เครื่องบีบอัดภาชนะกระป๋องน้ำดื่ม

ผู้วิจัย

ดร. สมศักดิ์ สงวนเดือน

นาย ชัชวาล ธนันทา

ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. 2549

งานห้องสมุดกลางเทเวศร์
สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
วันที่ -5 มี.ค. 2552
เลขทะเบียน 000129
เลขหมู่ วจ
ส 282ค

ชื่อสิ่งประดิษฐ์เพื่อการวิจัย	เครื่องบีบอัดภาชนะกระป๋องน้ำดื่ม
ชื่อผู้วิจัย	ดร.สมศักดิ์ สงวนเดือน
	นาย ชัชวาล ธนันทา
ผู้ร่วมงานวิจัย	นายพงษ์เทพ บูรณวิเชษฐกุล
	นายชานนท์ เสถียรสามัคคี
	นายสถาพร พรประทุม
ปีการศึกษา	2548

บทคัดย่อ

สิ่งประดิษฐ์เพื่อการวิจัยเกี่ยวกับเครื่องบีบอัดภาชนะกระป๋องน้ำดื่ม โดยไฮดรอลิกเป็นตัวบีบอัด ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ เนื่องจากปัจจุบันมีการนำภาชนะบรรจุกระป๋องอลูมิเนียมมาบรรจุเครื่องดื่มเป็นอย่างมาก เมื่อบริโภคเครื่องดื่มหมดแล้ว กระป๋องก็จะถูกนำไปทิ้ง แต่กระป๋องอลูมิเนียมนั้นเป็นขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกครั้งจึงเห็นสมควรในการ รณรงค์และช่วยในการลดประมาณขยะ

จึงเห็นควรว่าควรทำเครื่องบีบอัดภาชนะกระป๋องน้ำดื่ม นี้ขึ้นมาเพื่อเป็นการลดจำนวนขยะประเภทโลหะ กระป๋องที่ใช้แล้วก็จะนำไปใช้ในการรีไซเคิลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นการสร้างแรงจูงใจให้ผู้บริโภคนำกระป๋องเบียร์และน้ำอัดลมมาทิ้งที่ เครื่องบีบอัดภาชนะกระป๋องน้ำดื่ม โดยมีสิ่งของตอบแทนให้กับผู้บริโภค

ซึ่งการทำงานของเครื่องจะใช้ PLC ในการควบคุมการทำงานของไฮดรอลิก,เซนเซอร์และ 7-Segment โดยเครื่องบีบอัดภาชนะกระป๋องน้ำดื่ม จะทำงานเมื่อผู้บริโภคใส่กระป๋องเบียร์และน้ำอัดลมตามจำนวนที่กำหนดไว้ คือ 10 กระป๋องจะได้รับของรางวัลตอบแทน และเมื่อใส่ครบจำนวน 40 กระป๋องเครื่องจึงทำการบีบอัดกระป๋อง 1 ครั้งแล้วเมื่อทำการบีบอัดกระป๋องเสร็จแล้วจะทำการเปิดช่องที่ทิ้งกระป๋องให้กระป๋องหล่นลงไปในช่องเก็บกระป๋อง

NAME OF PROJECT : ALUMINUM CAN RECYCLE MACHINE

RESEARCHER : Dr.SOMSAK SA-NGUANDUAN

: Mr.CHATCHAVAL TANANTA

CO- RESEARCHER : Mr.Pongthep Buranawichetgun

: Mr.Chanon Sathensamarkkee

: Mr.Sataporn Pompratum

YEAR : 2005

Abstract

This research report of the Aluminum Can Recycle Machine Project is contrived the experiments at Rajamangala University of Technology Phra Nakhon by the hydraulic pressure. Nowadays, the cans make by aluminum material very useful in several liquid packaging industries. When people consumed the liquid inside the cans, then the cans are worthless. But the cans can be recycling from the waste material. Although, we have to reduce the waste materials, to follow our world as improvement.

From the reasons that we mentioned, we decided to start the Aluminum Can Recycle Machine research project to keep him or her eager to put the cans to the machine for consumer then encourage them by giving something back such as a candy, or a rubber etc.

The system working by a PLC, it controls the hydraulic pressure, receives the sensor signals, and displays status via the 7-segment panel. The machine accepts the standard beer can and the soda can for 10 cans a time in a slot, when consumer put the cans into the can receiver block the machine gives a candy back to a consumer. After a receiver-block has the 40 cans inside, the machine pressing the cans at once then releasing it to collector block.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการ	2
2. ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 บทนำ	3
2.2 โปรแกรมแมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC)	3
2.3 พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์	17
2.4 ระบบไฮดรอลิก	48
2.5 รีเลย์ (RELAY)	69
2.6 มอเตอร์กระแสตรง	70
2.7 โซลินอยด์	80
2.8 สวิตช์	82
3. การทำงานของชุดควบคุมเครื่องรับบริจาคกระป๋องเบียร์และน้ำอัดลม	85
3.1 บทนำ	85

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	3.2 การแบ่งภาคการทำงานของชุดควบคุมเครื่องรับบริจาคกระป๋องเบียร์และน้ำอัดลม	85
	3.3 ขั้นตอนในการดำเนินงาน	91
	3.4 การออกแบบโครงสร้างของโครงการ	92
	3.5 ชุดบีบอัดกระป๋อง	92
	3.6 บล็อคไดอะแกรมการทำงานของ PLC	94
	3.7 FLOWCHART การทำงานของระบบเครื่องบริจาคกระป๋อง	95
4.	การทดลองและผลการทดลอง	97
	4.1 บทนำ	97
	4.2 การทดสอบชุดตรวจสอบกระป๋อง	97
	4.3 การทดสอบชุด 7-Segment แสดงผล	97
	4.4 การทดสอบชุดจ่ายของตอบแทน	98
	4.5 การทดสอบชุดบีบอัดกระป๋อง	98
5.	สรุปปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	100
	5.1 บทนำ	100
	5.2 สรุปผลที่ได้จากการทดลอง	100
	5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการ	100
	5.4 อุปสรรคในการทำโครงการ	100
เอกสารอ้างอิง		102
ภาคผนวก ก.		103
ภาคผนวก ข.		109

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบระหว่างระบบซีเควันซ์ (Sequence) กับระบบ PLC	4
2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์กับสวิตซ์แบบกลไก	18
2.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์กับสวิตซ์แบบกลไก(ต่อ)	19
2.3 ตัวอย่างค่าตัวประกอบ (factor) ของวัตถุตัวกลางชนิดต่างๆ	26
2.4 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียตามชนิดของแสง	32
2.5 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเซนเซอร์แบบลำแสงผ่านตลอด	35
2.6 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเซนเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกลับ	36
2.7 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรง	37
2.8 ตารางเปรียบเทียบค่าตัวคูณประกอบ	38
4.1 ตารางเปรียบเทียบการบีบอัดกระป๋องน้ำอัดลมและกระป๋องเบียร์ในแต่ละครั้ง(เมื่อใส่ครบ 40 กระป๋อง)	98

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ภาพของPLC ที่ใช้งานจริง	4
2.2 โครงสร้างของ PLC	6
2.3 ก) ส่วนประกอบของ CPU	6
2.3 ข) ส่วนประกอบของ CPU	7
2.4 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับ CPU ชนิดหนึ่ง	8
2.5 ภาพตัวอย่างการต่ออุปกรณ์จาก PLC ชนิดหนึ่ง	8
2.6 I/O Scan และ Program Scan	9
2.7 การสแกนตามลำดับก่อนหลังชนิดหนึ่ง	9
2.8 ตารางบิทสมมติของสัญญาณ I/O	10
2.9 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่เป็นส่วนของเอาท์พุต	11
2.10 บล็อกไดอะแกรมของ AC Interface Input Module	11
2.11 ก) วงจรและการต่อสาย AC Input Module ชนิดหนึ่ง	12
2.11 ข) วงจรและการต่อสาย AC Input Module ชนิดหนึ่ง	12
2.12 บล็อกไดอะแกรมของ AC Interface Output Module	12
2.13 ก)วงจรของ AC Output Moduleและการต่อสายแบบ A	13
2.13 ข)วงจรของ AC Output Moduleและการต่อสายแบบ B	13
2.14 การใช้ซอฟต์แวร์เพื่อปฏิบัติการต่างๆ ของ PLC	13
2.15 วงจรแลดเดอร์ (PLC Ladder Logic Diagram)	14
2.16 ไฟในห้องจะติดได้ก็ต่อเมื่อต่อสะพานไฟและมีหลอดไฟ (Light Bulb) อยู่ในกล่องเท่านั้น	15
2.17 สัญญาณให้ตื่นนอน	16
2.18 สัญลักษณ์ของ AND Gate	16
2.19 สัญลักษณ์ของ Or Gate	16
2.20 สัญลักษณ์ของ NOT Gate	17
2.21 สัญลักษณ์ของ NAND Gate ที่มีอินพุต 2 ตัว	17

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.22 สัญลักษณ์ของ NOR Gate ที่มีอินพุต 2 ตัว	17
2.23 ตัวอย่างพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์	18
2.24 แสดงส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ	20
2.25 หลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ	21
2.26 ระยะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับ	21
2.27 เซนเซอร์เหนี่ยวนำแบบทำงานทางเดียว	23
2.28 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ	24
2.29 เป็นการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์เหนี่ยวนำแบบทำงานทางเดียว	24
2.30 ภาพแสดงภาพตัดขวางส่วนหัว(ส่วนตรวจจับ)ของเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ และการเกิดสนามแม่เหล็กสนามแม่เหล็ก	25
2.31 การปรับโพเทนซิโอมิเตอร์	26
2.32 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ชนิดประจุ	27
2.33 การติดตั้งแบบฝังรูปทรงกระบอก	27
2.34 การติดตั้งแบบไม่ฝังรูปทรงกระบอก	28
2.35 การติดตั้งแบบไม่ฝังรูปทรงสี่เหลี่ยม	28
2.36 การติดตั้งตรงข้ามกันต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 8 เท่าของระยะตรวจจับ	29
2.37 การติดตั้งแบบฝังรูปทรงสี่เหลี่ยม	30
2.38 วิธีที่ตัวส่งแสงไปอย่างต่อเนื่องเป็นปกติ	32
2.39 วิธีที่ตังส่งแสง จะส่งลำแสงเป็นจังหวะที่สม่ำเสมอ	33
2.40 โครงสร้างของเซนเซอร์ชนิดรับส่งลำแสง	34
2.41 เซนเซอร์แบบลำแสงผ่านตลอด	34
2.42 เป็นการนำเซนเซอร์นั้นไปตรวจจับขนาดและรูปร่างของชิ้นงาน บนสายพานลำเลียง	35
2.43 เป็นการนำเซนเซอร์ไปใช้ในการควบคุมการปิดเปิดประตูอัตโนมัติ	35
2.44 เซนเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกลับ	36
2.45 เป็นการนำเซนเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกลับมาใช้ในการตรวจนับชิ้นงาน บนสายพานลำเลียง	36

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.46 เป็นการนำเอาเซนเซอร์มาใช้ในการตรวจจับขนาดของแผ่นวัตถุที่ม้วนเป็นขด	37
2.47 เซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรง	37
2.48 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรง	38
2.49 การนำสายใยแก้วมาใช้กับเซนเซอร์ชนิดใช้แสง	39
2.50 เป็นการประยุกต์ใช้สายใยแก้วในการตรวจสอบการใช้ชิ้นงาน	39
2.51 เป็นการประยุกต์การใช้สายใยแก้วในการตรวจสอบรูปร่างของชิ้นงาน	40
2.52 กำหนดระยะห่างเซนเซอร์แต่ละชุด	42
2.53 วิธีการสลับตำแหน่งของตัวรับและตัวส่งของเซนเซอร์	43
2.54 กรณีเซนเซอร์เป็นแบบตรวจจับโดยตรง	43
2.55 การติดตั้งเซนเซอร์บนชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว	44
2.56การต่ออนุกรมเข้ากับสายเส้นใดเส้นหนึ่ง	45
2.57เอาต์พุตต่อใช้งานแบบ PNP	45
2.58เอาต์พุตต่อใช่งานแบบ NPN	46
2.59 ภาพการต่อเซนเซอร์แบบ 4 เส้น ชนิด NPN และ PNP	47
2.60 ตัวอย่างถังพักน้ำมัน	49
2.61 ตัวอย่างการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าและปั๊มบนฝาถังพักน้ำมัน	50
2.62 ท่อดูดและท่อไหลกลับของน้ำมัน	50
2.63 แผ่นกั้นภายในถัง	51
2.64 หลักการทำงานเบื้องต้นของปั๊มไฮดรอลิก	52
2.65 ต้นกำลังส่วนใหญ่ที่ใช้ในการขับปั๊มไฮดรอลิก	52
2.66 ประเภทของปั๊มในระบบไฮดรอลิก	53
2.67 ปั๊มแบบเฟืองฟันนอก	53
2.68 ปั๊มแบบเฟืองฟันใน	55
2.69 จีโรเดอร์ปั๊ม	56
2.70 ปั๊มแบบโหลบ	56
2.71 ปั๊มแบบสกรู	57

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.72 ประสิทธิภาพของปั๊มไฮดรอลิกชนิดต่างๆ	57
2.73 ประสิทธิภาพเทียบกับอายุการใช้งานของปั๊มไฮดรอลิกชนิดต่างๆ	58
2.74 การเปรียบเทียบน้ำหนักของปั๊มไฮดรอลิกชนิดต่างๆ ที่อัตราการจ่ายน้ำมัน 100 cm^3/rev	58
2.75 การติดตั้งปั๊มด้านบนถังพักน้ำมัน	59
2.76 การติดตั้งปั๊มด้านล่างถังพักน้ำมัน	59
2.77 การติดตั้งปั๊มด้านข้างถังพักน้ำมัน	60
2.78 การติดตั้งปั๊มในถังพักน้ำมัน	60
2.79 ประเภทของอุปกรณ์ทำงานในระบบไฮดรอลิก	61
2.80 กระบอกสูบทำงานทางเดียว	61
2.81 กระบอกสูบทำงานสองทาง	62
2.82 กระบอกสูบทำงานสองทางชนิดมีกันกระแทก (cushion)	62
2.83 ประเภทของมอเตอร์ไฮดรอลิก	64
2.84 มอเตอร์แบบเฟืองฟันนอก	65
2.85 มอเตอร์แบบเฟืองฟันใน	65
2.86 มอเตอร์เฟืองฟันจีโรเตอร์	65
2.87 มอเตอร์แบบสกรู	66
2.88 ประเภทของวาล์วในระบบไฮดรอลิก	66
2.89 โครงสร้างพื้นฐานของวาล์วควบคุมทิศทาง	67
2.90 ตัวอย่างโครงสร้าง การทำงาน และสัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมทิศทาง	67
2.91 ตัวอย่างสัญลักษณ์ทั่วไปของวาล์วควบคุมทิศทาง	68
2.92 การกำหนดรหัสที่จุดต่อน้ำมันของวาล์วควบคุมทิศทาง	68
2.93 ตัวอย่างโครงสร้างและสัญลักษณ์ของการเลื่อนวาล์วด้วยวิธีการต่างๆ	69
2.94 การเลื่อนวาล์วด้วยวิธีการต่างๆ	70
2.95 หลักของมอเตอร์	72
2.96 หลักการทำงานมอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร	73
2.97 โซเวอร์มอเตอร์แม่เหล็กถาวรกระแสตรง	73

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.98 มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม	74
2.99 มอเตอร์ยูนิเวอร์แซล	74
2.100 มอเตอร์แบบชันท์	76
2.101 มอเตอร์กระแสตรงแบบผสม	77
2.102 Cemf	78
2.103 การควบคุมอัตราเร็วของมอเตอร์กระแสตรง	79
2.104 การควบคุมอัตราเร็วด้วยสนาม	79
2.105 การควบคุมอัตราเร็วอาร์มาเจอร์	80
2.106 ตัวอย่างของโซลินอยด์	81
2.107 โครงสร้างพื้นฐานของโซลินอยด์	81
2.108 แสดงตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่มีแรงดึงมากไปใช้งาน	83
3.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟ PUMP	85
3.2 วงจรชุดทิ้งกระป๋อง	86
3.3 วงจรไฮดรอลิก	87
3.4 วงจร Counter	88
3.5 การต่อวงจรกับPLC	90
3.6 บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	91
3.7 บล็อคไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการติดตั้งชุดบีบอัดเข้ากับโครงสร้าง	91
3.8 โครงสร้างภายนอกของเครื่องรับบริจาคกระป๋อง	92
3.9 ภาพไฮดรอลิก และ Pump	93
3.10 โครงสร้างแบบเสร็จสมบูรณ์ของโครงงาน	93
3.11 บล็อคไดอะแกรมการทำงานของระบบ	94
3.12 FLOW CHART การทำงานของระบบเครื่องบริจาคกระป๋อง	95

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันมนุษย์เราจะมีความคิดริเริ่มสร้างเทคโนโลยีที่ทันสมัย ขึ้นมาใหม่อยู่เรื่อยๆหลายอย่างไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีทางด้านอุตสาหกรรม ด้านเกษตรกรรม ด้านคหกรรม เป็นต้น มนุษย์เรานั้นจะต้องมีการอุปโภคบริโภคมากมายหลายอย่างพอมีความต้องการก็จะนำมาใช้พอหมดความต้องการก็นำไปทิ้ง ซึ่งทำให้มีขยะเพิ่มมากขึ้นซึ่งเป็นปัญหากับมวลมนุษย์เป็นอย่างมาก

ฉะนั้นผู้วิจัยจึงคิดหาวิธีเอาสิ่งที่ไม่ต้องการกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งที่เราเรียกกันว่าการรีไซเคิล (Recycle) โดยการนำวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ถูกใช้ไปแล้วกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งไม่ว่าจะนำกลับมาใช้ในรูปแบบเดิมหรือไม่ก็ตาม ซึ่งจะเป็นการประหยัดและทำให้ลดจำนวนขยะลงไปได้อีกด้วย ดังนั้นจึงได้คิดจะทำเครื่องบีบอัดภาชนะ กระป๋องน้ำดื่ม ขึ้นเพื่อเป็นการลดจำนวนขยะประเภทกระป๋องลงบ้างและนำกระป๋องที่ได้รับบริจาคมา กลับไปรีไซเคิลอีกครั้ง เพื่อลดการใช้ทรัพยากรของโลกประกอบกับต้องการให้ประชาชนมีนิสัยใส่ใจสิ่งแวดล้อมเมื่อมีผู้นำกระป๋องมาบริจาคแล้วก็จะมีสิ่งของตอบแทนเล็กๆน้อยๆออกมาจากเครื่อง เพื่อให้เกิดแรงจูงใจในการที่จะนำกระป๋องมาบริจาคดีกว่านำไปทิ้งในถังขยะธรรมดา โดยไม่เกิดประโยชน์

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อลดจำนวนขยะที่เป็นวัสดุจำพวกโลหะให้น้อยลง

1.2.2 เพื่อสร้างเครื่องรับบริจาคกระป๋องเบียร์และน้ำอัดลม

1.2.3 ปลูกฝังนิสัยผู้บริโภคอาหารสำเร็จรูปให้สำนึกในคุณค่าภาชนะบรรจุ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 เครื่องสามารถรับกระป๋องน้ำอัดลมหรือกระป๋องเบียร์เท่านั้น

1.3.2 กระป๋องที่ได้รับจะถูกบีบอัดให้ลดลง 4/5 เท่า

1.3.3 รองรับการใส่กระป๋องได้ สูงสุด 40 กระป๋องต่อครั้ง

1.3.4 มีการตรวจสอบว่าเป็นกระป๋องเครื่องดื่มหรือไม่

1.3.5 มีการจ่ายสิ่งของตอบแทนเป็นการจูงใจ

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1.4.1 มองถึงปัญหาและเหตุผลที่เกิดขึ้น

1.4.2 ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงงานพร้อมทั้งขอบเขตของงาน

1.4.3 ความพร้อมของวัสดุและอุปกรณ์รวมทั้งกำหนดตารางการดำเนินงาน

1.4.4 สร้างและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง

1.4.5 นำไปใช้และสร้างคู่มือการใช้งาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ช่วยลดจำนวนขยะที่เป็นวัสดุจำพวกโลหะและนำ กลับไปใช้ใหม่

1.5.2 ให้ประชาชนมีนิสัยใส่ใจสิ่งแวดล้อมในการทิ้งขยะแยกประเภท

1.5.3 เพื่อเป็นต้นแบบในการนำไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นอีก

1.5.4 นำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้งานในงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 บทนำ

ทฤษฎีที่ใช้ออกแบบและสร้าง ชุดเครื่องบีบอัดภาชนะกระป๋องน้ำดื่มนั้นประกอบไปด้วยทฤษฎีการใช้งาน PLC ซึ่งใช้เป็นชุดควบคุมและคอนโทรลการทำงานทั้งหมดของเครื่อง, มอเตอร์กระแสตรง,ระบบไฮดรอลิก,พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์,โซลิอยด์,สวิตช์ไฟฟ้า,รีเลย์ ทฤษฎีทั้งหมดที่กล่าวมาถูกรวบรวมและแสดงไว้ในบทที่ 2 ดังแสดงในหัวข้อต่อไป

2.2 โปรแกรมเมเบิ้ลลอจิกคอนโทรลเออร์ (PLC)

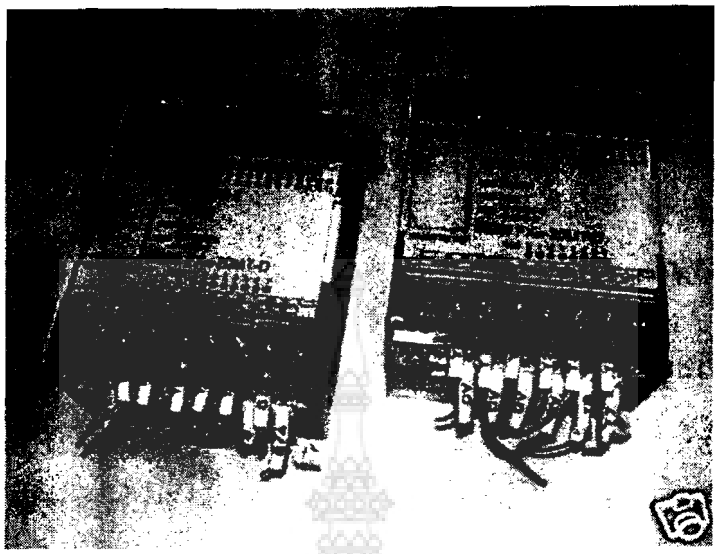
PLC เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด – สเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) การออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานแล้ว PLC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid – State Digital Logic Element เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจแบบลอจิก PLC ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม

การใช้ PLC ง่ายต่อการการเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือการลำดับการทำงานใหม่สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด – สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

2.2.1 โครงสร้างของ PLC

PLC เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม PLC ประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรม PLC ขนาดเล็ก ส่วนประกอบทั้งหมดของ PLC จะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆ ได้

หน่วยความจำของ PLC ประกอบด้วย หน่วยความจำชนิด RAM และ ROM หน่วยความจำชนิด RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ส่วน ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ ROM ย่อมาจาก Read Only Memory สามารถโปรแกรมได้แต่ลบไม่ได้ ถ้าชำรุดแล้วซ่อมไม่ได้



ภาพที่ 2.1 ภาพของPLC ที่ใช้งานจริง

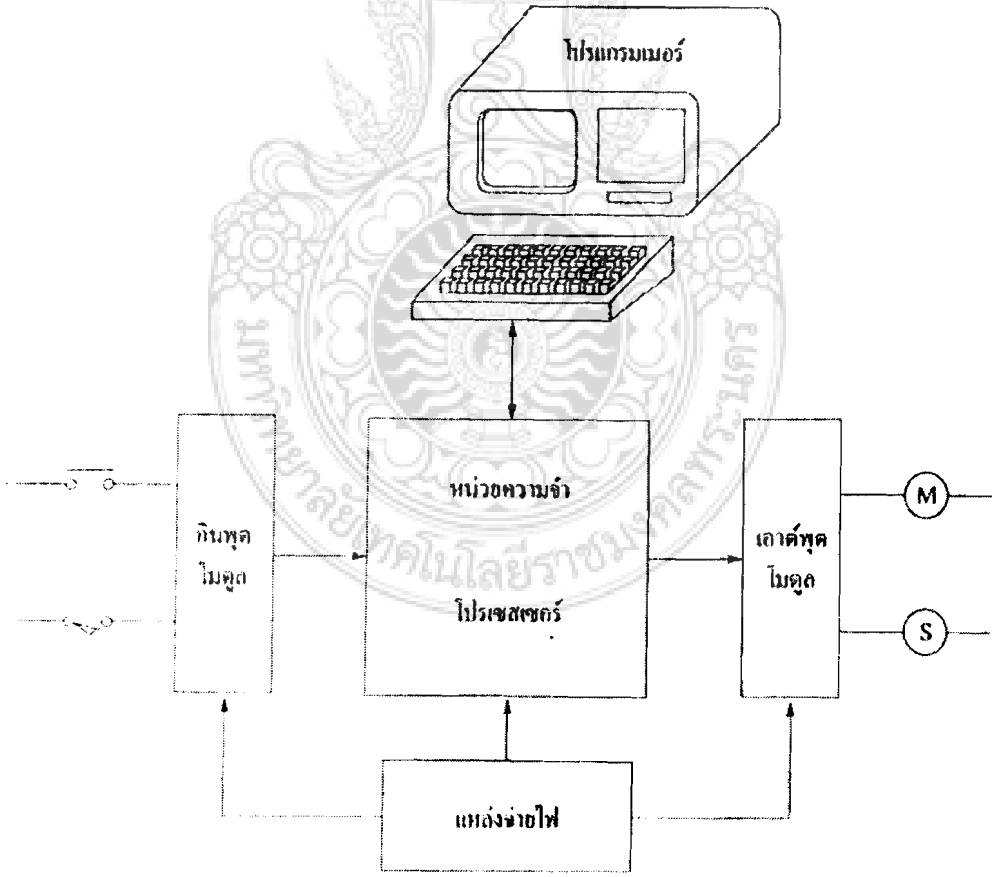
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบระหว่างระบบซีเควันซ์ (Sequence) กับระบบ PLC

รายละเอียด	ระบบซีเควันซ์ หรือ ใช้การเดินสายไฟ	ระบบโปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์
การควบคุมระบบ	ปรับเปลี่ยนแก้ไขเพิ่มเติมทำได้ยาก	สามารถปรับเปลี่ยนแก้ไขเพิ่มเติมได้ง่าย
การซ่อมหรือแก้ไข	ทำได้ยาก	ทำได้ง่าย
การติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก	ทำได้ยาก	ทำได้ง่าย
อายุการใช้งาน	น้อยกว่า เพราะมีส่วนของการเคลื่อนที่มาก	มากกว่า เพราะส่วนที่เคลื่อนที่มีน้อย
ติดต่อกับอุปกรณ์ไกลๆ	ทำได้ยุ่งยาก เพราะต้องเดินสายไฟยาวขึ้น	ทำได้ง่าย การเดินสายไฟน้อย
ความเร็วในการทำงาน	ช้า	เร็ว
ขนาด	ใหญ่	เล็ก
สัญญาณรบกวน	ดีมาก	ดี
การติดตั้ง	ใช้เวลามาก	ใช้เวลาน้อย
การทำงานที่ระบบซับซ้อน	ยาก ต้องใช้รีเลย์จำนวนมาก	ง่าย สะดวก

1) RAM (Random Access Memory) หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้ เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและเขียนโปรแกรมลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก จึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมบ่อยๆ

2) EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิด EPROM นี้จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเลต หรือตากแดดร้อนๆ นานๆ จะมีข้อดีตรงที่โปรแกรมจะไม่สูญหายแม้ไฟดับ จึงเหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนโปรแกรม

3) EEPROM (Electrical Erasable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิดนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม โดยใช้วิธีการทางไฟฟ้าเหมือนกับ RAM นอกจากนั้นก็ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟเมื่อไฟดับ ราคาจะแพงกว่า แต่จะรวมคุณสมบัติที่ดีของทั้ง RAM และ EPROM เอาไว้ด้วยกัน



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของ PLC

2.2.2 ส่วนประกอบของ PLC

PLC1 แบ่งออกได้ 3 ส่วนด้วยกันคือ

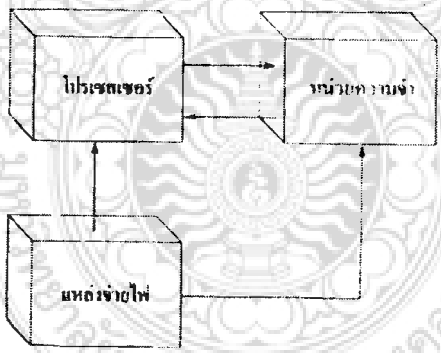
1) ส่วนที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (Control Processing Unit : CPU)

2) ส่วนที่เป็นอินพุต/เอาต์พุต (Input Output : I/O)

3) ส่วนที่เป็นอุปกรณ์การโปรแกรม (Programming Device)

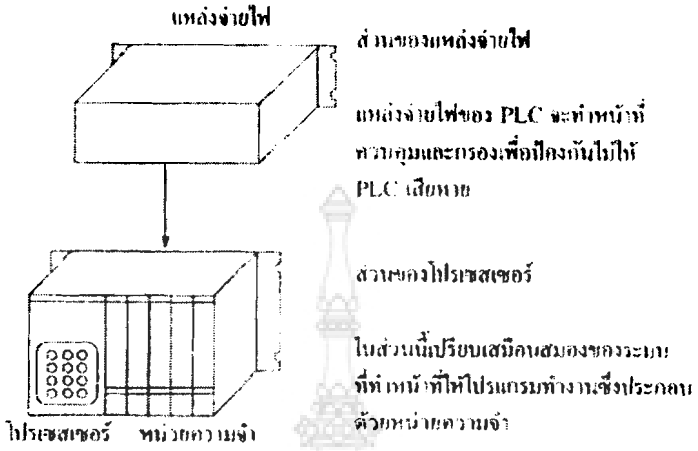
CPU เป็นส่วนมันสมองของระบบ ภายในจะประกอบไปด้วยวงจร Logic Gate ชนิดต่างๆ หลายชนิด และมี Microprocessor – based ใช้สำหรับแทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ (Relay) เคาน์เตอร์ (Counter) ไทเมอร์ (Timer) และซีเควนเซอร์ (Sequencers) เพื่อให้ผู้ใช้ได้ออกแบบใช้วงจรรีเลย์ แลดเดอร์ ลอจิก (Relay Ladder Logic) เข้าไปได้

CPU จะยอมรับ (Read) อินพุต ดาต้า (Input Data) จากอุปกรณ์ให้สัญญาณ (Sensing Device) ต่างๆ จากนั้นจะปฏิบัติการและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ และส่งข้อมูลที่เหมาะสมถูกต้องไปยังอุปกรณ์ควบคุม (Control Device) แหล่งของกระไฟฟ้าตรง (DC Current) สำหรับใช้สร้างโวลย์ต่ำ (Low Level Voltage) ซึ่งใช้โดยโปรเซสเซอร์ (Processor) และไอโอ โมดูล (I/O Modules) และแหล่งจ่ายไฟนี้จะเก็บไว้ที่ CPU หรือแยกออกไปติดตั้งที่จุดอื่นก็ได้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแต่ละราย



ภาพที่ 2.3 ก) ส่วนประกอบของ CPU

จากรูป (ก) เป็น CPU ที่รวมแหล่งจ่ายไฟเข้าด้วยกัน ส่วนรูป (ข) จะแยกแหล่งจ่ายไฟออกมาต่างหาก ยังมีส่วนที่สำคัญที่อยู่ในชุดของ CPU อีกชุดหนึ่ง คือ Processor – Memory Module ซึ่งกับส่วนสำคัญชิ้นใหญ่ในตัวเรือน (Housing) ของ CPU มันเป็นสมองที่ควบคุมโปรแกรม ภายในประกอบด้วย Microprocessor Memory Chips ที่ทำหน้าที่เก็บและเรียกข้อมูลจากหน่วยความจำแล้วติดต่อกับวงจรที่ต้องการ

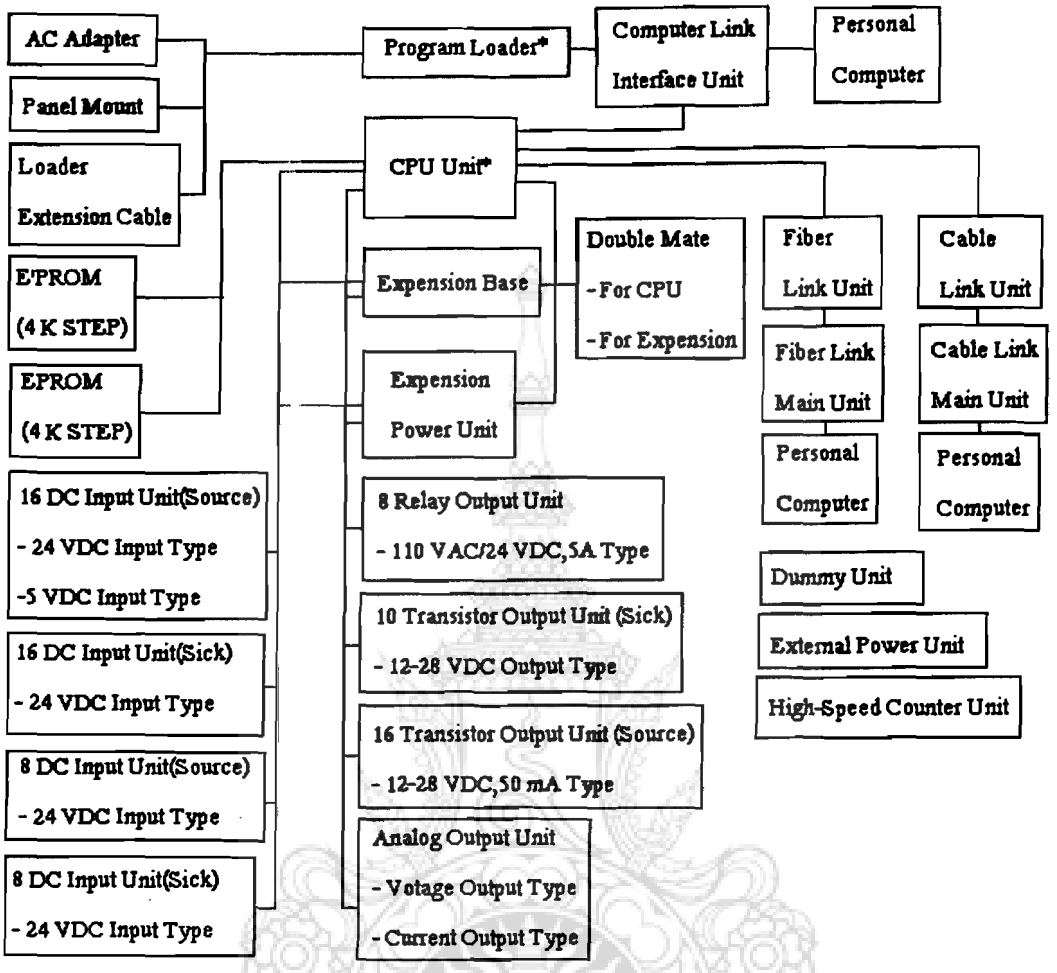


ภาพที่ 2.3 ข) ส่วนประกอบของ CPU

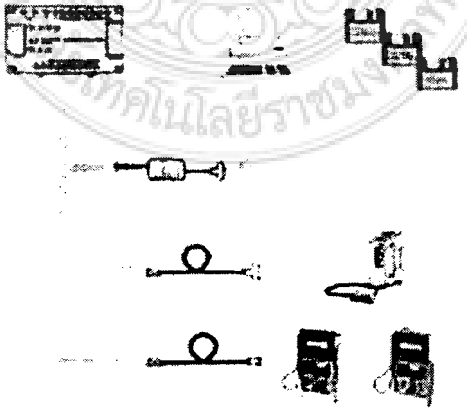
การประมวลผลของ CPU จากโปรแกรมทำได้โดยรับข้อมูลจากหน่วยอินพุตและเอาต์พุต และส่งข้อมูลสุดท้ายที่ได้จากการประมวลผลไปยังหน่วยเอาต์พุต เรียกว่า การสแกน (Scan) ซึ่งใช้เวลาจำนวนหนึ่ง เรียกว่า เวลาสแกน (Scan Time) เวลาในการสแกนแต่ละ

