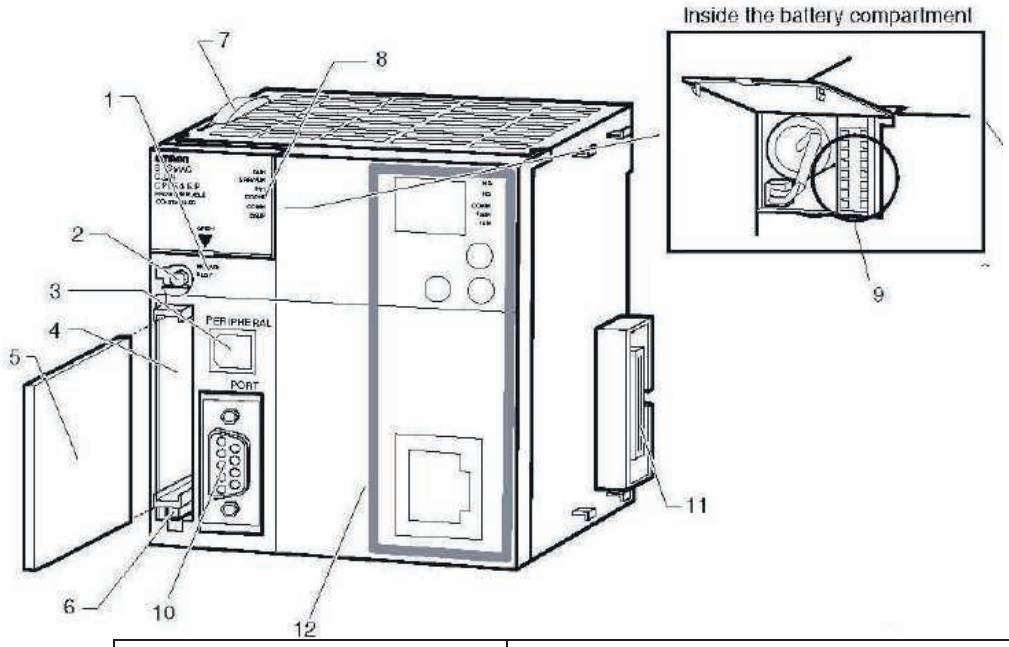
Unit	Model	Quantity	Voltage group	
			5-V DC	24-V DC
CPU Unit	CJ1G-CPU45	1	0.910 A	---
I/O Control Unit	CJ1W-IC101	1	0.020 A	
Input Units	CJ1W-ID211	2	0.080 A	---
	CJ1W-ID231	2	0.090 A	---
Output Units	CJ1W-OC201	2	0.090 A	0.048 A
Special I/O Unit	CJ1W-DA041	1	0.120 A	---
CPU Bus Unit	CJ1W-CLK21	1	0.350 A	---

   a. PA202
   X. PA205R
   c. PD022
   d. PD025

4. Power Supply DC มีข้อดีอย่างไร
   a. ขนาดเล็ก
   b. ใช้งานง่าย
   c. กินกระแสต่ำ
   X. สัญญาณรบกวนต่ำ

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบเฉลยทดสอบ** **หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง** **รหัสวิชา 0922720109** **หัวข้อที่ 6**

5. จากส่วนประกอบของ PLC ให้ทำการจับคู่ส่วนประกอบ นำอักษรขวามือไปใส่ทางด้านซ้ายมือ

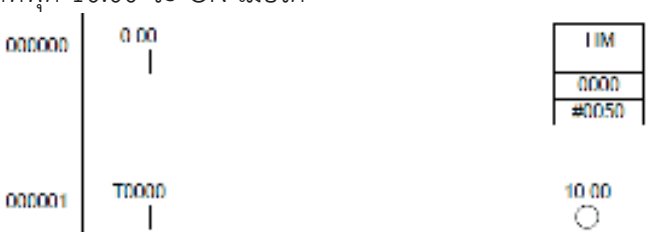


1.	c	a. Built-in EtherNet
2.	g	b.หลอด LED Indicators
3.	j	c.หลอดไฟ Indicator ของ Memory card
4.	f	e.Connector เพื่อเสียบโมดูลถัดไป
5.	i	f.ช่องเสียบ Memory card
6.	k	g. Switch ตัดการทำงานของ Memory Card
7.	l	h.DIP Switch
8.	b	i.Memory card
9.	h	j.ช่องโหลดโปรแกรมผ่าน USB
10.	m	k.ปุ่ม Memory Card Eject
11.	e	l.ตัว Slider ทาหน้าที่ล๊อกโมดูลถัดไป
12.	a	m.ช่อง RS-232C Serial Port (เป็น option)

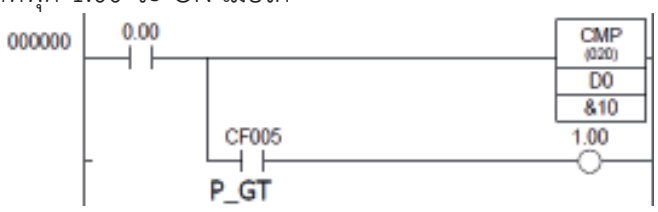
6. เพราะเหตุใด PLC จึงสามารถเก็บสถานะของหน่วยความจำได้ แม้ว่าไฟฟ้าจะดับ
   a. เพราะหน่วยความจำใน PLC สร้างจาก Flash
   b. ใช้ ตัวเก็บประจุขนาดใหญ่ เก็บไฟฟ้าได้เป็นวันๆ
   c. ใช้ ROM เป็นหน่วยความจำ
   X. ใช้ Battery เลี้ยงไว้ตลอดเวลา

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบเฉลยทดสอบ
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

7. I/O Memory Area ทำหน้าที่ใด
   - X a. ใช้ในการเขียนโปรแกรม
   - b. เก็บโปรแกรมของผู้ใช้ทั้งหมด
   - c. เก็บ Error ทั้งหมดของเครื่อง
   - d. สำรองข้อมูลทั้งหมดใน PLC
8. การอ้างหน่วยความจำ 0.00 ตัวเลข 00 ที่อยู่ด้านล่างหมายถึงอะไร
   - X a. Bit
   - b. Byte
   - c. Word
   - d. Double Word
9. หน่วยความจำที่สามารถเข้าถึงแบบบิต ชนิดใด ที่สามารถเก็บข้อมูลได้ขณะไฟฟ้าดับ
   - a. CIO
   - b. Work Area
   - X c. Holding
   - d. DM
10. เมื่อกดสวิตช์ 0.00 เอาท์พุต 10.00 จะ ON เมื่อใด



   - X a. เมื่อเวลาผ่านไป 5 mSec
   - b. เมื่อเวลาผ่านไป 0.5 mSec
   - c. เมื่อเวลาผ่านไป 5 Sec
   - d. เมื่อเวลาผ่านไป 0.5 Sec
11. เมื่อกดสวิตช์ 0.00 เอาท์พุต 1.00 จะ ON เมื่อใด



   - X a. เมื่อค่าใน D0 มากกว่า $(10)_{10}$
   - b. เมื่อค่าใน D0 น้อยกว่า $(10)_{10}$
   - c. เมื่อค่าใน D0 มากกว่า $(10)_{16}$
   - **d.** เมื่อค่าใน D0 น้อยกว่า $(10)_{16}$

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบเฉลยทดสอบ** **หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง** **รหัสวิชา 0922720109** **หัวข้อที่ 6**

12. เมื่อกดสวิตช์ 0.00 เอาท์พุต จะทำการ Copy ข้อมูล ไปยัง D0 เครื่องหมาย # หมายถึงอะไร

a. เป็นการ Copy เลขฐานสองไปยังปลายทาง
b. เป็นการ Copy เลขฐานสิบไปยังปลายทาง
c. เป็นการ Copy เลขฐานแปดไปยังปลายทาง
X. เป็นการ Copy เลขฐานสิบหกไปยังปลายทาง

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบเตรียมการสอน** **(ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6 / **เวลา 2 ชม.**

วัตถุประสงค์ :

1. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถใช้งาน PLC ในการใช้โมดูลพิเศษได้
2. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถเขียนคำสั่งพิเศษได้
3. เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถใช้งาน PLC ร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกทั้งแบบ Analog และ Digital ได้

วิธีการสอน :

บรรยายเชิงสาธิต

หัวข้อสำคัญ :

1. งานเตรียม PLC
2. งานต่อวงจรการควบคุมทดสอบคำสั่งกลุ่ม Timer/Counter
3. งานต่อวงจรการควบคุมทดสอบคำสั่งกลุ่ม Comparator
4. งานต่อวงจรการควบคุมทดสอบคำสั่งกลุ่ม Data Movement
5. งานต่อวงจรการควบคุมทดสอบคำสั่งกลุ่ม Increment/Decrement
6. งานต่อวงจรการควบคุมทดสอบคำสั่งกลุ่ม Math
7. งานต่อวงจรการควบคุมทดสอบคำสั่งกลุ่ม Data Convert

อุปกรณ์ช่วยฝึก :

PLC Omron CJ2M-CPU31

การมอบหมายงาน :

ใบทดสอบ

การวัดและประเมินผล :

1. ประเมินจากผลการทดลองตามใบงาน
2. ประเมินจากขั้นตอนการปฏิบัติงานตามใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน

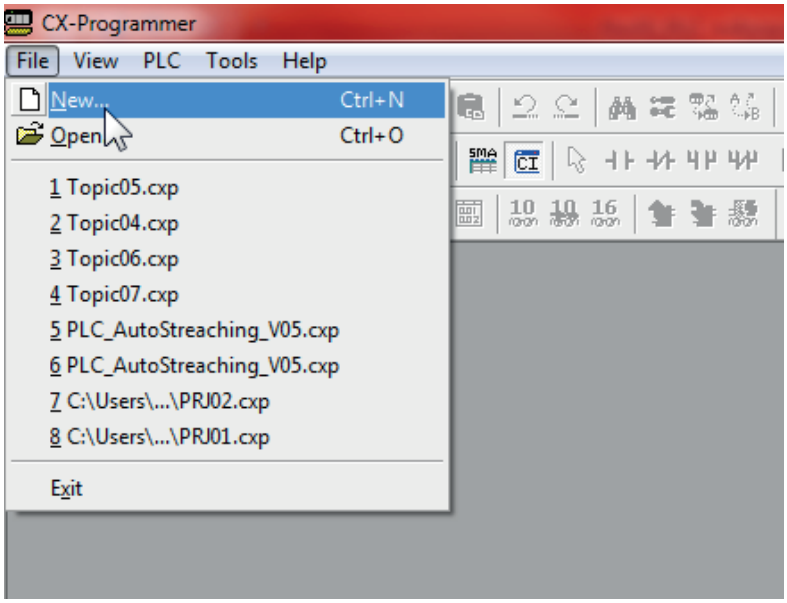
หนังสืออ้างอิง :

ธีรศิลป์ ทุมวิภาต, (2547), เรียนรู้ PLC ขั้นกลางด้วยตนเอง
บริษัท ซีเมนส์ จำกัด, (2551), คล่องแคล่ว PLC เล่ม 2 ตอน การใช้งาน SIEMENS S7-200 ระดับกลาง

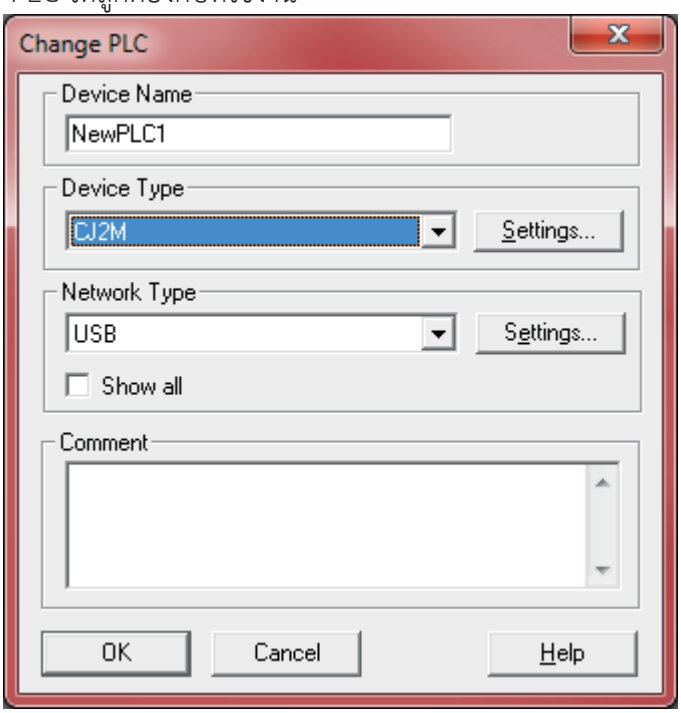
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ปฏิบัติ)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