รอบของโปรแกรม หรือจำนวนอินพุต/เอาต์พุต หรือจำนวนอุปกรณ์ที่ต่อจาก PLC เช่น เครื่องพิมพ์ จอภาพ เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้จะทำให้เวลาในการสแกนยาวนานขึ้น การเริ่มต้นการสแกนเริ่มจากรับค่าของสภาวะของอุปกรณ์จากหน่วยอินพุตมาเก็บไว้ในหน่วยความจำ (Memory) เสร็จแล้วจะทำการปฏิบัติการตามโปรแกรมที่เขียนไว้ทีละคำสั่งจากหน่วยความจำนั้นจนสิ้นสุด แล้วส่งไปที่หน่วยเอาต์พุท

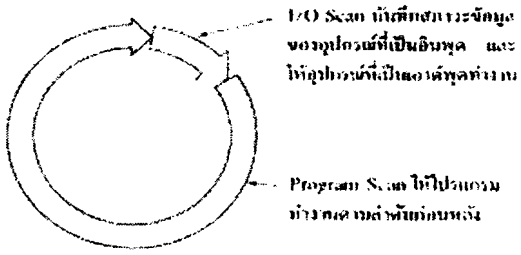
ตามภาพที่ 2.6 แสดงการสแกนของ PLC ที่ประกอบด้วย I/O Scan และ Program Scan ซึ่งเป็นการสแกนเดี่ยว (Single PLC Scan)



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับ CPU ชนิดหนึ่ง



ภาพที่ 2.5 ภาพตัวอย่างการต่ออุปกรณ์จาก PLC ชนิดหนึ่ง



ภาพที่ 2.6 I/O Scan และ Program Scan

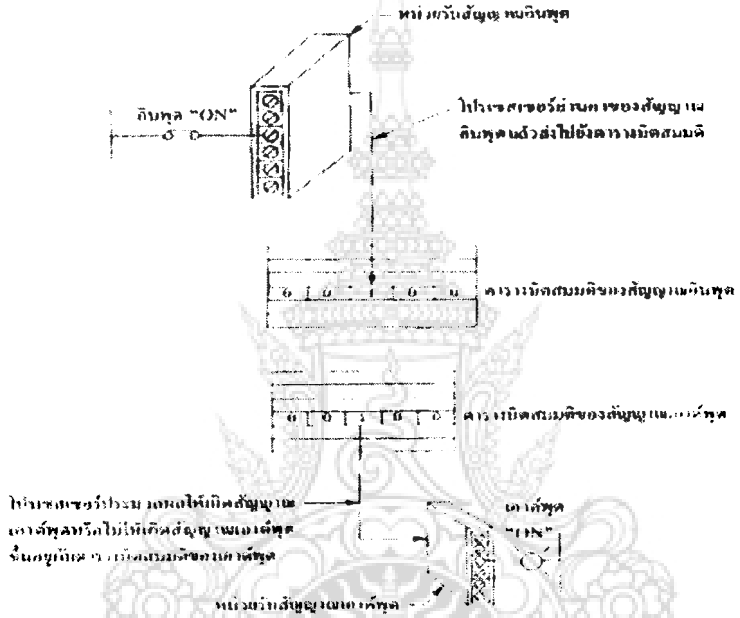
จากภาพที่ 2.7 แสดงถึงการปฏิบัติการของโปรแกรม และมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างเวลาที่กำลังสแกน ซึ่ง PLC ไม่สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงค่านั้นได้ แต่จะรับไว้ในหน่วยความจำ หลังจากนั้นเมื่อทำการสแกนตามโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว จึงนำผลการเปลี่ยนแปลงครั้งหลังสุดส่งออกไปที่หน่วยของเอาต์พุต

ภาพที่ 2.7 การสแกนตามลำดับก่อนหลังชนิดหนึ่ง

เมื่ออุปกรณ์ที่เป็นอินพุตต่อกับแอดเดรส (Address) 101 – 14 อยู่ในตำแหน่งปิด (Closed) จะทำให้อินพุต โมดูล (Input Module) ส่งสัญญาณเป็นค่า " I " (ON) ไปยังตารางบิตสมมติ 101 – 14 เมื่อโปรแกรมถูกสแกนก็ทำให้โปรเซสเซอร์บิต 101 – 14 อยู่ในสภาวะ " 1 " รัง (Rung) นี้จะมีสภาวะเป็นความจริง (True) จึงทำให้โปรเซสเซอร์ตั้งค่าสว่างขึ้น และ

กระบวนการนี้จะกระทำต่อไปตราบใดที่โปรเซสเซอร์ยังมีสภาวะ " ON " อยู่ หรืออยู่ใน " RUN " mode

ถ้าอุปกรณ์ที่เป็นอินพุตถูกทำให้เปิดออก (Open) จะทำให้ค่า " 0 " เข้าไปแทนที่ตารางบิตสมมติทันที เป็นผลให้รัง (Rung) อ่านค่าเป็น " False " ทำให้โปรเซสเซอร์ตั้งค่าเอาต์พุตตามในตารางบิตสมมติ 001 – 04 เป็นค่า " 0 " เป็นผลให้หลอดไฟดับเอง



ภาพที่ 2.8 ตารางบิทสมมติของสัญญาณ I/O

2.2.3 ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit)

ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit) จะต่อร่วมกับชุดควบคุมเพื่อรับสภาวะและสัญญาณต่างๆ เช่น หน่วยอินพุตรับสัญญาณหรือสภาวะแล้วส่งไปยัง CPU เพื่อประมวลผล เมื่อ CPU ประมวลผลแล้วจะส่งให้ส่วนของเอาต์พุต เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้

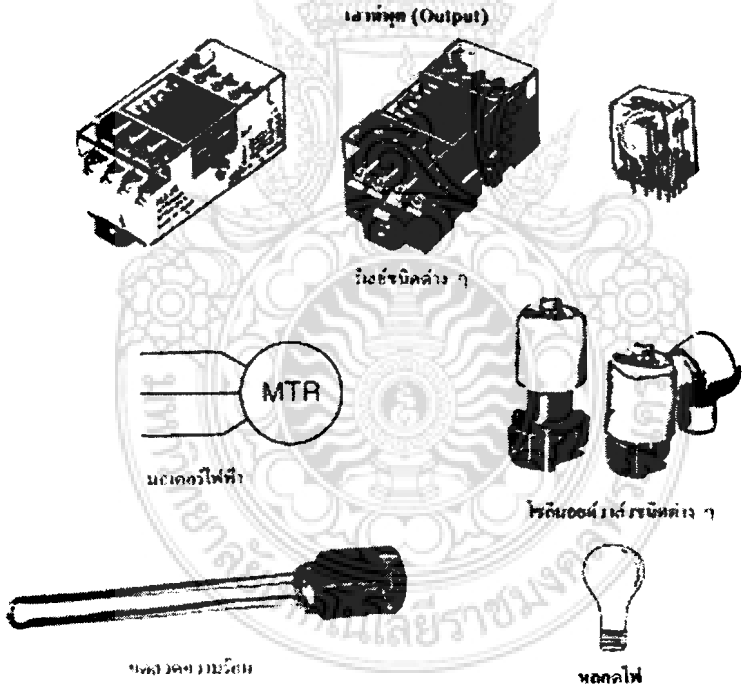
สัญญาณอินพุตจากภายนอกที่เป็นสวิตช์และตัวตรวจจับชนิดต่างๆ จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมถูกต้อง ไม่ว่าจะเป็น AC หรือ DC เพื่อส่งให้ CPU ดังนั้น สัญญาณเหล่านี้จึงต้องมีความถูกต้องไม่เช่นนั้นแล้ว CPU จะเสียหายได้

สัญญาณอินพุตที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังนี้

1) ทำให้สัญญาณเข้า ได้ระดับที่เหมาะสมกับ PLC

2) การส่งสัญญาณระหว่างอินพุตกับ CPU จะติดต่อกันด้วยลำแสง ซึ่งอาศัยอุปกรณ์ประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์ เพื่อต้องการแยกสัญญาณ (Isolate) ทางไฟฟ้าให้ออกจากกัน เป็นการป้องกันไม่ให้ CPU เสียหายเมื่ออินพุตเกิดลัดวงจร

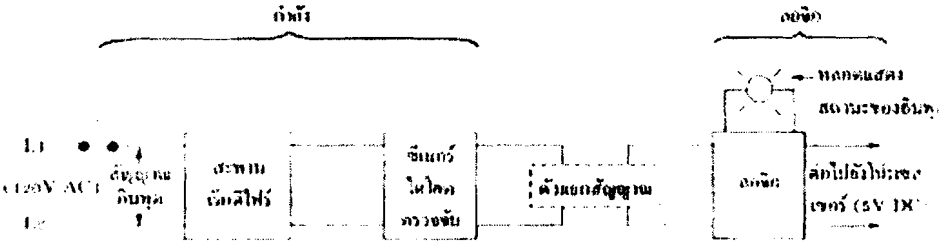
3) หน้าสัมผัสจะต้องให้สั่นสะเทือน (Contact Chattering)ในส่วนของเอาต์พุต จะทำหน้าที่รับค่าสภาวะที่ได้จากการประมวลผลของ CPU แล้วนำค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ทำงาน เช่น รีเลย์ โซลีนอยด์ หรือหลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว ยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ออกจากอุปกรณ์เอาต์พุต โดยปกติเอาต์พุตนี้จะมีความสามารถขับโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 1 – 2 แอมแปร์ แต่ถ้าโหลดต้องการกระแสไฟฟ้ามากกว่านี้ จะต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์ขับอื่นเพื่อขยายให้กระแสไฟฟ้ามากขึ้น เช่น รีเลย์ หรือคอนแทคเตอร์ เป็นต้น



ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่เป็นส่วนของเอาท์พุต

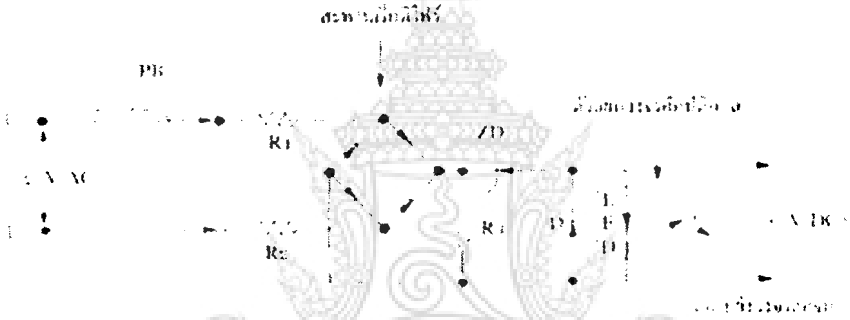
ต่อไปนี้จะเป็นตัวอย่างโมดูลของอินพุตและเอาต์พุตชนิดต่างๆ

1) บล็อกไดอะแกรมของ AC Interface Input Module

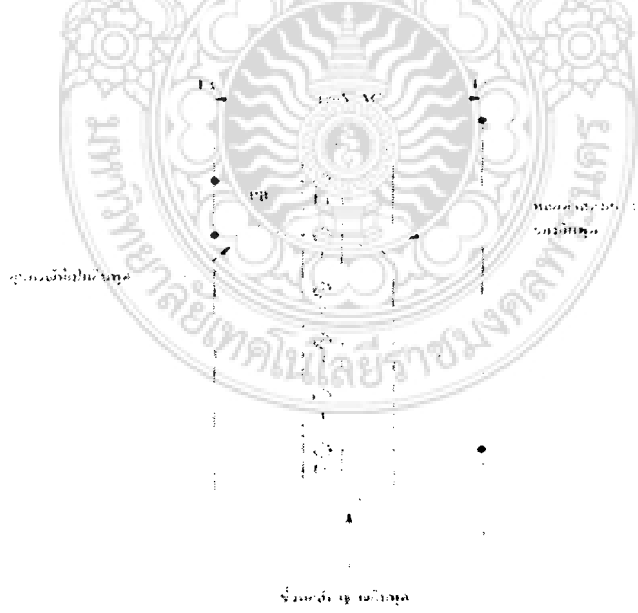


รูปที่ 2.10 บล็อกไดอะแกรมของ AC Interface Input Module

2) วงจรของ AC Input Module ดังรูปที่ 2.11 ก) และการต่อสาย Input Module ชนิดหนึ่ง ดังรูปที่ 2.11 ข)

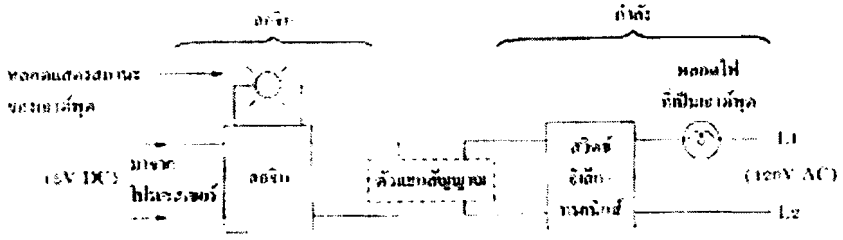


ภาพที่ 2.11 ก) วงจรและการต่อสาย AC Input Module ชนิดหนึ่ง



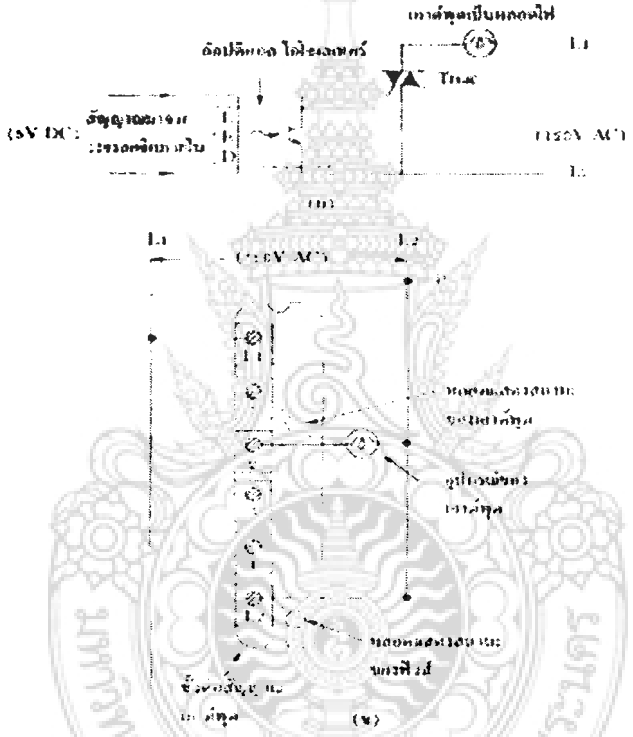
ภาพที่ 2.11 ข) วงจรและการต่อสาย AC Input Module ชนิดหนึ่ง

3) บล็อกไดอะแกรมของ AC Interface Output Module



ภาพที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรมของ AC Interface Output Module

4) วงจร AC Output Module ดังภาพที่ 2.13 ก) และการต่อสายของ Output Module ดังภาพที่ 2.13 ข)

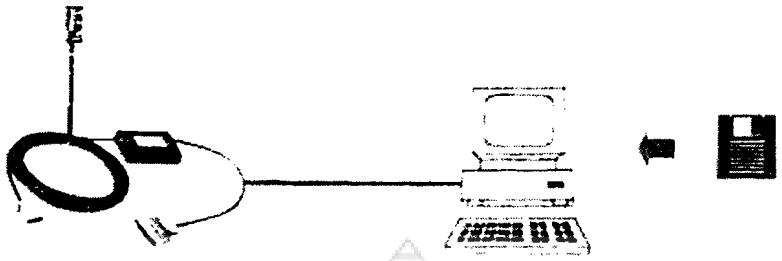


ภาพที่ 2.13 ก)วงจรของ AC Output Moduleและการต่อสายแบบ A

ข)วงจรของ AC Output Moduleและการต่อสายแบบ B

2.2.4 การใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ (Computer Software)

PLC สามารถใช้ซอฟต์แวร์ของคอมพิวเตอร์เพื่อทำหน้าที่ได้หลายๆ อย่าง เช่น ใช้ซอฟต์แวร์ทำการป้อนโปรแกรม แก้ไขโปรแกรม ดูการทำงานของโปรแกรม เป็นต้น ซอฟต์แวร์แต่ละบริษัทจะมีวิธีการไม่เหมือนกันแต่มีจุดประสงค์ใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 2.14 การใช้ซอฟต์แวร์เพื่อปฏิบัติการต่างๆ ของ PLC

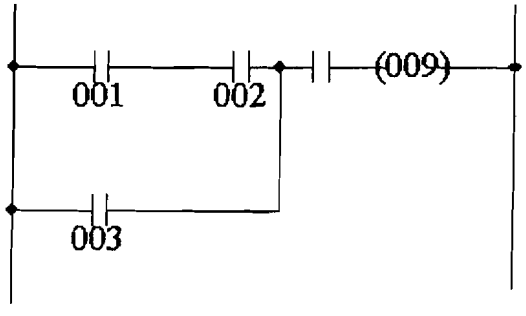
2.2.5 การเรียกชื่ออุปกรณ์ควบคุม

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

2.2.6 การทำงานของวงจรแลดเดอร์

เมื่อ PLC อยู่ในสภาวะพร้อมทำงาน (RUN Mode) แล้ว เมื่อมีโปรแกรมถูกป้อนเข้าไปยังหน่วยความจำของ CPU ทำให้ CPU ประมวลผลและได้ผลลัพธ์เป็นสัญญาณเอาต์พุต หน้าคอนแทคตามรูปที่ 2.5 ซึ่งเป็นชนิดปกติเปิด (Normally Open) เพราะฉะนั้น ถ้าคอนแทค 001 และ 002 ต่อกันเอาต์พุต 009 หรือหน้าคอนแทค 003 ต่อกัน ทำให้เกิดเอาต์พุต 009 ได้เช่นกัน ลักษณะนี้เรียกว่า รัง (Rung) คือสัญญาณอินพุตหนึ่งหรือมากกว่าที่ทำให้เกิดเอาต์พุตหนึ่งหรือมากกว่า

การเขียน PLC แลดเดอร์ (PLC Ladder Logic Diagram) เพื่อส่งโปรแกรมเข้าไปยังหน่วยความจำของ CPU ดูได้จากภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 วงจรแลดเดอร์ (PLC Ladder Logic Diagram)

2.2.7 วงจรตรรก (ลอจิก)

เมื่อได้ทราบหลักของเลขฐานชนิดต่างๆ แล้ว หลักการทำงานของ PLC ก็ยังใช้วงจร ตรรก (ลอจิก) เพื่อให้เกิดสัญญาณเอาต์พุตมีเงื่อนไข (สัญญาณอินพุต) ชนิดต่างๆหลักการของวงจรตรรก มีดังต่อไปนี้ วงจรตรรก หมายถึง วงจรไฟฟ้าไฟฟ้าที่ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือระบบรีเลย์ที่มีสัญญาณเพียง 2 ระดับ หรือ 2 สภาวะเท่านั้น PLC ใช้สัญญาณไฟฟ้า 2 ระดับ

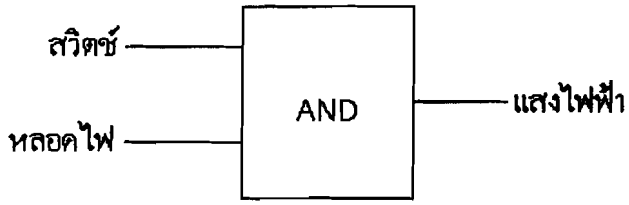
แทน 2 เหตุการณ์ที่ต่างกัน เช่น การปิดเปิดวาล์ว การปิดสวิตช์ เป็นต้น วงจรตรรกมี 2 ชนิด คือ แบบบวก (Positive Logic) แบบลบ (Negative Logic) ลอจิกแบบบวกจะใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับสูง แทนสภาวะลอจิก " 1 " และใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับต่ำ แทนสภาวะลอจิก " 0 " ส่วนวงจรลอจิกแบบลบจะใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับต่ำ แทนสภาวะลอจิก " 1 " และใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับสูง แทนสภาวะลอจิก " 0 "

สภาวะทางลอจิก คือ สภาวะ " 1 " หรือ " 0 " ใช้แทนการทำงานของอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลง 2 สภาวะระบบควบคุมที่ใช้ระบบรีเลย์ และ PLC จะนำเอาสภาวะของอุปกรณ์เหล่านี้มาปฏิบัติลอจิกด้วยกัน เพื่อให้เข้ากันกับเงื่อนไขการควบคุม ปฏิบัติลอจิกประกอบด้วย AND OR และ NOT เพื่อทำให้สภาวะอันพุตต่างๆ เช่น A, B ทำให้เกิดเอาต์พุต Y เป็นต้น

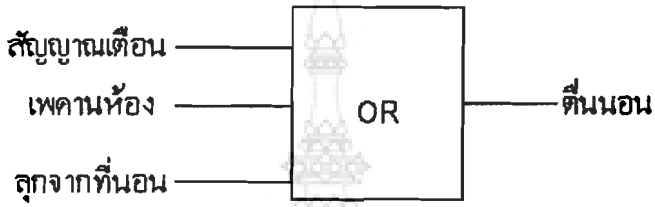
พีชคณิตบูลลีนมีไว้สำหรับอธิบายความสัมพันธ์ทางลอจิก ทำให้เข้าใจง่ายยิ่งขึ้น ตัวอย่างสมการบูลลีนของภาพที่ 2.16 เขียนไว้ว่า Y (แสงไฟฟ้า) = A (สวิตช์) B (หลอดไฟ) วงจรลอจิกที่ใช้วิธีการเดินสายไฟเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เช่น รีเลย์ สวิตช์ ซึ่งมีความยุ่งยากและแก้ไขเพิ่มเติมได้ยาก ส่วน PLC ใช้โปรแกรมลอจิกกำหนดเงื่อนไขการควบคุม แทนการเดินสายไฟเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ดังกล่าวมาแล้ว จึงทำให้ง่ายขึ้น

PLC แทนวงจรรีเลย์ด้วยปฏิบัติการทางลอจิก AND OR และ NOT ซึ่งกำหนดตามเงื่อนไขที่ต้องการควบคุม โดยใช้คำสั่งหรือภาษา PC (PC Language) ภาษาพื้นฐานที่ PLC ใช้ในการควบคุมแบบ " ON " และ " OFF " คือ ภาษาแลดเดอร์ และภาษาบูลลีน ภาษาแลดเดอร์ใช้สัญลักษณ์ของหน้าสัมผัสในการเขียนโปรแกรม การเปลี่ยนวงจรรีเลย์ให้เป็นโปรแกรม PLC ทำได้โดยใช้หน้าสัมผัสภาษาแลดเดอร์แทนสัญญาณรีเลย์

การทำงานของอุปกรณ์ดิจิตอล (Digital Equipment) จะอยู่บนหลักการพื้นฐานของลอจิกพื้นฐาน 3 ตัว คือ AND OR และ NOT แต่ละตัวจะมีหลักการของตัวเองและมีสัญลักษณ์ของตัวเอง ต่อไปนี้จะให้ Y เป็นเอาต์พุต (Output) และสัญญาณอินพุต (Input) ให้เป็นตัวอักษร ABC ส่วนเลข 1 หมายถึง มีสัญญาณ เลข 0 หมายถึงไม่มีสัญญาณ



ภาพที่ 2.16 ไฟในห้องจะติดก็ต่อเมื่อต่อสะพานไฟและมีหลอดไฟ (Light Bulb) อยู่ในกล่องเท่านั้น



ภาพที่ 2.17 สัญญาณให้ตื่นนอน

มีสัญญาณเตือน 3 อย่างเพื่อให้ตื่นนอน คือ มีสัญญาณดังขึ้น (Alarm) หรือเพดานห้องยุบลงมาหรือลุกออกจากที่นอน

2.2.8 หลักการของ AND Gate

AND Gate ทำให้เกิดสัญญาณเอาต์พุตได้ก็ต่อเมื่อ มีอินพุตทั้ง A และ B มีค่า " 1 "

ภาพที่ 2.18 สัญลักษณ์ของ AND Gate

2.2.9 หลักการของ OR Gate

OR Gate สามารถมีอินพุตหลายๆ ตัวได้ แต่จะมีเอาต์พุตเพียงตัวเดียวเท่านั้น ถ้าเอาต์พุตเท่ากับ 1 แสดงว่ามีอินพุตตัวใดตัวหนึ่ง หรือหลายตัวเท่ากับ 1

ภาพที่ 2.19 สัญลักษณ์ของ Or Gate

2.2.10 หลักการของ NOT Gate

NOT Gate จะไม่เหมือนกับ AND หรือ OR Gate คือ NOT Gate คือ NOT Gate จะมีอินพุตเพียงตัวเดียวเท่านั้น ถ้าเอาต์พุตเท่ากับ 1 แสดงว่าอินพุตเท่ากับ 0 ถ้าเอาต์พุตเท่ากับ 0 แสดงว่าอินพุตเท่ากับ 1

ภาพที่ 2.20 สัญลักษณ์ของ NOT Gate

2.2.11 หลักการของ NAND Gate

NAND Gate ทำงานตรงกันข้ามกับ AND Gate

ภาพที่ 2.21 สัญลักษณ์ของ NAND Gate ที่มีอินพุต 2 ตัว

2.2.12 หลักการของ NOR Gate

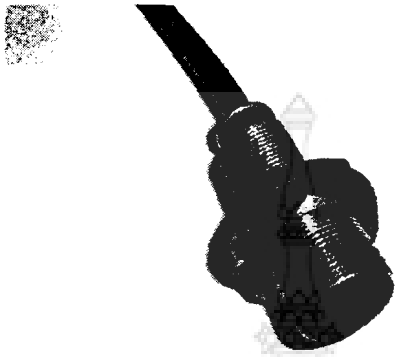
NOR Gate จะทำงานตรงกันข้ามกับ OR Gate

ภาพที่ 2.22 สัญลักษณ์ของ NOR Gate ที่มีอินพุต 2 ตัว

2.3 <u>พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์</u>

หากถามว่า พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ คือ เซนเซอร์อะไรแล้วนำไปใช้งานประเภทไหน คำตอบก็คือเซนเซอร์กลุ่มที่ สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องการสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอก โดยลักษณะของการทำงานอาจจะส่ง หรือ รับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังต่อไปนี้คือ สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง เสียง และสัญญาณลม ส่วนการนำเซนเซอร์นี้ไปใช้งานนั้น ส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับตำแหน่ง ระดับ ขนาดรูปร่าง นอกจากนั้นยังสามารถส่งสัญญาณไปให้

ตัวนับนับจำนวนของชิ้นงานได้ รวมไปถึงการนำไปใช้งานด้านความปลอดภัยไม่ว่าจะเป็นในโรงงานหรือตามที่พักอาศัย อย่างไรก็ตามเซนเซอร์ประเภทนี้ จะใช้งานควบคุมเสียงเป็นส่วนใหญ่



ภาพที่ 2.23 ตัวอย่างพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์

เมื่อเรานำพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ มาใช้ในกระบวนการผลิตแทนสวิตซ์แบบกลไกแล้วจะไม่ทำให้เกิดการสึกหรอหรือแตกหักใดๆทั้งสิ้น วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่บรรจุภายในจะถูกซีลด์ไว้อย่างสมบูรณ์ จึงสามารถป้องกันฝุ่นละออง และความชื้นได้ รวมทั้งรับประกันความเชื่อถือได้ จึงเป็นเหตุผลให้ได้รับความนิยมในปัจจุบัน

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์กับสวิตซ์แบบกลไก

คุณสมบัติ	สวิตซ์แบบกลไก	พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์
การชำรุดเนื่องมาจากสัมผัสหรือถูกกระแทก	มีเพราะจะต้องสัมผัสหรือกระแทกให้สวิตซ์ทำงาน	ไม่มีเพราะทำงานโดยไม่ต้องสัมผัส
ความทนทาน	มีอายุการใช้งานจำกัดเนื่องจากเป็นกลไก หน้าสัมผัสมีการสึกหรอได้ ในขณะทำงานหรืออาจเกิดอาร์คขึ้นได้เป็นเหตุให้เกิดการสึกหรอเร็วขึ้น	ความทนทานสูงเนื่องจากภายในเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ และไม่เกิดอาการอาร์คในขณะทำงาน
ความเร็วในการทำงาน	ต่ำเนื่องจากเป็นกลไก	สูงเนื่องจากเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์กับสวิตช์แบบกลไก(ต่อ)

คุณสมบัติ	สวิตช์แบบกลไก	พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์
ความเที่ยงตรง	การเลื่อนของจุดทำงาน(สัญญาณ) มีค่าประมาณกลางและเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ตำแหน่งในการทำงานมีความเที่ยงตรงไม่ดีนัก	การเลื่อนของจุดทำงาน (สัญญาณ) มีค่าต่ำทำให้ตำแหน่งในการตรวจจับมีความเที่ยงตรงสูง
กระแสโหลด	เป็นหน้าสัมผัสจึงออกแบบให้สามารถจ่ายกระแสโหลดสูงๆได้	เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์จึงจ่ายกระแสโหลดได้ต่ำ
การติดตั้ง	จำเป็นต้องดัดแปลงหรือต่อเติมชิ้นส่วนกลไกให้มากดตัวสวิตช์ เช่น กระเดื่อง ลูกเบี้ยว เป็นต้น	ทำได้ง่ายไม่จำเป็นต้องดัดแปลงหรือต่อเติมใดๆ เพียงแต่ติดตั้งเข้าไปตรงจุดที่ต้องการตรวจจับเท่านั้น
ความทนทานต่อสภาพแวดล้อม	เนื่องจากมีกลไกที่ต้องการถ่ายทอดแรงไปกดหน้าสัมผัสจึงจำเป็นต้องมีซีลด์ยางที่แกนซึ่งมีโอกาสเสื่อมสภาพและเป็นเหตุให้ฝุ่นละอองหรือน้ำเข้าไปภายในได้	ดีมากเพราะถูกซีลด์ด้วยตัวเรือนพลาสติก หรือโลหะ ไว้ทั้งหมดและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในถูกห่อหุ้มไว้ด้วย epoxy resinจึงสามารถป้องกันฝุ่นละอองและน้ำได้

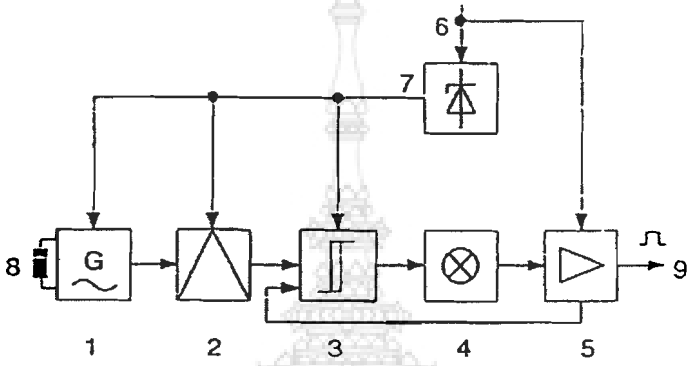
2.3.1 เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor)

พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์แบบแรกที่เราจะทำความรู้จักกันก็คือ เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ หรือเรียกกันทางภาษาเทคนิคว่า อินดั๊กตีฟเซนเซอร์ เป็นเซนเซอร์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีผลต่อชิ้นงานหรือวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น

2.3.2 ส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

ส่วนประกอบหลักของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำจะประกอบไปด้วย (1) วงจรกำเนิดคลื่นความถี่สูง (oscillator) (2) วงจรหรือส่วนของการประมวลผล (evaluator) (3) วงจรแยกแยะสภาวะและสั่งงาน (trigger) (4) หลอดไฟแสดงสภาวะในการทำงาน (status display) (5) วงจรขยายสัญญาณและป้องกันด้านเอาต์พุต (output with protective circuit) (6) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจาก

ภายนอก (external voltage) (7) วงจรรักษาระดับแรงดันภายในให้ได้คงที่ (internal constant voltage supply) ส่วนหรือพื้นที่ที่ใช้ในการตรวจจับซึ่งมีขดลวดอยู่ภายใน (active zone ; coil) (9) เอาต์พุตของเซนเซอร์ ซึ่งในที่นี้จะเป็นแบบทำงานหรือไม่ทำงาน (on-off) จากส่วนประกอบหลักดังกล่าวสามารถแสดงได้ด้วยภาพที่ 2.24 ต่อไปนี้

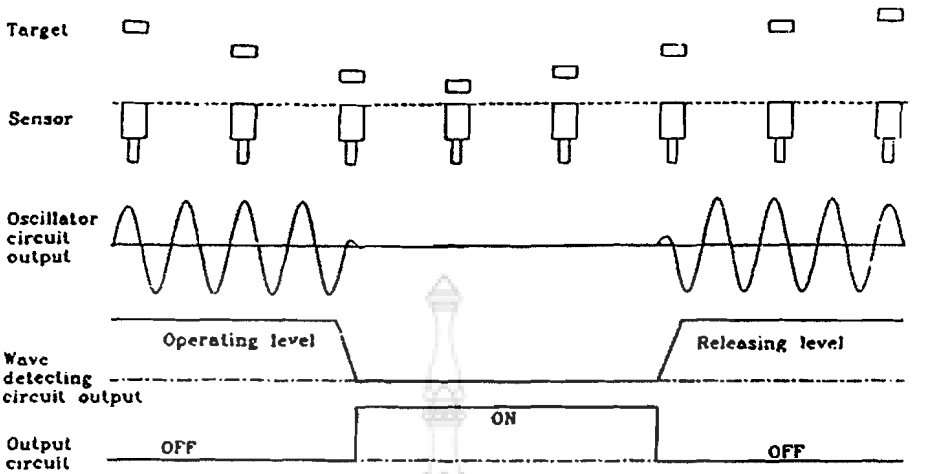


ภาพที่ 2.24 แสดงส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

2.3.3 หลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

ที่บริเวณส่วนหัว (8) ของเซนเซอร์จะมีสนามแม่เหล็กที่มีความถี่สูง โดยได้รับสัญญาณมาจากวงจรกำเนิดความถี่ (1) ในกรณีที่มีวัตถุหรือชิ้นงานที่เป็นโลหะเข้ามาอยู่ในบริเวณที่สนามแม่เหล็กสามารถส่งไปถึง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเหนี่ยวนำ จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทำให้เกิดการหน่วงออสซิลเลท (oscillate) ลดลงไป หรือบางทีอาจถึงจุดที่หยุดการออสซิลเลท และเมื่อเอาวัตถุนั้นออกจากบริเวณตรวจจับ วงจรกำเนิดคลื่นความถี่ก็เริ่มต้นการออสซิลเลทใหม่อีกครั้งหนึ่ง สภาวะดังกล่าวในข้างต้นจะถูกแยกแยะได้ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ภายใน (2) และ(3) หลังจากนั้นก็จะส่งผลไปยังเอาต์พุต (5) ว่าให้ทำงานหรือไม่ทำงาน โดยทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับเอาต์พุตว่าเป็นแบบไหน เพื่อเป็นการลดจินตนาการในการทำความเข้าใจการทำงานของเซนเซอร์ชนิดนี้จึงขอแสดงด้วยภาพที่ 2.25 ต่อไปนี้

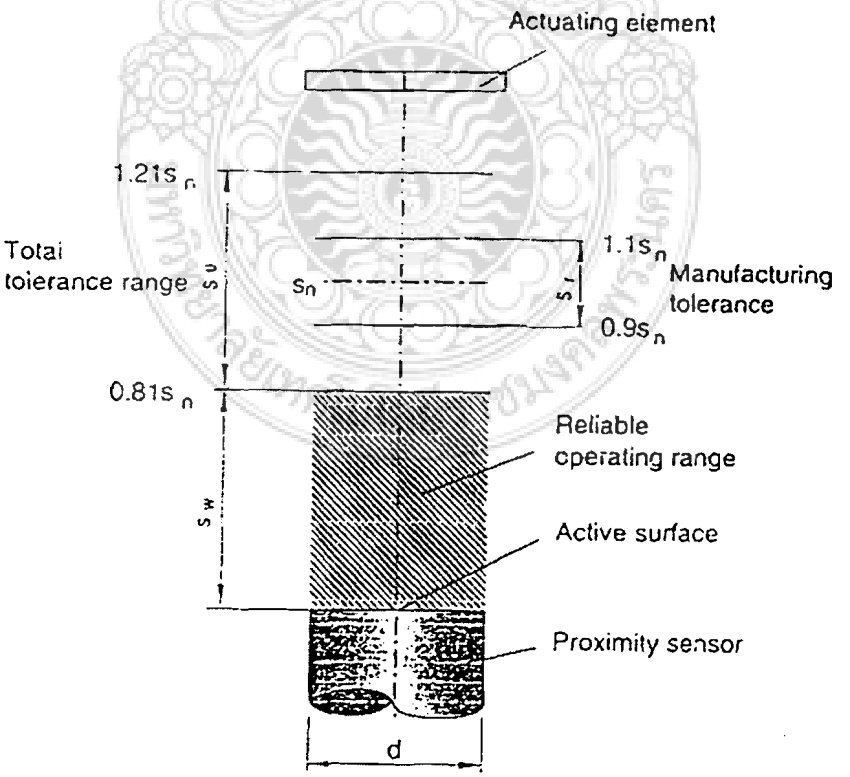
ระยะตรวจจับมาตรฐานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำนั้น หาได้โดยการใช้แผ่นเหล็กอ่อน (mild steel) เป็นวัตถุนำ หากวัตถุที่ต้องการตรวจจับเป็นโลหะชนิดอื่น เช่น อลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง ฯลฯ ระยะการตรวจจับก็จะน้อยลง ทั้งนี้เราสามารถหาค่าได้โดยการเอาค่าตัวประกอบ (factor) คูณด้วยระยะตรวจจับมาตรฐาน ดังอย่าง เช่น ค่าตัวประกอบของเหล็กอ่อนเท่ากับ 1 ทองเหลือง เท่ากับ 0.35 ทองแดง เท่ากับ 0.25 ดังนั้นหากระยะตรวจจับมาตรฐาน (เหล็กอ่อน) เท่ากับ 10 มิลลิเมตร เมื่อนำไปตรวจจับทองเหลืองก็จะเป็น 3.5 และทองแดงเป็น2.5 ตามลำดับ เป็นต้น