พื้นฐานการเขียนโปรแกรม

สร้างโปรเจคใหม่ด้วยการกด New

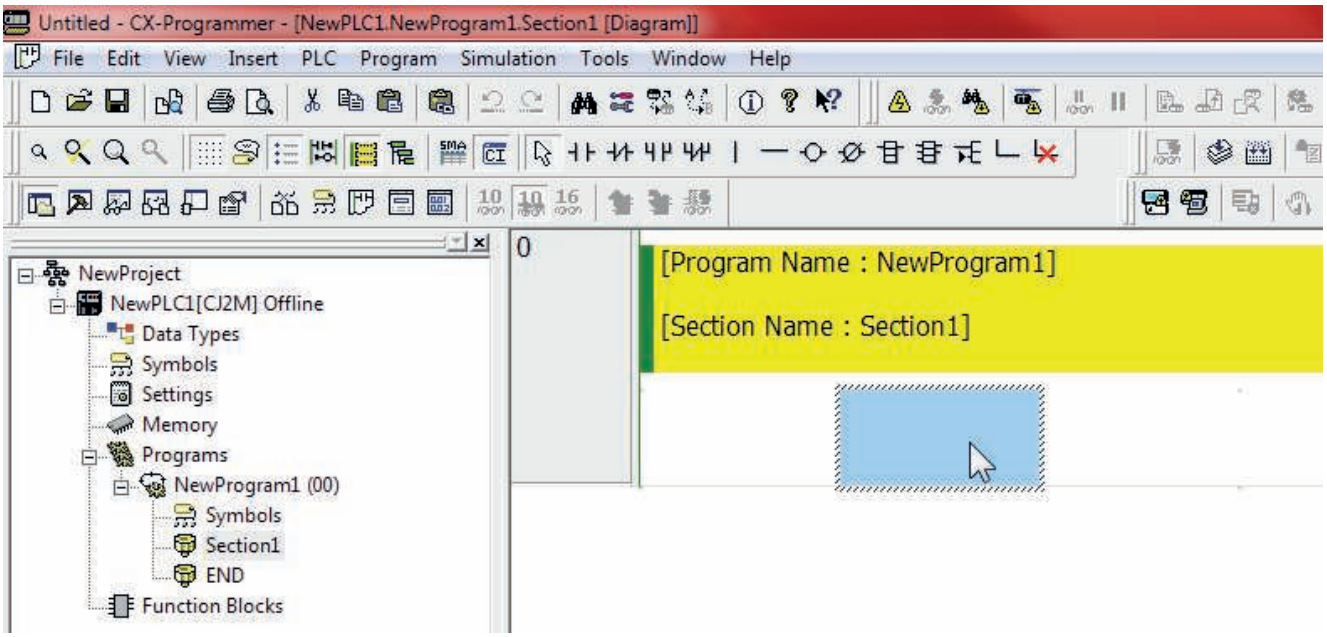


ตั้งชื่อ Device Name และรุ่น PLC ให้ถูกต้องกับที่ใช้งาน



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ปฏิบัติ)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

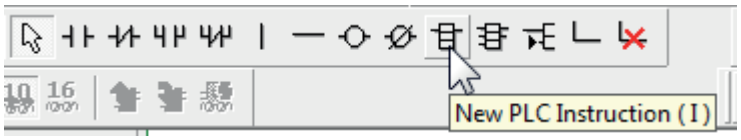
เลือก Section เพื่อทำการเขียนโปรแกรม



เครื่องมือเพื่อช่วยในการเขียนโปรแกรม

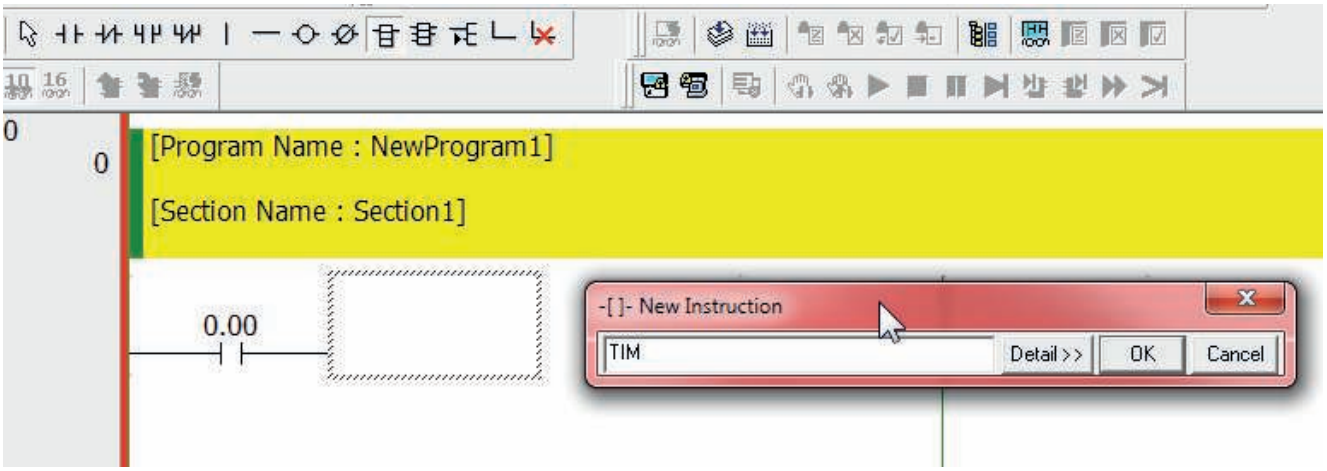
การใช้งาน Timer/Counter

เลือกคำสั่ง Instruction

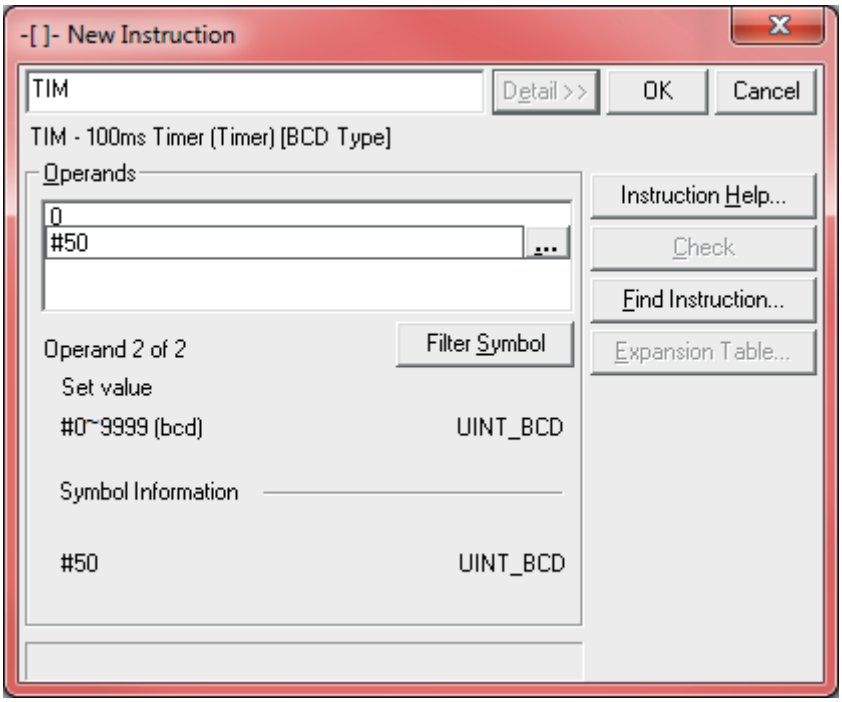


	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบข้อมูล** **(ปฏิบัติ)**
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

วางคำสั่ง Timer ลงใน Rung และกด Detail เพื่อตั้งค่า



ตั้งค่าการใช้งาน Timer หมายเลข 0 และตั้งค่าเวลาเป็น 5 วินาที

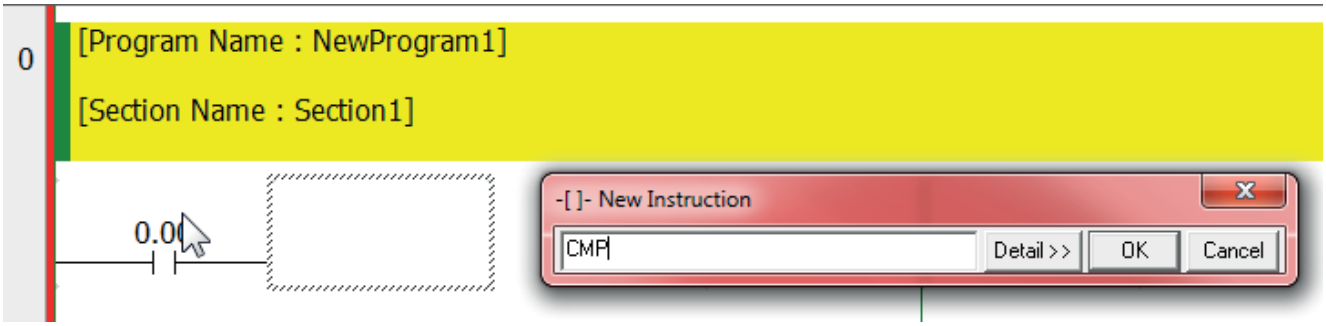


	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ปฏิบัติ)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

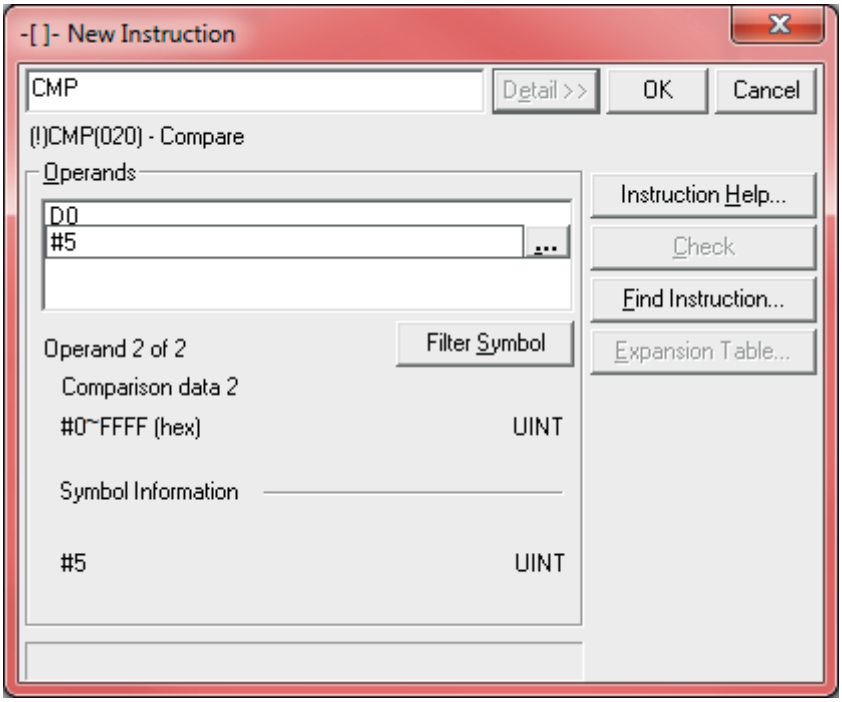
งานการใช้งาน Comparator

เลือกคำสั่ง Instruction

เลือกใช้คำสั่ง CMP และกด Detail>> เพื่อตั้งค่า



ตั้งค่าการเปรียบเทียบ

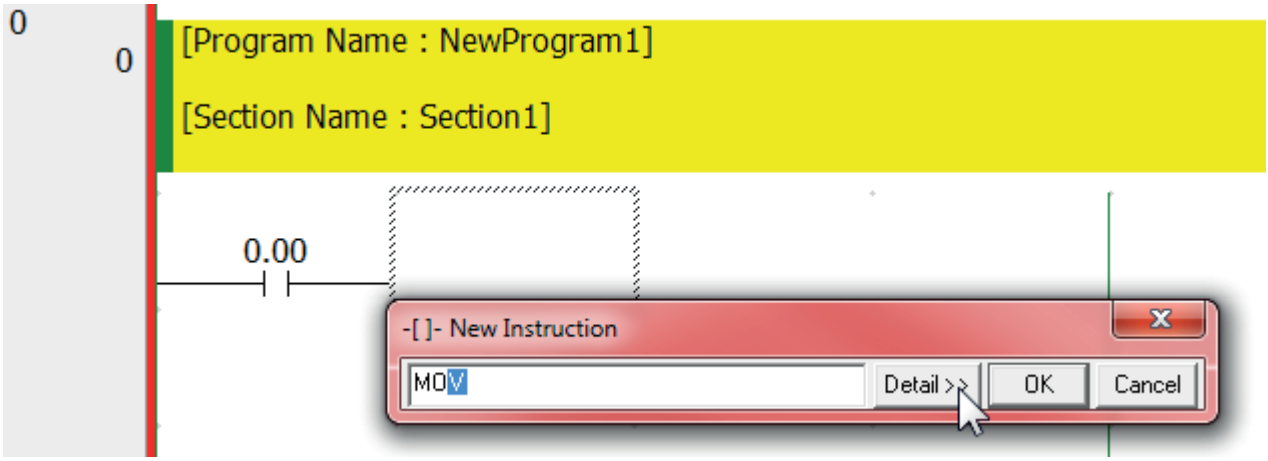


	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ปฏิบัติ) หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง รหัสวิชา 0922720109 หัวข้อที่ 6