ภาพที่ 2.25 หลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

2.3.4 รายละเอียดทางเทคนิค

ในการนำเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำมาใช้งานนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องทราบรายละเอียดหรือข้อมูลทางด้านเทคนิค ทั้งนี้ก็เพื่อประโยชน์และประสิทธิภาพในการใช้งานสูงสุด



ภาพที่ 2.26 ระยะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับ

ก) ระยะการตรวจจับ (Sensing Rang) คือ ระยะที่เมื่อแผ่นโลหะที่ตรวจจับเคลื่อนที่เข้ามาใกล้ด้านหน้าของส่วนจับ แล้วมีผลทำให้สัญญาณเกดการเปลี่ยนแปลง เช่น เปิด (on) เป็น ปิด (off) หรือ ปิด (off) เป็น เปิด (on)

ข) ระยะการตรวจจับทั่วไป(Norminal Sensing Rang ; Sr)คือค่าระยะตามคุณลักษณะโดยไม่ได้คิดรวมถึงผลความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการผลิตในแต่ละตัว หรือผลกระทบจากภายนอก เช่น อุณหภูมิ และแรงดันไฟฟ้า

ค) ระยะการตรวจจับจริง (Real Sensing Rang ; Sr) คือระยะการตรวจจับ ซึ่งวัดค่าได้โดยการใช้แหล่งจ่ายไฟตามค่าที่กำหนด อุณหภูมิที่กำหนด ระยะการตรวจจับจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 90% ถึง 110% ของระยะการตรวจจับแบบทั่วไป (Sn)

ง) ระยะการตรวจจับที่ใช้ประโยชน์ (Useful Sensing Rang ; Su) คือระยะการตรวจจับซึ่งวัดตามวิธีการวัดที่หนึ่งตามมาตรฐาน EN 50010 โดยใช้จ่ายไฟ และอุณหภูมิแวดล้อมอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ระยะตรวจจับที่ใช้ประโยชน์จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 81% ถึง 121% ของระยะการตรวจจับแบบทั่วไป(Sn)

จ) ระยะตรวจจับในการทำงาน (Working Sensing Rang ; Sw) คือระยะใดๆ ที่เซนเซอร์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ที่อุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด

ฉ) ค่าในการชดเชยระยะที่ถูกต้อง ระยะตรวจจับทั่วไป (Sn) ของเซนเซอร์สามารถตรวจจับวัตถุได้ตามระยะตรวจจับที่กำหนดได้โดยใช้แผ่นเหล็กอ่อน (mild steel) เป็นวัตถุสำหรับถูกตรวจจับ การใช้แผ่นโลหะที่มีขนานเล็กกว่าที่กำหนดไว้ จะทำให้ระยะการตรวจจับสั้นลงเช่นเดียวกัน ถ้าแผ่นโลหะนั้นมีผิวโค้งก็จะมีผลต่อการตรวจจับด้วย และระยะการตรวจจับจะเปลี่ยนแปลงไปถ้าวัตถุที่ตรวจจับเป็นโลหะประเภทอื่น ซึ่งจะทราบได้ว่าระยะตรวจจับสำหรับโลหะประเภทนั้นเป็นเท่าไร โดยคูณระยะมาตรฐานด้วยค่าตัวประกอบ (factor) ที่ระบุไว้ในตารางคุณสมบัติเฉพาะของแต่ละรุ่น การใช้เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ ตรวจจับแผ่นโลหะบางๆ นั้นอาจทำให้ระยะการตรวจจับน้อยกว่าระยะการตรวจจับของแผ่นโลหะที่หนากว่าปกติได้ กรณีนี้ขึ้นอยู่กับสนามแม่เหล็กไฟฟ้านั้นสามารถทะลุผ่านแผ่นโลหะบางๆนั้นไปได้มากน้อยเพียงใด ถ้าความหนาแน่นของแผ่นโลหะนั้นน้อยกว่าระยะที่สนามแม่เหล็กไฟฟ้าทะลุผ่านไปจะทำให้แผ่นโลหะเกิดกระแสไหลวน (eddy current) ซึ่งมีผลทำให้ค่าเหนี่ยวนำไฟฟ้าของแผ่นโลหะนั้นมีค่าต่ำลงกว่าปกติ จากผลที่เกดขึ้นนี้ทำให้ระยะการตรวจจับลดลงตามไปด้วย

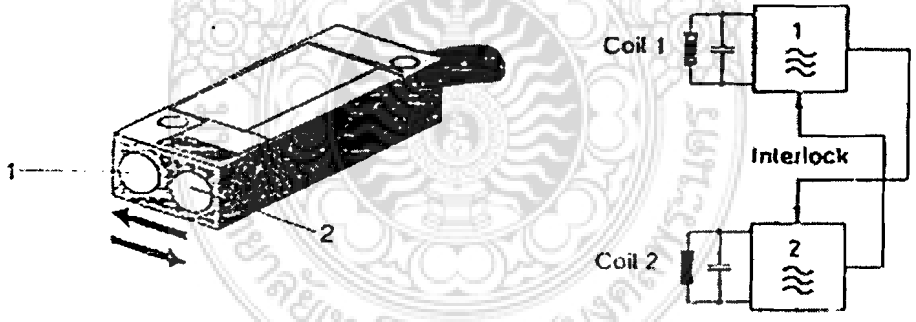
ช) ค่าความสามารถในการกระทำซ้ำ (Repeatability) คือ ระยะความแตกต่างระหว่างเซนเซอร์ทำงาน (on) กับหยุดทำงาน (off) เมื่อนำแผ่นโลหะที่ใช้ในการทดสอบเลื่อนเข้ามาใกล้หรือ

ถอยห่างจากบริเวณด้านหน้าส่วนตรวจจับของเซนเซอร์ค่าฮีสเตอร์รีซีสจะมีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของระยะตรวจจับจริง

ซ) ค่าฮีสเตอร์ซีสของการตัดต่อ (Switching Hysteresis) คือ ระยะความแตกต่างระหว่างเซนเซอร์ทำงาน (on) กับหยุดทำงาน (off)เมื่อนำแผ่นโลหะที่ใช้ทดสอบเลื่อนเข้ามาใกล้หรือถอยออกห่างจากบริเวณหน้าส่วนตรวจจับของเซนเซอร์ค่าฮีสเตอร์ซีสจะมีค่าเป็นเปอร์เซนต์ของระยะตรวจจับจริง

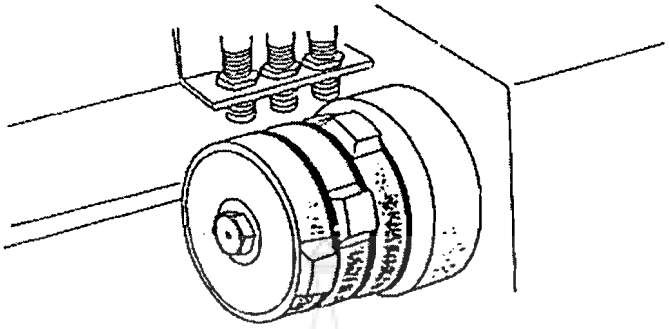
2.3.5 เซนเซอร์เหนี่ยวนำแบบทำงานทางเดียว

ทำไมจึงมีเซนเซอร์ทำงานทางเดียว เหตุผลก็คือ ในงานบางลักษณะเราไม่สามารถที่จะใช้เซนเซอร์เหนี่ยวนำแบบธรรมดาได้ ตัวอย่าง เช่น เราต้องการนับการเคลื่อนที่ออกของก้านสูบของกระบอกสูบตังหนึ่ง (โดยที่เราต้องการนับเพียงทิศทางการเคลื่อนที่ออกทิศทางเดียวเท่านั้น) หากถามต่อว่า แล้วเซนเซอร์แบบนี้ต่างจากแบบธรรมดาอย่างไร ก็พอจะตอบได้ว่า เซนเซอร์แบบนี้จะประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด วงจรสร้างความถี่ทั้งสองตังถูกล็อคซึ่งกันและกันทางอิเล็กทรอนิกส์ จึงทำให้มีเพียงตัวเดียวเท่านั้น ที่ทำงานในแต่ละช่วงเวลา เมื่อมีวัตถุซึ่งเป็นโลหะผ่านพื้นที่ตรวจจับ ทำให้การลดทอนสัญญาณของชุดกำเนิดความถี่เรียงตามลำดับ ความแตกต่างของกระแสในขดลวดจะเป็นตัวกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ



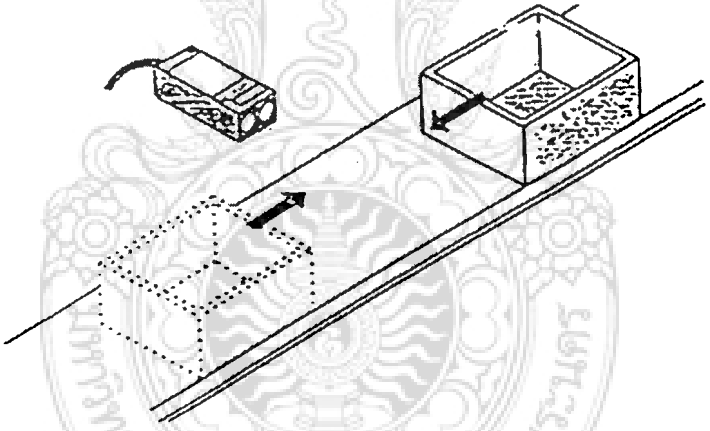
ภาพที่ 2.27 เซนเซอร์เหนี่ยวนำแบบทำงานทางเดียว

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ โดยการนำมาทำเป็นอุปกรณ์ควบคุมแบบเรียงลำดับ (sequencer) ซึ่งใช้เพลาลูกเบี้ยวเป็นตัวกำหนดในการใช้สัญญาณในภาพที่ 2.28



ภาพที่ 2.28 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

ส่วนอีกตัวอย่างในภาพที่ 2.29 เป็นการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์เหนี่ยวนำแบบทำงานทางเดียว ตรวจจับชิ้นงานที่เป็นโลหะบนสายพานลำเอียง



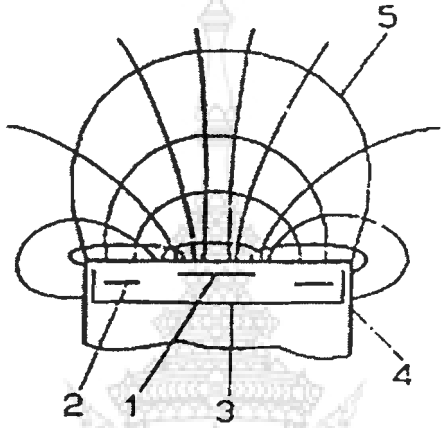
ภาพที่ 2.29 เป็นการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์เหนี่ยวนำแบบทำงานทางเดียว

2.3.6 เซนเซอร์ชนิดประจุ (Capacitive Sensor)

เมื่อเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ ตรวจจับได้เฉพาะชิ้นงานหรือวัตถุที่เป็นโลหะ แล้วหากชิ้นงานที่ต้องการตรวจจับไม่ได้เป็นโลหะจะทำอย่างไร พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ยังมีอีกหลายชนิด และชนิดหนึ่งที่สามารถสนองตอบต่อความต้องการได้ก็คือ เซนเซอร์ชนิดประจุ หรือภาษาทางด้านเทคนิคเรียกว่า คาปาตีฟเซนเซอร์ เป็นเซนเซอร์ที่วัดการเปลี่ยนแปลงค่าของความจุ (capacitance)

เซนเซอร์ประเภทนี้จะมีโครงสร้างทั้งภายนอกและภายในคล้ายกับเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ การเปลี่ยนแปลงค่าของความจุ ซึ่งเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของวัตถุชนิดหนึ่งเข้ามาใกล้

สนามไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์ สนามไฟฟ้าทีบริเวณส่วนตรวจจับของตัวเซนเซอร์กำหนดขึ้นโดยใช้ active electrode และ earth electrode นอกจากนั้นยังมีอิเล็กโทรดชดเชย ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันและชดเชยผลของความชื้น ที่ด้านหน้าของบริเวณตรวจจับถ้ามีวัตถุเคลื่อนที่เข้ามาในบริเวณนี้ ค่าความจุของวงจรกำเนิดคลื่นความถี่ก็จะเปลี่ยนแปลงไป



ภาพที่ 2.30 ภาพแสดงภาพตัดขวางส่วนหัว(ส่วนตรวจจับ)ของเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ และการเกิดสนามแม่เหล็กสนามแม่เหล็ก

1) active electrode
2) อิเล็กโทรดชดเชย
3) earth electrode
4) ตัวเรือน
5) สนามไฟฟ้า

ภาพที่ 2.30 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ แต่เซนเซอร์ชนิดนี้จะทำงานโดนอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าประจุ ลักษณะการ กระจายของสนามไฟฟ้า ที่บริเวณด้านหน้าของส่วนตรวจจับจะคล้ายคลึงกันกับเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำกล่าวคือ เมื่อวัตถุใดๆ เคลื่อนที่เข้ามาในบริเวณสนามไฟฟ้า ก็จะทำให้ค่าความจุของวงจรกำเนิดคลื่นความถี่มีการเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าดังกล่าวนี้ จะขึ้นอยู่กับ ระยะทางระหว่างตังกลางหรือวัตถุกับด้านหน้าของส่วนตรวจจับ ค่าคงที่ทางไฟฟ้าของตัวกลาง (dielectric constant) รวมทั้งขนาดและรูปร่างของตัวกลาง

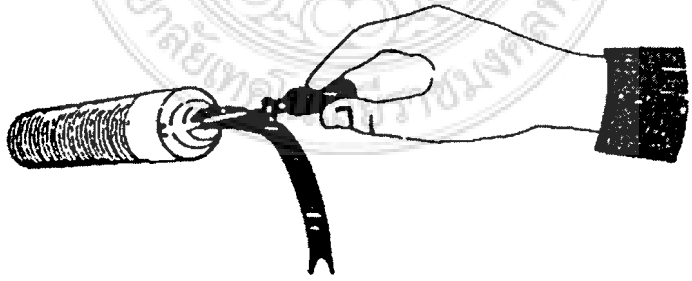
เซนเซอร์ชนิดประจุ สามารถตรวจจับวัตถุตัวกลางได้ทั้งที่เป็นโลหะและไม่ได้เป็นโลหะ สภาวะการทำงาน (on) และไม่ทำงาน (off) นั้นเกิดจากการแยกแยะสภาวะของวงจรกำเนิด

คลื่นความถี่ ว่ามีการออสซิลเลทหรือไม่มีการออสซิลเลทด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำนั่นเอง ระยะการ ตรวจจับมาตรฐานของเซนเซอร์แบบนี้หาได้โดยการใช้แผ่นโลหะเป็นวัตถุตัวกลาง เมื่อตัวกลางเป็นวัตถุชนิดอื่นระยะทางก็จะแตกต่างออกไป โดยคูณด้วยค่าตัวประกอบ (factor) ดังอย่างในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างค่าตัวประกอบ (factor) ของวัตถุตัวกลางชนิดต่างๆ

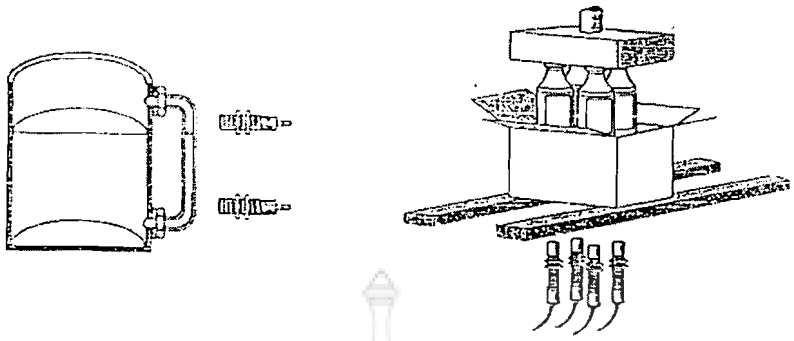
ชนิดของวัตถุ	ค่าตัวประกอบ
โลหะทุกชนิด	1.0
น้ำ	1.0
แก้ว	0.3...0.5
พลาสติก	0.3...0.6
กระดาษแข็ง	0.3...0.5
ไม้ (ขึ้นอยู่กับความชื้น)	0.2...0.7
น้ำมัน	0.1...0.3

ตัวปรับโพเทนชิโอมิเตอร์ (potentiometer) ของเซนเซอร์ชนิดประจุ มีไว้สำหรับการปรับแต่งความไวของระยะการตรวจจับ ซึ่งจะมีประโยชน์ในการปรับแต่งไม่ให้ตรวจจับวัตถุบางอย่างที่ขวางกั้นอยู่หน้าวัตถุที่ต้องการตรวจจับ ตัวอย่าง เช่น การตรวจจับน้ำที่อยู่ในภาชนะบรรจุ ตรวจจับขวดในกล่องกระดาษ เป็นต้น



ภาพที่ 2.31 การปรับโพเทนชิโอมิเตอร์

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุในภาพที่ 2.32 เป็นการตรวจจับระดับของของเหลวในภาชนะบรรจุ และการตรวจเช็คจำนวนขวนในกล่องกระดาษ



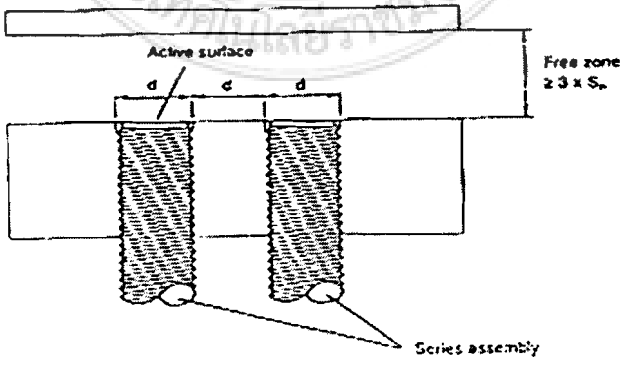
ภาพที่ 2.32 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ชนิดประจุ

2.3.7 การติดตั้งเซนเซอร์รูปแบบเหนี่ยวนำและชนิดเก็บประจุ

การติดตั้งเซนเซอร์ประเภทดังกล่าวโดยทั่วไปสามารถกระทำได้ 2 ลักษณะ คือ แบบฝัง (flush) และติดตั้งแบบภายนอกหรือไม่ฝัง (non flush) โดยทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของงานและการเลือกรุ่น การติดตั้งแบบฝัง (flush) สามารถติดตั้งในตัวเซนเซอร์ทั้งตัวฝังอยู่ในโลหะให้ผิวด้านหน้าหรือบริเวณตรวจจับอยู่เสมอกันกับแผ่นโลหะที่ยึดติดตั้งอยู่ได้ การติดตั้งแบบไม่ฝัง (non flush) การติดตั้งแบบนี้สามารถฝังตัวเซนเซอร์กับโลหะ ได้เฉพาะส่วนกลางถึงส่วนหลัง และจะต้องใช้บริเวณส่วนรอบๆส่วนตรวจจับมีพื้นที่ว่างเว้นไว้ส่วนหนึ่ง และเมื่อจะติดตั้งเซนเซอร์หลายๆตัวซึ่งอยู่ใกล้ๆกันหรือติดตั้งตรงข้ามกันจะต้องคำนึงถึงระยะห่างของแต่ละตัวด้วย

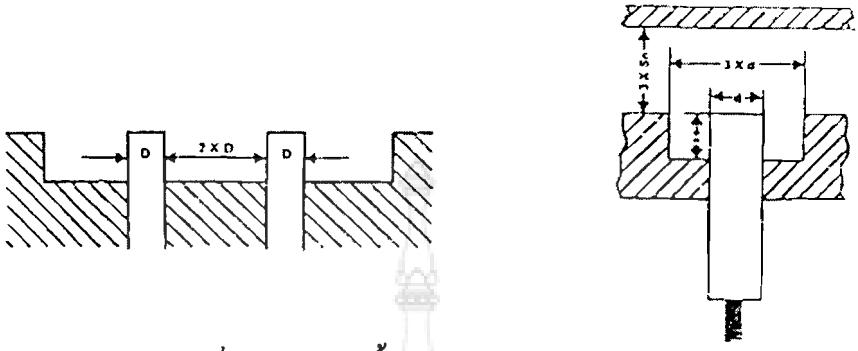
2.3.8 การติดตั้งเซนเซอร์รูปทรงกระบอก

1) การติดตั้งแบบฝัง (flush) สามารถติดตั้งให้ด้านหน้าส่วนตรวจจับเสมอกับโลหะที่ยึดได้โดยด้านตรงข้ามของเซนเซอร์ไม่ควรมีโลหะอื่นอยู่ใกล้กว่า 3 เท่าของระยะตรวจจับ และในกรณีที่ติดตั้งเซนเซอร์หลายตัวระยะห่างของแต่ละตัวควรมีมากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเซนเซอร์ แสดงดังรูปที่ 2.33



ภาพที่ 2.33 การติดตั้งแบบฝังรูปทรงกระบอก

2) การติดตั้งแบบไม่ฝัง (non flush)



ภาพที่ 2.34 การติดตั้งแบบไม่ฝังรูปทรงกระบอก

เมื่อกำหนดให้

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเซนเซอร์

2xSn = ส่วนปลายของหัวตรวจจับจะต้องสูงจากโลหะเป็น 2 เท่าของระยะตรวจจับ

3xSn = ส่วนปลายของหัวตรวจจับไม่ควรมีโลหะอื่นอยู่ใกล้ 3 เท่าของระยะตรวจจับ

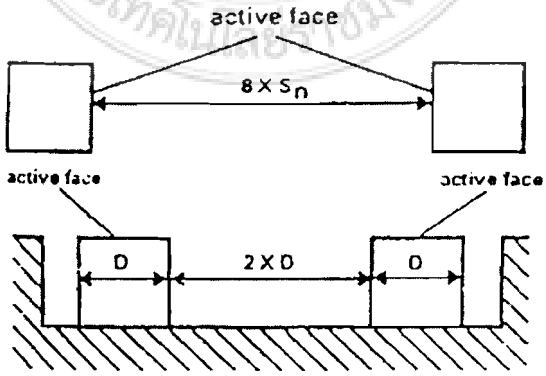
3xd = ระยะทั้งสองด้านของเซนเซอร์ควรมีระยะมากกว่า 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเซนเซอร์

2xd = การติดตั้งเซนเซอร์ 2 ตัวได้ไว้ใกล้กันควรมีระยะห่างเป็น 2เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเซนเซอร์

2.3.9 การติดตั้งเซนเซอร์รูปทรงสี่เหลี่ยม

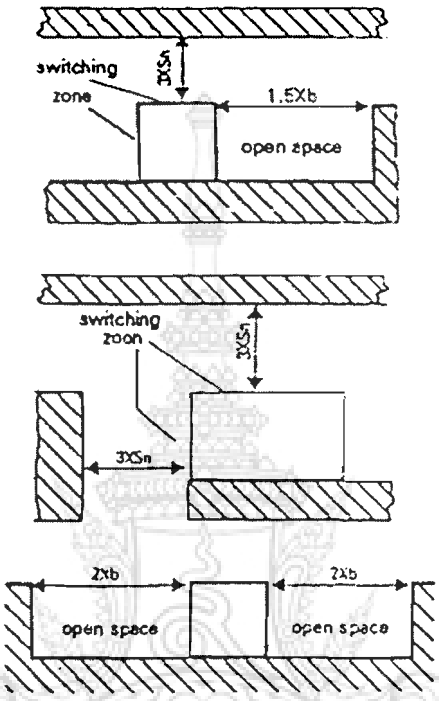
เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐาน EURO (EN 50026) ในการติดตั้งยึดเข้ากับโลหะทั้งในแบบฝัง (flush) และไม่ฝัง (non flush) จะต้องระมัดระวังในสิ่งต่างๆดังต่อไปนี้

1) การติดตั้งแบบไม่ฝัง (non flush)



ภาพที่ 2.35 การติดตั้งแบบไม่ฝังรูปทรงสี่เหลี่ยม

การติดตั้งตรงข้ามกันต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 8 เท่าของระยะตรวจจับกรณีติดตั้งเซนเซอร์ในแนวเดียวกันต้องมีระยะห่างเป็น 2 เท่าของความกว้างของเซนเซอร์



ภาพที่ 2.36 การติดตั้งตรงข้ามกันต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 8 เท่าของระยะตรวจจับ

เมื่อกำหนดให้

D = ความกว้างของเซนเซอร์

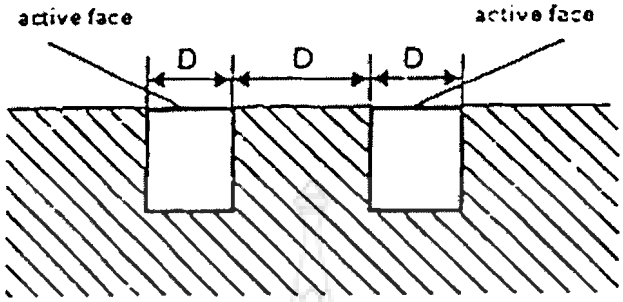
Sn = ระยะการตรวจจับของเซนเซอร์

1.5xd = ด้านข้างของเซนเซอร์จะต้องมีระยะห่างจากวัตถุเป็น 5 เท่าของความกว้างของตัวเซนเซอร์

3xSn = ด้านบนและด้านตรงข้ามของเซนเซอร์ไม่ควรมีโลหะอื่นอยู่ใกล้กว่า 3 เท่าของระยะการตรวจจับ

2xd = หารมีวัตถุอยู่ทั้ง2ด้าน ควรมีระยะห่างเป็น 2 เท่าของความกว้างของเซนเซอร์

2.3.10 การติดตั้งแบบฝัง (flush)



ภาพที่ 2.37 การติดตั้งแบบฝังรูปทรงสี่เหลี่ยม

การติดตั้งแบบฝัง (flush) ในแนวเดียวกันต้องมีระยะห่างเป็น 1 เท่าของความกว้างของตัวเซนเซอร์

2.3.11 เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (Optical Sensor)

ในงานบางลักษณะที่เราต้องการการตรวจจับชิ้นงานที่มีระยะห่างจากตัวเซนเซอร์ค่อนข้างมากซึ่งอาจมีค่าเป็นเมตร ถามว่าแล้วเราควรใช้เซนเซอร์ชนิดไหนดี แนวทางหนึ่งก็คือการใช้เซนเซอร์ชนิดใช้แสงในการตรวจจับ หากถามต่อว่าแล้วเซนเซอร์ทั้ง 2 แบบที่ผ่านมา คือ แบบเหนี่ยวนำและชนิดเก็บประจุไม่สามารถใช้ได้หรือ คำตอบก็คือ เซนเซอร์ทั้ง 2 แบบที่ผ่านมาระยะการตรวจจับสูงสุดประมาณ 50 มิลลิเมตรหรืออย่างมากไม่เกิน 100 มิลลิเมตร หารต้องการระยะการตรวจจับที่มากกว่านี้ก็จะทำให้มีขนาดใหญ่ เพื่อทำให้สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นซึ่งอาจจะส่งผลกระทบกับระบบอื่นๆ ได้นอกจากนี้ยังรวมไปถึงปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์อีกด้วย

นอกจากมีคุณลักษณะเด่นในเรื่องของระยะการตรวจจับที่ไกลแล้ว เซนเซอร์แบบนี้ยังมีข้อดีอยู่อีกหลายประการด้วยกัน คือ สามารถตรวจจับวัตถุได้เกือบทุกประเภท ความเร็วในการตรวจจับสูง มีรุ่นที่สามารถแยกความแตกต่างของสีได้ นอกจากนี้ยังสามารถตรวจจับวัตถุในบริเวณที่เซนเซอร์แบบทั่วไปไม่สามารถใช้งานได้ เช่น บริเวณที่มีเนื้อที่ติดตั้งจำกัด บริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ชิ้นงานที่มีขนาดเล็กๆเป็นต้น

2.3.12 ชนิดของตัวรับแสงและส่งแสง

เซนเซอร์ชนิดใช้แสงประกอบด้วยส่วนที่สำคัญอยู่ 2 ส่วนด้วยกัน คือ ตัวส่งแสงและตัวรับแสง ลักษณะของการตรวจจับนั้นเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งส่งไปสะท้อนกับวัตถุ หรือถูกขวางกั้นด้วยวัตถุ และมีผลให้ตัวรับแสงรู้สภาวะที่เกิดขึ้น โดยจะเปลี่ยนแปลงสภาวะของสัญญาณเอาต์พุต นำไปใช้งาน

1) ตัวรับแสงใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่าโฟโต้ไดโอด(photodiode)หรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์ (photo transistor) ทำหน้าที่เป็นตัวรับแสง และแปลงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

2) ตัวกำเนิดแสง มีหลายประเภทด้วยกัน คือ

ก) หลอดแบบมีไส้ เป็นเซนเซอร์รุ่นเก่าที่เคยใช้กัน มีข้อเสียตรงที่ขาดง่ายและมีขนาดค่อนข้างใหญ่ใช้พลังงานมาก ซึ่งปัจจุบันก็ยังพอมีใช้อยู่ โดยใช้กับงานเฉพาะอย่าง

ข) หลอด LED (Light Emitting Diode) เป็นอุปกรณ์กำเนิดแสงที่มีขนาดเล็ก มีความทนทานสูงนิยมใช้กันมากในเซนเซอร์รุ่นใหม่

ค) LED แบบแสงอินฟราเรด (infrared) จะเป็นแสงอินฟราเรด ที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 910 ถึง 950 นาโนเมตร มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ให้ความเข้มของแสงสูงจึงส่งไปได้เป็นระยะทางไกลและสามารถส่งทะลุวัตถุบางชนิดได้ แต่ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้

ง) LED แบบแสงสีแดง เป็นแสงที่ตามองเห็น มีความคลื่นประมาณ 66 นาโนเมตร ให้ความเข้มของแสงปานกลาง เซนเซอร์ที่ใช้แสงสีแดง จะสามารถตรวจจับเครื่องหมาย (mark) สีดำ น้ำเงิน หรือ เขียว บนพื้นสีขาวได้

จ) LED แบบแสงสีเขียว เป็นแสงที่ตามองเห็น มีความคลื่นประมาณ 560 นาโนเมตร ให้ความเข้มของแสงต่ำ เซนเซอร์ที่ใช้แสงสีเขียว จะมีระยะการตรวจจับใกล้ แต่สามารถตรวจจับเครื่องหมาย (mark) สีแดง บนพื้นสีขาวได้

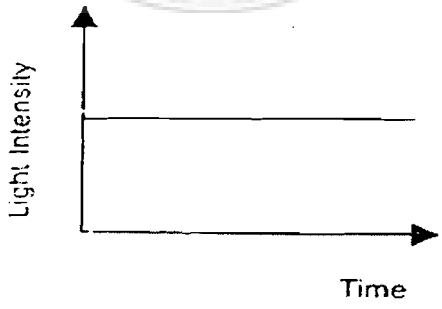
ฉ) LED แบบแสงเลเซอร์ แสงเลเซอร์ (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) เป็นแสงที่ถูกขยายโดยการกระตุ้นให้แผ่รังสีออก โดยปกติแล้วแสงที่เรามองเห็นทั่วๆไปไม่ว่าจะเป็น แสงจากหลอดไฟ แสงจากดวงอาทิตย์ จะเป็นแสงที่กระจายออกมารอบจุดกำเนิด มีหลายความถี่หรือหลายสี แต่เลเซอร์จะมีคุณสมบัติให้แสงสีเดียว มีสีเดียวและเฟสเดียวด้วย เหตุดังกล่าวทำให้แสงเลเซอร์เป็นแสงที่มีความเข้มสูง แสงเลเซอร์จะมีความคลื่นอยู่ระหว่าง 0.01 มิลลิเมตร หรืออยู่ในความถี่ช่วงประมาณ 10 ถึง 10 เฮิรตซ์ ปกติทั่วไปแล้วจะเป็นลำแสงสีแดง

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียตามชนิดของแสง

แหล่งกำเนิดแสง	ข้อดี	ข้อเสีย
แสงอินฟราเรด	- ระยะการตรวจจับไกล - ต้านทานต่อแสงรบกวน	-ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้
แสงสีแดง	- ระยะตรวจจับอยู่ในระหว่างแสงอินฟราเรดกับแสงสีเขียว - สามารถตรวจจับเครื่องหมายสีดำ น้ำเงินหรือเขียวบนพื้นสีขาวได้ตามองเห็น	- แสงจากภายนอกรบกวนได้ง่าย - เครื่องหมายสีแดงบนพื้นสีขาวไม่สามารถตรวจจับได้ - ระยะการตรวจจับสั้นที่สุด
แสงสีเขียว	- สามารถตรวจจับเครื่องหมายสีแดงบนพื้นสีขาวได้ - ตามองเห็น	-ไม่สามารถตรวจจับเครื่องหมายสีเขียวบนพื้นขาวได้
แสงสีขาว	- แยกแยะความแตกต่างของสีได้เกือบทุกสี	- แสงจากภายนอกรบกวนการทำงานได้ง่าย - อายุการใช้งานของหลอดไฟมีขีดจำกัด
แสงสีเลเซอร์	- ระยะการตรวจจับไกลสุด - สามารถตรวจจับชิ้นงานหรือวัตถุเล็กๆได้	- เป็นอันตรายต่อสายตา

2.3.13 เทคนิคในการรับส่งลำแสง

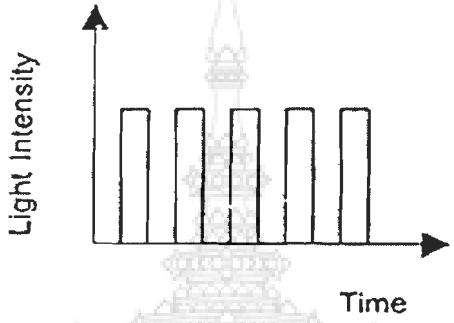
1) วิธีการรับส่งแบบทั่วไป



ภาพที่ 2.38 วิธีที่ตัวส่งแสงไปอย่างต่อเนื่องเป็นปกติ

เป็นวิธีที่ตัวส่งแสงไปอย่างต่อเนื่องเป็นปกติ เหมือนกับแสงตามธรรมชาติ วิธีนี้ระยะการตรวจจับจะไม่ไกลนักและอาจจะถูกแสงจากภายนอกรบกวนได้ง่าย

2) วิธีการรับส่งแบบพัลส์

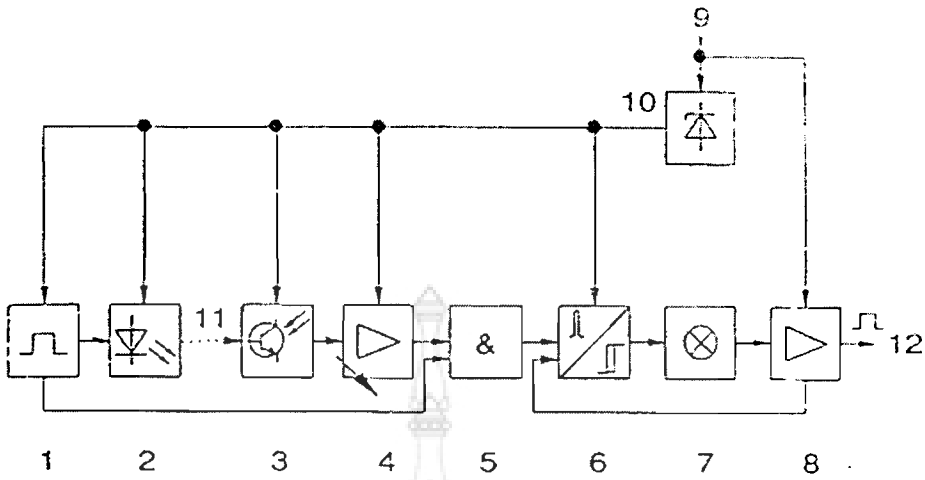


ภาพที่ 2.39 วิธีที่ตังส่งแสง จะส่งลำแสงเป็นจังหวะที่สม่ำเสมอ

เป็นวิธีที่ตังส่งแสง จะส่งลำแสงเป็นจังหวะที่สม่ำเสมอด้วยอัตราความถี่ที่สูง และที่ส่วนของตัวรับก็จะถูกออกแบบมาสำหรับรับสัญญาณแสงนี้โดยเฉพาะ ด้วยวิธีนี้จะทำให้ระยะการตรวจจับทำได้ไกลและด้านทานต่อแสงรบกวนจากภายนอก

2.3.14โครงสร้างของเซนเซอร์ชนิดรับส่งลำแสง

โครงสร้างของเซนเซอร์ชนิดรับส่งลำแสงโดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ แสดงดังภาพที่ 2.40 กล่าวคือ ประกอบด้วย (1) วงวงจรกำเนิดคลื่นหรือพัลส์ความถี่สูง (2) แหล่งกำเนิดแสง ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ LED (3) อุปกรณ์รับแสง โดยส่วนมากจะใช้โฟโต้ไดโอด หรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์ (4) อุปกรณ์ขยายสัญญาณ (preamplifier) อุปกรณ์เปรียบเทียบสัญญาณจากแหล่งกำเนิดคลื่นความถี่ และสัญญาณจากตัวรับแสง (logic operation) อุปกรณ์แยกแยะสัญญาณให้ทำงานหรือไม่ทำงาน (7) หลอดไฟแสดงการทำงาน (8) เอาต์พุตและวงจรป้องกัน (9) แหล่งจ่ายแรงดันจากภายนอก (10) วงจรระดับแรงดันให้คงที่

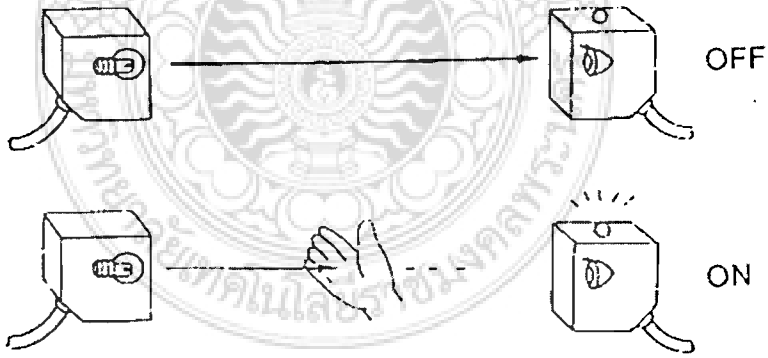


ภาพที่ 2.40 โครงสร้างของเซนเซอร์ชนิดรับส่งลำแสง

เซนเซอร์ชนิดใช้แสงที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น หากแบ่งตามวิธีการตรวจจับสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มด้วยกันซึ่งทั้งนี้ตัวส่งและตัวรับอาจจะอยู่รวมภายในห้องเดียวกันหรือแยกกันอยู่คนละที่ก็ได้

2.3.15 เซนเซอร์แบบลำแสงผ่านตลอด (Through-Beam Sensor)

เซนเซอร์แบบนี้จะแยกตัวส่งและตัวรับสัญญาณออกจากกัน และหาวัตถุที่ต้องการตรวจจับเคลื่อนที่ผ่านระหว่างกลาง



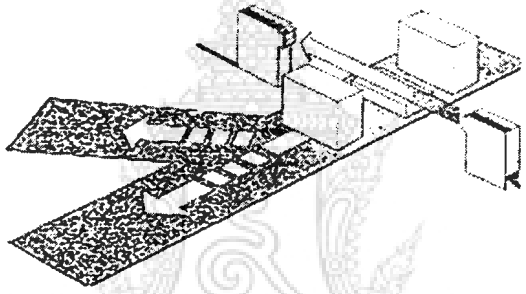
ภาพที่ 2.41 เซนเซอร์แบบลำแสงผ่านตลอด

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์แบบลำแสงผ่านตลอด แสดงดังภาพที่ 2.42 และภาพที่ 2.43 ซึ่งในภาพที่ 2.42 นั้นเป็นการนำเซนเซอร์นั้นไปตรวจจับขนาดและรูปร่างของชิ้นงานบนสายพานลำเลียง โดยแยกแยะชิ้นงานที่มีขนาดเท่ากันไปในทางเดียวกัน ส่วนภาพที่ 2.43 เป็น

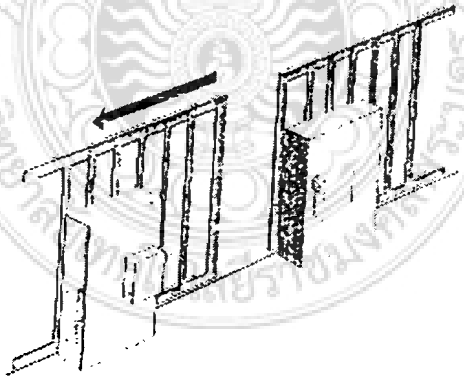
การนำเซนเซอร์ไปใช้ในการควบคุมการปิดเปิดประตูอัตโนมัติ รวมทั้งสามารถนำเอาสัญญาณที่ได้ต่อเข้ากับอุปกรณ์นับจำนวน (counter) ก็ได้

ตารางที่ 2.5 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเซนเซอร์แบบลำแสงผ่านตลอด

ข้อดี	ข้อเสีย
- ระยะการตรวจจับไกล	- ใช้เนื้อที่ในการติดตั้ง
- ความแม่นยำค่อนข้างสูง	- ต้องจ่ายไฟทั้งตัวรับและตัวส่ง
- สีและผิวของวัตถุไม่มีผลกระทบต่อการทำงาน	- ไม่สามารถตรวจจับวัตถุโปร่งใสได้



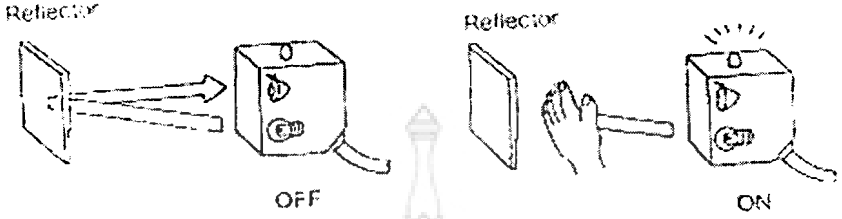
ภาพที่ 2.42 เป็นการนำเซนเซอร์นั้นไปตรวจจับขนาดและรูปร่างของชิ้นงานบนสายพานลำเลียง



ภาพที่ 2.43 เป็นการนำเซนเซอร์ไปใช้ในการควบคุมการปิดเปิดประตูอัตโนมัติ

2.3.16 เซนเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกลับ (Retro-Reflective Sensor)

เซนเซอร์ประเภทนี้จะรวมตังส่งและรับสัญญาณแสงไว้ภายในตัวเดียวกัน และใช้แผ่นสะท้อนแสง (reflector) สะท้อนแสงกลับ

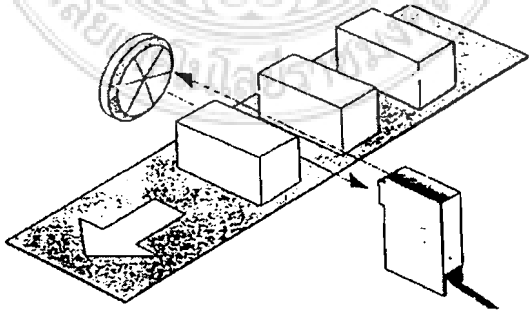


ภาพที่ 2.44 เซนเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกลับ

ตารางที่ 2.6 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเซนเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกลับ

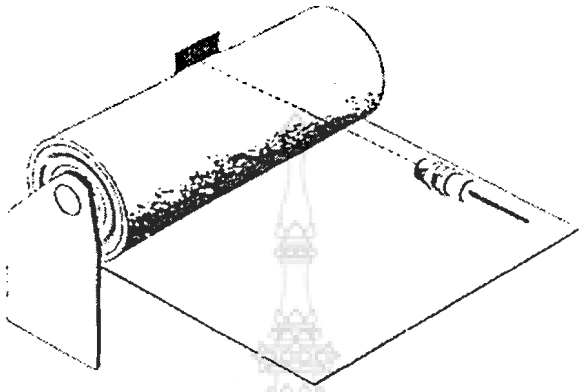
ข้อดี	ข้อเสีย
- ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อยกว่าแบบลำแสงผ่านตลอด - ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและเดินสายไฟต่ำกว่า - การปรับแต่งทำได้ง่าย	- จำเป็นต้องใช้แผ่นสะท้อนแสงแบบพิเศษ - ความแม่นยำในการตรวจจับน้อยกว่าแบบลำแสงผ่านตลอด - อาจมีปัญหาในกรณีตรวจจับวัตถุที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงใกล้เคียงกับแผ่นสะท้อนแสง

ตัวอย่างในภาพที่ 2.45 เป็นการนำเซนเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกลับมาใช้ในการตรวจนับชิ้นงานบนสายพานลำเลียง โดยสัญญาณที่ได้จากการตรวจจับให้กับอุปกรณ์นับ (counter)



ภาพที่ 2.45 การนำเซนเซอร์แบบลำแสงสะท้อนใช้ในการตรวจนับชิ้นงานบนสายพานลำเลียง

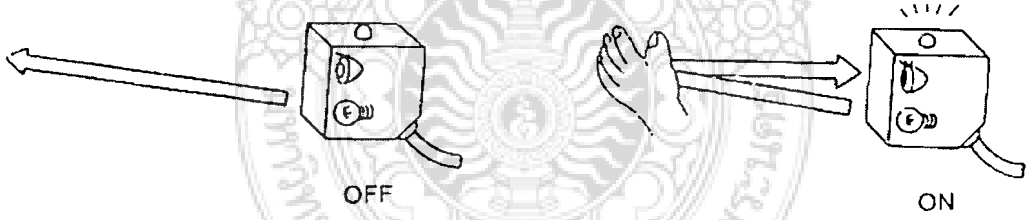
ส่วนตัวอย่างในภาพที่ 2.46 เป็นการนำเอาเซนเซอร์มาใช้ในการตรวจจับขนาดของแผ่นวัตถุที่ม้วนเป็นขด ว่าขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางนั้นได้ตามที่กำหนดไว้หรือไม่



ภาพที่ 2.46 เป็นการนำเอาเซนเซอร์มาใช้ในการตรวจจับขนาดของแผ่นวัตถุที่ม้วนเป็นขด

2.3.17 เซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรง (diffuse-Reflective Sensor)

เซนเซอร์ประเภทนี้ ตัวส่งและตัวรับสัญญาณแสงจะอยู่ภายในตัวเดียวกัน แล้วใช้วัตถุหรือชิ้นงานเป็นตัวสะท้อนแสงกลับ



ภาพที่ 2.47 เซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรง

ตารางที่ 2.7 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรง

ข้อดี	ข้อเสีย
- ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย - ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและเดินสายต่ำ - ไม่ต้องมีการปรับแต่งทิศทางลำแสง	- ระยะการตรวจจับน้อยกว่าทั้งสองแบบที่ผ่านมา - ความสามารถในการตรวจจับขึ้นอยู่กับสีและสัมประสิทธิ์ในการสะท้อนแสงที่ผิวของวัตถุหรือชิ้นงาน

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าเซนเซอร์แบบนี้ ระยะทางที่ใช้ในการตรวจจับจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของชิ้นงานและตารางต่อไปนี้จะเป็นตัวอย่างของค่าตัวคูณประกอบ (factor) ของเซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรงในการตรวจจับชิ้นงานประเภทต่างๆ

ตารางที่ 2.8 ตารางเปรียบเทียบค่าตัวคูณประกอบ

ชนิดของวัตถุ	ค่าตัวคูณประกอบ (factor)
กระดาษแข็งสีขาว	1.0
โพลีสธีลีนสีขาว	1.0...1.2
โลหะที่สะท้อนแสงได้	1.2...2.0
ไม้หยาบ	0.4...0.8
ฝ้ายสีขาว	0.5...0.8
กระดาษแข็งสีดำ	0.1
กระดาษแข็งสีดำสะท้อนแสงได้	0.3
PVC สีเทา	0.4...0.8

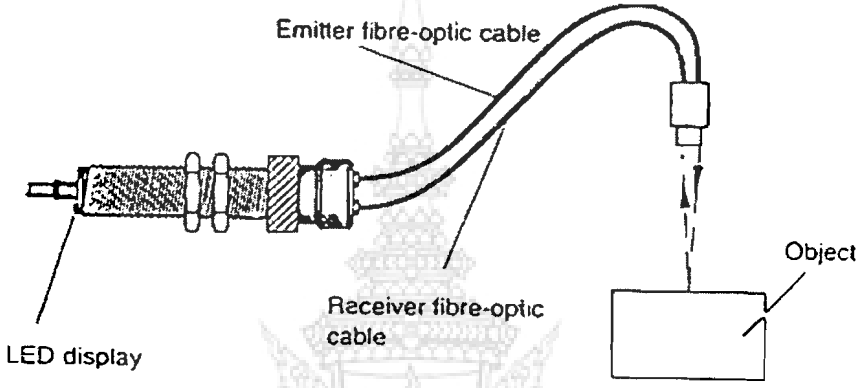
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรงในภาพที่ 2.48 เป็นการนำเซนเซอร์มาใช้ในการนับจำนวนของชิ้นงานบนสายพานลำเลียง

ภาพที่ 2.48 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรง

ในงานบางประเภทไม่สามารถติดตั้งเซนเซอร์ได้ ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากไม่มีพื้นที่ในการติดตั้ง หรือพื้นที่เหล่านั้นอาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ตัวเซนเซอร์ หรือเป็นงานที่ต้องการความแม่นยำและแน่นอนในการตรวจจับค่อนข้างสูง สายไฟเบอร์อ็อพติกหรือสายใยแก้ว จึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อสนองต่อความต้องการดังกล่าว การทำงานของสายใยแก้วอยู่บนพื้นฐานของผลรวม

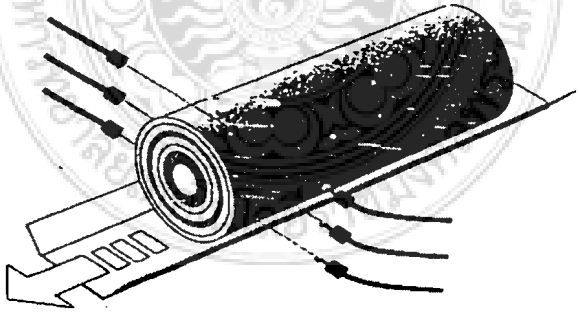
ผลรวมของการสะท้อนแสงภายในสาย โดยในที่นี่ส่วนมากจะใช้เป็นสายเดี่ยว ซึ่งอาจห่อหุ้มด้วยวัตถุจำพวกพลาสติก หรือโลหะที่ทนอุณหภูมิสูงและสามารถโค้งงอตัวได้

การนำสายใยแก้วมาใช้กับเซนเซอร์ชนิดใช้แสงนี้ ส่วนมากจะใช้กับเซนเซอร์ลำแสงผ่านตลอดและแบบจับโดยตรง ซึ่งเซนเซอร์ทั้งแบบนี้อาจจะอยู่ในรูปแบบทรงกระบอกหรือรูปทรงสี่เหลี่ยมก็ได้ ภาพที่ 2.49 แสดงตัวอย่างการใช้สายใยแก้วร่วมกับเซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรง

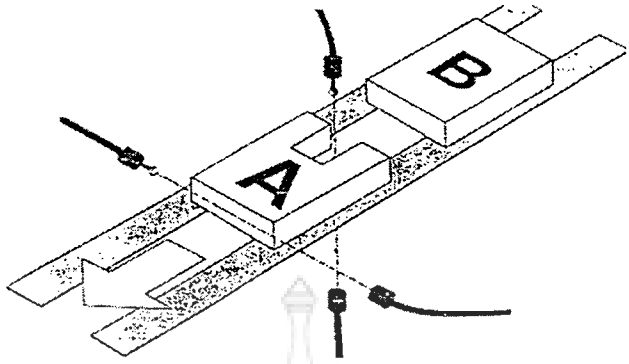


ภาพที่ 2.49 การนำสายใยแก้วมาใช้กับเซนเซอร์ชนิดใช้แสง

ในภาพที่ 2.50 เป็นการประยุกต์ใช้สายใยแก้วในการตรวจสอบการใช้ชิ้นงาน และภาพที่ 2.51 เป็นการประยุกต์การใช้สายใยแก้วในการตรวจสอบรูปร่างของชิ้นงาน



ภาพที่ 2.50 เป็นการประยุกต์ใช้สายใยแก้วในการตรวจสอบการใช้ชิ้นงาน



ภาพที่ 2.51เป็นการประยุกต์การใช้สายใยแก้วในการตรวจสอบรูปร่างของชิ้นงาน

2.3.18 หลักการเลือกใช้เซนเซอร์ชนิดใช้แสงให้เหมาะกับงาน

เนื่องจากเซนเซอร์ชนิดใช้แสงนั้น มีอยู่หลายแบบด้วยกัน ซึ่งในแต่ละแบบก็จะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไปดังกล่าวในข้างต้น ในการเลือกใช้งานเซนเซอร์ประเภทนี้นั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทราบรายละเอียด คุณสมบัติบางประเภทของเซนเซอร์ รวมทั้งลักษณะงานที่จะนำไปใช้เพื่อที่จะสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมที่สุด หัวข้อที่สำคัญที่ควรพิจารณามีดังต่อไปนี้

1) ขนาดรูปร่างของวัตถุที่ตรวจจับ

ก) กรณีเซนเซอร์เป็นแบบลำแสงผ่านตลอด ขนาดเล็กสุดของวัตถุที่เซนเซอร์ประเภทนี้จะสามารถตรวจจับได้นั้น ประมาณว่ามีค่าใกล้เคียงกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเลนส์ที่ติดอยู่ที่ด้านหน้าของตัวเซนเซอร์นั้น แต่ถ้าจำเป็นต้องการตรวจจับวัตถุที่มีขนาดเล็กกว่า ก็อาจจะต้องใช้หน้ากากบังลำแสงช่วย แต่ก็จะมีผลทำให้ระยะการตรวจจับสั้นลง

ข) กรณีเซนเซอร์เป็นแบบตรวจจับโดยตรง ให้ระมัดระวังเกี่ยวกับย่านการตรวจจับของเซนเซอร์แบบนี้ เพราะมันจะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของวัตถุที่ถูกตรวจจับ ถ้าเลื่อนเซนเซอร์เข้าไปใกล้ตัววัตถุมากขึ้นหรือปรับความไวของเซนเซอร์ให้เพิ่มขึ้น จะทำให้เซนเซอร์นั้นสามารถตรวจจับวัตถุที่ขนาดเล็กลงได้ อย่างไรก็ตามต้องระวังไม่ให้เซนเซอร์ตรวจจับฉากหลังของวัตถุได้

2) ชนิดของวัตถุที่จะตรวจจับ

ก) กรณีเซนเซอร์เป็นแบบลำแสงผ่านตลอด ใช้กับวัตถุได้เกือบทุกชนิด ยกเว้นวัตถุโปร่งใส เช่น พลาสติก กระจกใส ขวดใส เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมไปถึงวัตถุที่มีลักษณะเป็นโครงแสงและลอดผ่านได้

ข) กรณีเซนเซอร์เป็นแบบตรวจจับ โดยตรง ตรวจจับวัตถุได้เกือบทุกชนิด ยกเว้นวัตถุนั้นดูดซับแสงได้ เช่น วัตถุสีดำด้าน หรือวัตถุที่มีผิงขรุขระ หรือวางเป็นมุมเอียง เพราะบางทีจะอาจทำให้ลำแสงจากตัวส่ง ไปกระทบกับวัตถุแล้วแสงจะหักเห ไม่สะท้อนกลับมายังตัวรับแสงได้

3) สีและผิวของวัตถุที่จับ

ก) กรณีเซนเซอร์เป็นแบบลำแสงผ่านตลอด ความสามารถในการตรวจจับไม่ขึ้นอยู่ กับสีหรือผิวของวัตถุที่จะตรวจจับ

ข) กรณีเซนเซอร์เป็นแบบตรวจจับโดยตรง ถ้าวัตถุที่ตรวจจับนั้นสะท้อนแสงได้ไม่ดีมีสีดำด้านหรือโปร่งใสมาก จะต้องพิจารณาให้ดีในการเลือกใช้เซนเซอร์แบบนี้เพราะวัตถุดังกล่าวจะทำให้ระยะการตรวจจับสั้นลง หรืออาจตรวจจับไม่ได้เลยก็เป็นได้

4) ตำแหน่งที่จะตรวจจับ

ก) กรณีเซนเซอร์เป็นแบบลำแสงผ่านตลอด วัตถุจะถูกตรวจจับได้ ไม่ว่าจะตัดผ่านลำแสงในทิศทางหรือตำแหน่งระยะใดๆ ระหว่างตัวรับและตัวส่งแสง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องห่วงใยมากนักในตำแหน่งของวัตถุที่ตัดผ่านลำแสง

ข) กรณีเซนเซอร์เป็นแบบตรวจจับโดยตรง ให้ระมัดระวังในการเลือกใช้เซนเซอร์แบบนี้เพราะพื้นที่ในการตรวจจับจะเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งระยะที่วัตถุนั้นเลื่อนเข้ามาสัมผัสลำแสง

5) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุที่จะตรวจจับ

ปัจจุบันนี้เซนเซอร์ชนิดใช้แสงส่วนใหญ่จะมาการตอบสนองได้ถึง 1/1000 วินาที หรือ 1 มิลลิวินาที (1mS) ทั้งนี้ก็เพื่อให้สามารถตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนไหวเร็วได้ แต่เพื่อความแน่ใจควรจะใช้สูตรต่อไปนี้ในการคำนวณหาความเร็วสูงสุดของวัตถุที่ต้องการตรวจจับ เมื่อจะใช้งานกับเซนเซอร์รุ่นนั้นๆ

$$v \leq \frac{W - 2A}{T}$$

V = ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ(m/s)

W = ขนาดความกว้างของวัตถุ(m)

T = เวลาในการตอบสนองของเซนเซอร์รุ่นที่พิจารณา(s)

A = ขนาดความกว้างต่ำสุดของวัตถุที่เซนเซอร์รุ่นที่พิจารณาสามารถจับได้ (m)

และในกรณีที่ต่อเซนเซอร์เข้ากับอุปกรณ์ควบคุมแบบโปรแกรมได้ (PLC) หากสัญญาณที่เซนเซอร์ตรวจจับได้นั้นสั้นเกินไปจนอุปกรณ์ควบคุมรับไม่ทัน ให้ใช้เซนเซอร์รุ่นที่มีตัวตั้งเวลารวมอยู่ด้วย (timer แบบ off delay)

6) สภาพแวดล้อมในบริเวณที่ใช้งาน

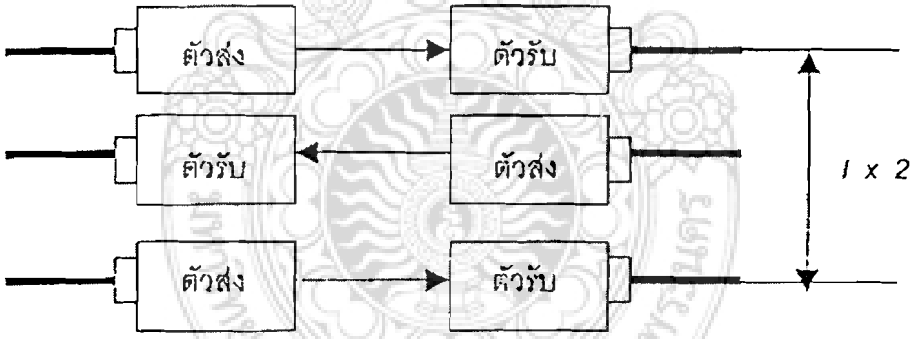
ควรเอาใจใส่ในการเลือกเซนเซอร์ให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ฝุ่นละออง น้ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเซนเซอร์แต่ละรุ่นจะมีมาตรฐานในการป้องกัน เช่น IP67 ป้องกันการสัมผัสชิ้นส่วนวงจรไฟฟ้าซึ่งอยู่ภายในอย่างสมบรูณ์ ป้องกันฝุ่นละออง และป้องกันน้ำเข้าได้ เป็นต้น

7) ระยะห่างระหว่างเซนเซอร์ที่อยู่ใกล้เคียงกัน

ยิ่งระยะห่างเซนเซอร์ชนิดใช้แสงมีน้อยเพียงใด โอกาสที่จะเกิดการรบกวนกันก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น

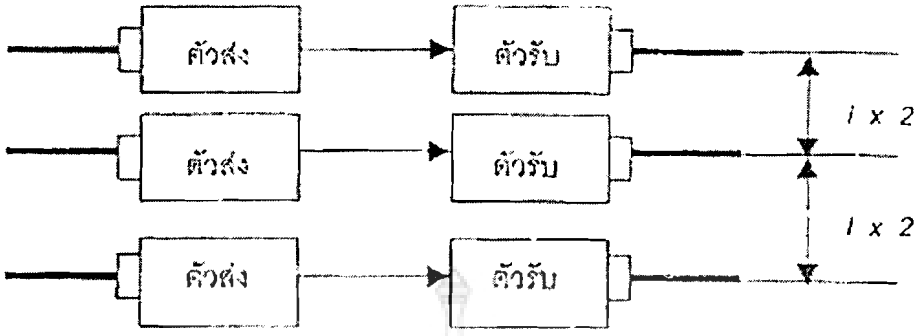
ก) กรณีเซนเซอร์เป็นแบบลำแสงผ่านตลอด

ดังที่ทราบกันแล้วว่าเซนเซอร์แบบนี้นั้น ลำแสงจะวิ่งผ่านเลนส์จากตัวส่งมายังตัวรับ ซึ่งอย่างไรก็ตามลำแสงจากตัวส่งไม่ได้ถูกบีบเป็นลำแสงตรงเข้ามายังตัวรับเสียเลยที่เดียว (ยกเว้นหากเป็นแสงเลเซอร์) แต่มันจะกระจายออกไปมุมที่กว้าง ผลที่ตามมาก็คือ หากมีเซนเซอร์ตัวอื่นๆ ติดตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวก็อาจจะทำให้เกิดการรบกวนกันเองได้ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวจึงจำเป็นที่จะต้องกำหนดระยะห่างเซนเซอร์แต่ละชุดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.52 กำหนดระยะห่างเซนเซอร์แต่ละชุด

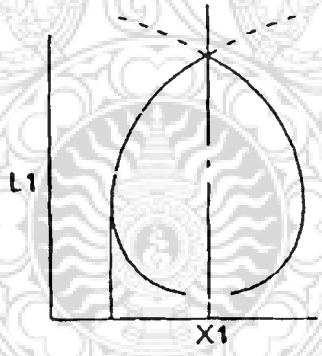
โดยที่ l = รัศมีลำแสงของเซนเซอร์ แต่ละรุ่นซึ่งสามารถดูได้จากช่องกราฟ (parallel deviation) ในคู่มือของเซนเซอร์ที่เลือกใช้ นอกจากนั้นอาจใช้วิธีการสลับตำแหน่งของตัวรับและตัวส่งของเซนเซอร์ชุดที่อยู่ติดกันเพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนกันเองได้ แสดงดังภาพที่ 2.53



ภาพที่ 2.53 วิธีการสลับตำแหน่งของตัวรับและตัวส่งของเซนเซอร์

8) กรณีเซนเซอร์เป็นแบบตรวจจับโดยตรง

จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของแสง (characteristic curve) ของย่านการตรวจจับของเซนเซอร์รุ่นนั้นๆ เพื่อป้องกันไม่ให้มีการรบกวนกันเองได้ ในการพิจารณา (curve) จะต้องพิจารณาจากระยะ X1 และ L1 โดยจะต้องกำหนดให้เซนเซอร์ที่อยู่ใกล้กันต้องมีระยะห่างอย่างน้อย 2 เท่าของระยะ X1



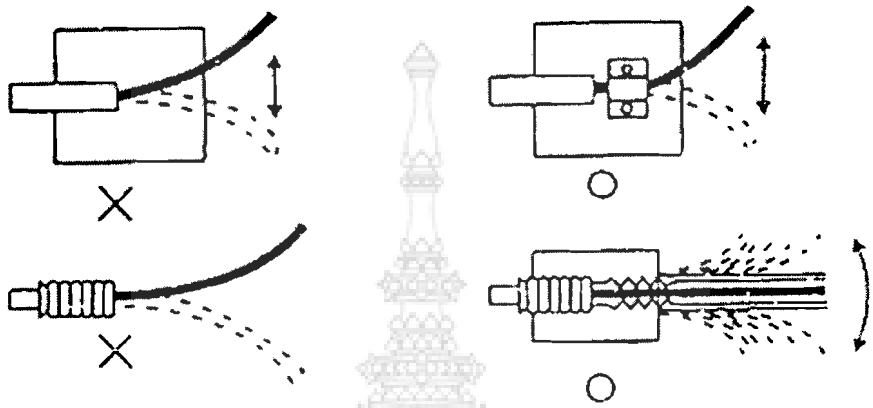
ภาพที่ 2.54 กรณีเซนเซอร์เป็นแบบตรวจจับโดยตรง

เมื่อ X1 คือรัศมีของลำแสงตัดกันซึ่งดูได้จากช่องกราฟ (parallel deviation) ในคู่มือของเซนเซอร์แต่ละรุ่น ในกรณีที่ติดตั้งเซนเซอร์ประเภทนี้หันหน้าเข้าหากัน ต้องพยายามให้แนวลำแสงของแต่ละตัวตัดกันเป็นมุม อย่าให้อยู่ในแนวเดียวกัน

8) การติดตั้งเซนเซอร์บนชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว

โดยทั่วๆปแล้วจะไม่นิยมติดตั้งเซนเซอร์ชนิดใช้แสงบนชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนไหว แต่ถ้าหากจำเป็นจริงๆ จะต้องพิจารณาให้แน่ใจว่าเมื่อติดตั้งไปแล้ว จะไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อโครงสร้างของเซนเซอร์ ตลอดจนสายไฟที่เป็นส่วนสำคัญ โดยส่วนมากสายไฟของตัวเซนเซอร์มัก

ชำรุดหรือขาดตรงบริเวณที่สายไฟต่อเข้ากับตัวเซนเซอร์ ดังนั้นจึงควรมีการยึดสายไฟบริเวณดังกล่าว ไม่ให้มีการเคลื่อนไหวโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการใช้ใยแก้วที่มีการเคลื่อนไหวบ่อย ควรจะใส่ปลอกป้องกันไว้เพื่อเพิ่มความแข็งแรง



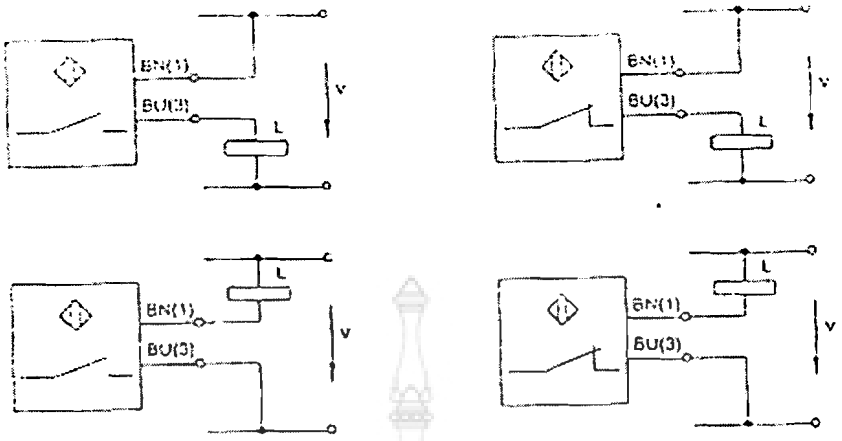
ภาพที่ 2.55 การติดตั้งเซนเซอร์บนชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว

2.3.19 พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์กับการต่อใช้งาน

ในการนำพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ประเภทต่างๆที่กล่าวมาในข้างต้นมาประยุกต์ใช้งานนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกและพิจารณาในเรื่องลักษณะงานที่จะนำไปใช้ ชนิดและแรงดันระดับไฟฟ้าที่ใช้รวมทั้งความสามารถในการจ่ายกระแสให้กับโหลดหรืออุปกรณ์ต่างๆที่จะนำมาต่อรวมกับเซนเซอร์ ซึ่งในที่นี้เราจะกล่าวถึงเฉพาะเซนเซอร์ที่ให้สัญญาณแบบทำงานหรือไม่

1) เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ2เส้น

เซนเซอร์แบบนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะตามสัญญาณไฟที่ใช้ คือ แบบที่ใช้กับไฟกระแสตรงและไฟกระแสสลับ นอกจากนี้ในแต่ละกลุ่มยังมีการแบ่งย่อยออกเป็นปกติทำงาน (N.C.) กับปกติไม่ทำงาน (N.O.) การต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้ากับเซนเซอร์ประเภทนี้สามารถกระทำได้โดยการต่ออนุกรมเข้ากับสายเส้นใดเส้นหนึ่ง แสดงดังภาพที่ 2.56

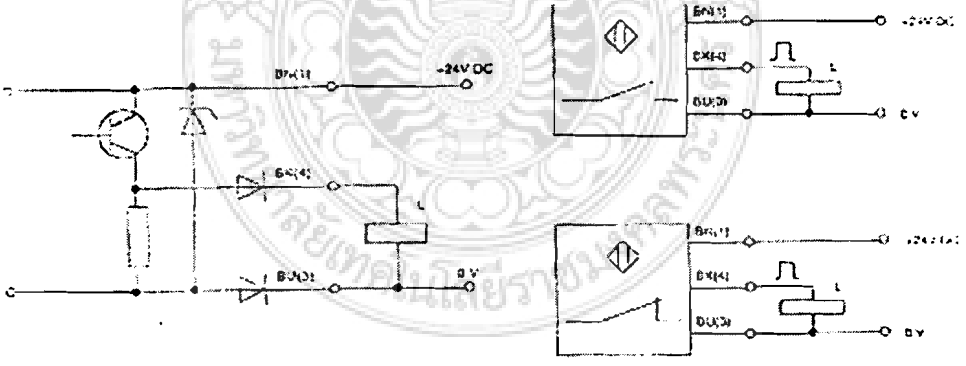


ภาพที่ 2.56 การต่ออนุกรมเข้ากับสายเส้นใดเส้นหนึ่ง

2) เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 3 เส้น

เซนเซอร์แบบนี้ส่วนใหญ่ใช้กับไฟกระแสตรง มีทั้งแบบปกติทำงานและแบบไม่ปกติทำงาน นอกจากนี้สัญญาณที่จะต่อเข้ากับโหลดหรืออุปกรณ์ต่างๆ ก็มีให้เลือกทั้งที่เป็นไฟบวกหรือไฟลบเซนเซอร์แบบสายสัญญาณ 3 เส้น โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 ประเภทด้วนกัน คือ แบบ PNP และ NPN ซึ่งแบ่งตามชนิดของทรานซิสเตอร์ที่เป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณที่อยู่ภายใน

ก) เอาต์พุตต่อใช้งานแบบ PNP

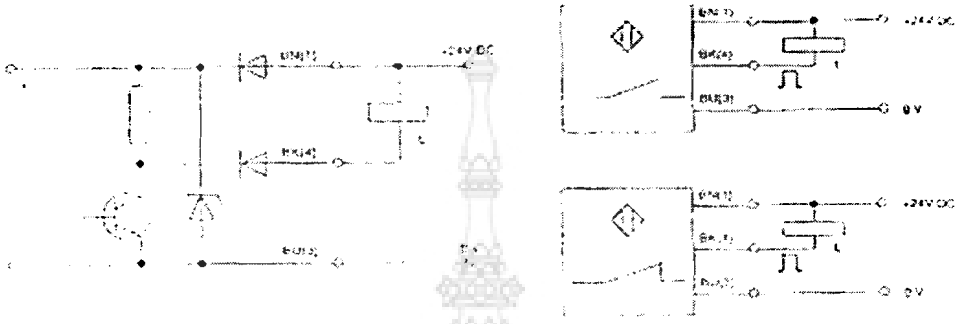


ภาพที่ 2.57 เอาต์พุตต่อใช้งานแบบ PNP

จากภาพที่ 2.57 แสดงโครงสร้างภายในเอาต์พุตซึ่งจะมีทรานซิสเตอร์แบบ PNP ทำหน้าที่เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับให้ทำงานหรือไม่ทำงาน เซนเนอร์ไดโอดที่ต่อคร่อมอยู่ระหว่างขั้วบวกและลบ จะทำหน้าที่รักษาแรงดันจากแหล่งจ่ายให้คงที่ ไดโอดที่สายสัญญาณ