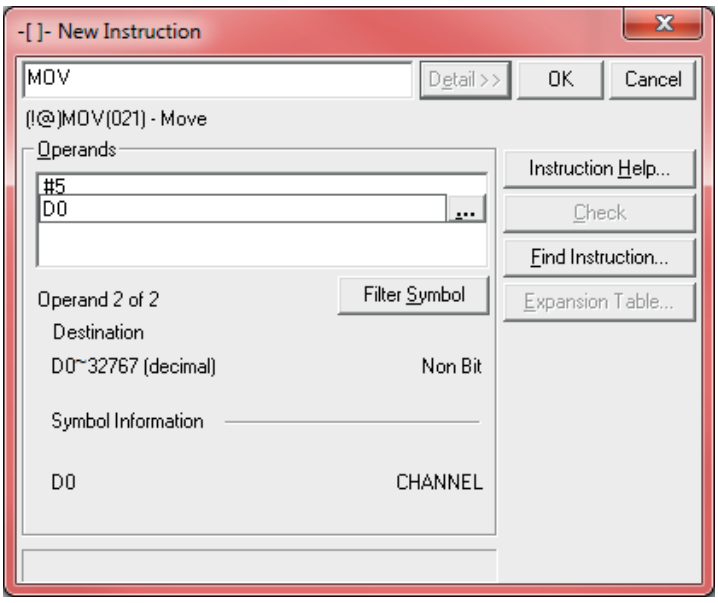
การใช้งาน Data Movement

เลือกคำสั่ง Instruction

เลือกใช้คำสั่ง MOV และกด Detail>> เพื่อตั้งค่า



ตั้งค่าการใช้งาน MOV ย้ายข้อมูล #5 ฐาน 16 ไปยัง D0

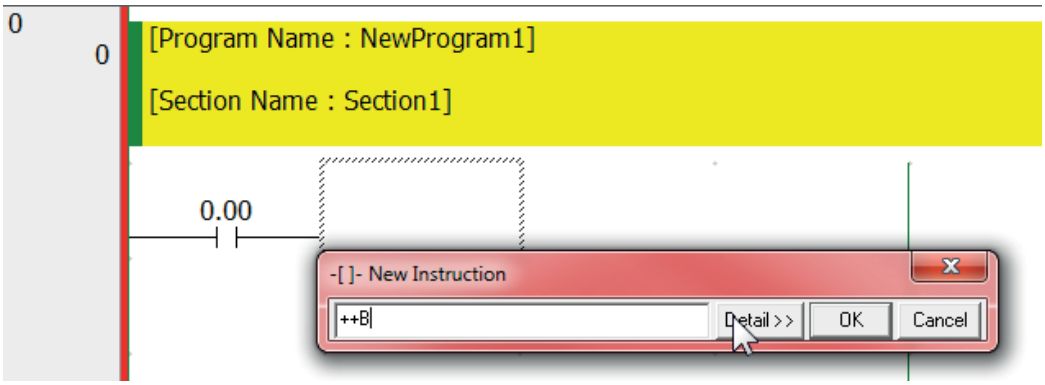


	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ปฏิบัติ)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

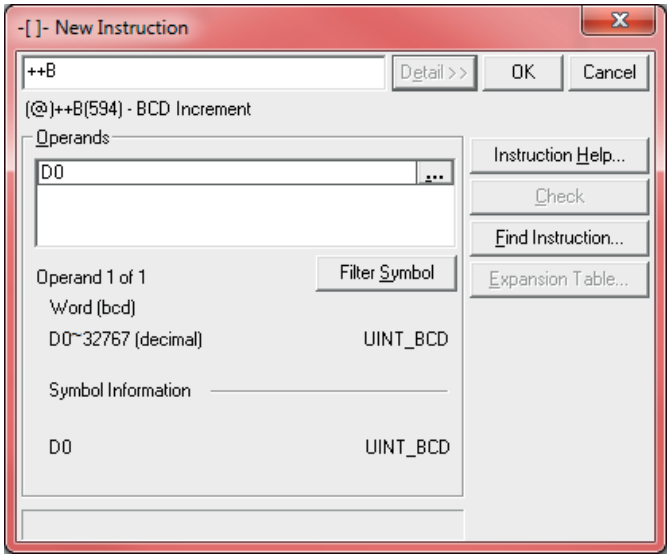
การใช้งาน Increment / Decrement

เลือกคำสั่ง Instruction

เลือกใช้คำสั่ง ++B และกด Detail>> เพื่อตั้งค่า



เพื่อค่าในหน่วยความจำ D0 ขึ้น 1



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ปฏิบัติ)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

การใช้งาน Math

เลือกคำสั่ง Instruction

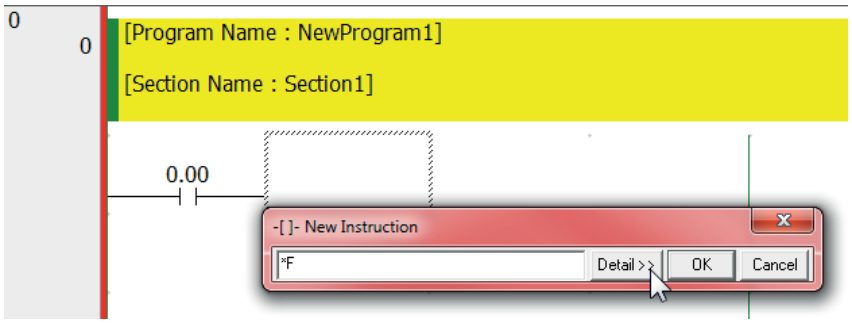
พิมพ์คำสั่งที่ต้องการ

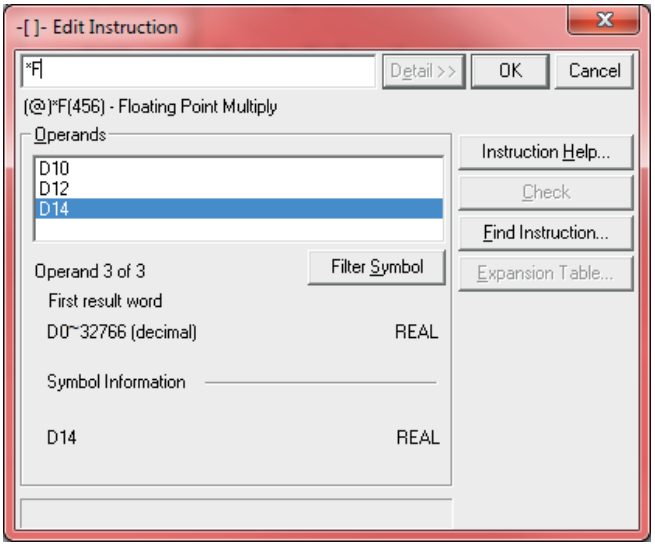
+F Floating-Point Add

-F Floating-Point Subtract

*F Floating-Point Multiply

/F Floating-Point Divide





	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบข้อมูล (ปฏิบัติ)
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		หัวข้อที่ 6

การใช้งาน Data Convert

เลือกคำสั่ง Instruction

พิมพ์คำสั่งที่ต้องการ

ASC ASCII Convert

BCD Binary to BCD

BCDL Double Binary to Double BCD

BCDS Signed Binary-To-BCD

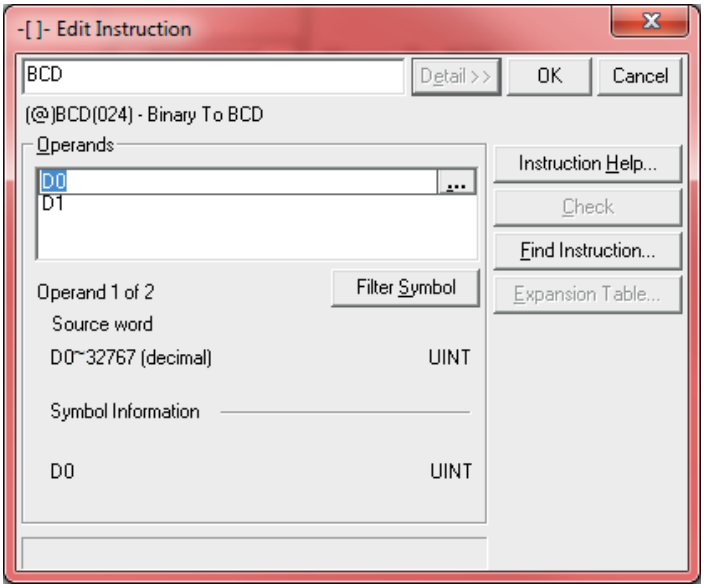
BDSL Double Signed Binary-To-BCD

BIN BCD to Binary

BINL Double BCD to Double Binary

BINS Signed BCD-To-Binary

BISL Double Signed BCD-To-Binary



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน**
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		งานที่ 6

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 1

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
PLC Omron CJ2M-CPU31	1
CJ1W-ID211	1
CJ1W-OD211	1

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลองตามวงจร
3. ต่อสายไฟ
4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรก่อนการทดลอง
5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน**
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		งานที่ 6

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 2

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
PLC Omron CJ2M-CPU31	1
CJ1W-ID211	1
CJ1W-OD211	1

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลองตามวงจร
3. ต่อสายไฟ
4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรก่อนการทดลอง
5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง** **รหัสวิชา 0922720109** **งานที่ 6**

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 3

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
PLC Omron CJ2M-CPU31	1
CJ1W-ID211	1
CJ1W-OD211	1

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลองตามวงจร
3. ต่อสายไฟ
4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรก่อนการทดลอง
5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง** **รหัสวิชา 0922720109** **งานที่ 6**

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 4

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
PLC Omron CJ2M-CPU31	1
CJ1W-ID211	1
CJ1W-OD211	1

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลองตามวงจร
3. ต่อสายไฟ
4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรก่อนการทดลอง
5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		งานที่ 6

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 5

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
PLC Omron CJ2M-CPU31	1
CJ1W-ID211	1
CJ1W-OD211	1

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลองตามวงจร
3. ต่อสายไฟ
4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรก่อนการทดลอง
5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		งานที่ 6

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 6

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
PLC Omron CJ2M-CPU31	1
CJ1W-ID211	1
CJ1W-OD211	1

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลองตามวงจร
3. ต่อสายไฟ
4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรก่อนการทดลอง
5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน
		หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง
		รหัสวิชา 0922720109
		งานที่ 6

ขั้นตอนปฏิบัติที่ 7

1. เตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้

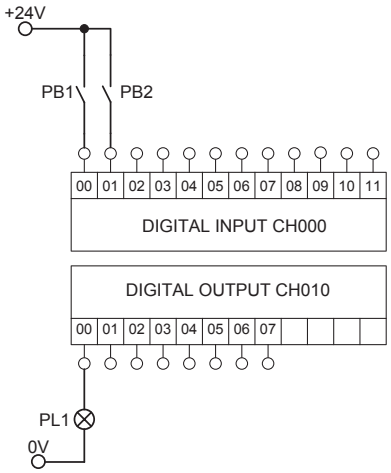
ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
PLC Omron CJ2M-CPU31	1
CJ1W-ID211	1
CJ1W-OD211	1

2. ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงทดลองตามวงจร
3. ต่อสายไฟ
4. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อวงจรก่อนการทดลอง
5. ปฏิบัติการทดลอง สังเกตการทำงานของอุปกรณ์
6. บันทึกผลการทดลอง
7. จัดเก็บอุปกรณ์

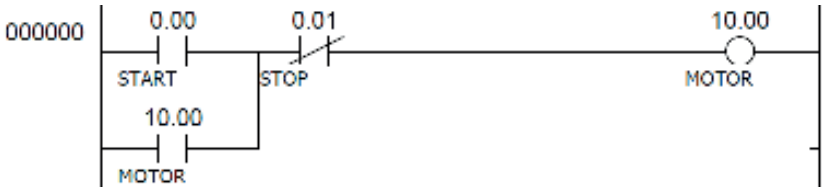
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง** **รหัสวิชา 0922720109** **งานที่ 6**

การทดลองที่ 1 การควบคุมด้วยการค้างสภาวะ

<u>คำสั่ง</u> จงต่อวงจรต่อไปนี้



เขียนโปรแกรม Ladder ที่กำหนดให้



ตารางการกำหนดอินพุต/เอาต์พุต

ชื่ออินพุต	Address	ชื่อเอาท์พุต	Address

<u>คำสั่ง</u> จงเขียนโปรแกรมพร้อมอธิบายโปรแกรมที่ได้ออกแบบ เพื่อควบคุมการทำงานของเอาท์พุต 1.00 ตามเงื่อนไขที่กำหนด

.....

.....

.....

.....

.....

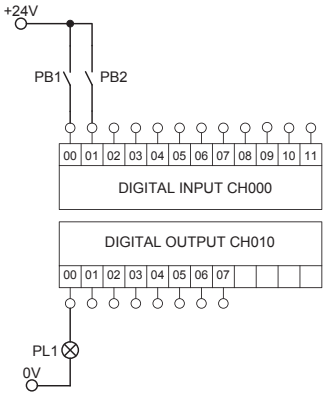
.....

.....

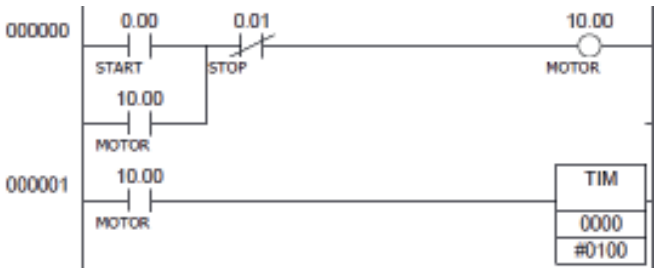
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง** **รหัสวิชา 0922720109** **งานที่ 6**

การทดลองที่ 2 การควบคุมด้วย Timer

<u>คำสั่ง</u> จงต่อวงจรต่อไปนี้



เขียนโปรแกรม Ladder ที่กำหนดให้นี้



ตารางการกำหนดอินพุต/เอาต์พุต

ชื่ออินพุต	Address	ชื่อเอาท์พุต	Address

<u>คำสั่ง</u> จงเขียนโปรแกรมพร้อมอธิบายโปรแกรมที่ได้ออกแบบ เพื่อควบคุมการทำงานของเอาท์พุต 1.00 ตามเงื่อนไขที่กำหนด

.....

.....

.....

.....