หมายเลข 3 หรือขั้วลบทำหน้าที่ป้องกันการต่อผิดขั้ว ส่วนไดโอดที่สายสัญญาณหมายเลข 4 หรือสัญญาณเอาต์พุต จะทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลย้อนกลับซึ่งเนื่องจากการต่อโหลด

ข) เอาต์พุตต่อใช่งานแบบ NPN

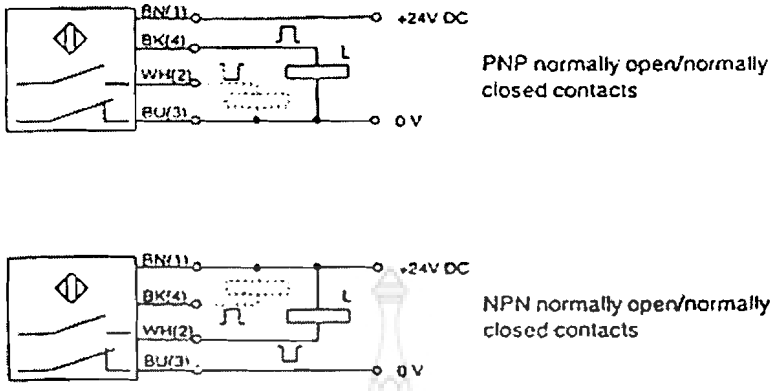


ภาพที่ 2.58 เอาต์พุตต่อใช้งานแบบ NPN

เมื่อเซนเซอร์แบบสายสัญญาณแบบ 3 เส้น มี 2 ประเภท คือ PNP และ NPN แล้วจะเลือกแบบไหนไปใช้งานดี ในการเลือกใช้งานนั้นถ้าหากโหลดเป็นอุปกรณ์พวก รีเลย์ หลอดไฟ โซลินอยด์ ฯลฯ จะเลือกแบบไหนไปใช้งานก็ได้เนื่องจากมีคุณสมบัติพอๆกัน แต่หากนำสัญญาณที่ได้ไปใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรืออุปกรณ์ควบคุม เช่น PLC ต้องพิจารณาให้ดีเนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้มีทิศทางการไหลของกระแสไฟ โดยทั่วไปจะมีการระบุเอาไว้ว่าจะใช้เซนเซอร์เอาต์พุตประเภทไหน ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่า จะเลือกเอาต์พุตแบบไหนขึ้นอยู่กับชนิดและความต้องการของอุปกรณ์ควบคุมเป็นสำคัญ

2.3.20 เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 4 เส้น

ในบางครั้งเพื่อความประหยัด หรือลดพื้นที่ในการติดตั้ง หรือความต้องการสัญญาณมากกว่าหนึ่งสัญญาณ ณ จุดที่ต้องการตรวจจับเพียงจัดเดียว ความต้องการต่างๆเหล่านี้สามารถตอบสนองได้ด้วย เซนเซอร์เพียงตัวเดียวที่มีสายสัญญาณที่มี 4 เส้น นั้นคือ จะมีสายสัญญาณเอาต์พุตปกติทำงาน (NC) และปกติไม่ทำงาน (NO) รวมอยู่ในตัวเดียวกัน ซึ่งมีทั้งแบบ PNP และ NPN แสดงดังภาพที่ 2.59



ภาพที่ 2.59 ภาพการต่อเซนเซอร์แบบ 4 เส้น ชนิด NPN และ PNP

2.3.21 การต่อเซนเซอร์แบบอนุกรมกัน

สำหรับงานบางลักษณะที่ต้องการฟังก์ชันในการทำงานเป็นลอจิกแอนด์ (AND) ตัวอย่าง เช่น มีเซนเซอร์อยู่ 2 ตัว ที่ใช้ในการตรวจสอบรูปร่างของชิ้นงาน โหลดจะทำงานก็ต่อเมื่อเซนเซอร์ทั้ง 2 ตัวต้องทำงานเท่านั้น จากวัตถุประสงค์ดังกล่าวเราสามารถที่จะนำเซนเซอร์ 2 ตัวนั้นมาอนุกรมกันได้ นอกจากนั้นในการต่อเซนเซอร์อนุกรมดังกล่าวหากเรานำสัญญาณมาต่อเข้ากับ PLC ก็สามารถที่จะประหยัดหน่วยอินพุตของ PLC ได้อีกด้วย

1) การต่ออนุกรมของเซนเซอร์แบบสายสัญญาณ 2 เส้น

โดยปกติจะไม่แนะนำให้ต่อเซนเซอร์แบบนี้อนุกรมกัน ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่า แรงดันตกคร่อมที่ตัวเซนเซอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนของเซนเซอร์ ซึ่งจะมีผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่โหลดมีค่าน้อยกว่าที่ควร

$$V_L = V_S - V_D$$

V = แรงดันไฟฟ้าที่โหลด (V)

V = แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย (V)

V = แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่เซนเซอร์แต่ละตัวรวมกัน (V)

ถ้าโหลดหรืออุปกรณ์ที่นำมาเป็นพวกขดลวดในขณะที่เปลี่ยนสภาวะ on/off ด้วย แล้วควรจะต่อเซนเซอร์อนุกรมกันไม่เกิน 2 ถึง 3 ตัว

ข) การต่ออนุกรมของเซนเซอร์แบบสายสัญญาณ 3 เส้น

การต่ออนุกรมกันของเซนเซอร์ประเภทนี้ จะมีแรงดันตกคร่อมเซนเซอร์แต่ละตัวประมาณ 1 ถึง 2.5 โวลต์ จะต้องระวังว่าผลรวมของแรงดันตอคร่อมเซนเซอร์ที่ต่ออนุกรมกันนั้น

จะทำให้แรงดันตกคร่อมโหลดลดลง ซึ่งจะต้องพิจารณาว่าแรงดันตกคร่อมโหลดที่เหลือนั้น จะยังคงทำให้โหลดทำงานได้ตามปกติหรือไม่ รวมทั้งในเรื่องของกระแสก็จะต้องพิจารณาด้วยว่า เซนเซอร์ตัวแรกจะสามารถจ่ายกระแสเอาต์พุตได้เพียงพอที่จะไปเลี้ยงเซนเซอร์ตัวอื่นๆที่เหลือและโหลดได้หรือไม่ เนื่องจากลักษณะการต่ออนุกรมของเซนเซอร์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสภาวะพร้อมกันเพื่อให้โหลด on หรือ off นั้นโหลดจะถูกหน่อยการทำงานให้ช้าลงไป (บางครั้งมากกว่า 100 mS) เมื่อต้องการคำนึงถึงปัญหาดังกล่าวจึงควรต่อเซนเซอร์แบบ 3 สายอนุกรมกันสูงสุดไม่เกิน 5 ถึง 10 ตัว

2.3.22 การต่อเซนเซอร์ขนานกัน

ในทำนองเดียวกันเมื่อเซนเซอร์สามารถนำมาต่อแบบอนุกรมกันเพื่อสร้างฟังก์ชันแอนด์ (AND) ได้ การต่อเซนเซอร์แบบขนานกันเพื่อสร้างฟังก์ชันออร์ (OR) ก็ย่อมที่จะสามารถกระทำได้เช่นเดียวกัน

1) การต่อขนานของเซนเซอร์แบบสายสัญญาณ 2 เส้น

ให้สังเกตว่ากระแสรั่วไหล (leakage current) จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อต่อเซนเซอร์แบบ 2 สายขนานกัน จึงต้องคำนึงถึงผลรวมของกระแสรั่วไหลที่เกิดขึ้นจากเซนเซอร์แต่ละตัวซึ่งจะต้องให้มีค่าต่ำกว่ากระแสที่จะทำให้โหลดทำงาน (holding current) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต่อเซนเซอร์เข้ากับ PLC อีกสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือ เมื่อเซนเซอร์ตัวหนึ่งมีสภาวะเป็น on แรงดันไฟเลี้ยงที่ตกคร่อมเซนเซอร์ตัวอื่นๆที่ต่อขนานอยู่ จะมีค่าลงลด ซึ่งมีผลทำให้มันอาจแสดงสภาวะที่ไม่ถูกต้องได้ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้เราควรจะต่อเซนเซอร์แบบ 2 สายขนานกันไม่เกิน 5 ถึง 10 ตัว

2) การต่อขนานของเซนเซอร์แบบสัญญาณ 3 เส้น

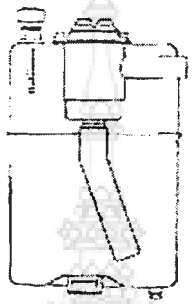
สามารถต่อเซนเซอร์แบบ 3 สายขนานกันได้ไม่เกิน 20 ถึง 30 ตัว สิ่งที่จะต้องระวังมีเพียงเรื่องเดียว คือ ผลรวมของกระแสรั่วไหลในขณะที่ทีสภาวะ off แต่อย่างไรก็ตามกระแสราวไหลของเซนเซอร์แบบ 3 สาย จะมีค่าที่ต่ำมากจึงสามารถต่อขนานกันได้เป็นจำนวนมากนั่นเอง ข้อสังเกตอีกอย่างหนึ่งของการต่อเซนเซอร์แบบขนานกันก็คือว่า หากเซนเซอร์ตัวใดตัวหนึ่งทำงานก็จะมีกระแสไหลย้อนกลับเข้าไปยังเอาต์พุตของตัวที่เหลือ ดังนั้นจึงใส่ไดโอดไว้เพื่อเป็นการป้องกัน

2.4 <u>ระบบไฮดรอลิก</u>

2.4.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของถังพักน้ำมันจากหน้าที่ของถังพักน้ำมันดังที่ได้กล่าวมา จะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาออกแบบถังพักน้ำมันเพื่อให้ทำหน้าที่ตามที่ต้องการ ถังพักน้ำมันโดยทั่วไปควรมีโครงสร้างและลักษณะต่างๆ ดังกล่าวถึงในลำดับต่อไปนี้

2.4.2 ลักษณะของถังพักน้ำมัน

ลักษณะของถังพักน้ำมันนั้นจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสถานที่ที่จะติดตั้งใช้งาน อย่างไรก็ตามส่วนมากมักนิยมใช้เป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพราะเป็นแบบที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบน้อยกล่าวคือ สามารถระบายความร้อนผ่านผนังได้ดี



ภาพที่ 2.60 ตัวอย่างถังพักน้ำมัน

2.4.3 ขนาดของถังพักน้ำมัน

ในการพิจารณาขนาดของถังพักน้ำมันจะต้องคำนึงถึงการระบายความร้อนและพื้นที่ในการขจัดฟองอากาศ ในอุดมคติถังน้ำมันจะต้องออกแบบให้ใหญ่ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แต่ในความเป็นจริงอย่างเช่น ในยวดยานหรืองานที่มีการเคลื่อนย้ายถังพักน้ำมันจะต้องใช้พื้นที่และน้ำหนักให้น้อยที่สุด แต่หากเป็นงานหรือระบบที่อยู่กับที่ปัจจัยดังกล่าวก็ไม่มีความสำคัญ นอกจากนั้นต้นทุนของน้ำมันที่ใช้เติมจะถูกกำหนดอยู่กับขนาดของถังพักน้ำมันด้วย อย่างไรก็ตามขนาดของถังพักน้ำมันจะขึ้นอยู่กับอัตราการจ่ายน้ำมันของปั๊มเป็นหลัก

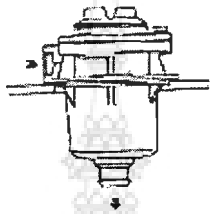
$V = 3 - 5Q$	(สำหรับระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่)
$V \approx Q$	(สำหรับระบบที่มีการเคลื่อนที่)

โดยที่ V = มีหน่วยเป็นลิตร (l) และQ มีหน่วยเป็น l/min

สำหรับระบบที่มีการเคลื่อนที่ ขนาดของถังพักน้ำมันควรมีการเพิ่ม 10 ถึง 15% ของปริมาตรน้ำมัน ทั้งนี้เพราะจะเผื่อไว้สำหรับเป็นพื้นที่ในการขจัดฟองอากาศและกันกระแทก (air cushio) ของระดับการกระเพื่อมของน้ำมันที่เกิดจากการทำงานของวงจรไฮดรอลิก กล่าวโดยสรุปขนาดของถังพักน้ำมันจะต้องมีปริมาตรที่สามารถจ่ายน้ำมันให้กับระบบทั้งหมดได้

2.4.4 ฝาด้านบนของถังพักน้ำมัน

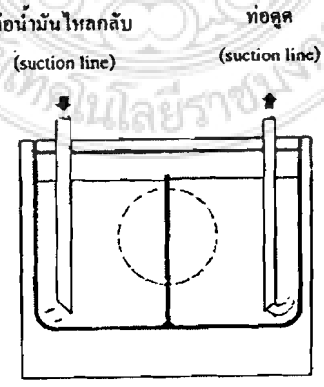
ฝาของถังพักน้ำมันซึ่งติดอยู่กับตัวถังด้วยการเชื่อมหรือขันสกรูจำ เป็นต้องมีความแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักของปั๊มมอเตอร์ไฟฟ้า วาล์ว และอุปการณ์อื่นๆ ได้ในกรณีที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวบนฝาบนของถังพักโดยไม่ทำให้เกิดการชำรุดเสียหาย และจะต้องไม่มีการสั่นสะเทือน



ภาพที่ 2.61 ตัวอย่างการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าและปั๊มบนฝาถังพักน้ำมัน

2.4.5 ท่อดูดและท่อไหลกลับของน้ำมัน

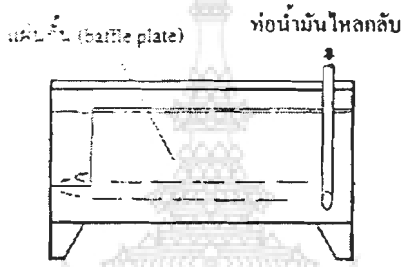
ท่อดูดและท่อไหลกลับที่ต่อทะลุฝาลงในถังพักควรจะเรียบไม่มีรอยต่อหรือโค้งงอ และทำการซีลด้วยแหวนยางหรือคัปปลิ้งต่อท่อ โดยทั้งนี้ท่อดูดและท่อไหลกลับควรอยู่ฝั่งด้านเดียวกันของถังและถูกกั้นให้แยกจากกันด้วยปผ่นกั้นภายใน สำหรับท่อดูดและท่อไหลกับควรอยู่ห่างจากก้นถังประมาณ 2 ถึง 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ และที่ปลายท่อควรบากเป็นมุมเฉียง 45 $^{\circ}$ เพื่อเพิ่มพื้นที่และทำให้น้ำมันไหลวนไปทางผนังด้านข้างรวมทั้งเป็นการกันน้ำมันพุ่งลงกันถังโดยตรง



ภาพที่ 2.62 ท่อดูดและท่อไหลกลับของน้ำมัน

2.4.6 แผ่นกั้นภายในถัง

แผ่นกั้นควรสูง 2/3 ของระดับน้ำมันในถังและแบ่งครึ่งถังพักน้ำมันตามแนวยาว ส่วนที่เหลืออีก 1/3 จะเป็นช่องว่างเพื่อให้น้ำมันทั้งสองด้านไหลผ่านได้ แผ่นกั้นนี้จะทำหน้าที่กันน้ำมันที่ถูกดูดไปใช้งานกับน้ำมันที่เพิ่งไหลกลับลงถังเพื่อจะได้มีเวลาพักในการตกตะกอนของสิ่งสกปรก และให้ฟองอากาศได้แยกตัวออกจากน้ำมัน รวมทั้งยังช่วยให้น้ำมันมีการไหลเลียบผนังของถังพักเพื่อระบายความร้อน



ภาพที่ 2.63 แผ่นกั้นภายในถัง

2.4.7 ช่องเติมน้ำมัน

ที่ช่องเติมน้ำมันควรมีขนาดใหญ่พอที่จะเติมน้ำมันได้อย่างสะดวก (อย่างน้อย 5 แกลลอน/นาที) และในช่องเติมควรมีตะแกรงลวดสเตนเลสไว้กรองสิ่งสกปรก นอกจากนั้นที่ช่องเติมควรมีฝาปิดที่เป็นเกลียวไว้ปิดให้มิดชิด ซึ่งฝาปิดนี้อาจใช้เป็นช่องสำหรับระบายอากาศด้วยในตัว แต่จะต้องมีไส้กรองอากาศ (filter – breather) เพื่อกรองฝุ่นไว้ด้วยและควรใช้ขนาดรูกรองไม่โตกว่า 40 ไมครอน

2.4.8 ช่องแสดงระดับน้ำมัน

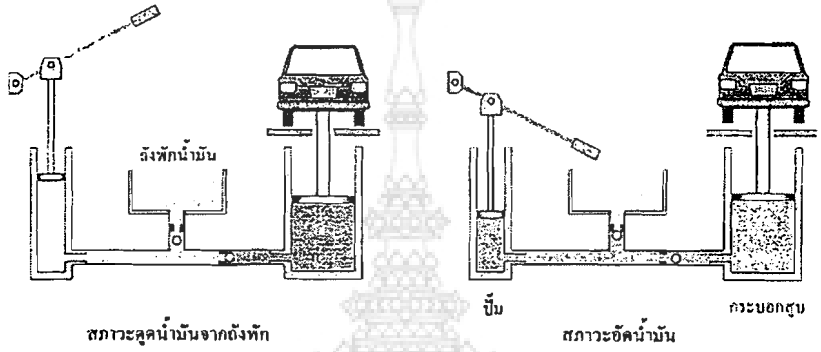
ช่องดังกล่าวเอาไว้ดูระดับน้ำมันในขณะที่เติมน้ำมัน นอกนั้นยังใช้เป็นที่สังเกตดูว่าในระบบมีการรั่วซึมของน้ำมันบ้างหรือไม่ ขนาดของช่องแสดงที่ใช้ควรมีความยาวพอที่จะแสดงระดับสูงสุดและต่ำสุดของน้ำมันในถังได้

2.4.9 ฐานที่ตั้งของถังพัก

ถังพักน้ำมันควรตั้งอยู่บนขารองรับซึ่งสูงจากพื้นอย่างน้อย 6 นิ้ว ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย รวมทั้งด้านล่างของถังจะได้มีการถ่ายเทความร้อนได้สะดวก อย่างไรก็ตามหากฝาด้านบนของถังพักใช้เป็นที่ติดตั้งอุปกรณ์ต้นกำลัง ก็ควรยึดขาตั้งให้แน่นกับพื้นโดยวางให้ได้แนวระดับเพื่อไม่ให้อุปกรณ์ต่างๆ สั่นสะเทือน

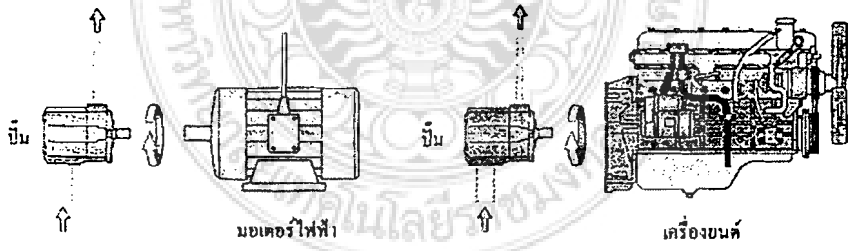
2.4.10 ปั๊มในระบบไฮดรอลิก

ปั๊ม เป็นหัวใจหลักของระบบไฮดรอลิก กล่าวคือ มันจำทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานกลที่ได้รับให้เป็นพลังงานของของไหลภายใต้ความดัน หลักการทำงานของปั๊มไฮดรอลิกโดยทั่วไปคือการดูดน้ำมันหรือของไหลต่อจากนั้นจะทำการอัดหรือสร้างความดันแล้วจ่ายให้กับระบบ ภาพที่ 2.64 นี้แสดงหลักการทำงานเบื้องต้นของปั๊มไฮดรอลิก



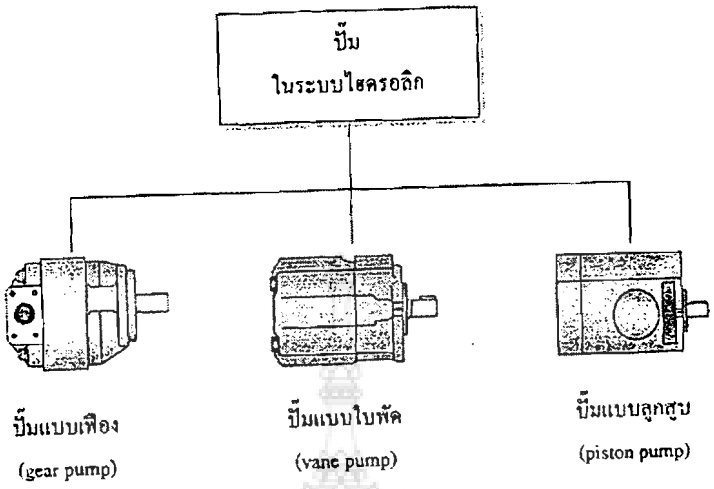
ภาพที่ 2.64 หลักการทำงานเบื้องต้นของปั๊มไฮดรอลิก

สำหรับในอุตสาหกรรมโดยส่วนใหญ่ พลังงานกลที่ใช้ในการขับปั๊มจะได้มาจากมอเตอร์ไฟฟ้า แต่ในกรณีที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าหรือไม่ได้ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ก็จะใช้เครื่องยนต์เป็นตัวขับ



ภาพที่ 2.65 ต้นกำลังส่วนใหญ่ที่ใช้ในการขับปั๊มไฮดรอลิก

การแบ่งประเภทของปั๊มไฮดรอลิกจะพิจารณาจากลักษณะโครงสร้างและหลักการทำงานเป็นหลักทั้งนี้สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ด้วยกันกล่าวคือ ปั๊มแบบเฟือง (gear pump) ปั๊มแบบใบพัด (vane pump) และปั๊มแบบลูกสูบ (piston pump) ดังแสดงในแผนภาพต่อไปนี้ ซึ่งจะแสดงทั้ง 3 ส่วน



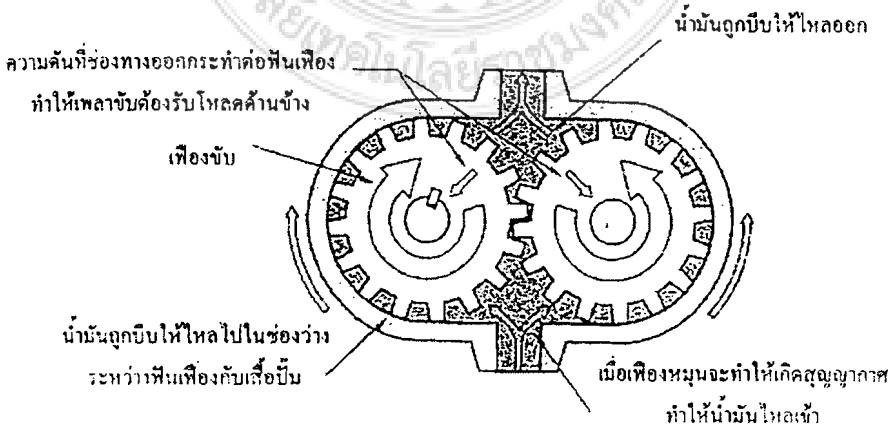
ภาพที่ 2.66 ประเภทของปั๊มในระบบไฮดรอลิก

2.4.11 ปั๊มแบบเฟือง

ปั๊มแบบเฟืองหรือ gear pump นิยมใช้กันค่อนข้างมากในระบบไฮดรอลิก เพราะมีโครงสร้างแบบง่ายๆ และราคาถูกเมื่อเทียบกับปั๊มชนิดอื่นๆ หากจะกล่าวกันไปแล้วปั๊มแบบเฟือนนี้ยังสามารถแบ่งออกได้อีก 4 ชนิดด้วยกัน ดังแสดงด้วยแผนภาพต่อไปนี้

1) ปั๊มแบบเฟืองฟันนอก

ปั๊มแบบเฟืองฟันนอกหรือ external gear pump ประกอบด้วยเฟืองฟันนอกสองตัวหมุนอยู่ในเสื้อปั๊มชุดเดียวกัน ในขณะที่ขับให้ปั๊มทำงาน เฟืองขับจะหมุนไปขบและขับเฟืองตามให้หมุนในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้น้ำมันจากถังพักถูกดูดเข้ามาในตัวปั๊มและถูกบีบให้ไหลออกทางด้านข้างของเฟืองทั้งสองก่อนที่จะไหลออกสู่ภายนอก



ภาพที่ 2.67 ปั๊มแบบเฟืองฟันนอก

เมื่อกำหนดให้

V_D = ปริมาณในการส่งจ่ายน้ำมัน (in^3/rev, m^3/rev)

D_O = ระยะจากจุดศูนย์กลางถึงปลายเฟือง (in , m)

D_i = ระยะจากจุดศูนย์กลางถึงฐานเฟือง (in , m)

L = ระยะของฟันเฟือง (in , m)

N = ความเร็วรอบของปั๊ม (rpm)

Q_T = อัตราการส่งจ่ายน้ำมันในเชิงทฤษฎี (gpm , m^3/min)

ดังนี้

$$V_D = \frac{\pi}{4}\left(D_0^2 - D_i^2\right) \cdot L$$

$$Q_T = V_D \cdot N \qquad (m^3 / min)$$

$$Q_T = \frac{V_D \cdot N}{231} \qquad (gpm)$$

ในความเป็นจริงแล้วระหว่างเฟืองจะมีช่องว่าง (clearance) อยู่ ส่งผลให้มีน้ำมันบางส่วนไหลย้อนกลับออกมา ทำให้การส่งจ่ายน้ำมันจริงๆ หรือในที่นี้คือ Q_A มีค่าน้อยกว่าในทางทฤษฎีหรือ Q_T สำหรับการรั่วไหลภายในนี้บางครั้งเรียกว่า " pump slippage"

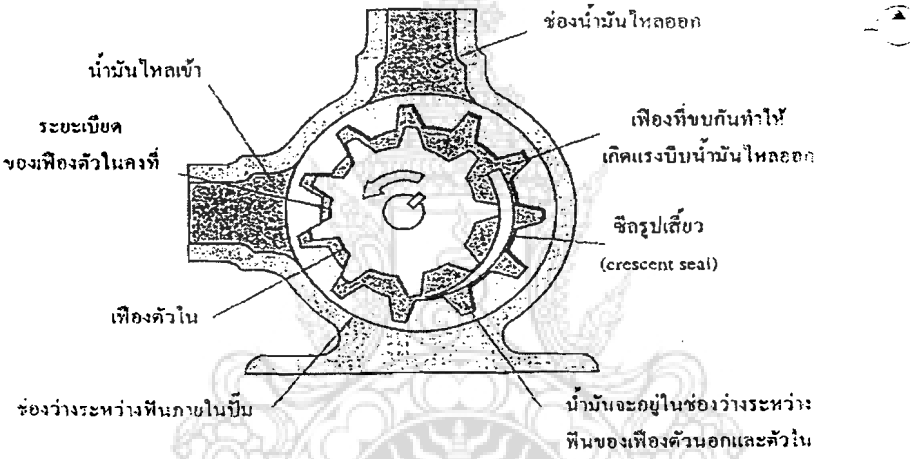
ประสิทธิภาพในการส่งจ่ายน้ำมันหรือประสิทธิภาพเชิงปริมาตร volumetric efficiency (η_v) โดยทั่วไปจะมีค่ามากกว่า 90% และสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

$$\eta_v = \frac{Q_A}{Q_T} \times 100$$

คุณสมบัติของปั๊มแบบเฟืองฟันนอก หรือ external gear pump นั้น โดยทั่วไปสามารถสรุปได้ว่า (1) สามารถส่งจ่ายน้ำมันได้ถึง 250 CM^3/rev (2) สามารถสร้างความดันได้ถึง 250 bar (3) ไม่สามารถปรับอัตราการจ่ายน้ำมันได้ (4) มีย่านความเร็วที่ดีแต่จะถูกกำหนดทิศทางในการหมุนเอาไว้ (5) มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนน้ำหนักเบา (6) เสียงดังระดับปกติ (7) ไวต่อเศษสิ่งสกปรก (8) ราคาถูก

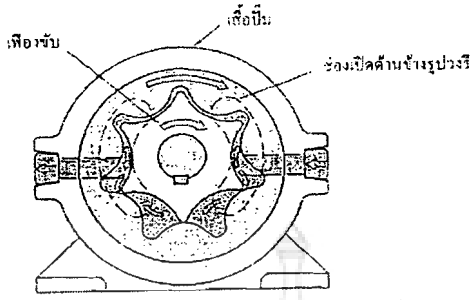
2.4.12 ปั๊มแบบเฟืองฟันใน

ปั๊มแบบเฟืองฟันในหรือ internal gear pump นี้มีเฟืองตัวในเป็นเฟืองฟันนอกและทำหน้าที่เป็นตัวขับเฟืองตัวนอกซึ่งเป็นเฟืองฟันใน ซีลที่มีลักษณะเป็นเสี้ยว (crescent seal) จะเป็นตัวทำให้เฟืองฟันทั้งสองขบกันอยู่ตลอดเวลาและทำหน้าที่เป็นซีลกั้นไม่ให้น้ำมันไหลย้อนกลับ ปั๊มแบบนี้มีคุณสมบัติทั่วไปพอที่จะสรุปได้ดังนี้คือ (1) จ่ายน้ำมันได้ถึง 250 cm3/rev และสร้างความดันได้ถึง 250 bar (2) ไม่สามารถปรับอัตราการจ่ายน้ำมันได้ (3) มีย่านความเร็วที่ดี (4) โครงสร้างไม่ซับซ้อน (5) ระดับเสียงในการทำงานต่ำ (6) ไวต่อเศษสิ่งสกปรก (7) สามารถเข้ากับน้ำมันได้ดี



ภาพที่ 2.68 ปั๊มแบบเฟืองฟันใน

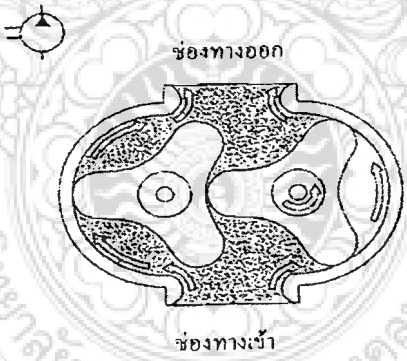
นอกจากนี้ปั๊มแบบเฟืองฟันใน ยังสามารถดัดแปลงเป็นปั๊มอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า " จีโรเตอร์ปั๊ม (gerotor punp)" ซึ่งปั๊มดังกล่าวนี้ไม่มีซีลกันรั่วที่มีลักษณะเป็นเสี้ยวแต่ฟันของเฟืองตัวในจะมีจำนวนน้อยกว่าฟันของเฟืองตัวนอกอยู่หนึ่งฟันเฟือง เนื่องจากเฟืองตัวนอกติดอยู่กับเสื้อปั๊ม ดังนั้นช่องทางดูดและออกจึงอยู่ที่ปลายทั้งสองด้านของเสื้อปั๊ม ปั๊มแบบนี้ความเร็วและความดันในการส่งจ่ายค่อนข้างต่ำเพราะแกนจะต้องหมุน 6 ถึง 9 รอบ จึงจะทำให้เฟืองหมุน 1 รอบ และหากหมุนด้วยความเร็วสูงๆ จะเกิดการสั่นเนื่องจากแรงหนีศูนย์กลางของฟันเฟืองเพราะโหลดทั้งสองด้านของปั๊มไม่เท่ากันนั่นเอง



ภาพที่ 2.69 จีโรเตอร์ปั๊ม

2.4.13 ปั๊มแบบโหลบ

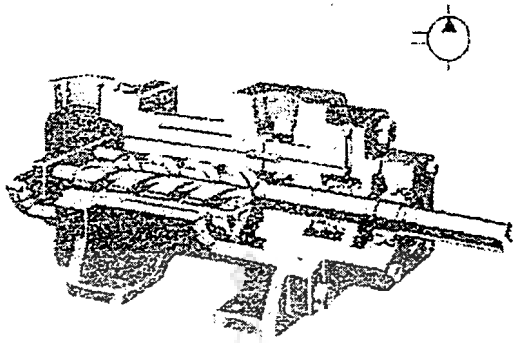
ปั๊มแบบโหลบหรือ lobe pump ทำงานคล้ายปั๊มแบบเฟืองฟันนอก กล่าวคือ ใช้โรเตอร์สองตัวที่มีโหลบ (lobe ความหมายในภาษาไทยคือ พู หรือ ลอน) ขบกัน ซึ่งตัวโรเตอร์เองอาจมีโหลบเป็น 2, 3, 4 หรือ อาจมากกว่าก็ได้ แต่ที่แสดงในรูปจะมี 3 โหลบ อย่างไรก็ตามโรเตอร์ทั้งสองตัวจะต้องมีตัวขับ ซึ่งโดยปกติตัวขับจะเป็นเฟืองอีกชุดหนึ่ง จากลักษณะของโรเตอร์ที่มีรูปร่างเป็นโหลบนี่เองจึงทำให้ไม่มีซีลกันรั่ว ดังนั้นจึงนิยมใช้ปั๊มแบบนี้เป็นตัวส่งน้ำมันที่มีปริมาณมากในระดับความดันต่ำๆ



ภาพที่ 2.70 ปั๊มแบบโหลบ

2.4.14 ปั๊มแบบสกรู

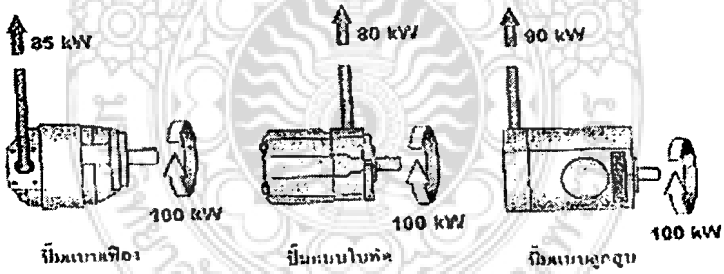
ปั๊มแบบสกรู หรือ screw pump เป็นปั๊มที่ส่งจ่ายน้ำมันในแนวแกนโดยใช้สกรูเป็นตัวบีบอัดน้ำมัน การหมุนของสกรูจนถึงทางออก ปั๊มแบบนี้การทำงานที่เรียบ ดูดอัดน้ำมันได้อย่างต่อเนื่องและมีความเร็วรอบสูงแต่ประสิทธิภาพต่ำเพราะมีความฝืดมากและความดันจำกัดเพียง 35 bar อัตราการส่งจ่ายน้ำมัน 450 l/min สำหรับเป็นแบบพิเศษสามารถสร้างความดันได้ถึง 250 bar



ภาพที่ 2.71 ปั๊มแบบสกรู

2.4.15 ประสิทธิภาพ

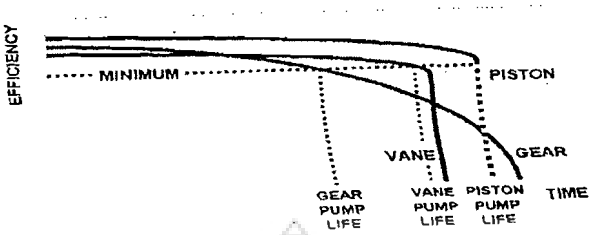
จากโครงสร้างและการทำงานของปั๊มแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน ย่อมทำให้ประสิทธิภาพแตกต่างกัน นอกจากนั้นเมื่อความดันในระบบเพิ่มขึ้นอัตราการส่งจ่ายน้ำมันก็จะลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพของปั๊มลดลงด้วย ประสิทธิภาพรวมของปั๊มแบบเฟืองโดยทั่วไปมีค่าประมาณ 0.7 – 0.91 ส่วนประสิทธิภาพรวมของปั๊มแบบใบพัดมีค่าประมาณ 0.8 – 0.93 และประสิทธิภาพรวมของปั๊มแบบลูกสูบมีค่าประมาณ 0.8 – 0.93



ภาพที่ 2.72 ประสิทธิภาพของปั๊มไฮดรอลิกชนิดต่างๆ

2.4.16 อายุการใช้งาน

การกำหนดอายุการใช้งานของปั๊มจะคิดเป็นชั่วโมงการทำงาน ปั๊มไฮดรอลิกโดยทั่วไปมีอายุการใช้งานประมาณ 10,000 ชั่วโมง หรือ 1 ปี แต่บางชนิดก็อาจมีอายุการใช้งาน 3 – 5 ปี โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างและ การออกแบบรวมถึงวิธีในการใช้งานของปั๊มแต่ละชนิด และแผนภาพของภาพที่ 2.73 แสดงถึงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพเทียบกับอายุการใช้งานของปั๊มชนิดต่างๆ