.....

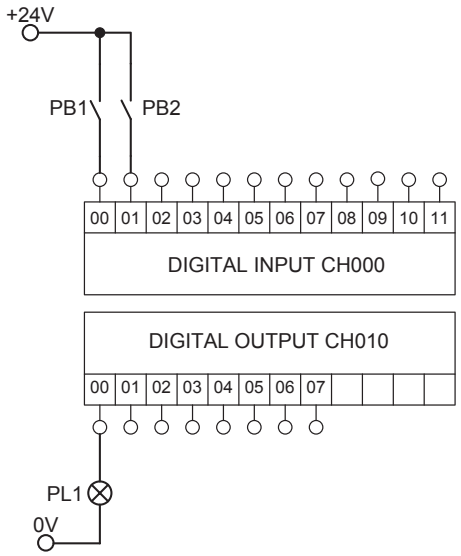
.....

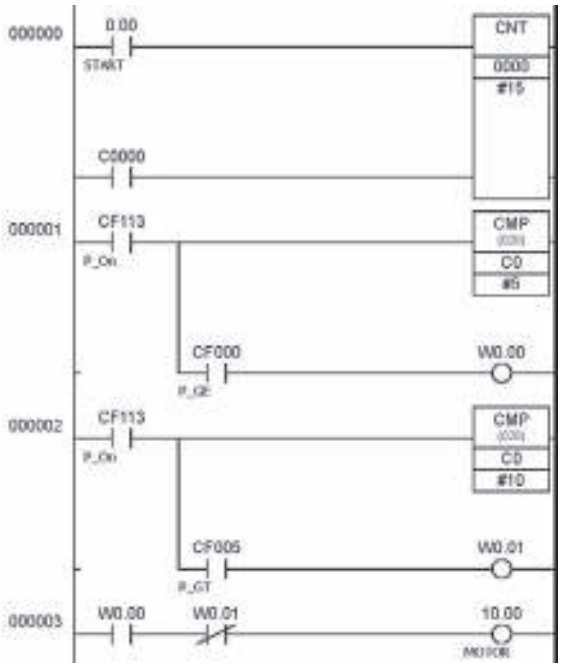
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง** **รหัสวิชา 0922720109** **งานที่ 6**

การทดลองที่ 2.3 การประยุกต์ใช้งาน Comparator

<u>คำสั่ง</u> จงต่อวงจรต่อไปนี้





ตารางการกำหนดอินพุต/เอาต์พุต

ชื่ออินพุต	Address	ชื่อเอาท์พุต	Address

<u>คำสั่ง</u> จงเขียนโปรแกรม พร้อมอธิบายโปรแกรมที่ได้ออกแบบ เพื่อควบคุมการทำงาน ตามเงื่อนไขที่กำหนด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

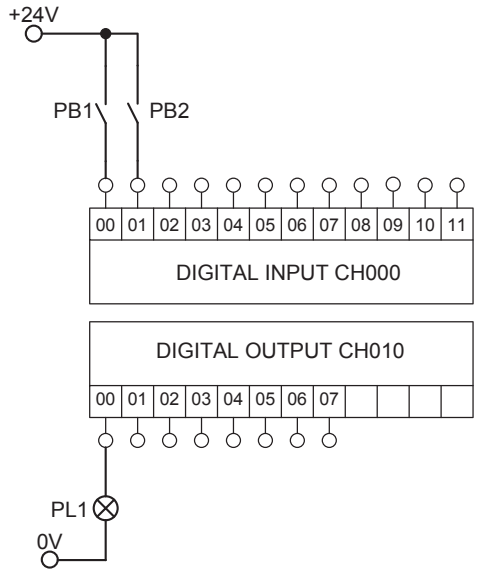
.....

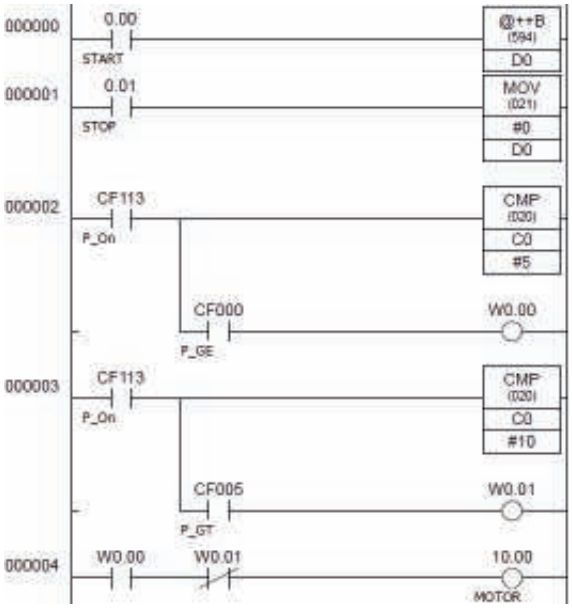
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3 Mechatronics Level3 0920083270102	ใบงาน หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง รหัสวิชา 0922720109 งานที่ 6

การทดลองที่ 4 การประยุกต์ใช้งานคำสั่ง Increment/Decrement

<u>คำสั่ง</u> จงต่อวงจรต่อไปนี้





ตารางการกำหนดอินพุต/เอาต์พุต

ชื่ออินพุต	Address	ชื่อเอาท์พุต	Address

<u>คำสั่ง</u> จงเขียนโปรแกรม พร้อมอธิบายโปรแกรมที่ได้ออกแบบ เพื่อควบคุมการทำงาน ตามเงื่อนไขที่กำหนด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

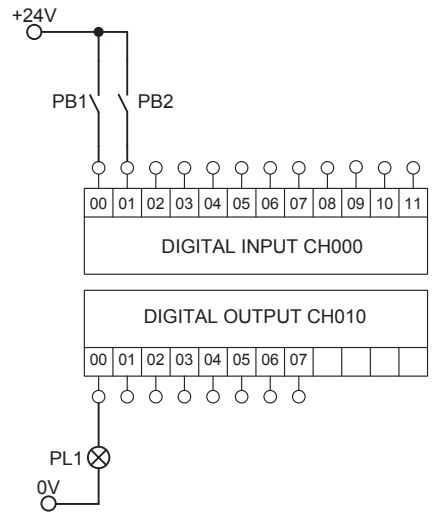
.....

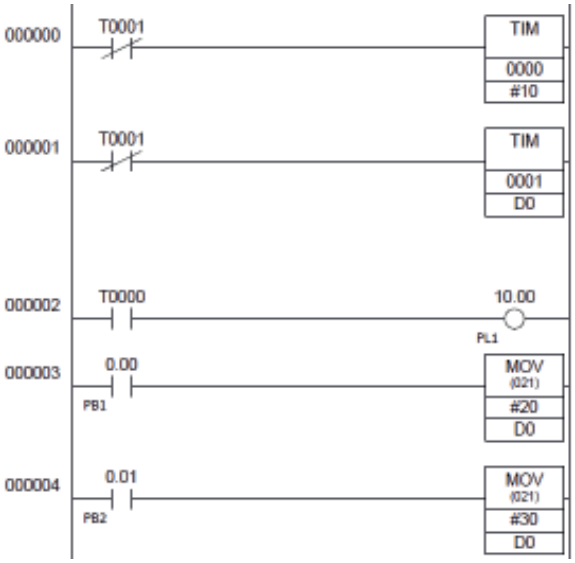
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง** **รหัสวิชา 0922720109** **งานที่ 6**

การทดลองที่ 5 การประยุกต์ใช้งานคำสั่ง Data Movement

<u>คำสั่ง</u> จงต่อวงจรต่อไปนี้





ตารางการกำหนดอินพุต/เอาต์พุต

ชื่ออินพุต	Address	ชื่อเอาท์พุต	Address

<u>คำสั่ง</u> จงเขียนโปรแกรม พร้อมอธิบายโปรแกรมที่ได้ออกแบบ เพื่อควบคุมการทำงาน ตามเงื่อนไขที่กำหนด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

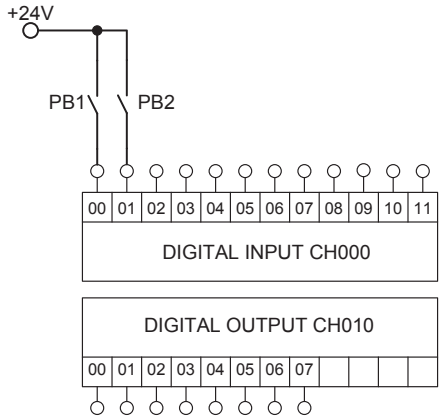
.....

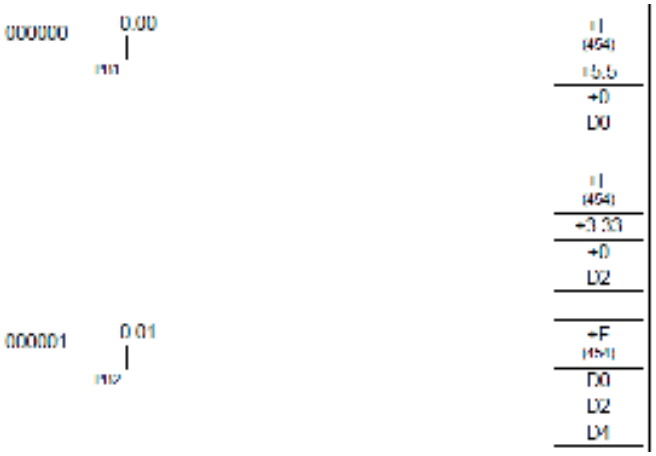
.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง** **รหัสวิชา 0922720109** **งานที่ 6**

การทดลองที่ 6 การประยุกต์ใช้งานคำสั่งกลุ่มคำสั่ง Math

<u>คำสั่ง</u> จงต่อวงจรต่อไปนี้





ตารางการกำหนดอินพุต/เอาต์พุต

ชื่ออินพุต	Address	ชื่อเอาท์พุต	Address

<u>คำสั่ง</u> จงเขียนโปรแกรม พร้อมอธิบายโปรแกรมที่ได้ออกแบบ เพื่อควบคุมการทำงาน ตามเงื่อนไขที่กำหนด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

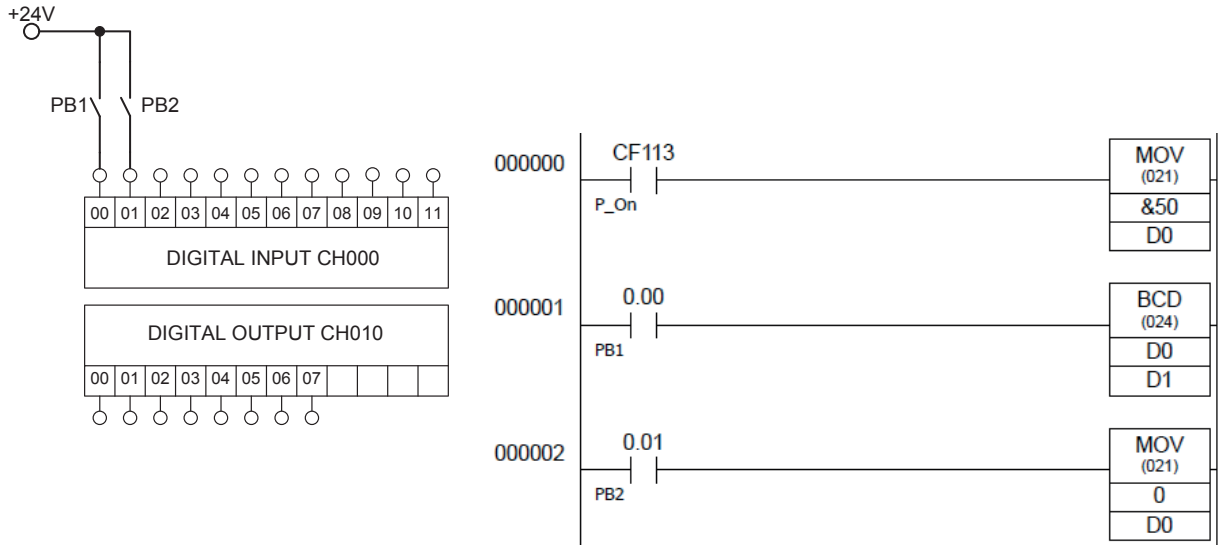
.....

.....

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขา เมคคาทรอนิกส์ ระดับ3** **Mechatronics Level3** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา PLC ระดับกลาง** **รหัสวิชา 0922720109** **งานที่ 6**

การทดลองที่ 7 การประยุกต์ใช้งานคำสั่งกลุ่มคำสั่ง Data Convert

<u>คำสั่ง</u> จงต่อวงจรต่อไปนี้



ตารางการกำหนดอินพุต/เอาต์พุต

ชื่ออินพุต	Address	ชื่อเอาท์พุต	Address

<u>คำสั่ง</u> จงเขียนโปรแกรม พร้อมอธิบายโปรแกรมที่ได้ออกแบบ เพื่อควบคุมการทำงาน ตามเงื่อนไขที่กำหนด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

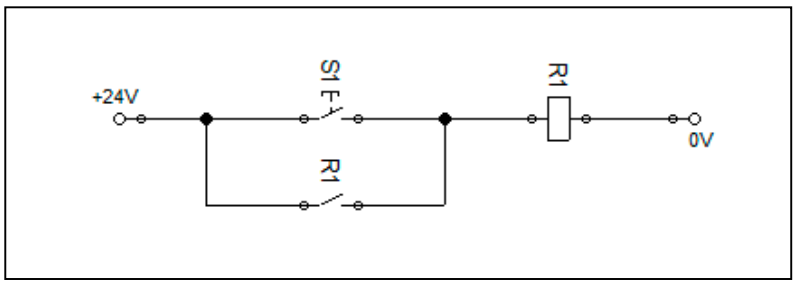
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบทดสอบ	
		หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล	
		รหัสวิชา 0922710199	
		หัวข้อที่ 7	เวลา 1 ชม.

<u>คำสั่ง</u>

โจทย์ทดสอบต่อไปนี้เป็นแบบปรนัย มีจำนวนทั้งหมด 30 ข้อ จงอ่านคำถามในแต่ละข้ออย่างละเอียด และเขียนวงกลมรอบตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกต้อง

1. ในวงจรนิวแมติกส์ไฟฟ้า อุปกรณ์ในข้อใดทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมการทำงานระหว่างวงจรควบคุม (Control circuit) กับวงจรณ์กำลัง (Power circuit)
   ก. สวิตซ์ไฟฟ้า (Switch)
   ข. รีเลย์ (Relay)
   ค. โวลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve)
   ง. กระบอกสูบนิวแมติกส์ (Pneumatic cyclinder)

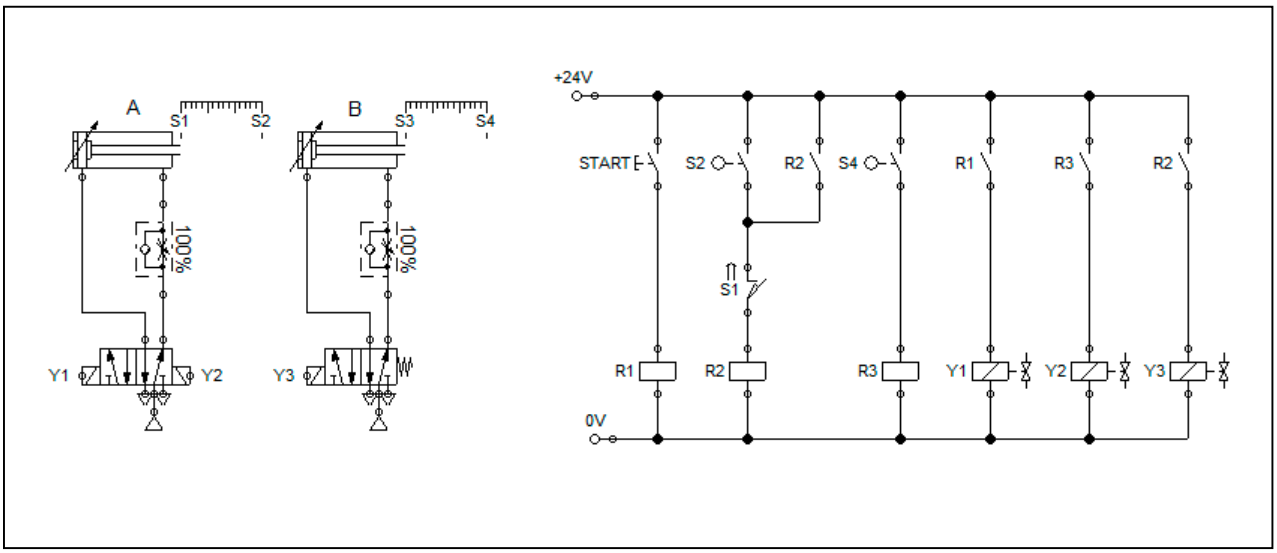
2. การออกแบบวงจรกำลังของระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า กระบอกสูบในข้อใดเหมาะสมที่สุด สำหรับการนำไปใช้กับงานที่ต้องออกแรงกระทำไม่มาก ระยะชักก้านสูบน้อย เช่น ใช้เป็นตัวล็อค (Stopper) ถาดใส่ชิ้นงานบนที่เคลื่อนที่มาตามสายพานลำเลียง
   ก. กระบอกสูบนิวแมติกส์ทำงานทางเดียว (Single acting cylinder)
   ข. กระบอกสูบนิวแมติกส์ทำงานสองทาง (Double acting cylinder)
   ค. กระบอกสูบนิวแมติกส์ทำงานสองทางชนิดมีอุปกรณ์ป้องกันการกระแทก (Double acting cylinder with cushion)
   ง. กระบอกสูบนิวแมติกส์ทำงานสองทางแบบไร้ก้านสูบ (Rodless Double acting cylinder)



รูปที่ 1 แสดงส่วนของวงจรควบคุม (Control circuit) สำหรับโจทย์ข้อ 3

3. ในการออกแบบวงจรควบคุม (Control circuit) สำหรับควบคุมวงจรกำลัง (Power circuit) ของระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า ตัวเลือกในข้อใดกล่าวถึงลักษณะการต่อส่วนของวงจรควบคุมในรูปที่ 1 ได้ถูกต้องที่สุด
   ก. เป็นการต่อสำหรับสร้างเงื่อนการทำงานแบบ AND ระหว่าง S_1 กับรีเลย์ R1
   ข. เป็นการต่อสำหรับสร้างเงื่อนการทำงานแบบ OR ระหว่าง S_1 กับหน้าสัมผัสรีเลย์ R_1
   ค. เป็นการต่อสำหรับสร้างเงื่อนการทำงานแบบผสมระหว่าง S_1 , รีเลย์ R1 และหน้าสัมผัสรีเลย์ R_1
   ง. เป็นการต่อสำหรับสร้างเงื่อนการคงสถานะวงจร (Self-holding circuit) หลังจาก S_1 ถูกกด

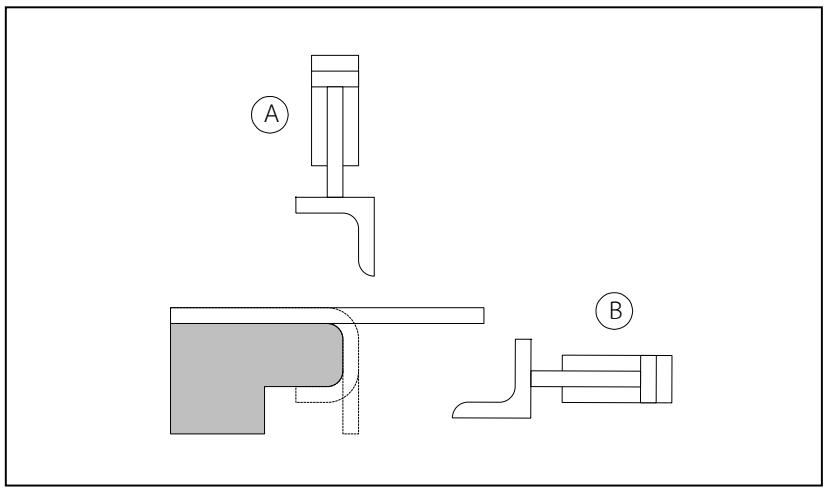
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบทดสอบ	
		หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล	
		รหัสวิชา 0922710199	
		หัวข้อที่ 7	เวลา 1 ชม.



รูปที่ 2 แสดงวงจรควบคุมนิวแมติกส์ไฟฟ้าสำหรับโจทย์ข้อ 4

4. วงจรควบคุม (Control circuit) ของระบบนิวแมติกส์ในรูปที่ 2 ให้ลักษณะการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบในวงจรกำลัง (Power circuit) ตามข้อใด

ก. A+, B+, A-, B-
ข. A+, B+, B-, A-
ค. A+, A-, B+, B-
ง. B+, A+, B-, A-

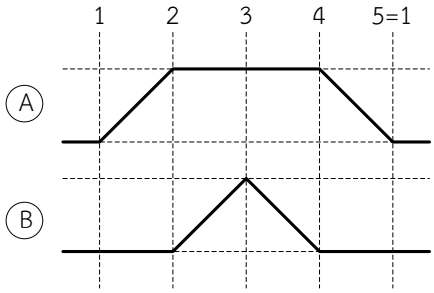


รูปที่ 3 แสดงลักษณะงานสำหรับโจทย์ข้อ 5

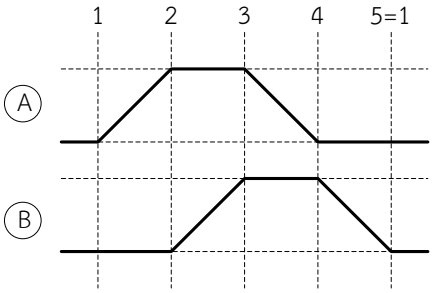
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบทดสอบ	
		หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล	
		รหัสวิชา 0922710199	
		หัวข้อที่ 7	เวลา 1 ชม.

5. ลำดับการทำงาน (Sequence) แบบ Motion – Step Diagram ในข้อใดเหมาะสมที่สุดสำหรับลักษณะงานในรูปที่ 3

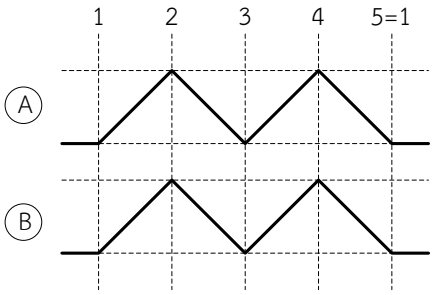
ก.



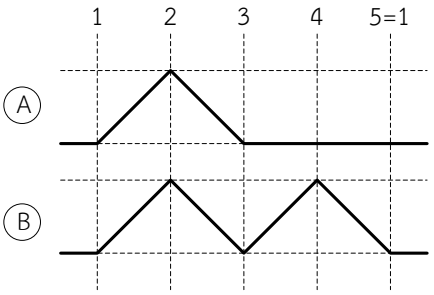
ค.



ข.



ง.

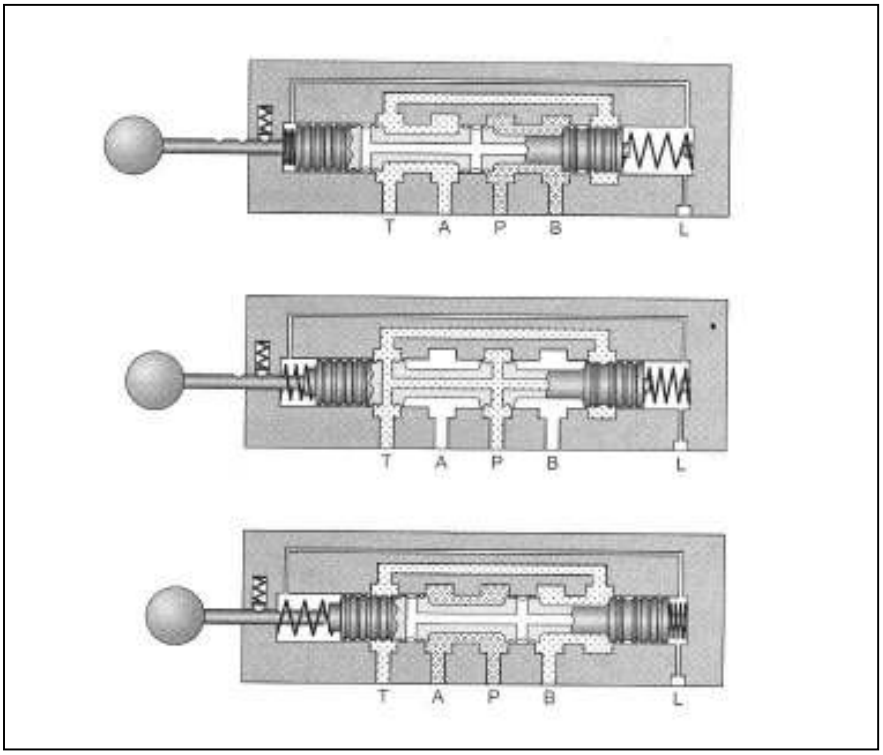


6. ข้อใดกล่าวถึงระบบไฮดรอลิก**ไม่ถูกต้อง**
   ก. ระบบไฮดรอลิกส์ใช้ในงานควบคุมตำแหน่งได้แม่นยำกว่าระบบนิวแมติกส์
   ข. ในระบบไฮดรอลิกส์ที่ประกอบด้วยกระบอกสูบหลายตัว ทำงานที่ความดันแตกต่างกัน สามารถใช้ชุดต้นกำลัง (ปั๊มไฮดรอลิกส์) เดียวกันได้
   ค. ระบบไฮดรอลิกส์มีความเสี่ยงต่อการเกิดระเบิด
   ง. ระบบไฮดรอลิกส์อาศัยหลักการความดันของของไหลในภาชนะที่มีค่าเท่ากัน สร้างแรงขนาดขนาดที่ต้องการ ด้วยมิติของพื้นที่หน้าตัดรับแรงที่ต่างกัน

7. ในการออกแบบระบบไฮดรอลิกส์ ถ้าต้องการลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าของปั๊มไฮดรอลิก ขณะระบบอยู่ในสภาวะหยุดนิ่ง (ก้านสูบไม่มีการเคลื่อนที่) จะต้องเลือกใช้วาล์วในข้อใด
   ก. วาล์วควบคุมอัตราการไหล (Flow Control Valve)
   ข. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/3 ตำแหน่งกลางปกติปิด
   ค. วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/3 ตำแหน่งกลางรู A และ B ปิด รู P ต่อกับรู T
   ง. รีลีฟวาล์ว (Relief valve)

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบทดสอบ	
		หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล	
		รหัสวิชา 0922710199	
		หัวข้อที่ 7	เวลา 1 ชม.