ภาพที่ 2.73 ประสิทธิภาพเทียบกับอายุการใช้งานของปั๊มไฮดรอลิกชนิดต่างๆ

2.4.17 ขนาด รูปร่าง และน้ำหนัก

ปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งในการเลือกปั๊ม ก็คือ ขนาด รูปร่าง และน้ำหนักที่เหมาะสม เนื่องจากเครื่องจักรบางประเภทต้องติดตั้งปั๊มไว้บนถังพักน้ำมันหรืออาจติดตั้งไว้ภายในตัวเครื่องจักรเองเลยก็ได้

ภาพที่ 2.74 การเปรียบเทียบน้ำหนักของปั๊มไฮดรอลิกชนิดต่างๆ ที่อัตราการจ่ายน้ำมัน 100 cm^3/rev

2.4.18 ความเหมาะสมระหว่างตัวปั๊มและน้ำมันที่ใช้

การเลือกและกำหนดขีดความสามารถของปั๊มขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันที่ใช้ เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำมัน เช่น ค่าความหนืด ความหนาแน่น การกลายเป็นไอหรือฟอง ความหล่อลื่น ความต้านทานการกัดกร่อนอุณหภูมิและผลกระทบที่มีต่อซีล ฯลฯ ล้วนมีผลโดยตรงต่อปั๊มทั้งสิ้น ของเหลวหรือน้ำมันที่ใช้ได้ดีกับปั๊ม ได้แก่ น้ำมันไฮดรอลิกซึ่งผลิตจากฐานปิโตรเลียมที่มีการผสมสารป้องกันและมีความหนืดพอเหมาะ อย่างไรก็ตามโดยทั่วไป ผู้ผลิตปั๊มจะระบุชนิดของน้ำมันที่ใช้ร่วมกับปั๊มเอาไว้เสมอ

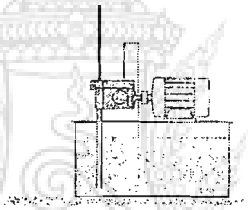
ห้องสมุดกลางเทเวศร์

2.4.19 การติดตั้งปั๊มไฮดรอลิก

วิธีการติดตั้งปั๊มเข้ากับถังพักน้ำมันไฮดรอลิกมีอยู่หลายรูปแบบด้วยกัน โดยในลำดับต่อไปนี้เป็นกล่าวถึงวิธีการเหล่านั้น พร้อมสรุปประเด็นที่น่าสนใจในการติดตั้งแต่ละวิธี

1) การติดตั้งปั๊มด้านบนถังพักน้ำมัน

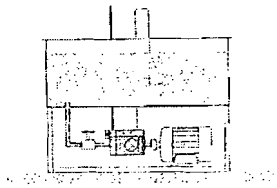
การติดตั้งปั๊มด้านบนถังพักน้ำมัน อาจเรียกอีกอย่างได้ว่า negative head layout ซึ่งหมายถึงว่าระดับน้ำมันอยู่ต่ำกว่าปั๊ม การติดตั้งในลักษณะนี้ปั๊มต้องทำงานหนักเนื่องจากต้องสร้างความเป็นสุญญากาศให้มากพอจึงสามารถดูดน้ำมันเข้าที่ท่อดูดได้ ดังนั้นจึงมีโอกาสเกิดปรากฏการณ์คาวิเตชันหรือเกิดฟองอากาศขึ้นที่ท่อดูดและอาจส่งผลให้เกิดการชำรุดเสียหายแก่ปั๊มได้ นอกจากนั้นอาจมีอากาศภายนอกรั่วซึมเข้าไปตามรอยรั่วของท่อดูดที่อยู่เหนือระดับน้ำมันที่เรียกว่าปรากฏการณ์ อะเรชัน (aeration) ส่งผลให้การทำงานของระบบคลาดเคลื่อนได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามการติดตั้งแบบนี้มีข้อดีในแง่ของความสะดวกในการตรวจเช็ค ติดตั้ง และซ่อมบำรุง



ภาพที่ 2.75 การติดตั้งปั๊มด้านบนถังพักน้ำมัน

2) การติดตั้งปั๊มด้านล่างถังพักน้ำมัน

การติดตั้งปั๊มด้านล่างถังพักน้ำมัน อาจเรียกอีกอย่างได้ว่า positive head layout ซึ่งหมายถึงว่าระดับน้ำมันอยู่สูงกว่าปั๊ม การติดตั้งแบบนี้จะมีความดันเนื่องจากน้ำหนักของน้ำมันหรือความดันเนื่องจากความสูงช่วยดันน้ำมันเข้าปั๊ม ส่งผลให้ปั๊มทำงานเบากว่าในแบบที่ผ่านมาและโอกาสเกิดคาวิเตชันก็น้อยกว่าด้วย อย่างไรก็ตามการติดตั้งแบบนี้จะต้องมีวาล์วเปิด/ปิด ระหว่างท่อดูดกับถังพักน้ำมันเพื่อใช้ในกรณีที่มีการตรวจซ่อม ส่วนการตรวจเช็คหรือซ่อมบำรุงค่อนข้างทำได้ลำบากเนื่องจากมีพื้นที่จำกัดเพราะอยู่ด้านล่างถังพักน้ำมัน



ภาพที่ 2.76 การติดตั้งปั๊มด้านล่างถังพักน้ำมัน

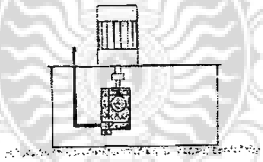
3) การติดตั้งปั๊มด้านข้างถังพักน้ำมัน

การติดตั้งปั๊มด้านข้างถังพักน้ำมันอาจเรียกอีกอย่างว่า flooded suction layout ซึ่งนั่นหมายถึงว่าที่ท่อดูดจะมีน้ำมันมาดัน (ท่วม) อยู่ตลอดเวลาแต่จะน้อยกว่าแบบที่ปั๊มอยู่ด้านล่างถังพัก การติดตั้งแบบนี้จะมีข้อดีในแง่ของการตรวจเช็คและซ่อมบำรุง แต่พื้นที่ในการติดตั้งเมื่อรวมกับถังพักน้ำมันแล้วต้องใช้มากกว่าแบบอื่นๆ

ภาพที่ 2.77 การติดตั้งปั๊มด้านข้างถังพักน้ำมัน

4) การติดตั้งปั๊มในถังพักน้ำมัน

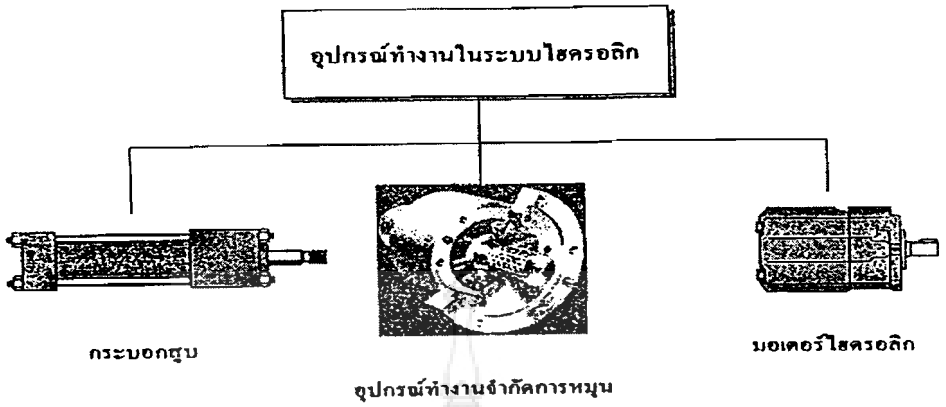
การติดตั้งปั๊มในถังพักน้ำมันอาจเรียกอีกอย่างว่า immersed pump หรือการจุ่มปั๊มลงในถังพัก การติดตั้งปั๊มแบบนี้มีข้อดีในแง่ของการประหยัดพื้นที่ในการติดตั้งไม่จำเป็นต้องมีท่อดูด สามารถป้องกันอากาศหรือเศษสิ่งสกปรกจากภายนอกเข้าไปในระบบ ระดับเสียงในการทำงานต่ำ อายุการใช้งานของปั๊มยาวนานกว่าการติดตั้งแบบอื่น แต่มีข้อเสียคือ การตรวจเช็คและซ่อมบำรุงค่อนข้างทำได้ลำบากและยุ่งยาก



ภาพที่ 2.78 การติดตั้งปั๊มในถังพักน้ำมัน

2.4.20 อุปกรณ์ทำงานในระบบไฮดรอลิก

อุปกรณ์ทำงาน (actuators) ในระบบไฮดรอลิก โดยทั่วไปจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานของไหลหรือน้ำมันให้เป็นพลังงานกล ซึ่งถ้าหากเราจะคิดแบ่งประเภทตามลักษณะของการเคลื่อนที่แล้วก็สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ด้วยกันกล่าวคือ (1) อุปกรณ์ทำงานที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ซึ่งโดยทั่วไปจะหมายถึงกระบอกสูบหรือ cylinders (2) อุปกรณ์ทำงานที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นเชิงมุมแต่จะมีการจำกัดการหมุนเอาไว้หรือ rotary actuators และ (3) อุปกรณ์ทำงานที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นเชิงมุมและสามารถหมุนได้รอบตัวซึ่งในที่นี้ หมายถึงมอเตอร์ไฮดรอลิก (hydraulic motors)



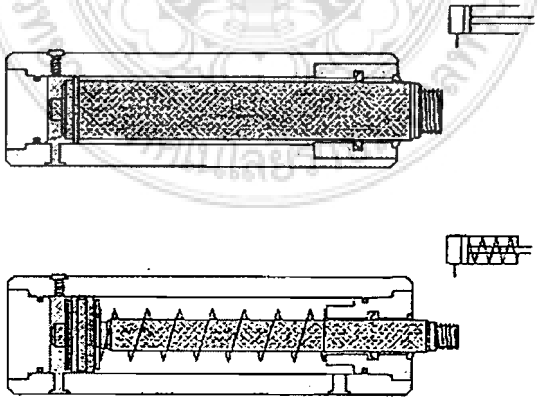
ภาพที่ 2.79 ประเภทของอุปกรณ์ทำงานในระบบไฮดรอลิก

2.4.21 กระบอกสูบ

กระบอกสูบ (cylinders) หรืออุปกรณ์ทำงานที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงเมื่อได้พลังงานจากน้ำมัน สามารถแบ่งออกได้อีกหลายประเภทด้วยกัน

2.4.22 กระบอกสูบทำงานทางเดียว

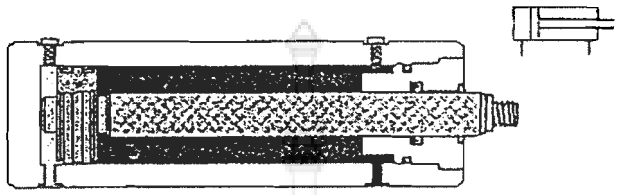
กระบอกสูบทำงานทางเดียวหรือ single acting cylinder เป็นอุปกรณ์ทำงานที่รับน้ำมันเข้าท้ายกระบอกสูบเพียงทางเดียว ทั้งนี้เพื่อผลักให้ลูกสูบรวมทั้งก้านสูบเคลื่อนที่ออกไปผลักดันชิ้นงานหรือชิ้นส่วนทางกลสำหรับที่ลูกสูบเคลื่อนที่จะกลับจะใช้สปริง หรือบางชนิดอาจใช้ชิ้นงานหรือน้ำหนักของตัวก้านสูบเองเป็นตัวดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่เข้า



ภาพที่ 2.80 กระบอกสูบทำงานทางเดียว

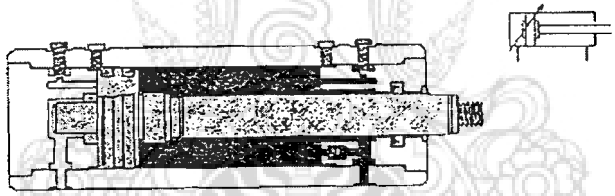
2.4.23 กระบอกสูบทำงานสองทาง

กระบอกสูบทำงานสองทางหรือ double acting cylinder เป็นอุปกรณ์ทำงานที่ทั้งการที่เคลื่อนที่ออกและการเคลื่อนที่เข้าจะอาศัยความดันของน้ำมันในการผลักดัน



ภาพที่ 2.81 กระบอกสูบทำงานสองทาง

ยังมีกระบอกสูบทำงานสองทางอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถลดการกระแทกในการเคลื่อนที่ของลูกสูบกับฝาปิดหัวท้ายได้ โดยทั้งนี้จะอาศัยการอั้นของน้ำมันก่อนที่จะเคลื่อนที่สุดช่วงชักในแต่ละด้าน



ภาพที่ 2.82 กระบอกสูบทำงานสองทางชนิดมีกันกระแทก (cushion)

2.4.24 การคำนวณค่าต่าง ๆ เกี่ยวกับกระบอกสูบ

สำหรับในที่นี้จะขอกล่าวถึงเพียงกระบอกสูบแบบทำงานสองทางเท่านั้น เนื่องจากเป็นกระบอกสูบมาตรฐานส่วนใหญ่ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม

1) แรงและความเร็วจังหวะเลื่อนออก

แรงที่ได้จากกระบอกสูบในจังหวะที่เลื่อนออกสามารถคำนวณหาค่าได้จากสมการพื้นฐานต่อไปนี้

$$F = p \cdot A$$

เมื่อ F = แรงที่ได้ (li,N)

P = ความดันน้ำมัน (psi,N/m²)

A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (in²,m²)

ความเร็วที่ได้จากกระบอกสูบในจังหวะเลื่อนออกสามารถคำนวณหาค่าได้จากสมการพื้นฐานต่อไปนี้

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

V = ความเร็วที่ได้ (ft/sec,m/sec)

Q = อัตราการไหลของน้ำมันเข้ากระบอกสูบ (ft^3/sec,m^3/sec)

A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (ft^2,m^2)

2) แรงและความเร็วของกระบอกสูบจังหวะเลื่อนเข้าแรงและความเร็วของกระบอกสูบในจังหวะที่ก้านสูบเลื่อนเข้าสามารถหาได้โดย

$$F = p \cdot (A_p - A_R)$$

$$V = \frac{Q}{(A_p - A_R)}$$

A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (in^2/m^2)

A = พื้นที่หน้าตัดของก้านสูบ (in^2/m^2)

3) กำลังของกระบอกสูบที่เกิดขึ้นกับกระบอกสูบสามารถหาค่าได้จากสมการต่อไปนี้

$$H_P = \frac{V(ft/\sec) \cdot F(lb)}{550}$$

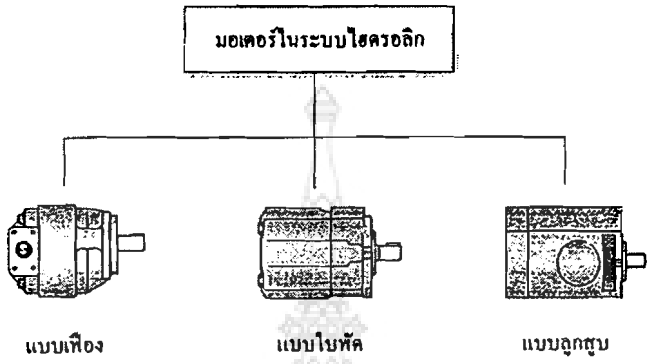
$$H_P = \frac{Q(gpm) \cdot p(psi)}{1{,}714}$$

$$kW = Q(m^3/\sec) \cdot p(kPa)$$

2.4.25 มอเตอร์ไฮดรอลิก

มอเตอร์ไฮดรอลิก เป็นอุปกรณ์ทำงานอีกประเภทหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของไหลหรือน้ำมันไฮดรอลิกให้เป็นกำลังงานทางกลโดยมีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงหมุนและ

สามารถหมุนได้รอบตัว หากจะกล่าวไปแล้วมอเตอร์และปั๊มไฮดรอลิกจะมีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้นมอเตอร์ไฮดรอลิกก็สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 2.83 ประเภทของมอเตอร์ไฮดรอลิก

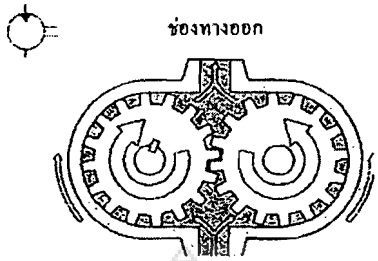
ดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้นแล้วว่าโครงสร้างโดยทั่วไปของมอเตอร์กับปั๊มไฮดรอลิกจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน แต่ปั๊มมักจะถูกจำกัดทิศทางการหมุนให้เป็นไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งเท่านั้น ทั้งนี้ก็เพราะช่องทางดูดกับช่องทางส่งออกทนความดันได้แตกต่างกันนั่นเอง นอกจากนั้นประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั๊มจะมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพเชิงกล ในขณะที่ประสิทธิภาพเชิงกลและประสิทธิภาพรวมของมอเตอร์จะมีค่าสูงกว่าปั๊ม ดังนั้นหากเราต้องการนำปั๊มมาใช้แทนมอเตอร์ควรจะต้องปรับสภาพภายในปั๊มเสียก่อนซึ่งเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก

2.4.26 มอเตอร์แบบเฟือง

แรงบิด (torque) ของมอเตอร์แบบเฟือง (gear motor) นี้เกิดจากความดันที่กระทำต่อฟันเฟือง ปริมาตรความจุเป็นแบบคงที่ปรับไม่ได้ สามารถหมุนกลับทิศทางได้แต่ต้องกลับชิ้นส่วนภายใน มอเตอร์แบบเฟืองยังแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดเหมือนกับปั๊มแบบเฟือง กล่าวคือ (1) แบบเฟืองฟันนอก หรือ external gear motor (2) แบบเฟืองฟันใน หรือ internal gear motor และ (3) แบบสกรู หรือ screw motor

1) มอเตอร์แบบเฟืองฟันนอก

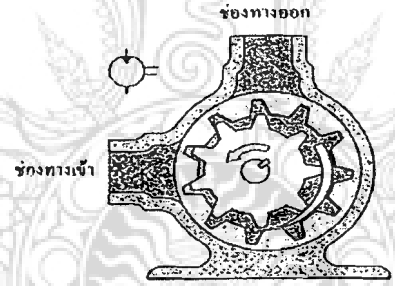
หลักการทำงานของมอเตอร์แบบเฟืองฟันนอก กล่าวคือความดันน้ำมันที่เข้ามาจะไหลไป รอบ ๆ เฟืองที่สัมผัสกับผนังเสื้อภายในมอเตอร์แล้วผลักดันให้ฟันเฟืองเคลื่อนที่หมุนขบกันไป เฟืองทั้งสองที่ขบกันนี้มีเพลาติดอยู่ทำให้ได้แรงบิดที่เพลาหมุนขับโหลดได้



ภาพที่ 2.84 มอเตอร์แบบเฟืองฟันนอก

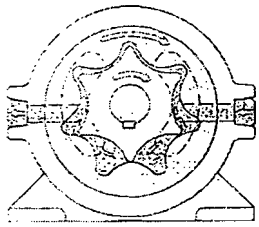
2) มอเตอร์แบบเฟืองฟันใน

มอเตอร์แบบเฟืองฟันใน จะมีเฟืองตัวนอกเป็นเฟืองแบบฟันในซึ่งจะขบกับเฟืองตัวในซึ่งเป็นเฟืองฟันนอก เมื่อความดันน้ำมันเข้าสู่ช่องทางเข้าและไหลเข้าสู่ช่องว่างระหว่างฟันเฟืองผลักดันให้เฟืองหมุนไป เมื่อน้ำมันไหลไปถึงปลายส่วนที่เป็นเสี้ยววงโค้งความดันจะค่อย ๆ ลดลงและไหลกลับสู่ถังพักสำหรับมอเตอร์แบบนี้สามารถใช้ที่ความดันและความเร็วสูงกว่ามอเตอร์แบบเฟืองฟันนอก



ภาพที่ 2.85 มอเตอร์แบบเฟืองฟันใน

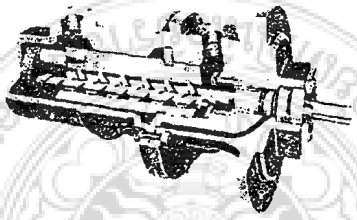
มอเตอร์เฟืองฟันในอีกประเภทหนึ่ง คือ "จีโรเตอร์ (gerotor)" มอเตอร์แบบนี้ เฟืองตัวในจะมีจำนวนฟันเฟืองน้อยกว่าเฟืองตัวนอกอยู่หนึ่งฟันเฟืองเสมอ เพื่อทำหน้าที่เป็นซีล เฟืองตัวนอกจะหมุนอย่างอิสระอยู่ภายในตัวเสื้อและเฟืองตัวในจะหมุนไปในทิศทางเดียวกันแต่จะถูกยึดติดอยู่กับแกนเพลา



ภาพที่ 2.86 มอเตอร์เฟืองฟันจีโรเตอร์

3) มอเตอร์แบบสกรู

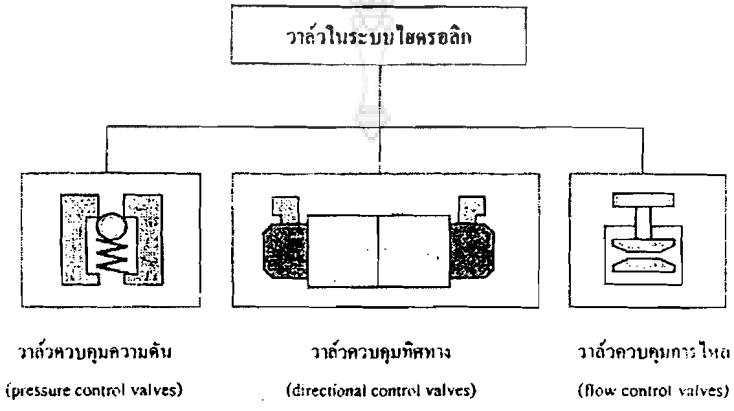
มอเตอร์แบบสกรู จะใช้วิธีขบกันของเฟืองสกรูสามตัว โดยทั้งนี้จะเป็นโรเตอร์เพลาขับโหลดหนึ่งตัวและอีกสองตัวเป็นตัวช่วยในการขับโรเตอร์ มอเตอร์แบบนี้สามารถใช้ได้กับความดันถึง 3,000 psi และมีปริมาตรความจุเป็น 13.9 in^3



ภาพที่ 2.87 มอเตอร์แบบสกรู

2.4.27 วาวล์ในระบบไฮดรอลิก

หากเราต้องการให้อุปกรณ์ทำงาน เช่น กระบอกสูบ มีการเลื่อนออกหรือเลื่อนเข้า นั่นหมายความว่าเราต้องมีการควบคุมทิศทางของน้ำมัน และหากต้องการควบคุมความเร็วของกระบอกสูบ (v = Q/A) ก็จำเป็นต้องมีควบคุมอัตราการไหลของน้ำมัน นอกจากนั้นหากยังต้องการควบคุมแรงที่ได้จากกระบอกสูบ (F = p·A) ให้เป็นไปตามความต้องการเราก็จำเป็นต้องมีการควบคุมความดันของน้ำมัน เพื่อให้ความต้องการดังกล่าวบรรลุผล ในระบบไฮดรอลิกจึงมีอุปกรณ์อีกกลุ่มหนึ่งที่เรียกว่า " วาล์ว (valve)" สำหรับวาล์วในระบบไฮดรอลิกโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มด้วยกัน ตามหน้าที่ดังกล่าวมาในข้างต้น



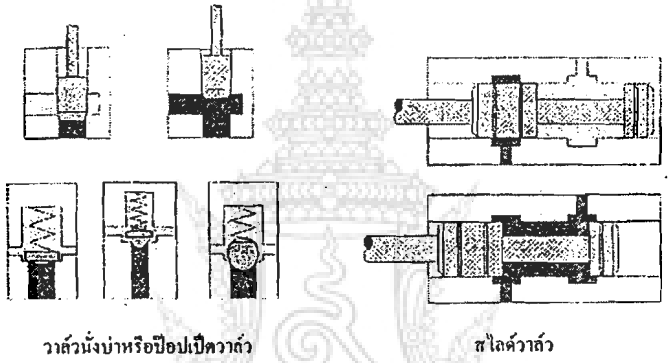
ภาพที่ 2.88 ประเภทของวาล์วในระบบไฮดรอลิก

2.4.28 วาล์วควบคุมทิศทาง

วาล์วควบคุมทิศทาง หรือ directional control valves เป็นวาล์วที่มีเลือกทิศทางการไหลของน้ำมันให้หยุดหรือเป็นไปตามทิศทางที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อให้วงจรหรือเงื่อนไขหรืออุปกรณ์ทำงาน เช่น กระบอกสูบ มอเตอร์ สามารถทำงานหรือเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ถูกต้อง

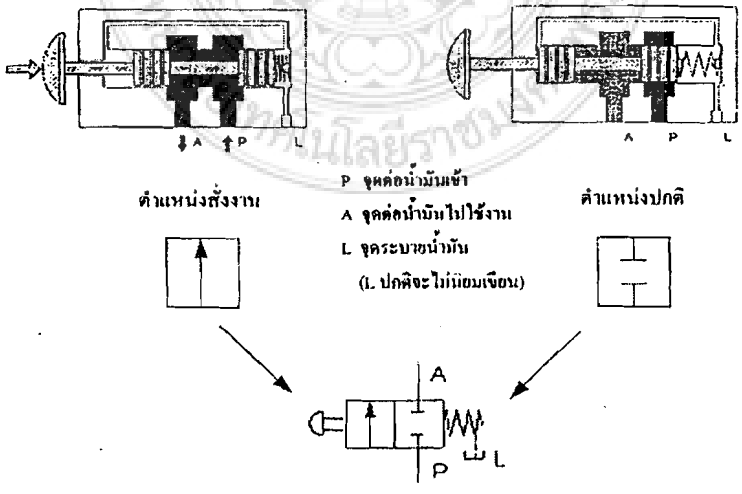
โครงสร้าง สัญลักษณ์ และการเรียกชื่อวาล์ว

โครงสร้างของวาล์วควบคุมทิศทางโดยทั่วๆ ไปสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือ วาล์วแบบนั่งบ่าหรือป๊อปเป็ตวาล์ว (poppet valves) และสไลด์วาล์ว (slide valve)



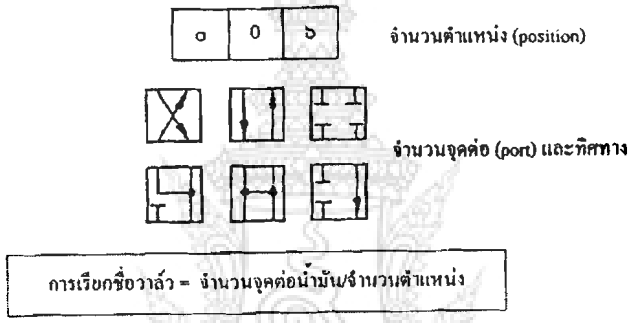
ภาพที่ 2.89 โครงสร้างพื้นฐานของวาล์วควบคุมทิศทาง

ถามว่าวาล์วในกลุ่มนี้สามารถควบคุมทิศทางของน้ำมันได้อย่างไร ในลำดับต่อไปนี้เราจะมาหาคำตอบของคำถามดังกล่าว โดยขอยกตัวอย่างด้วยโครงสร้างของวาล์วในภาพที่ 2.90



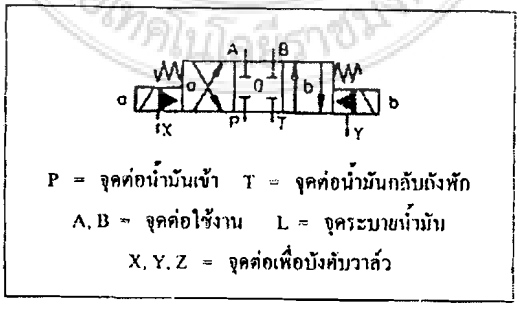
ภาพที่ 2.90 ตัวอย่างโครงสร้าง การทำงาน และสัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมทิศทาง

จากโครงสร้างของวาล์วในภาพที่ 2.90 เราจะเห็นว่าวาล์วมีตำแหน่ง (position) ในการทำงานอยู่ 2 ตำแหน่งคือตำแหน่งปกติและตำแหน่งสั่งงาน สำหรับตำแหน่งปกติหากต่อน้ำมันเข้าที่จุด (port) P น้ำมันไม่สามารถผ่านออกไปยังจุด A ได้ แต่หากมีการกดหรือสั่งงานให้วาล์วเลื่อนเปลี่ยนตำแหน่งน้ำมันก็จะสามารถผ่านออกไปยัง A ได้ จากโครงสร้างและหลักการทำงานดังกล่าวสามารถเขียนอยู่ในรูปของสัญลักษณ์ได้ดังภาพที่ 2.90 ด้านล่าง แล้วเราจะเรียกชื่อวาล์วตัวนี้ว่าอะไรดี การเรียกชื่อวาล์วควบคุมทิศทางโดยทั่วไปจะเรียกจาก จำนวนจุดต่อน้ำมัน/จำนวนตำแหน่งในการเลื่อนวาล์ว ดังนั้นวาล์วในภาพที่ 2.91 ก็คือ วาล์ว 2/2 นั่นเอง



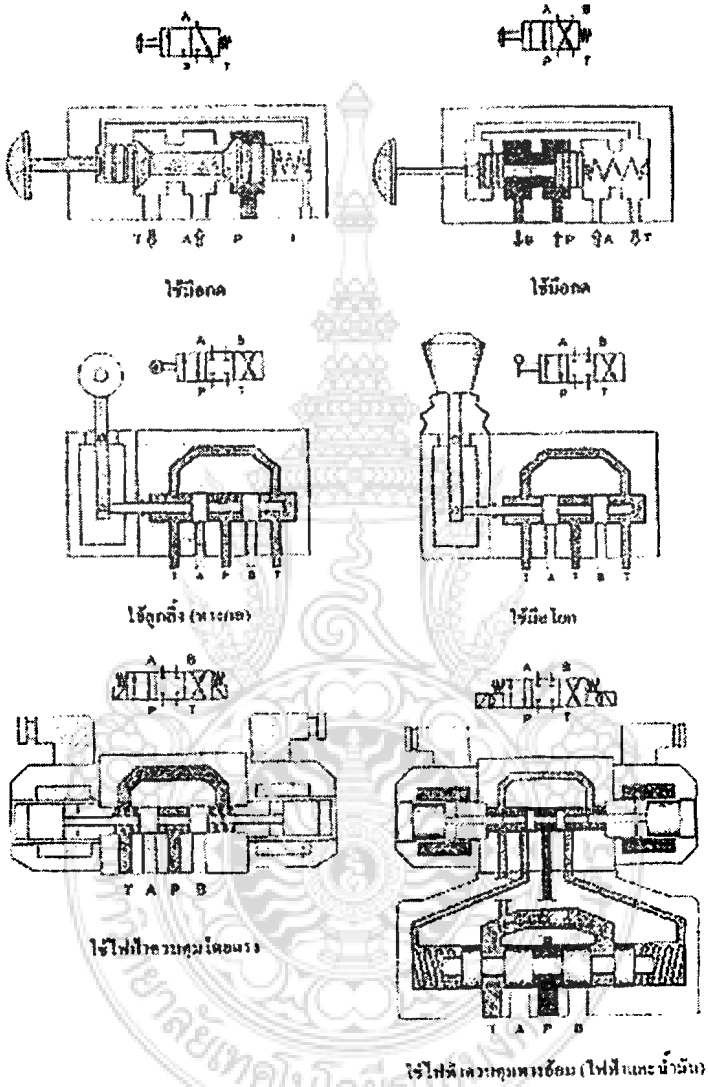
ภาพที่ 2.91 ตัวอย่างสัญลักษณ์ทั่วไปของวาล์วควบคุมทิศทาง

การกำหนดรหัสจุดต่อน้ำมัน (marking of port) ของวาล์วควบคุมทิศทางโดยทั่วไปมักใช้ตัวอักษรและเขียนกำกับไว้ในตำแหน่งปกติของวาล์ว ซึ่งภายในหนึ่งตำแหน่งใดๆ ก็ตามจำนวนจุดต่อน้ำมันจะเท่ากันเสมอดังแสดงตัวอย่างในลำดับต่อไปนี้ (วาล์ว 4/3)



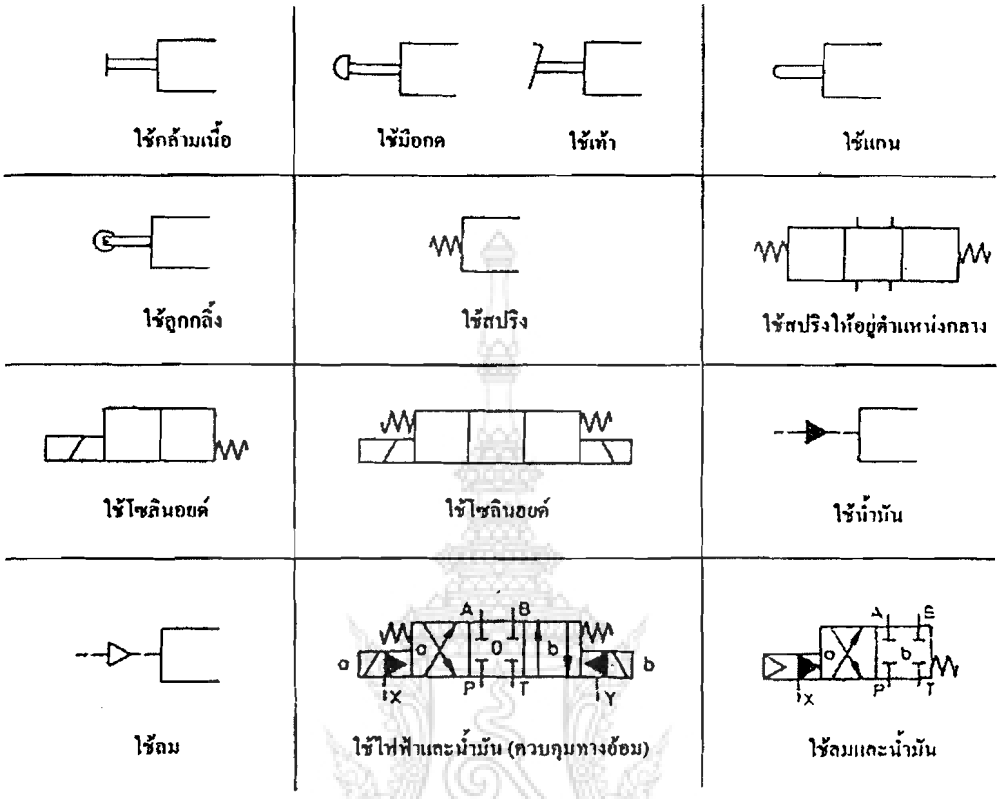
ภาพที่ 2.92 การกำหนดรหัสที่จุดต่อน้ำมันของวาล์วควบคุมทิศทาง

ในลำดับต่อไปนี้เป็นตัวอย่างแสดงโครงสร้างภายในของวาล์วควบคุมทิศทางและวิธีในการเลื่อนวาล์วแบบต่างๆ



ภาพที่ 2.93 ตัวอย่างโครงสร้างและสัญลักษณ์ของการเลื่อนวาล์วด้วยวิธีการต่างๆ

การเลื่อนให้วาล์วควบคุมทิศทางเปลี่ยนตำแหน่งนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของการนำไปใช้งานที่แตกต่างกันออก



ภาพที่ 2.94 การเลื่อนวาล์วด้วยวิธีการต่างๆ

2.5 <u>รีเลย์ (RELAY)</u>

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กระแสต่ำๆเพื่อควบคุมสวิตช์ให้ตัดต่อโหลดที่มีกระแสสูงๆ โครงสร้างส่วนประกอบของรีเลย์ แสดงในรูปการทำงานของรีเลย์ คือ เมื่อแรงดันตกคร่อมขดลวดจะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขดลวด ซึ่งทำให้หน้าสัมผัสเคลื่อนที่ เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดูดหน้าสัมผัส NO (ปกติเปิดวงจร : normally) ให้ต่อวงจร และเมื่อปลดแรงดันออก สนามแม่เหล็กก็จะหมดลงหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ก็จะดีดกลับมาต่อยังหน้าสัมผัส NC (ปกติต่อวงจร : normally close)

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ที่มีความเร็วในการทำงานต่ำ ดังนั้นในรีเลย์ชนิดแรงดันต่ำจะใช้เวลาในการทำงานราว 15-30 มิลลิวินาที และใช้เวลามากกว่า 100 มิลลิวินาที สำหรับรีเลย์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในวงจรมอเตอร์

เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวด จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปดันให้แผ่นเหล็กทั้งสองในหลอดแก้วสัมผัสกัน ซึ่งก็จะเป็นการต่อวงจรรีดรีเลย์ต้องการแรงดันประมาณ 10 โวลต์และกระแส 10 มิลลิแอมป์ เป็นอย่างน้อยในการทำงาน สำหรับหน้าสัมผัสของรีเลย์ทดกระแสได้ประมาณ 200 มิลลิแอมป์ ที่แรงดันโหลดประมาณ 100 โวลต์

2.6 มอเตอร์กระแสตรง

2.6.1 การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานแม่เหล็กเพื่อผลิตพลังงานเชิงกล หลักการทำงานของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับอัตรกิริยากับสนามแม่เหล็กสองสนาม หลักการที่ง่ายสามารถสรุปได้ว่ามอเตอร์ไฟฟ้าทำงานด้วยหลักการที่ว่าสนามแม่เหล็กสองสนามจะมีอันตรริยาเพื่อทำให้เกิดความเคลื่อนที่ จุดประสงค์หลักการใช้มอเตอร์คือการผลิตแรงของการหมุน(ค่าทอร์ก)

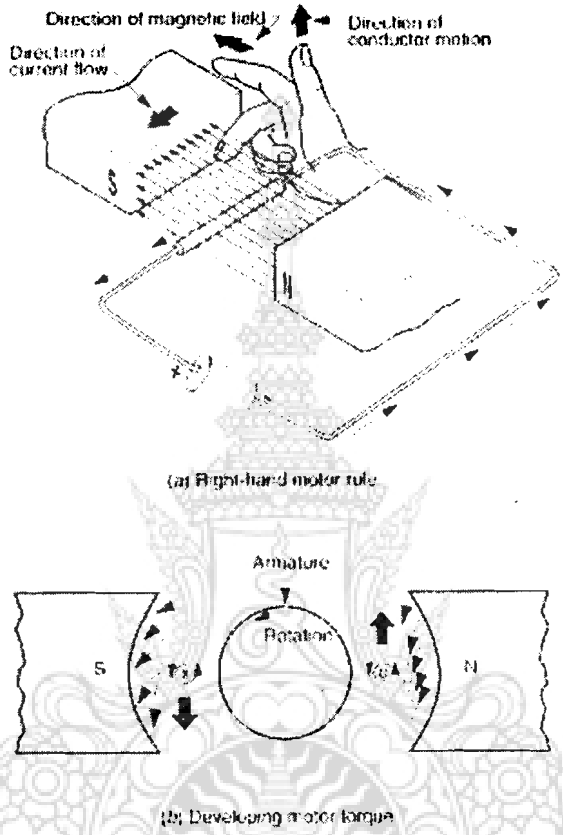
ในปกติจะไม่มักนิยมใช้มอเตอร์กระแสตรงในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะอุปกรณ์ทั้งหลายออกแบบไว้สำหรับการใช้มอเตอร์กระแสสลับ นอกจากบางกรณีเท่านั้น ซึ่งจะแปลงกระแสสลับมาเป็นกระแสตรงเพื่อใช้สำหรับมอเตอร์กระแสตรง ใช้มอเตอร์กระแสตรงเมื่อต้องการค่าทอร์กและการควบคุมอัตราเร็ว เพื่อให้สอดคล้องกับการประยุกต์ใช้งาน

ตัวนำที่มีกระแสไหลจะวางในตำแหน่งตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กและมีแนวโน้มเคลื่อนที่ในทิศตั้งฉากกับสนาม ขนาดของแรงแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับความแรงของสนาม ปริมาณกระแสในตัวนำและความยาวของลวดตัวนำ

เพื่อจะหาทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำที่มีกระแสในสนามแม่เหล็กเราจะใช้กฎมือขวาดังแสดงในภาพ 2.95 กำหนดให้หัวแม่มือและนิ้วชี้และนิ้วกลางจัดฉากซึ่งกันและกัน โดยนิ้วชี้ ชี้ตามทิศของสนามแม่เหล็ก นิ้วกลางชี้ทิศทางการไหลของกระแส(- หรือ +) ในตัวนำนิ้วหัวแม่มือชี้ทิศการเคลื่อนที่ของการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำในภาพที่ 2.95(b) แสดงการเกิดค่าทอร์กที่เกิดจากขดลวดที่มีกระแสเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กอันตรกริยาระหว่างสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ทำให้เส้นโค้ง เมื่อเส้นแรงนี้จะพยายามกลับมาเป็นเส้นตรงจะทำให้เกิดการหมุนทางด้านซ้ายของตัวนำจะมีแรงชี้ลงและทางด้านขวามือของตัวนำจะมีแรงชี้ขึ้นทำให้อาร์มาเจอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา

มอเตอร์กระแสตรงและเจนเนอเรเตอร์มีหลักการสร้างอย่างเดียวกัน ฉะนั้นเครื่องจักรกระแสตรงจำทำงานมอเตอร์และเจนเนอเรเตอร์มอเตอร์กระแสตรงแม่เหล็กถาวรเป็นมอเตอร์ที่ใช้สนามแม่เหล็กหลักจากแม่เหล็กถาวรใช้แม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสนามทุติยภูมิหรือฟลักซ์อาร์มาเจอร์ ภาพที่ 2.96 แสดงหลักการทำงานของมอเตอร์แม่เหล็กถาวรกระแสไหลจากขดลวดอาร์มาเจอร์จากแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรง จะทำให้อาร์มาเจอร์เป็นแม่เหล็ก ขั้วแม่เหล็กของอาร์มาเจอร์จะมีขั้วตรงข้ามกับขั้วของสนามหลัก ทำให้อาร์มาเจอร์มีการหมุนในภาพ 2.96(a) อาร์มาเจอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา เมื่อขั้วอาร์มาเจอร์อยู่ในแนวเดียวกับแนวสนามเหล็ก ขนแปรงจะอยู่ในช่องว่างของคอมมิวเตเตอร์ จะไม่มีกระแสไหลผ่านในขดขวดอาร์มาเจอร์ ดังนั้นแรงแม่เหล็กจะเป็นแรงผลักกัน ดังรูปแสดงในภาพ 2.96 (b) ความเฉื่อยจะทำให้อาร์มาเจอร์ผ่านนิวทรัลพอยน์ท คอมมิวเตเตอร์จะกลับทิศกระแสในอาร์มาเจอร์ เมื่อขั้วแม่เหล็กตรงกันข้ามตรงกัน จึงทำให้ขั้วแม่เหล็กของอาร์มาเจอร์จะ

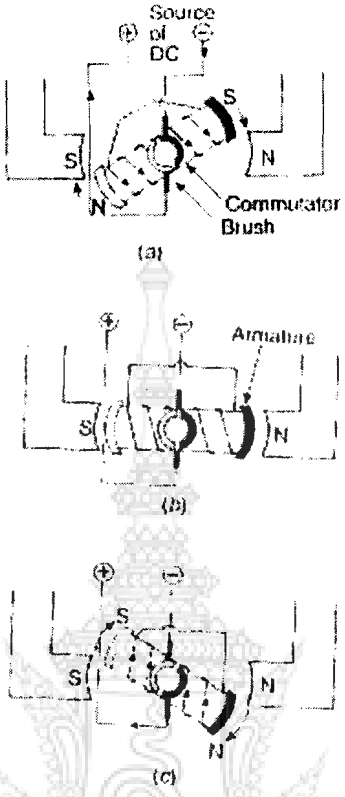
กลับขั้วเมื่อขั้วเหมือนกันของอาร์มาเจอร์และสนามหลักอยู่ตรงกันจะทำให้เกิดการผลักกันจึงทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในภาพ 2.96(c)



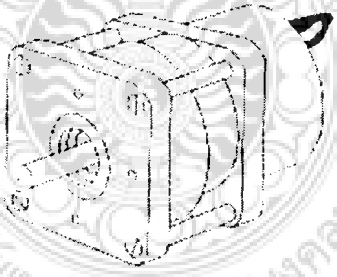
ภาพที่ 2.95 หลักของมอเตอร์

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงแม่เหล็กถาวร หาได้จากการไหลของกระแสตรงแม่เหล็กถาวร หาได้จากไหลของกระแสผ่านอาร์มาเจอร์ การหลับทิศทางของอาร์มาเจอร์จะทำให้การหมุนกลับทิศ ลักษณะสำคัญของมอเตอร์กระแสตรงคือสามารถควบคุมอัตราเร็วได้ อัตราเร็วของมอเตอร์แม่เหล็กถาวรจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าแรงดันที่ให้กับอาร์มาเจอร์ ฉะนั้นถ้าแรงดันอาร์มาเจอร์สูงจะทำให้ได้อัตราเร็วของมอเตอร์สูงด้วย

ภาพที่ 2.97 แสดงถึงโซเวอร์แม่เหล็กถาวรกระแสตรง (DC permanent-magnet servo-meter) ซึ่งใช้กับเครื่องจักรกลที่ต้องการบอกตำแหน่งที่แน่นอนของวัตถุโดยมีการขับดันเริ่มต้นสูงและทอร์กในการขับ การขับดันสูง การประยุกต์โซเวอร์แม่เหล็กถาวร กระแสตรง ได้แก่ การควบคุมวาล์วความดัน ควบคุมตำแหน่งที่แม่นยำของแดมเปอร์ (damper) หรือควบคุมการทำงานของระบบควบคุมอื่นๆ

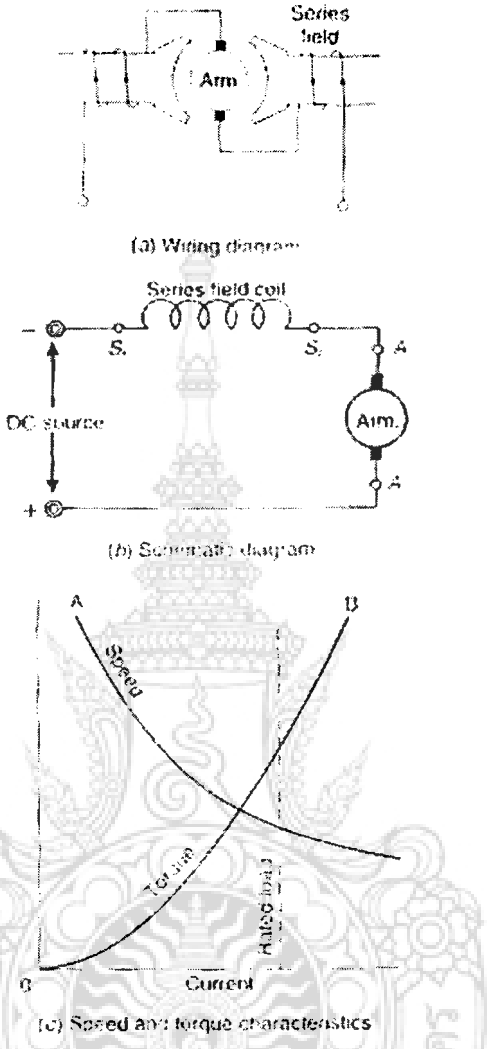


ภาพที่ 2.96 หลักการทำงานมอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร

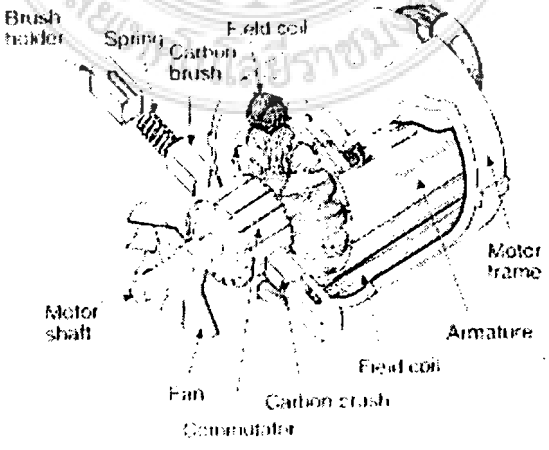


ภาพที่ 2.97 โซเวอร์มอเตอร์แม่เหล็กถาวรกระแสตรง

ภาพที่ 2.96 แสดงมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม ซึ่งประกอบด้วยขดลวดสนามอนุกรม S_1 และ S_2 ซึ่งใช้เส้นลวดตัวนำขนาดใหญ่เพียงสองสามรอบต่ออนุกรมเข้ากับอาร์มาเจอร์ที่ระบุเป็น A_1 และ A_2 มเตอร์กระแสตรงชนิดนี้จะไม่มีค่าทอร์กเริ่มต้นและมีอัตราเร็วที่ไม่คงที่ ซึ่งหมายความว่าจะมีค่า ทอร์กเริ่มต้นสูงและมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น เมื่อค่าโหลดลดลง ที่มอเตอร์ชนิดนี้มีค่าทอร์กเริ่มต้นสูงเนื่องจากใช้กระแสค่าเดียวกับกระแสไหลผ่านอาร์มาเจอร์และไหลผ่านขดลวดสนามด้วยทำให้ขนาดของสนามสูงขึ้น ดังนั้นถ้าโหลดต่ำมอเตอร์จะมีอัตราเร็วสูง และถ้าโหลดมีค่ามาก มอเตอร์จะมีอัตราเร็วช้าลง



ภาพที่ 2.98 มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม



ภาพที่ 2.99 มอเตอร์ยูนิเวอร์แซล

ลักษณะเด่นของมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรมนี้คือสามารถหมุนด้วยค่าทอร์กที่สูง ยังสามารถขับดันโหลดมากๆ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงสามารถใช้มอเตอร์นี้กับเครน กว้านฉุดและลิฟต์ได้ การกลับทิศการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงแบบนี้ ทำให้ด้วยการกลับทิศของการไหลของกระแสในขดลวดสนามและในอาร์มาเจอร์จึงเรียกชื่อมอเตอร์ชนิดนี้ว่า มอเตอร์ยูนิเวอร์แซล (universal moter) ทั้งนี้เป็นเพราะมอเตอร์ชนิดนี้สามารถทำงานได้ด้วยทั้งกระแสตรงหรือกระแสสลับ ดังในภาพ 2.99 เหตุผลที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่ามอเตอร์กระแสตรงนี้ยังหมุนในทิศทางเดียวได้ แม้ว่ากระแสไหลผ่านขดลวดอาร์มาเจอร์และขดลวดสนามไหลกลับทิศทางเวลาเดียวกัน

ในการใช้มอเตอร์กระแสตรงนี้จะไม่มีการใช้สายพาน เราจะต่อมอเตอร์ตรงเข้าโหลดเลย ทั้งนี้มอเตอร์กระแสตรงจะทำงานได้ต้องมีโหลดในกรณีที่ไม่มีโหลดจะมีสนามแม่เหล็กรีซิดควลแบบอ่อนๆเท่านั้น การทำงานของมอเตอร์เมื่อไม่มีโหลดจะทำให้โรเตอร์มีอัตราเร็วสูงสุดที่ทำให้เกิดแรงเข้าสู่ศูนย์กลางทำให้ขดลวดเป็นอิสระ ความเสียดทานที่ขนแปรงความเสียดทานที่ตลับลูกปืนและการสูญเสียกำลังที่ขดลวดสนามจะทำให้เกิดโหลดพอที่จะลดอัตราเร็วของมอเตอร์ใช้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ เมื่อใช้มอเตอร์กับเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้กำลัง ระบบเฟืองทดในระบบจะทำให้เกิดโหลดที่พอสำหรับการขับดัน

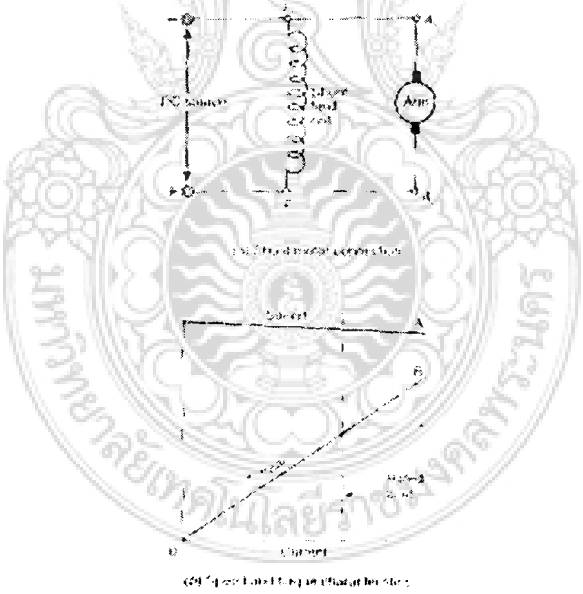
ในภาพ 2.100 แสดงมอเตอร์กระแสตรงแบบชันท์ ขดลวดสนามชันท์ (shunt filed coil) ดังระบุเป็น F1 และ F2 เป็นขดลวดขนาดเล็กมีจำนวนรอบมากๆ ดังนั้นจึงมีความต้านทานสูง มอเตอร์แบบชันท์นี้มีอาร์มาเจอร์ต่อขนานกับขดลวดสนามดังนั้นจึงทำให้ความแรงของสนาม และอัตราเร็วของมอเตอร์คงที่ เราประยุกต์ใช้มอเตอร์กับการเรกูเรตอัตราเร็วตามที่ต้องการเพื่อขับดันเครื่องจักรกล ถ้าต่อรีโอสตัทเข้ากับขดลวดสนามชันท์ เราสามารถควบคุมอัตราเร็วของมอเตอร์ได้ อัตราเร็วมอเตอร์จะเป็นปฏิภาคผกผันกับสนามซึ่งหมายความว่ามอเตอร์จะหมุนเร็วขึ้นเมื่อสนามมีขนาดต่ำและจะหมุนช้าลงเมื่อมีขนาดเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้มอเตอร์แบบชันท์จะมีอัตราเร็วสูงจนเป็นอันตรายได้ถ้ากระแสในขดลวดเป็นศูนย์ การกลับทิศการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงชันท์ ทำได้โดยการกลับทิศการไหลของกระแสในขดลวดและอาร์มาเจอร์

มอเตอร์กระแสตรงแบบผสมดังแสดงในภาพ 2.101 ซึ่งมีขดลวดต่อทั้งแบบอนุกรมและแบบขนานกับมอเตอร์ ดังนั้นจึงทำให้ได้สนามสะสมทวีมากขึ้นขดลวดที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนานจะกระตุ้นมอเตอร์พร้อมกัน มอเตอร์กระแสตรงแบบผสมนี้จะมีค่าทอร์กเริ่มต้นสูง แต่น้อยกว่ากรณีแบบอนุกรมการมีลักษณะผสมผสานเช่นนี้จึงช่วยให้สามารถประยุกต์ใช้มอเตอร์แบบผสมนี้ได้ยากมาก

โดยปกติมักจะมีประยุกต์ใช้งานมอเตอร์ในลักษณะเฉพาะที่มีการหมุนในทิศทางเดียวแต่ในบางครั้งอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางหมุนได้ ทิศการหมุนของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับทิศทาง

ขึ้นอยู่กับทิศทางกระแสในขดลวดและในอาร์มาเจอร์ ถ้ากลับทิศทางการไหลของกระแสในขดลวดและในอาร์มาเจอร์พร้อมกัน ทิศการหมุนของมอเตอร์จะเปลี่ยนไป ถ้าตัวแปรทั้งสองตัวเปลี่ยนแปลงพร้อมกับมอเตอร์จะยังคงหมุนในทิศทางเดิม ในกรณีที่ต้องเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสในขดลวดหรือในอาร์มาเจอร์อย่างใดอย่างหนึ่งโดยปกติมักนิยมเปลี่ยนทิศการไหลของกระแสอาร์มาเจอร์

มอเตอร์กระแสตรงมีความเหมือนกับเจนเนอเรเตอร์กระแสตรงที่อาร์มาเจอร์รีแอกชั่น ทั้งนี้เนื่องจากขดลวดอาร์มาเจอร์มีกระแสไหลผ่าน จึงทำให้มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบๆ ขดลวดอาร์มาเจอร์เนื่องจากกระแสไหล สนามแม่เหล็กในขดลวดอาร์มาเจอร์ ทำให้เกิดการเพี้ยนในสนามหลักของมอเตอร์ เป็นเหตุให้นิวทรัลเพลนเลื่อนไปจากตำแหน่งเดิม ทิศการเพี้ยนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์จะมีทิศทางตรงกันข้ามกับกรณีที่เกิดขึ้นในเจนเนอเรเตอร์ ในกรณีของมอเตอร์อาร์มาเจอร์รีแอกชั่นจะเลื่อนนิวทรัลเพลนในทิศที่ตรงข้ามกับการหมุน ในบางครั้งมักนิยมใช้อินเตอร์โพลเพื่อป้องกันการเกิดประกายไฟที่ขนแปรง



ภาพที่ 2.100 มอเตอร์แบบชันท์

ขณะที่ขดขวดอาร์มาเจอร์ในมอเตอร์ ขดขวดอาร์มาเจอร์จะเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำหรือ emf ในขดลวดกรณีเช่นนี้ เราอาจกล่าวได้ว่าเจนเนอเรเตอร์ในมอเตอร์กระแสตรงแรงดันเหนี่ยวนำนี้จะมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดันที่เทอร์มินัล กรณีดังกล่าวนี้เรียกว่าเกิดแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าในทิศทางตรงข้าม (counter electromotive force:

cemf) จึงทำให้เกิดแรงดันสัมฤทธิ์ (effective voltage) ในขดลวดอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์มีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างแรงดันเทอร์มินัล ลบด้วย cemf จากกฎของโอห์มสามารถ หากระแสในขดลวดอาร์มาเจอร์ได้ดังนี้

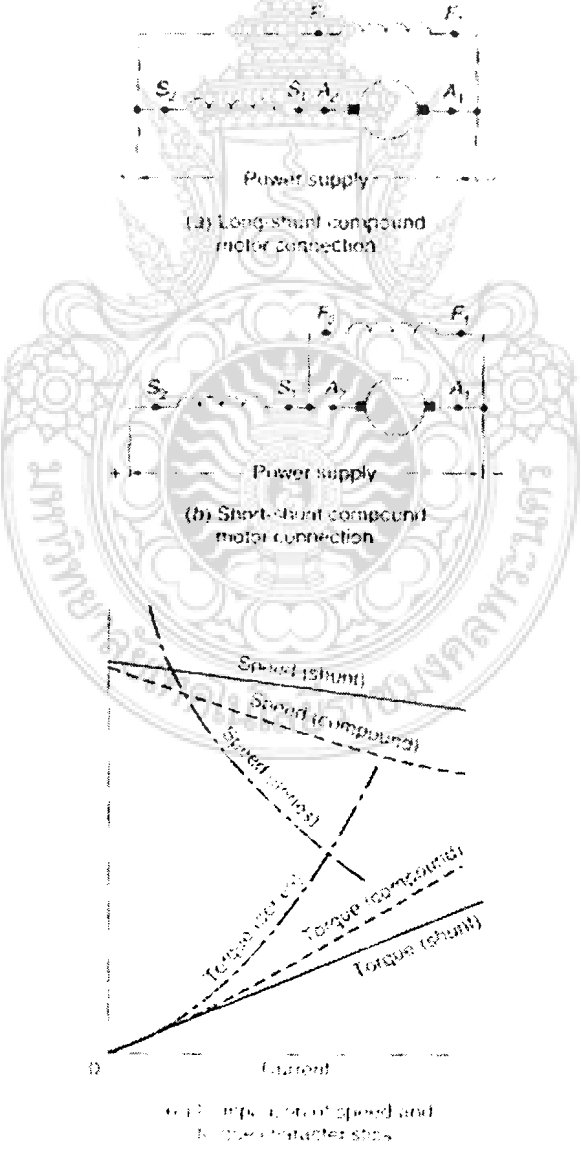
$$I_A = \frac{V_{MT} - E}{R_A}$$

I_A คือกระแสอาร์มาเจอร์

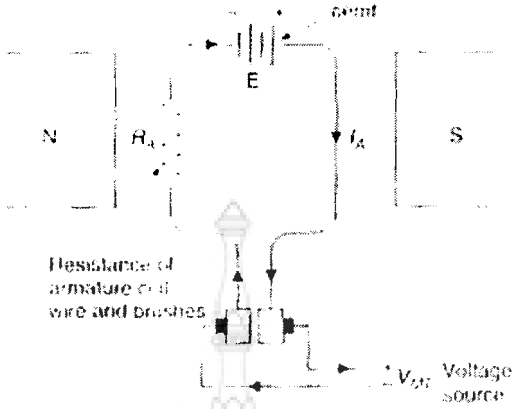
V_{MT} คือเทอร์มินิลของมอเตอร์

E คือ cemf

R_A คือความต้านทานของขดลวดอาร์มาเจอร์



ภาพที่ 2.101 มอเตอร์กระแสตรงแบบผสม

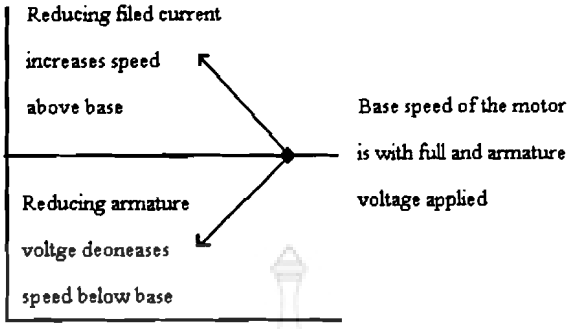


ภาพที่ 2.102 cemf

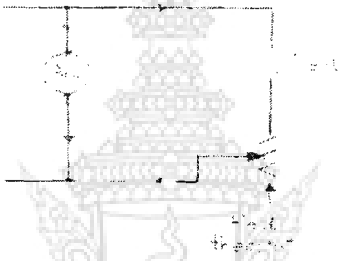
ขนาดของ cemf ในมอเตอร์หาได้จาก ความแรงของสนาม จำนวนขดลวดตัวนำอาร์มาเจอร์ที่ต่อขนานระหว่างขนแปรงและอัตราเร็วของมอเตอร์ ในขณะที่มอเตอร์เริ่มหมุน ขดลวดอาร์มาเจอร์จะไม่หมุนทันทีดังนั้นจึงไม่มี cemf เมื่อป้อนแรงดันเข้าให้กับมอเตอร์ มอเตอร์จะดึงกระแสออกมาจากขดลวดอาร์มาเจอร์ตามกฎของโอห์มดังกล่าวข้างต้น ตัวแปรที่จำกัดขนาดของกระแสคือความต้านทานของขดลวดในมอเตอร์ ขณะที่ขดลวดอาร์มาเจอร์หมุนเร็วขึ้นขดลวดนี้จะผลิต cemf ออกมา เหตุที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้เกิดการจำกัดขนาดของกระแสที่ไหลในมอเตอร์สูงขึ้น ค่า cemf จะเพิ่มขึ้นและกระแสที่ถูกดึงออกมาจากมอเตอร์ลดลง

เมื่ออัตราเร็วมอเตอร์ถึงระดับที่มีอัตราเร็วขณะที่ไม่มีโหลด จะพบว่าค่า cemf มีค่าเกือบเท่ากับแรงดันเทอร์มินัล ขณะที่เวลาดังกล่าวจะมีกระแสไหลเพียงพอที่คงให้มอเตอร์จะลดลง อันเป็นผลให้ค่า cemf จะลดลง ฉะนั้นกระแสจะถูกดึงมาขับดันโหลด ดังนั้นจะกล่าวได้ว่าโหลดที่ต่อเข้ากับมอเตอร์จะปรับค่าอัตราเร็วของมอเตอร์และมีผลกระทบโดยตรงกับ cemf และกระแส

อัตราเร็วมอเตอร์กระแสตรง ขึ้นอยู่กับความแรงของสนามแม่เหล็กและแรงดันที่ป้อนให้กับอาร์มาเจอร์และขนาดของโหลด ดังนั้นอัตราเร็วของมอเตอร์จะควบคุมได้ด้วยกระแสหรือขึ้นอยู่กับแรงดันที่ป้อนให้กับขดลวดอาร์มาเจอร์ เมื่อโหลดมีค่าเพิ่มขึ้นในทำนองเดียวกันเมื่อขณะที่โหลดมีค่าลดลง อัตราเร็วและ cemf จะเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสลดลง โดยปกติการออกแบบมอเตอร์จะออกแบบไว้ให้มีกำลังเป็นกำลังม้า เมื่อมีโหลดเต็มที่ อัตราเร็วปกติเมื่อมีโหลดเต็มที่จะมีชื่อเรียกเป็นอัตราเร็วฐาน (base current) ของมอเตอร์ อัตราเร็วฐานนี้จะหาได้จากอัตราแรงดันของอาร์มาเจอร์กับกระแสสนามที่สูงสุด ดังในภาพที่ 2.103



ภาพที่ 2.103 การควบคุมอัตราเร็วของมอเตอร์กระแสตรง

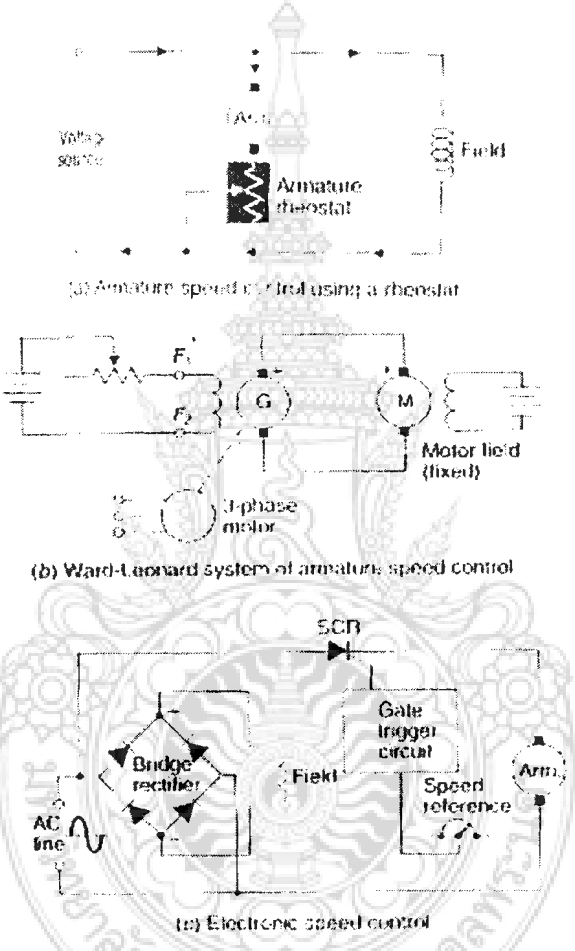


ภาพที่ 2.104 การควบคุมอัตราเร็วด้วยสนาม

อัตราเร็วของมอเตอร์กระแสตรงจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับ cemf เมื่อสนามหลักมีความแรงน้อยลงจะทำให้ cemf มีค่าน้อยลงนี้จะทำให้กระแสในขดลวดอาร์มาเจอร์เพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้กระแสไหลสนามแม่เหล็กในขดลวดอาร์มาเจอร์แรงขึ้นและยังผลให้อัตราเร็วของมอเตอร์เพิ่มสูงขึ้น อัตราเร็วของมอเตอร์จะสูงขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่ง cemf จะจำกัดให้มีค่ากระแสใหม่เกิดขึ้น กระแสดังกล่าวนี้จากหาได้จากความแรงของสนามหลักที่เวลาดังกล่าวนี้ มอเตอร์จะขับดันโหลดด้วยอัตราเร็วที่คงที่ ในกรณีของมอเตอร์แบบชันท์ การควบคุมอัตราเร็วของมอเตอร์จะทำได้ด้วยการต่อรีโอสตัทแบบอนุกรมเข้ากับขดลวดสนามชันท์ ค่าความต้านทานที่เพิ่มขึ้นในขดลวดจะลดขนาดของกระแส ดังนั้นจึงทำให้ความแรงของสนามแม่เหล็กลดลง การที่ความแรงของสนามลดลงนั้นจะทำให้มอเตอร์หมุนเร็วขึ้น ดังแสดงในภาพ 2.104 การควบคุมอัตราเร็วเช่นนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากเพราะง่ายและค่าใช่จ่ายไม่มากนัก อัตราเร็วของมอเตอร์จะมากกว่าอัตราเร็วฐานจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีค่าทอร์กลดลง หรือกล่าวนัยหนึ่งได้ว่า การที่สนามอ่อนแรงลงจะทำให้ค่าทอร์กของมอเตอร์ลดลง

ถ้ารักษาให้สนามหลักมีค่าคงที่เท่ากับความแรงของสนามสูงสุดคงหนึ่ง แรงดันอาร์มาเจอร์จะเป็นตัวแปรควบคุมอัตราเร็ว ฉะนั้นการเพิ่มหรือลดแรงดันที่ป้อนให้กับอาร์มาเจอร์ อัตราเร็วของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างเป็นปฏิภาคโดยตรง ดังแสดงในภาพ 2.105 ในภาพ 2.105(a)

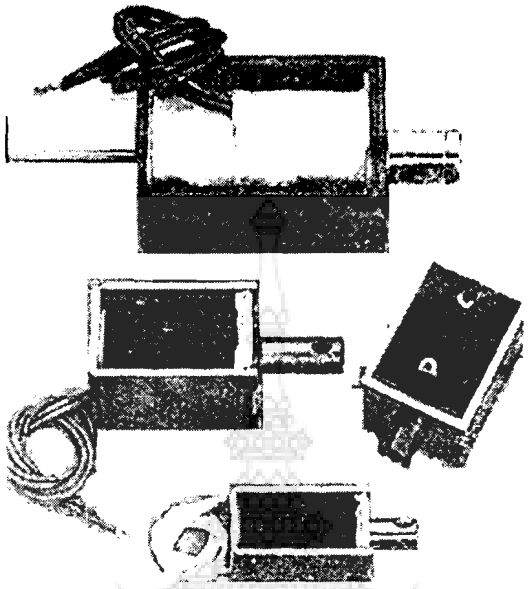
อัตราเร็วของอาร์มาเจอร์จะถูกควบคุมด้วยรีโอสตัท รีโอสตัทจะลดอัตราเร็วต่ำกว่าอัตราเร็วที่ระบุไว้ กรณีมอเตอร์ขนาดเล็กให้ใช้รีโอสตัทควบคุมอัตราเร็ว ในกรณีอื่นๆการใช้รีโอสตัทควบคุมอัตราเร็วของมอเตอร์ มักจะไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอเพราะว่าอาร์มาเจอร์ เป็นวงจรที่มีกระแสสูง ดังนั้นจะมีกำลังและความร้อนสูญเสียรีโอสตัท ฉะนั้นการควบคุมอัตราเร็ว จึงทำได้ค่อนข้างยาก



ภาพที่ 2.105 การควบคุมอัตราเร็วอาร์มาเจอร์

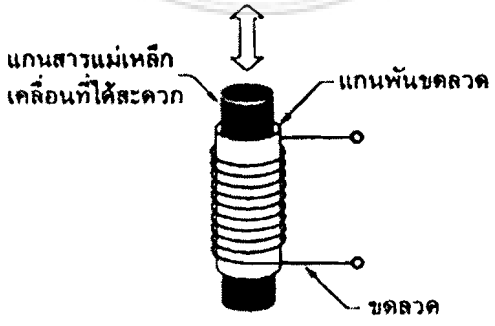
การควบคุมอัตราเร็วของอาร์มาเจอร์แบบระบบ Ward-Leonard แสดงในภาพ 2.105(b) อาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ (M) ถูกต่อแบบแยกส่วนกับเจนเนอเรเตอร์กระแสตรงที่ได้รับการกระตุ้น (G) แรงดันเอ้าท์พุทจะมีค่าตั้งแต่ศูนย์ถึงค่าสูงสุด ดังนั้นอัตราเร็วของมอเตอร์จึงมีค่าจากศูนย์จนถึงค่าสูงสุดเช่นเดียวกันภาพ 2.105(c) แสดงรูปให้เห็นว่าสามารถใช้การควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ SCR การนำไฟฟ้าของ SCR ถูกควบคุมได้ด้วยการกำหนดอัตราเร็วอ้างอิงด้วยโพเทนชิโอมิเตอร์ ซึ่งจะเปิดวงจรของ SCR ในแต่ละครั้งไซเคิลที่เป็นบวกและด้วยการแปรค่าแรงดันที่ป้อนให้กับอาร์มาเจอร์