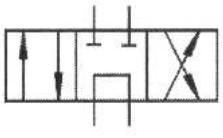
8. ตัวกรองน้ำมันไฮดรอลิกส์ (Filter) มีตำแหน่งการติดตั้งตามข้อใด
   ก. ก่อนน้ำมันไหลเข้าสู่ปั๊ม (กรองน้ำมันจังหวะดูด)
   ข. หลังน้ำมันไหลออกจากปั๊ม (กรองน้ำมันชนิดความดันสูง)
   ค. ท่อน้ำมันไหลกลับถัง (กรองน้ำมันจังหวะไหลกลับ)
   ง. ตำแหน่งทั้งในข้อ ก. , ข. และ ค.



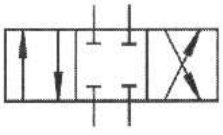
รูปที่ 4 แสดงภาพตัดขวางของวาล์วควบคุมทิศทางสำหรับโจทย์ข้อ 9

9. สัญลักษณ์ในข้อใด ใช้แทนวาล์วควบคุมทิศทางที่มีโครงสร้างตามภาพตัดขวางในรูปที่ 4

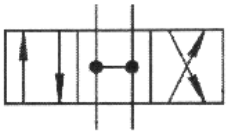
ก.



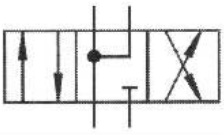
ข.



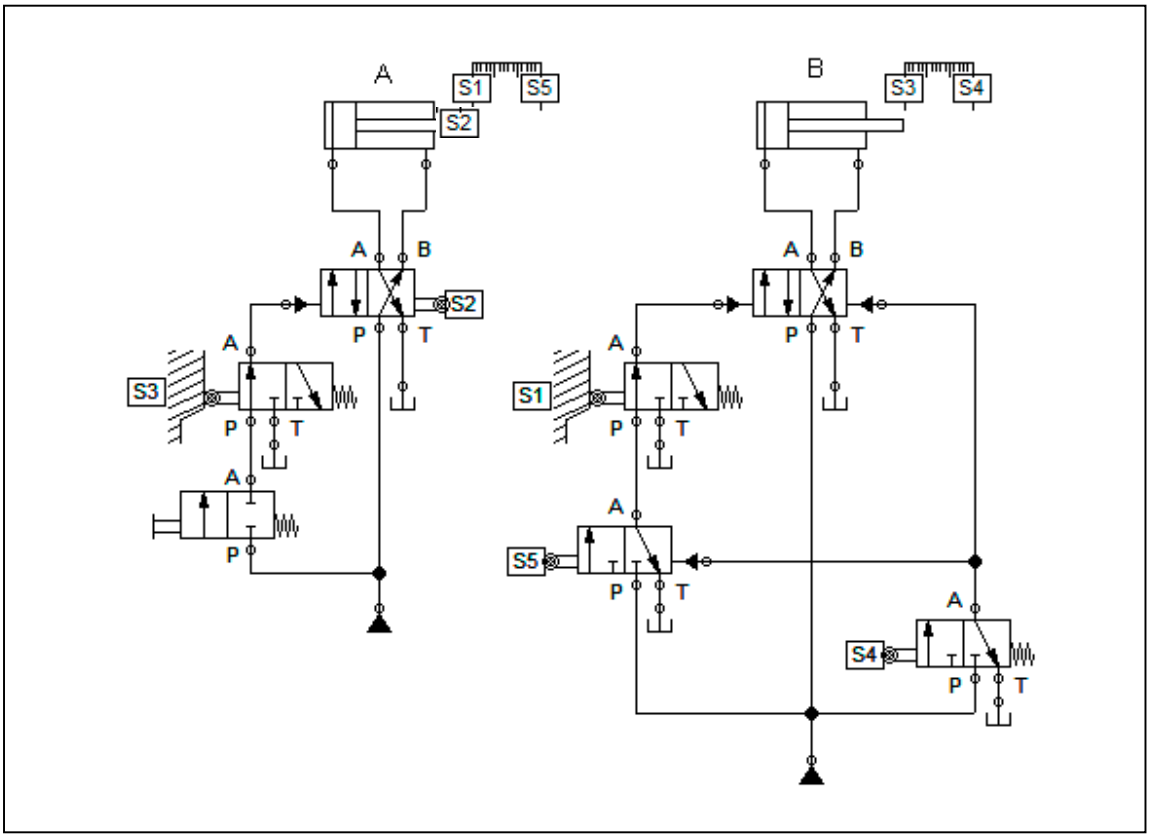
ค.



ง.



	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบทดสอบ** **หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล** **รหัสวิชา 0922710199** **หัวข้อที่ 7** เวลา 1 ชม.



รูปที่ 5 แสดงวงจรไฮดรอลิกส์สำหรับโจทย์ข้อ 10

10. วงจรไฮดรอลิกส์ในรูปที่ 5 ให้ลักษณะการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบตามข้อใด

ค. A+, B+, A-, B-
ค. A+, A-, B+, B-
ง. A+, B+, B-, A-
ง. B+, A+, B-, A-

11. พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ประเภทใดตรวจจับได้เฉพาะโลหะ

ก. เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ
ค. เซนเซอร์แบบแสง
ข. เซนเซอร์แบบเก็บประจุ
ง. เซนเซอร์แบบคลื่น

12. พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์แบบแสงมีลักษณะการตรวจจับกี่ประเภท

ก. 2
ค. 4
ข. 3
ง. 5

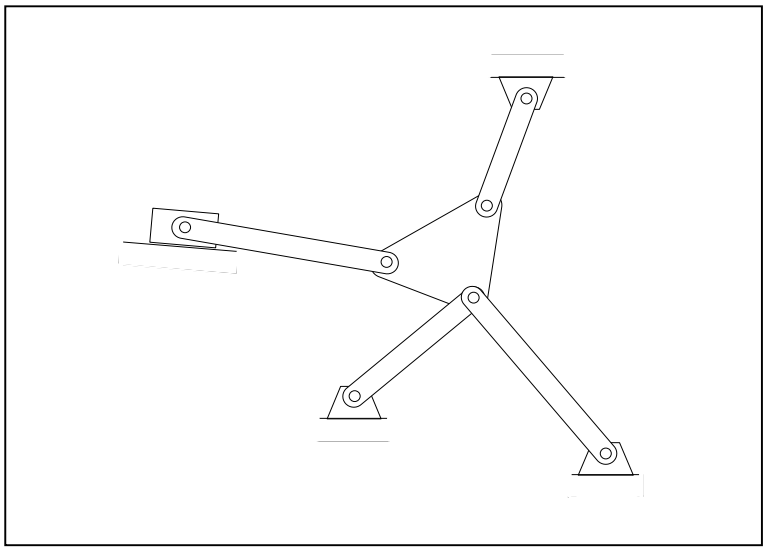
13. อุปกรณ์วัดความดันชนิดบูร์ดองแบ่งย่อยได้ 3 ประเภทมีอะไรบ้าง

ก. แบบก้นหอย, แบบป้อนกลับ, แบบรูปตัว C
ค. แบบขดซ้อน, แบบก้นหอย, แบบรูปตัว G
ข. แบบรูปตัว C, แบบก้นหอย, แบบขดซ้อน
ง. แบบรูปตัว C, แบบก้นหอย, แบบกระป๋อง

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบทดสอบ** **หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล** **รหัสวิชา 0922710199** **หัวข้อที่ 7** | **เวลา 1 ชม.**

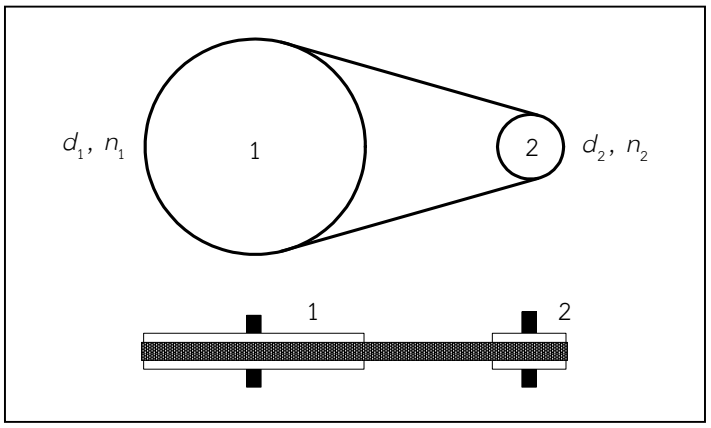
14. การแปลง Analog-to-Digital แบ่งได้กี่ประเภท
    - ก. 2 ประเภท
    - ข. 3 ประเภท
    - ค. 4 ประเภท
    - ง. ไม่มีข้อใดถูก

15. การแปลง Digital to Analog ด้วยวิธี Weighted-Resistor DAC ใช้หลักการใด
    - ก. Non-Invert Amplifier
    - ข. Current Summing Amplifier
    - ค. Invert Amplifier
    - ง. Voltage Summing Amplifier



รูปที่ 6 แสดงระบบกลไกสำหรับโจทย์ข้อ 16

16. จงหาจำนวนความสามารถในการเคลื่อนที่ของกลไก (mobility of a mechanism) ของระบบกลไกในรูปที่ 6
    - ก. 0
    - ข. 1
    - ค. 2
    - ง. 3



รูปที่ 7 แสดงระบบกลไกส่งกำลังสำหรับโจทย์ข้อ 17 และข้อ 18

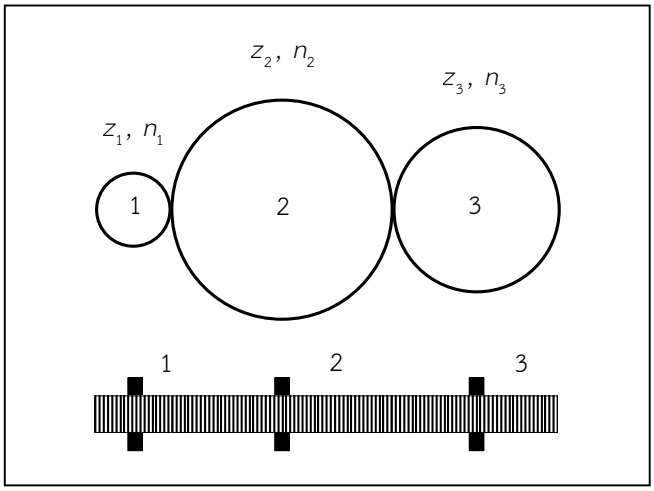
	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบทดสอบ	
		หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล	
		รหัสวิชา 0922710199	
		หัวข้อที่ 7	เวลา 1 ชม.

17. จงหาความเร็วรอบ n_2 และอัตราทด i ของระบบกลไกส่งกำลังด้วยสายพานในรูปที่ 7 เมื่อกำหนดให้ล้อสายพาน 2 ขับล้อสายพาน 1 และ $n_1 = 3000\ rpm$, $d_1 = 140\ mm.$ และ $d_2 = 100\ mm.$

ก. 4200 *rpm*, 1.4 : 1
ข. 4200 *rpm*, 1 : 1.4
ค. 420 *rpm*, 1.4 : 1
ง. 420 *rpm*, 1 : 1.4

18. จงหาความเร็วรอบ n_1 และขนาดล้อสายพาน d_1 ของระบบกลไกส่งกำลังด้วยสายพานในรูปที่ 7 เมื่อกำหนดให้ล้อสายพาน 1 ขับล้อสายพาน 2 และ $n_2 = 3600\ rpm$, $d_2 = 125\ mm.$ และ $i = 1 : 1.2$

ก. 3000 *rpm*, 104 *mm.*
ข. 4320 *rpm*, 104 *mm.*
ค. 3000 *rpm*, 150 *mm.*
ง. 4320 *rpm*, 150 *mm.*



รูปที่ 8 แสดงระบบกลไกส่งกำลังสำหรับโจทย์ข้อ 19 และข้อ 20

19. จงหาอัตราทดของเฟืองแต่ละคู่ (i_{12} และ i_{23}) ของระบบกลไกส่งกำลังด้วยเฟืองในรูป 8 เมื่อกำหนดให้ล้อสายพาน 1 เป็นตัวขับระบบ และ $z_1 = 25\ teeth$, $z_2 = 70\ teeth$ และ $z_3 = 50\ teeth$

ก. 1 : 1.4, 1 : 2.8
ข. 1 : 1.4, 2.8 : 1
ค. 2.8 : 1, 1 : 1.4
ง. 2.8 : 1, 1.4 : 1

20. จงหาอัตราทดรวม i_{tot} และความเร็วรอบ n_1 ของระบบกลไกส่งกำลังด้วยเฟืองในรูป 8 เมื่อกำหนดให้ล้อสายพาน 1 เป็นตัวขับระบบ และ $z_1 = 30\ teeth$, $z_3 = 65\ teeth$ และ $n_3 = 669.23\ rpm.$

ก. 2.17 : 1, 308.88 *rpm.*
ข. 2.17 : 1, 1450 *rpm.*
ค. 1 : 2.17, 308.88 *rpm.*
ง. 1 : 2.17, 1450 *rpm.*

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบทดสอบ	
		หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล	
		รหัสวิชา 0922710199	
		หัวข้อที่ 7	เวลา 1 ชม.

21. ข้อใดกล่าวถึงอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ไม่ถูกต้อง
    ก. เป็นการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (DC to AC Converter)
    ข. ใช้สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
    ค. สามารถควบคุมขนาดและความถี่ของแรงดันไฟฟ้าขาออก (output) ได้
    ง. โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์ประกอบด้วยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter circuit) และวงจรควบคุม (Control circuit)

22. พารามิเตอร์ในข้อใดส่งผลต่อความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้า
    ก. ความถี่ของสัญญาณไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์
    ข. จำนวนขั้ว (Number of pole) ของมอเตอร์
    ค. ระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์
    ง. พารามิเตอร์ทั้งใน ข้อ ก. , ข. และ ค.

23. ข้อใดคือวิธีการเปลี่ยนขนาดแรงดันของอินเวอร์เตอร์ตามความถี่ที่เปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ
    ก. การแปรขนาดแรงดันของไฟตรง (Pulse Amplitude Modulation : PAM)
    ข. การแปรความกว้างพัลส์ที่ใช้ เปิด – ปิด อุปกรณ์สวิตซ์กำลัง แบบ Square wave (Square Wave Pulse Width Modulation : Square Wave PWM)
    ค. การแปรความกว้างพัลส์ที่ใช้ เปิด – ปิด อุปกรณ์สวิตซ์กำลัง แบบ Sine wave (Sine Wave Pulse Width Modulation : Sine Wave PWM)
    ง. ถูกทุกข้อ

24. การปรับตั้ง (Setting) พารามิเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ตามข้อใด มีผลทำให้อินเวอร์เตอร์ trip อันเนื่องมาจากแรงดันไฟฟ้าป้อนกลับ
    ก. เวลาเข้าสู่ความเร็วที่กำหนด (Ramp-Up Time)
    ข. เวลาลดความเร็ว (Ramp-Down Time)
    ค. ความถี่ต่ำสุด (Minimum Frequency)
    ง. ความถี่สูงสุด (Maximum Frequency)

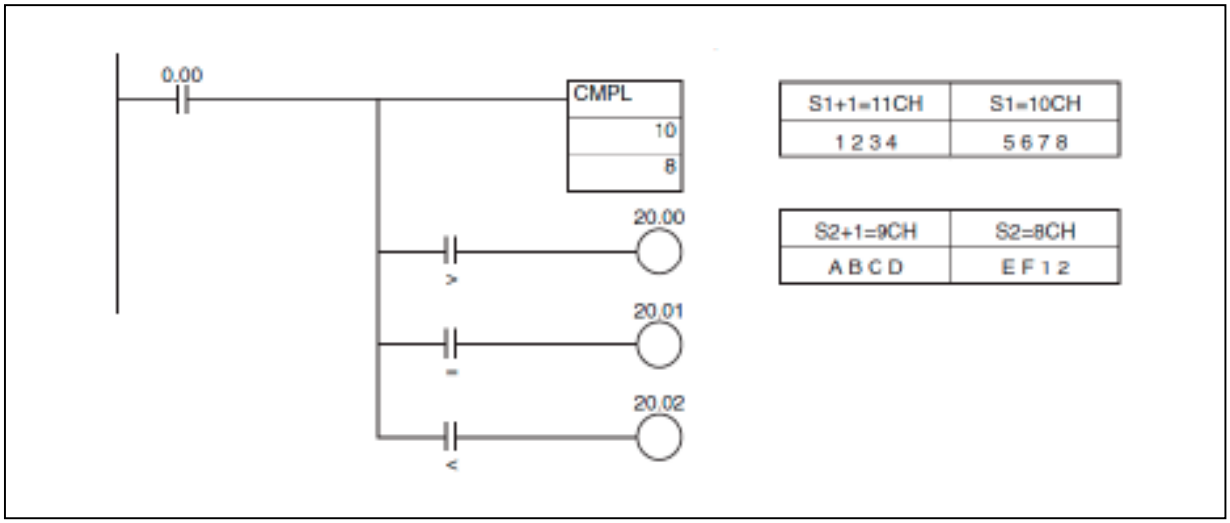
25. ในการบำรุงรักษาอินเวอร์เตอร์ การตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าที่ตัวเก็บประจุสำหรับป้อนไฟฟ้ากระแสตรงให้วงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter) มีจุดประสงค์ตามข้อใด
    ก. ตรวจสอบความผิดปกติของการระบายความร้อนที่ heat sink
    ข. ตรวจเช็คการเกิดไฟฟ้าสถิตที่เกิดจากการสเปรย์อากาศผ่าน heat sink
    ค. ตรวจเช็คการเสื่อมสภาพของตัวเก็บประจุ
    ง. ตรวจเช็คจุดเชื่อมต่อเพื่อป้องกันการอาร์คที่เกิดจากวัฏจักรความร้อนและการสั่นสะเทือน

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบทดสอบ	
		หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล	
		รหัสวิชา 0922710199	
		หัวข้อที่ 7	เวลา 1 ชม.

26. โครงสร้างส่วนใดของ PLC ใช้จัดเก็บโปรแกรมสำหรับการประมวลผลสัญญาณเข้า PLC เพื่อส่งสัญญาณควบคุมออกจาก PLC
    - ก. ภาคอินพุต (Input section)
    - ข. ตัวประมวลผล (CPU)
    - ค. หน่วยความจำ (Memory)
    - ง. ภาคเอาต์พุต (Output section)

27. สำหรับ PLC รุ่น CJ2 ในกรณีที่ใช้พอร์ต RS232C จนครบแล้ว แต่ต้องการใช้ PLC ต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ผ่านพอร์ต RS232C อีก จะต้องเพิ่มอุปกรณ์ในข้อใด
    - ก. Serial Communication Unit
    - ข. Special I/O Unit
    - ค. CPU Unit
    - ง. I/O Interface Unit

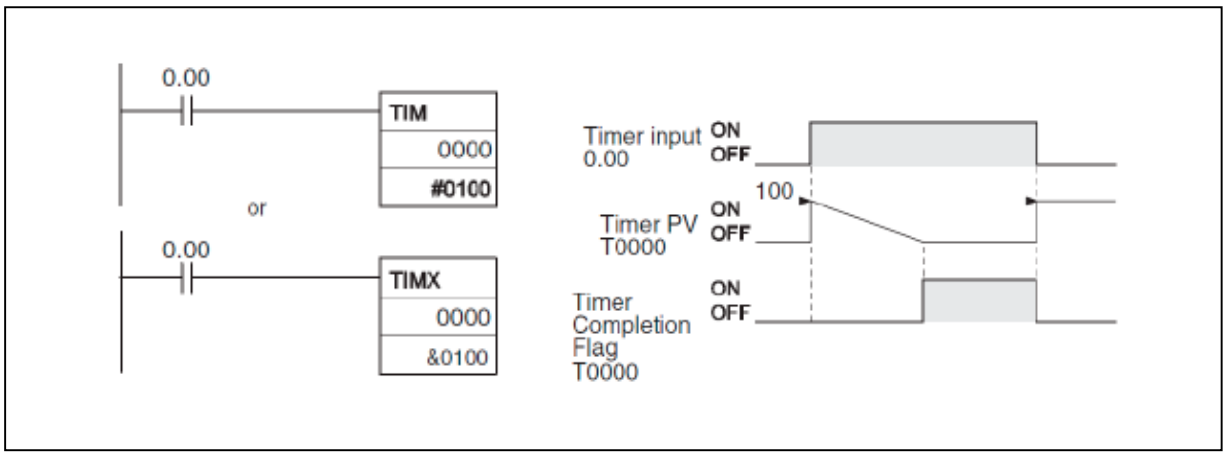
28. สำหรับ PLC รุ่น CJ2 หน่วยความจำ RAM ที่อยู่ใน CPU ส่วนใดใช้เก็บโปรแกรม Ladder Diagram
    - ก. User Program Memory
    - ข. I/O Memory Area
    - ค. Parameter Area
    - ง. FB Program Area



รูปที่ 9 แสดงลักษณะการใช้คำสั่ง Comparator (CMP) สำหรับโจทย์ข้อ 29

29. การใช้คำสั่ง Comparator (CMP) ในรูปที่ 9 ให้ผลลัพธ์ตามข้อใด
    - ก. บิต CIO 20.00 มีค่าเป็น “1” , บิต CIO 20.01 และ CIO 20.02 มีค่าเป็น “0”
    - ข. บิต CIO 20.00 มีค่าเป็น “0” , บิต CIO 20.01 และ CIO 20.02 มีค่าเป็น “1”
    - ค. บิต CIO 20.00 และ CIO 20.01 มีค่าเป็น “1”, บิต CIO 20.02 มีค่าเป็น “0”
    - ง. บิต CIO 20.00 และ CIO 20.01 มีค่าเป็น “0”, บิต CIO 20.02 มีค่าเป็น “1”

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบทดสอบ** **หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล** **รหัสวิชา 0922710199** **หัวข้อที่ 7** **เวลา 1 ชม.**



รูปที่ 10 แสดงลักษณะการใช้คำสั่ง Comparator (CMP) สำหรับโจทย์ข้อ 30

30. ข้อใดแปลความหมายการทำงานของ Timer จากไดอะแกรมเวลา (Timing Diagram) ในรูปที่ 10 ได้ถูกต้อง
    - ก. เมื่อ timer input 0.00 มีสถานะ “ON” timer PV จะเริ่มนับค่าลงจาก 100
      Timer Completion Flag T0000 จะมีสถานะ “ON” เมื่อ timer PV นับถึง 0
    - ข. เมื่อ timer input 0.00 มีสถานะ “ON” timer PV จะเริ่มนับค่าลงจาก 100
      Timer Completion Flag T000 จะมีสถานะ “ON” และค้างค่าไว้ครู่หนึ่งจากนั้นกลับสถานะเป็น “OFF”
    - ค. ขณะที่ timer input 0.00 เปลี่ยนสถานะเป็น “OFF” timer PV จะถูกรีเซตค่าเป็น 100
      Timer Completion Flag T0000 จะเปลี่ยนสถานะเป็น “OFF”
    - ง. ข้อ ก. และ ข้อ ค. ถูกต้อง

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบเฉลยทดสอบ** **หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล** **รหัสวิชา 0922710199** **หัวข้อที่ 7** / **เวลา 1 ชม.**

1. **ค.**	2. **ก.**	3. **ง.**	4. **ก.**	5. **ก.**
6. **ข.**	7. **ค.**	8. **ง.**	9. **ก.**	10. **ค.**
11. **ก.**	12. **ข.**	13. **ข.**	14. **ค.**	15 **ง.**
16. **ข.**	17. **ก.**	18. **ค.**	19. **ค.**	20 **ข.**
21 **ง.**	22. **ง.**	23. **ง.**	24. **ข.**	25. **ค.**
26. **ค.**	27. **ก.**	28. **ก.**	29. **ง.**	30. **ง.**

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบขั้นตอนการปฏิบัติงาน** **หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล** **รหัสวิชา 0922710199** **งานที่ 7** **เวลา 2 ชม.**

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน :

1. กำหนดชื่อ Address ลงใน Symbol ของ PLC โดยใช้โปรแกรม Simatic manager S7
2. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ตามการทำงานของสถานีนั้นๆ

อุปกรณ์และเครื่องมือ:

handling station FESTO

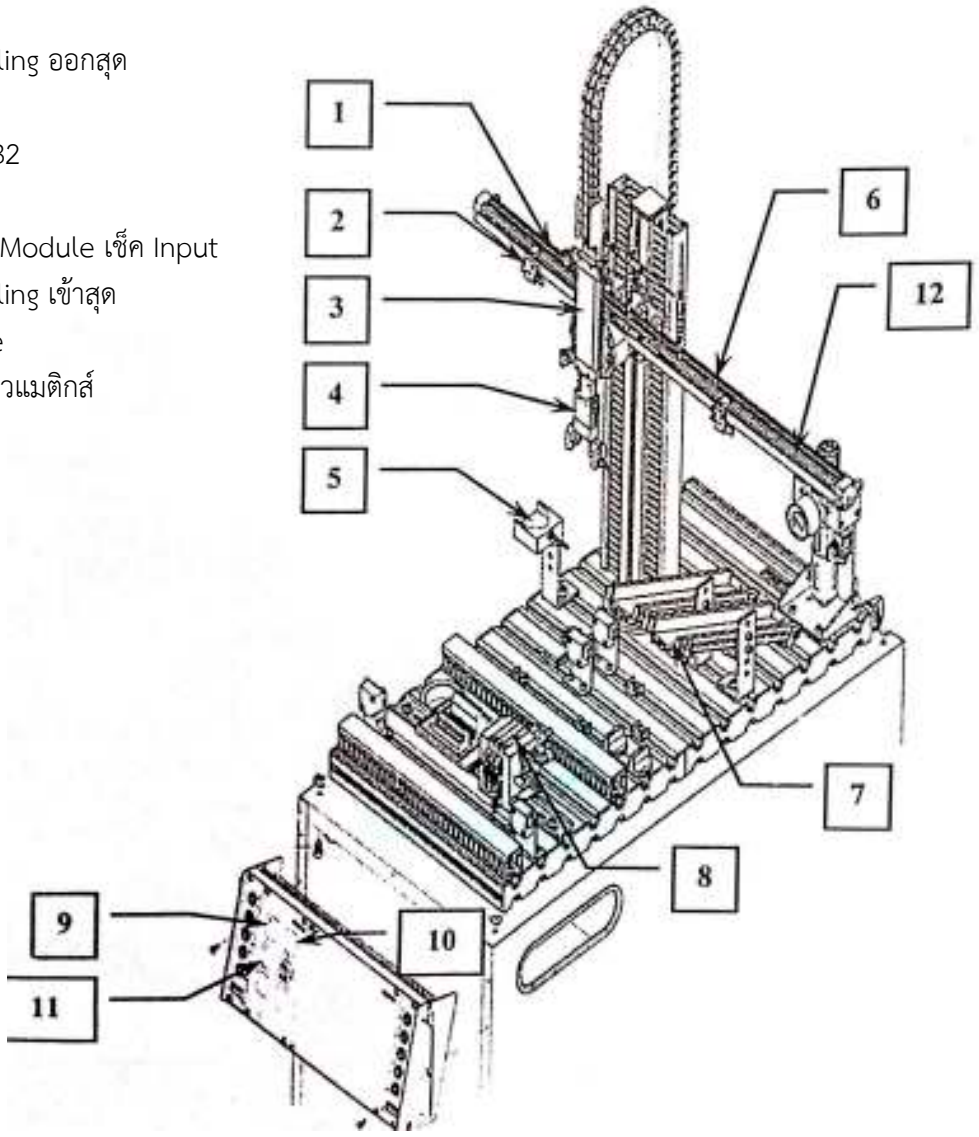
วัสดุ :

ชิ้นงานขนาดทรงกระบอก

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล** **รหัสวิชา 0922710199** **งานที่ 7** | **เวลา 2 ชม.**

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1 Sensor Handling ออกสุด
2 Limit switch
3 กระบอกสูบ 2B2
4 Gripper
5 Receptaccle Module เช็ค Input
6 Sensor Handling เข้าสุด
7 Slide Module
8 Main Valve นิวแมติกส์
9 สวิตซ์ Start
10 สวิตซ์ Stop
11 สวิตซ์ Reset
12 Handling



รูปที่ 1 Handling station

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2 Mechatronics Level 2 0920083270102	ใบงาน	
		หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล	
		รหัสวิชา 0922710199	
		งานที่ 7	เวลา 2 ชม.