2.7 โซลินอยด์



ภาพที่ 2.106 ตัวอย่างของโซลินอยด์

หลายคนฟังชื่อแล้วอาจทำให้คิดถึง แอนดรอยด์ (หุ่นมนุษย์ในนิยายวิทยาศาสตร์) เพราะลงท้ายด้วยเสียงออยด์เหมือนกัน แถมยังมีโซลิมานำหน้าอีก ทำให้นึกก้าวหน้าต่อไปถึงขนาดเป็นหุ่นมนุษย์พลังแสงแดด กรุณาอย่าจินตนาการไปถึงขนาดนั้นเลยครับ เรากลับมาเข้าเรื่องอิเล็กทรอนิกส์ดีกว่า เข้าใจว่ารากศัพท์ของโซลินอยด์น่าจะมาจากคำว่า โซเลน (Solen) ซึ่งมีความหมายทางแพทย์เป็นคล้ายๆ เฝือกหุ้มอวัยวะที่ได้รับบาดเจ็บ ซึ่งก็อาจจะอยู่ในลักษณะของปลอกแขน หรือ ปลอกขา เมื่อมี ประดิษฐ์กรรมตัวนี้เกิดขึ้น ซึ่งโครงสร้างของมันก็คือ ขดลวดพันรอบๆ แกนสารแม่เหล็ก (ดังเช่น ภาพที่ 2.106) นั้นเอง ลักษณะก็ เป็นคล้ายๆ ทรงกระบอก เช่นกัน ศัพท์โซลินอยด์จึงอาจจะถูกเรียกมาเป็นเช่นนี้



ภาพที่ 2.107 โครงสร้างพื้นฐานของโซลินอยด์

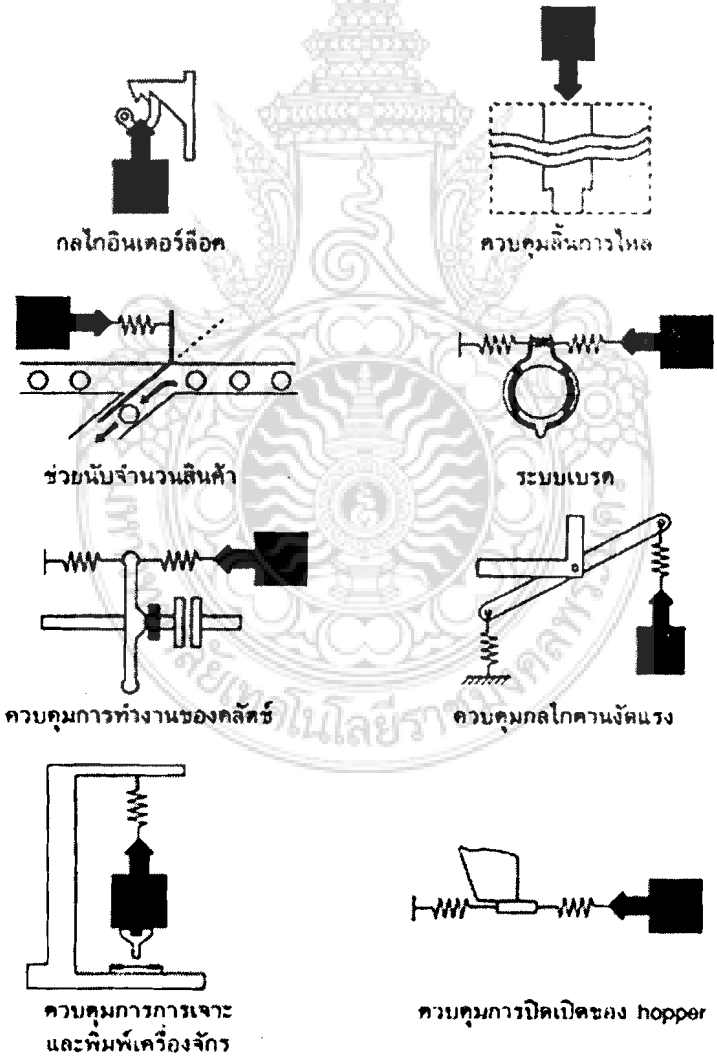
2.7.1 แนวความคิดในการนำเอาโซลิ นอยด์ไปประยุกต์ใช้

1) สำหรับโซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนัก

ก) ทำเป็นกลอนล็อกประตู เมื่อมีแรงดันมาที่ขอลวด โซลิ นอยด์ก็จะดึงแกนกระทุ้งกลับ เป็นการปลดล็อก

ข) ชูป้ายโฆษณา (display) ในกรณีนี้ถ้าโซลินอยด์ยังไม่ทำงาน สปริงจะดึงป้ายให้ตั้งฉากกับหน้าต่างป้ายทำให้เรา ไม่เห็นตัวหนังสือ แต่ถ้าโซลินอยด์ ได้รับแรงดันเข้ามา แกนกระทุ้งจะถูกดูดทำให้คานดีดงัด หน้าป้ายโฆษณาออกมา ให้เราเห็นได้

ค) ใช้กับกลไกของเล่นที่ทำด้วยอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น หุ่นยนต์ รถยนต์



ภาพที่ 2.108 แสดงตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่มีแรงดึงมากไปใช้งาน

2) สำหรับโซลินอยด์ที่มีแรงดึงมาก

ก) กลไกอินเตอร์ล็อกใช้กับพวกเครื่องหยอดเหรียญต่างๆ ,เครื่องเล่นทางอิเล็ก-ทรอนิกส์ , กระเดื่องทริป ของเซอกิตเบรกเกอร์,ฯลฯ

ข) ควบคุมลิ้นของไหล พวกลิ้นปิดเปิดทางเดินของลม หรือ น้ำมันในระบบนิวแมติกและ ไฮโดรลิกส์ , ควบคุมลิ้นทิ้งน้ำของ เครื่องซักผ้า

ค) ช่วยในการนับจำนวนสินค้า โดยวงจรนับจะส่งแรงดันมาที่โซลิ นอยด์ เป็นช่วงเวลาที่จะได้จำนวนตามต้องการ.โซลิ นอยด์ จะดูด และ เบนทิศทางสินค้าไปลงหีบห่อ ตามจำนวนที่ถูกต้อง

ง) ระบบเบรก ใช้ควบคุมระบบเบรกในเครื่องจักรกล , เครื่องมือช่างไม้ , ลิฟท์

จ) ควบคุมการทำงานของคลัทช์ โดยการดึงให้หน้าคลัตช์เข้ามาแตะกันเป็นการถ่ายทอดกำลังผ่านไปได้

ฉ) ควบคุมกลไกคานงัดแรง ในเครื่องมือสำนักงาน , เครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ , เครื่องบันทึกสัญญาณ

ช) ควบคุมการเจาะและพิมพ์ของเครื่องจักร ก็โดยการดัดแปลงติดตั้งหัวเจาะ และพิมพ์เข้าบนแกนของโซลินอยด์

ซ) ควบคุมการปิดเปิดของฮอปเปอร์ (hopper - คล้ายกับปากกรวย มีหน้าที่เป็นทางไหลของวัตถุที่อยู่ในโซโล)

2.8 <u>สวิตช์</u>

สวิตช์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์เชิงกล ใช้สำหรับสั่งการและควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า สวิตช์ไฟฟ้าสามารถเปิด/ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยง่ายโดยการกดเปิดหรือปิดเท่านั้น ภายในตัวสวิตช์จะมีหน้าสัมผัสอยู่ ซึ่งเมื่อปิดแล้วจะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ และเมื่อเปิดจะเปิดวงจรกั้นไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในสวิตช์จะมีกลไกข้อต่อรวมที่จะไปปิด/เปิดหน้าสัมผัสนี้อยู่ภายในตัวสวิตช์เอง

สวิตช์มีจำหน่ายในท้องตลาดหลายรูปแบบ หลายขนาด และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายสวิตช์ทุกตัวจะมีกำหนดช่วงความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าใช้งานระบุไว้อยู่ที่ตัวสวิตช์หรือที่ชุดประกอบยึดตัวสวิตช์ สำหรับการใช้งานแตกต่างกันที่ตำแหน่งฐานสวิตช์ มักจะมีระบุตำแหน่งไว้ด้วยเพื่อให้ตรวจสอบสัมพันธ์กันกับในแผนผังการเดินสายไฟ มันจะระบุถึงชนิดหน้าสัมผัสด้วยว่าหมายเลขเท่าไร เป็นแบบชนิด “ปกติเปิด” (normally open หรือ NO) หรือ “ปกติปิด” (normally close หรือ NC) หรือเป็นแบบ “สายดิน” (common หรือ COM)

ภายในสวิตช์ตัวเดียวกัน อาจจะมีหน้าสัมผัสหลายอัน และอาจจะควบคุมมากกว่า 1 จุดหรือวงจรก็ได้

เมื่อสงสัยว่าจะมีการเสียเกิดขึ้นที่ตัวสวิตช์ โปรดจำไว้ว่ามีปัญหาเพียง 3 ปัญหาเท่านั้นที่เกิดขึ้นที่สวิตช์ นั่นคือ

1) หน้าสัมผัสของสวิตช์ไม่ได้มีการสัมผัสกัน เรียกปัญหาลักษณะนี้ว่า "สวิตช์เปิด"

2)หน้าสัมผัสของสวิตช์ไม่ได้มีการแยกจากกัน (สัมผัสกันตลอดเวลา) เรียกปัญหาลักษณะนี้ว่า "สวิตช์ปิด"

3)กลไกที่จะไปเปิด/ปิดหน้าสัมผัสสวิตช์นี้เสีย เรียกว่า "สวิตช์บกพร่อง"

เมื่อปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้เกิดขึ้น สวิตช์เหล่านี้ไม่สามารถซ่อมแซมได้ จำเป็นต้องทำการเปลี่ยนใหม่ด้วยสวิตช์อะไหล่ที่เหมือนกับตัวเดิมมาแทนเท่านั้น

บทที่ 3
การทำงานของชุดควบคุม
เครื่องบีบอัดภาชนะกระป๋องน้ำดื่ม

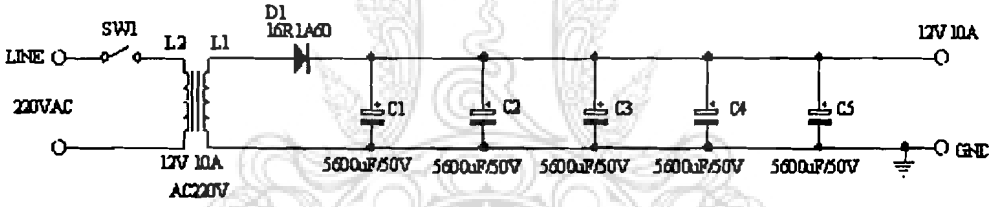
3.1 บทนำ

การทำเครื่องบีบอัดภาชนะกระป๋องน้ำดื่มนั้น สิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึง คือชุดควบคุมการทำงานของ Hardware ซึ่งประกอบไปด้วยภาคจ่ายไฟ อุปกรณ์เซนเซอร์ มอเตอร์กระแสตรงไฮดรอลิก ที่ต้องนำมาใช้งานกับ PLC ถูกรวบรวมและแสดงไว้ในบทที่ 3 ดังแสดงในหัวข้อต่อไป

3.2 การแบ่งภาคการทำงานของชุดควบคุมเครื่องบีบอัดภาชนะกระป๋องน้ำดื่ม

สามารถแบ่งการแบ่งการทำงานได้ดังนี้

3.2.1 เร็กกูเลเตอร์



ภาพที่ 3.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟ PUMP

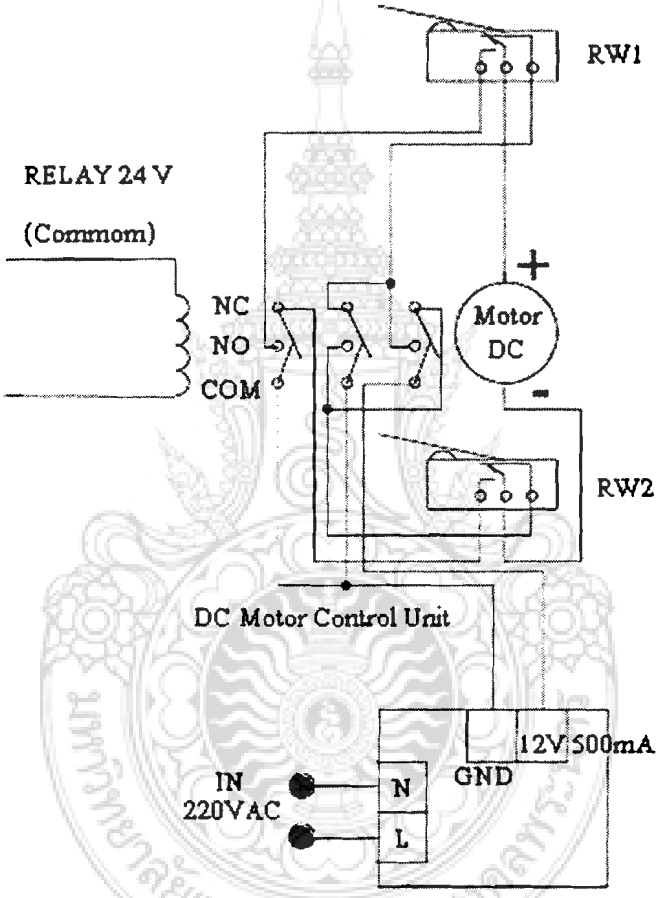
เป็นแหล่งจ่าย เร็กกูเลเตอร์ 12V 10A แบบฮาฟร์เวฟร์ จากวงจรทรานฟอเมอร์ 12VAC 10A ผ่านไดโอดแบบ HIGH POWER (16R1A60) ผ่าน C1-C5 (5600Uf/50v) ทำการเรียงกระแสให้เรียบ

3.2.2 วงจรชุดทิ้งกระป๋อง

หลักการทำงานจะใช้ Relay 24 Volt เป็นตัว Control จะมี Senser ลิมิตสวิทช์เป็นตัวเช็คว่า เปิดปิดสนิทหรือเปล่า

การทำงานในสภาวะปกติ DC motor จะได้รับสัญญาณไฟลบทั้ง 2 ขั้วของ DC motor ทำให้ DC motor ไม่ทำงานและ Relay จะอยู่ในสภาวะ NC ทั้งหมด และสภาวะ RW2 จะอยู่ที่ NO และ RW1 จะอยู่ในสภาวะ NC จากนั้นเมื่อมีสัญญาณไปที่ Relay ทำให้หน้าสัมผัส เป็น NO ทั้ง

หมด ทำให้ RW2 อยู่ในสภาวะไม่มีไฟ แต่ RW1 จะมีไฟบวก (+) ไปที่ DC motor และ RW2 จะอยู่ในสภาวะ NC จะมีสัญญาณไฟลบ (-) ทำให้ DC motor ทิ้งกระป๋อง หรือ DC motor จะหมุนตามเข็มนาฬิกา จากนั้น เมื่อ DC motor เลื่อนขึ้นจะทำให้ไปชน RW1 และ RW1 จะอยู่ในสภาวะ NO และจะได้สัญญาณไฟลบ (-) DC motor จะหยุดหมุนและเมื่อหยุดจ่ายสัญญาณไฟไปที่ Relay จะทำให้ Relay กลับไปอยู่ในสภาวะ NC ทั้งหมด DC motor จะทำการหมุนกลับ

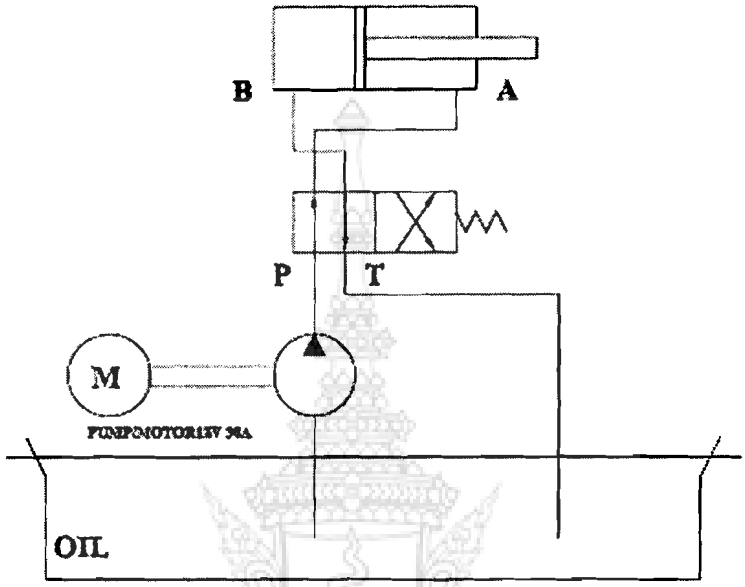


ภาพที่ 3.2 วงจรชุดทิ้งกระป๋อง

3.2.3 วงจร Hydraulic

ชุดวงจรไฮดรอลิก การทำงานจะรับคำสั่งจาก Dump และ Vir โดยการทำงานเมื่อ Pump ทำงาน เพื่อทำการปั่นน้ำมันจากถังส่งแรงดันน้ำมันไปที่ " P" จุดต่อน้ำมันเข้า น้ำมันจะวิ่งไปที่จุดต่อใช้งาน "A" ทำให้แกนไฮดรอลิก ทำการชักเข้า จุดต่อใช้งาน "B" น้ำมันจะไหลกลับไปที่ "T" จุดต่อน้ำมันกลับเข้าถัง วาวล์ 4/3 เป็นวาวล์ไปทางเดียว โดยใช้ไฟ 100 VAC เป็นตัว Control ใช้ไฮดรอลิก ทำงาน ชักไปข้างหน้า ที่ป้อนสัญญาณไฟวาวล์ จะทำให้ไฮดรอลิก

ทำงานสลับทางกัน และเมื่อไม่มีการจ่ายสัญญาณไฟ วาวล์และไฮโดรริคกลับมาอยู่ในสภาวะชักกับ

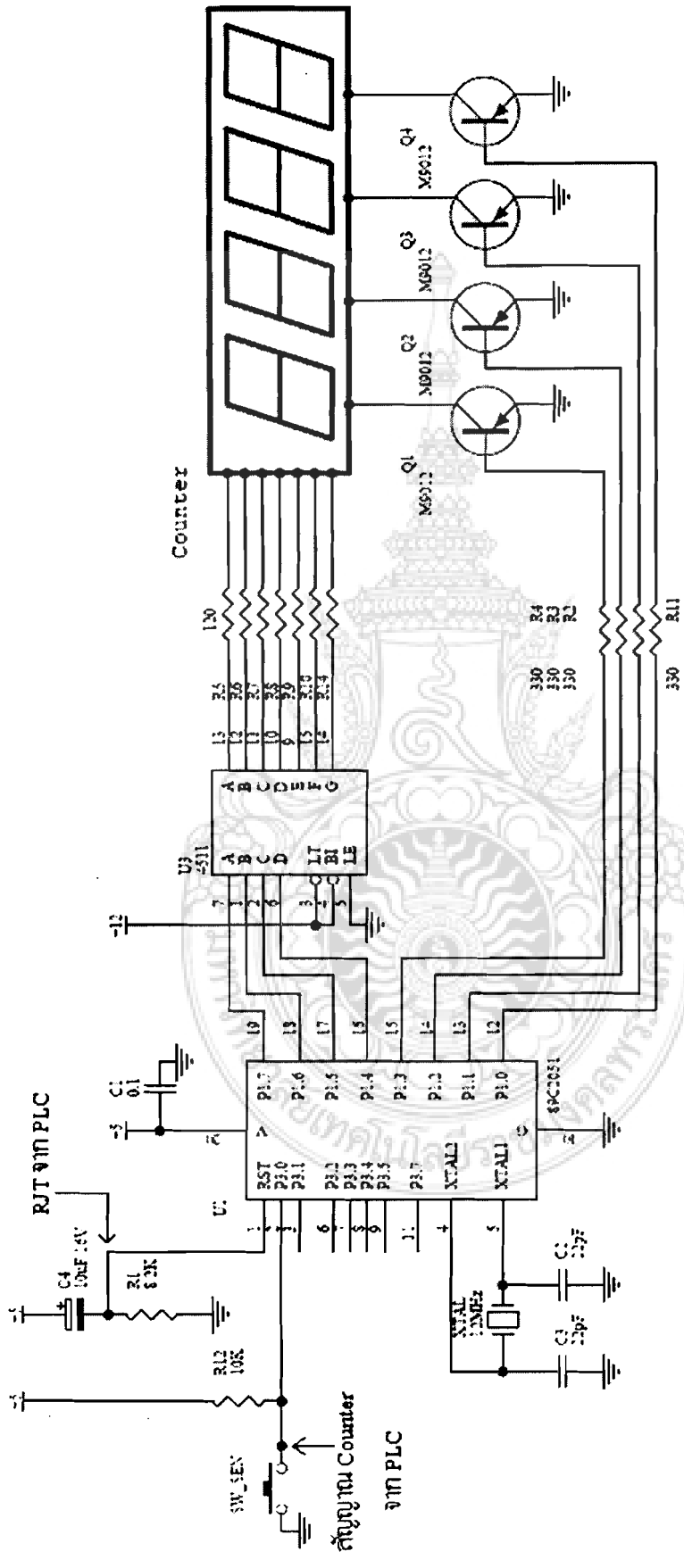


CIRCUIT HYDRAULIC

ภาพที่ 3.3 วงจรไฮดรอลิก

3.2.4 วงจร Counter

วงจร Counter จะรับสัญญาณจาก PLC ที่ Y1 เมื่อมีกระป๋องเข้ามาทาง Senser (Input) จะทำการเช็คว่าวัตถุเป็นกระป๋อง จากนั้น PLC จะส่งสัญญาณไปที่ Y1 เพื่อทำให้โซลินอยด์ L1 เป็นตัวกั้นกระป๋องทำงาน จะส่งสัญญาณไปที่ Counter นับ 1 กระป๋อง การนับ จะทำการนับไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งครบ 10 กระป๋อง PLC จะส่งสัญญาณไปที่ Y5 เพื่อที่จะส่งสัญญาณไฟฟ้า (GND) ไปที่โซลินอยด์ ของแถบ L2 ในขณะที่ Y5 ทำงานก็จะส่งสัญญาณไปที่ RST ของ Counter ทำการนับใหม่ ตัวเลขแสดงผลจะเป็น "OO" เพื่อเป็นการเริ่มต้นการทำงานใหม่



ภาพที่ 3.4 วงจร Counter

3.2.5 หลักการทำงานของ PLC

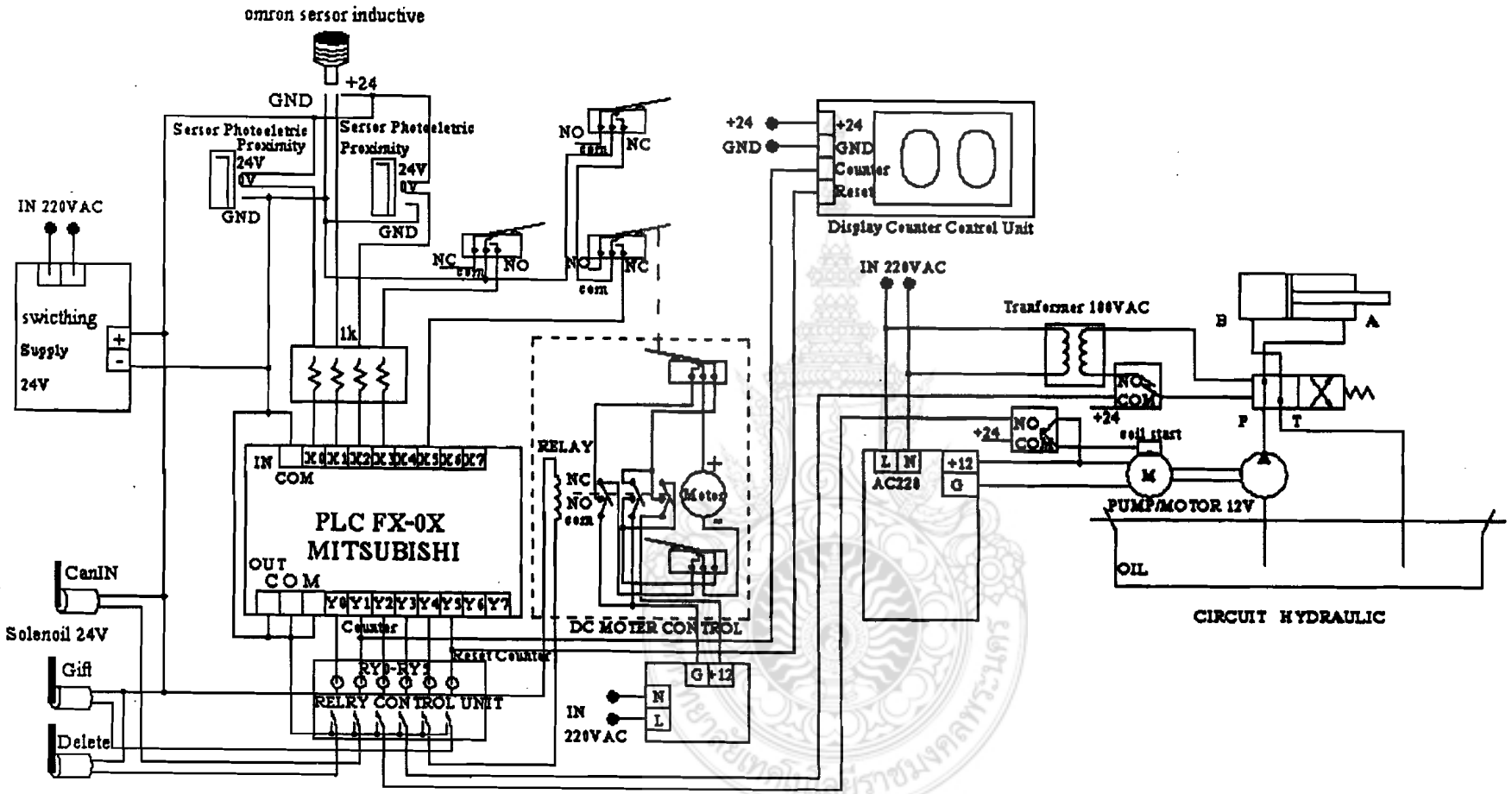
ชุด PLC จะเป็น PLC 8 in 8 out โดยจะมีสัญญาณความถี่ในส่วน Input XO-X7 และ Output YO-Y7

จาก PLC XO จะเป็น Senser เช็ควัตถุ เมื่อมีวัตถุเข้ามา Senser 1 จะเช็คและส่งสัญญาณ ไปที่ PLC เป็นสัญญาณลบ (-) ในขณะที่เช็ควัตถุ Senser 2 จะทำการเช็คว่าเป็นโลหะหรือเปล่าในระยะเวลา 3 วินาที ถ้าใช่ Y1 จะทำงาน และถ้าไม่ใช่ YO จะทำงาน EJ กระป๋องทิ้งทันที ในกรณีที่ใช้กระป๋องที่เป็นโลหะ Y1 จะทำงานส่งสัญญาณไฟลบ (-) ไปที่โซลินอยด์ 24 v แผงกั้นเปิดออกกระป๋องกลิ้งเข้าไปในช่องเก็บ ในขั้นตอนนี้เครื่องจะทำการต่อไปจนครบ 10 กระป๋องและ 40 กระป๋อง ในกรณีครบ 10 กระป๋อง

ในกรณีครบ 10 กระป๋อง PLC จะส่งสัญญาณไปที่ Y5 ไปที่ชุดให้ของรางวัล จะไปแสดงผล ในกรณีที่ของรางวัลหมด Senser 3 จะทำการเช็คและส่งไปที่ PLC X2 PLC จะเช็คและส่งสัญญาณไปที่ Y7 เพื่อบอกสภาวะของแถมหมด

ในกรณีที่ครบ 40 กระป๋องเครื่องจะทำการบีบกระป๋อง โดยเครื่องจะทำขั้นตอนตามเงื่อนไข PLC จะทำการส่งสัญญาณให้ Pump ทำงานโดยส่งสัญญาณ Y3 จนกว่า Senser ไฮโดรลิคทำงาน ลิมิตสวิทซ์ RW3 ทำงาน PLC จะให้ V3 หยุดการทำงานในขณะที่มาชน RW4 เมื่อชุดไฮโดรลิคหยุดทำงาน PLC จะส่งสัญญาณไฟไปที่ชุดทิ้งกระป๋อง (Y4) จากนั้นเครื่องจะทำการเริ่มทำงานใหม่ตามขั้นตอนแรก

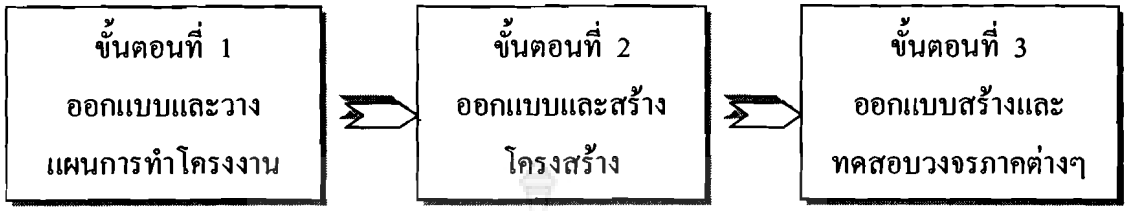
เครื่องจะทำงานต่อไปเรื่อย ๆ จนครบ 120 กระป๋อง เครื่องจะเต็ม PLC จะเป็นตัวเช็คจากสัญญาณ X1 เมื่อเครื่องทำงานครบ 120 กระป๋อง PLC จะส่งสัญญาณไปที่ Y6 เป็นการแสดงว่าเครื่องเต็มไม่สามารถรับของได้



ภาพที่ 3.5 การต่อวงจรกับPLC

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

โครงการนี้ได้แบ่งขั้นตอนในการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ดังภาพที่ 3.6



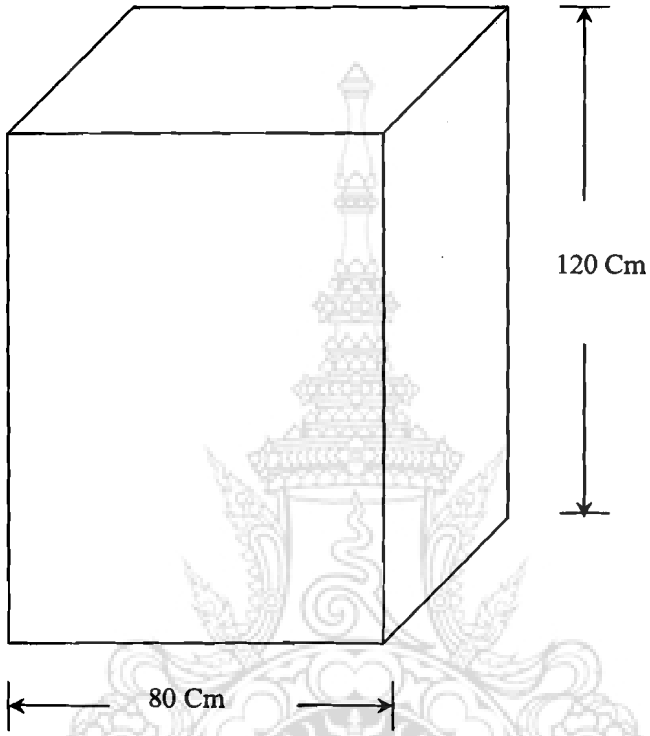
ภาพที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

ภาพที่ 3.6 แสดงให้เห็นว่ามีการแบ่งขั้นออกเป็นสามขั้น คือ ขั้นแรกการออกแบบการทำโครงการ ส่วนขั้นที่ 2 คือการออกแบบและสร้าง โครงสร้างต่างๆ และขั้นตอนที่ 3 เป็นการออกแบบและทดสอบการทำงาน รายละเอียดการออกแบบและสร้างโครงสร้างจะเป็นภาพที่ 3.7

ภาพที่ 3.7 บล็อคไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการติดตั้งขุดบีบอัดเข้ากับโครงสร้าง

3.4 <u>การออกแบบโครงสร้างของโครงการ</u>

จากภาพที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการสร้างชุดบีบอัดเข้ากับโครงสร้างนั้น ก่อนที่จะติดตั้งชุดบีบอัด ต้องทำโครงเหล็กเป็นโครงสร้างด้านนอกตามลักษณะตามภาพที่ 3.8

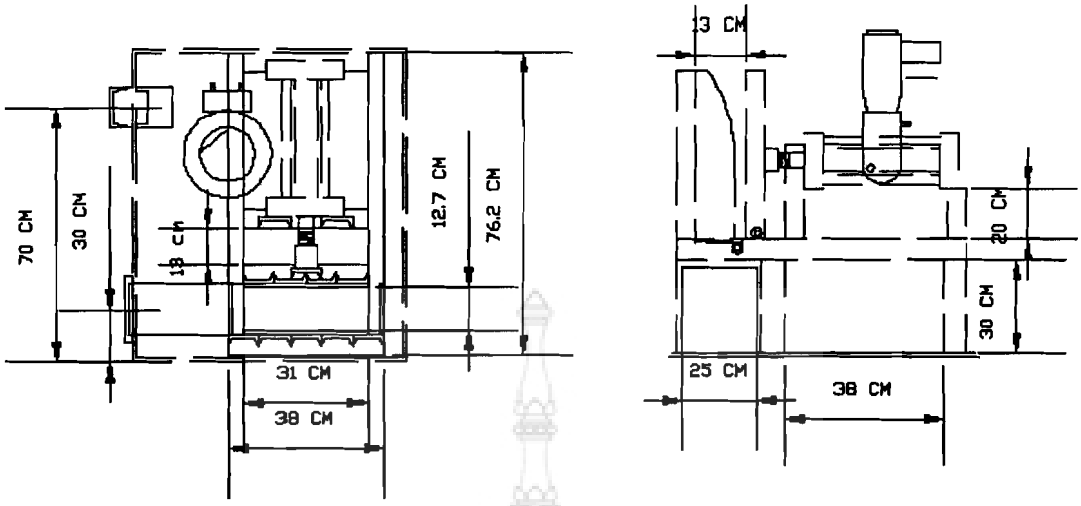


ภาพที่ 3.8 โครงสร้างภายนอกของเครื่องรับบริจาคกระป๋อง

เมื่อทำโครงสร้างเครื่องรับบริจาคกระป๋องเสร็จแล้ว ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องบีบอัดเข้ากับโครงเหล็กนั้น จะเห็นได้จากภาพที่ 3.9

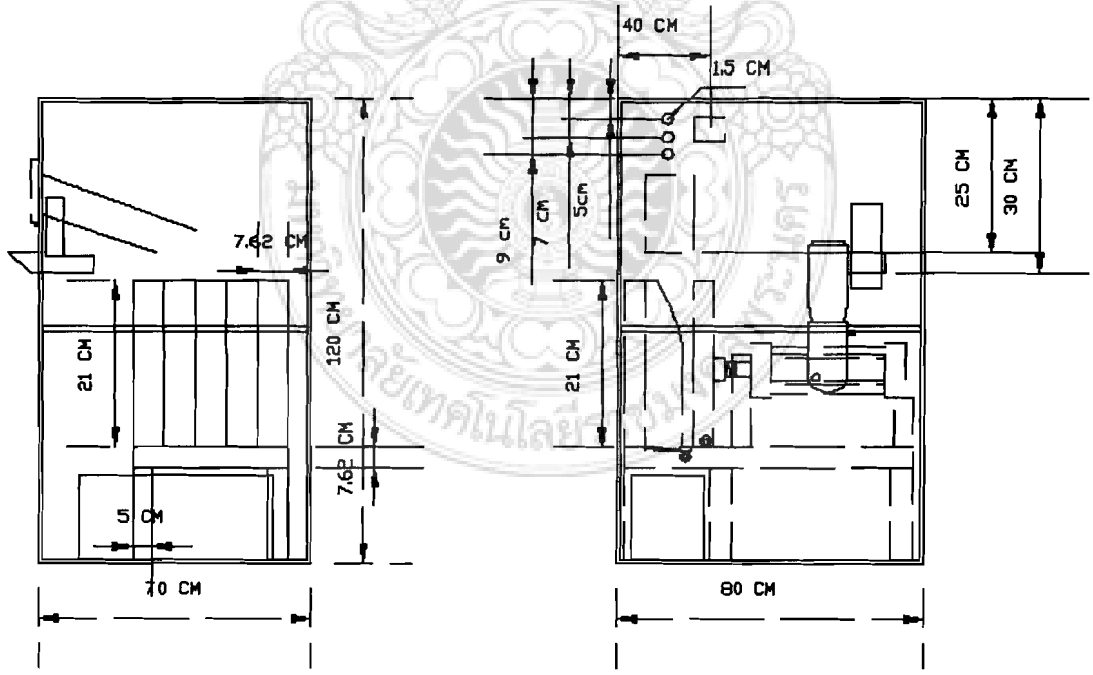
3.5 <u>ชุดบีบอัดกระป๋อง</u>

เมื่อทำโครงสร้าง เครื่องรับบริจาคกระป๋องเสร็จแล้ว ขั้นตอนการติดตั้งชุดบีบอัดเข้ากับโครงเหล็กนั้น จากภาพที่ 3.9 นั้นจะเห็นได้ว่ามีไฮดรอลิกอยู่ 1 ตัวและPump ขนาดใหญ่ 1 ตัว



ภาพที่ 3.9 ภาพไฮดรอลิก และ Pump