คำสั่ง

1 เชื่อมต่อ Address I/O ลงใน Symbol ของโปรแกรม SIMATIC Manager S7 ตามตาราง

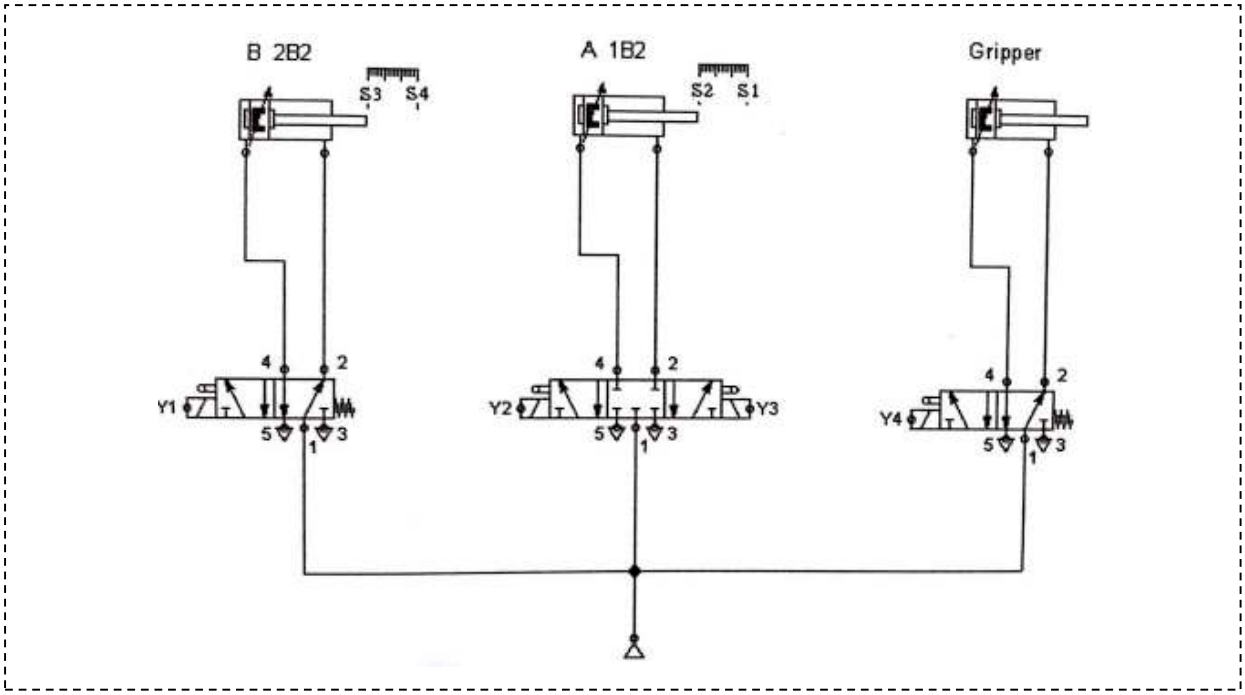
ตาราง 1 แสดงการต่ออุปกรณ์เข้ากับโปรแกรม

Address	อุปกรณ์ INPUT
I 0.0	Receptaccle Module เช็ค Input
I 0.1	Sensor ออกสุด Handling
I 0.2	Sensor เข้าสุด Handling
I 0.4	Sensor เลื่อนลงกระบอกสูบ 2B2
I 0.5	Sensor เลื่อนขึ้นกระบอกสูบ 2B2
I 0.6	Sensor สั่ง Griper
I 1.0	Start Switch
I 1.1	Stop Switch
I 1.2	สวิตซ์ กุญแจ
I 1.3	Reset Switch
I 1.5	Emergency

Address	อุปกรณ์ OUTPUT
Q 0.0	Handling OUT
Q 0.1	Handling IN
Q 0.2	กระบอกสูบ 2B2 เลื่องลง
Q 0.3	Griper
Q 1.0	Start lamp
Q 1.1	Reset lamp
Q 1.2	Lamp Q1
Q 1.3	Lamp Q2
Q 1.4	Lamp Q4
Q 1.5	Lamp Q5
Q 1.6	Lamp Q6

2 เขียนวงจรควบคุมการทำงาน

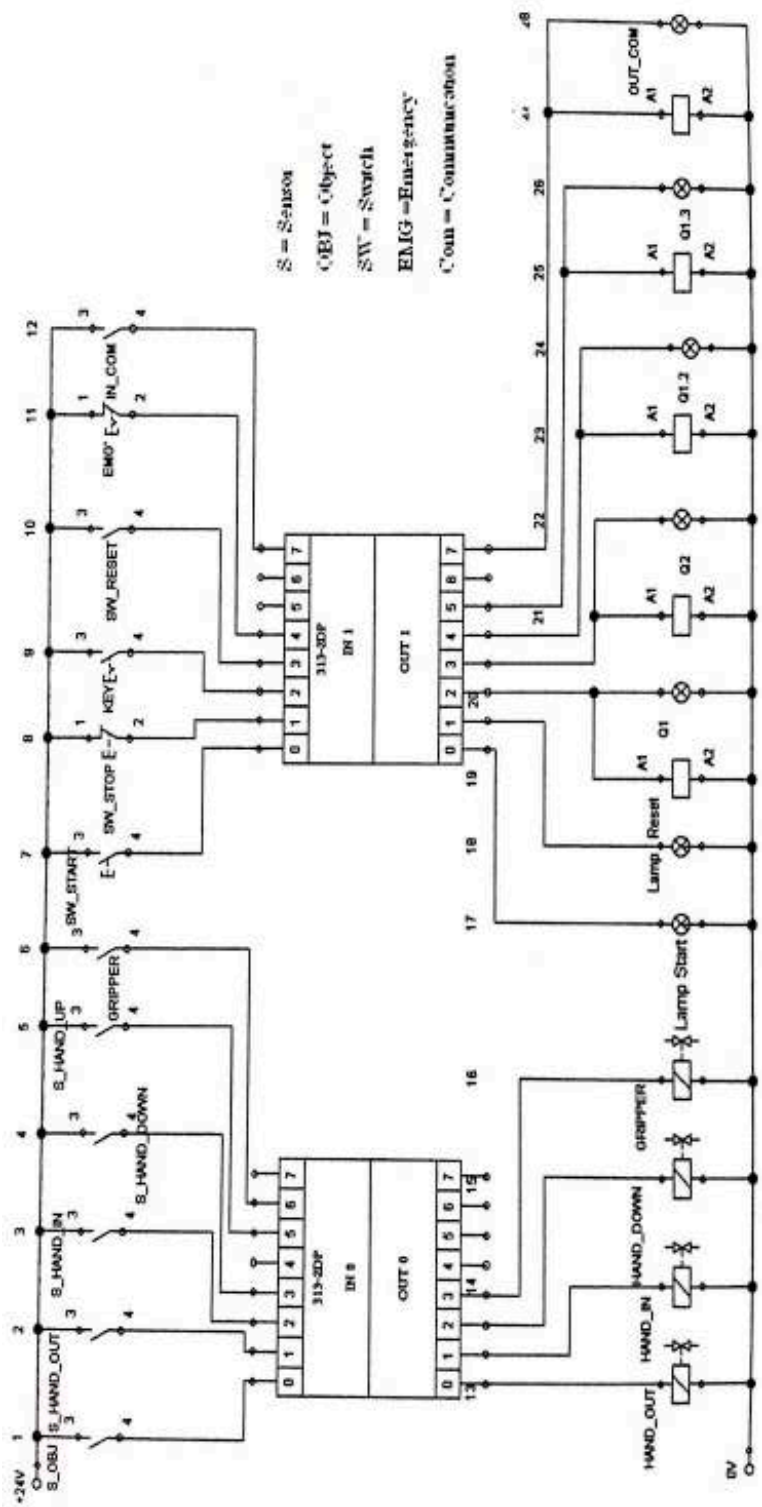
2.1 ส่วนวงจรนิวแมติกส์ (Pneumatic Circuit)



รูปที่ 2 วงจรนิวแมติกส์

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล** **รหัสวิชา 0922710199** **งานที่ 7** | **เวลา 2 ชม.**

2.2 ส่วนวงจรควบคุม (Control Circuit)



รูปที่ 2 รูปที่ 3 วงจรควบคุม

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล** **รหัสวิชา 0922710199** **งานที่ 7** | **เวลา 2 ชม.**

3 เขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษา Ladder โดยมี Step การทำงานดังนี้

โปรแกรมควบคุมแบบ Ladder

	หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ **สาขาแมคคาทรอนิกส์ ระดับ 2** **Mechatronics Level 2** **0920083270102**	**ใบงาน** **หัวข้อวิชา การวัดและประเมินผล** **รหัสวิชา 0922710199** **งานที่ 7** | **เวลา 2 ชม.**

โปรแกรมควบคุมแบบ Ladder **(ต่อ)**

บรรณานุกรม

1. กิติพันธ์ ไทยสงค์.(2549) **งานนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น.** สานักพิมพ์เอมพันธ์ จากัด, กรุงเทพมหานคร,
2. เฉลิมชนม์ ไวศยดารง.(2548) **เอกสารประกอบการสอนวิชา 731606 ระบบอัตโนมัติ**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย,
3. บุญธรรม ภัทราจารุกุล. (2554). **แมคคาทรอนิกส์เบื้องต้น.** กรุงเทพ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
4. พรจิต ประทุมสุวรรณ.(2540). **เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์**. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์.
5. มานพ ตันตระบัณฑิตย์ และคณะ. (2537). **ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล**. กรุงเทพ : ส.ส.ท.
6. รุ่งโรจน์ รัตนวารินทร์.(ม.ป.ป.) **เอกสารประกอบการสอนวิชาพื้นฐานระบบนิวแมติกส์ของเครื่องจักรกล.** กรุงเทพมหานคร.คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
7. สกล นันทศรีวิวัฒน์.(2548) **เอกสารประกอบการสอนวิชาไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์** 2. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี,
8. OMRON Corporation. Inverter 3G3MX2

คณะผู้ดำเนินการ

คณะที่ปรึกษา

นายนคร ศิลปอาชา	อธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
นายสุรเดช วลีอิทธิกุล	รองอธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
นายสันโดษ เต็มแสวงเลิศ	ผู้อำนวยการสำนักพัฒนาผู้ฝึกและเทคโนโลยีการฝึก
นางสาวเกยูร คณารุ่งเรือง	ผู้อำนวยการกลุ่มงานพัฒนาหลักสูตรและเทคโนโลยีการฝึก

คณะผู้ตรวจสอบความถูกต้อง

นายเดช พึ่งขยาย	นักวิชาการพัฒนาฝีมือแรงงานชำนาญการ
นางวรนิภา จินาชาญ	นักวิชาการพัฒนาฝีมือแรงงานชำนาญการ
นายคมธัช รัตนคช	นักวิชาการพัฒนาฝีมือแรงงานชำนาญการ
นายนที ราชฉวาง	นักวิชาการพัฒนาฝีมือแรงงานชำนาญการ
นายไพฑูรย์ ถิ่นสูง	นักวิชาการพัฒนาฝีมือแรงงานชำนาญการ
นายธงชัย จิตต์หาญ	นักวิชาการพัฒนาฝีมือแรงงานชำนาญการ
นายหาญชัย ขุนณรงค์	นักวิชาการพัฒนาฝีมือแรงงานชำนาญการ
นายสมเกียรติ อู่เงิน	นักวิชาการพัฒนาฝีมือแรงงานชำนาญการ
นายไพศาล สุราสา	นักวิชาการพัฒนาฝีมือแรงงานปฏิบัติการ
นายปฏิญญา สารสุวรรณ	ครูฝึกฝีมือแรงงาน ระดับ2

ผู้ประสานงาน

นายจักรวาล ทิพย์มาลัย	นักวิชาการพัฒนาฝีมือแรงงานชำนาญการ

ผู้จัดทำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี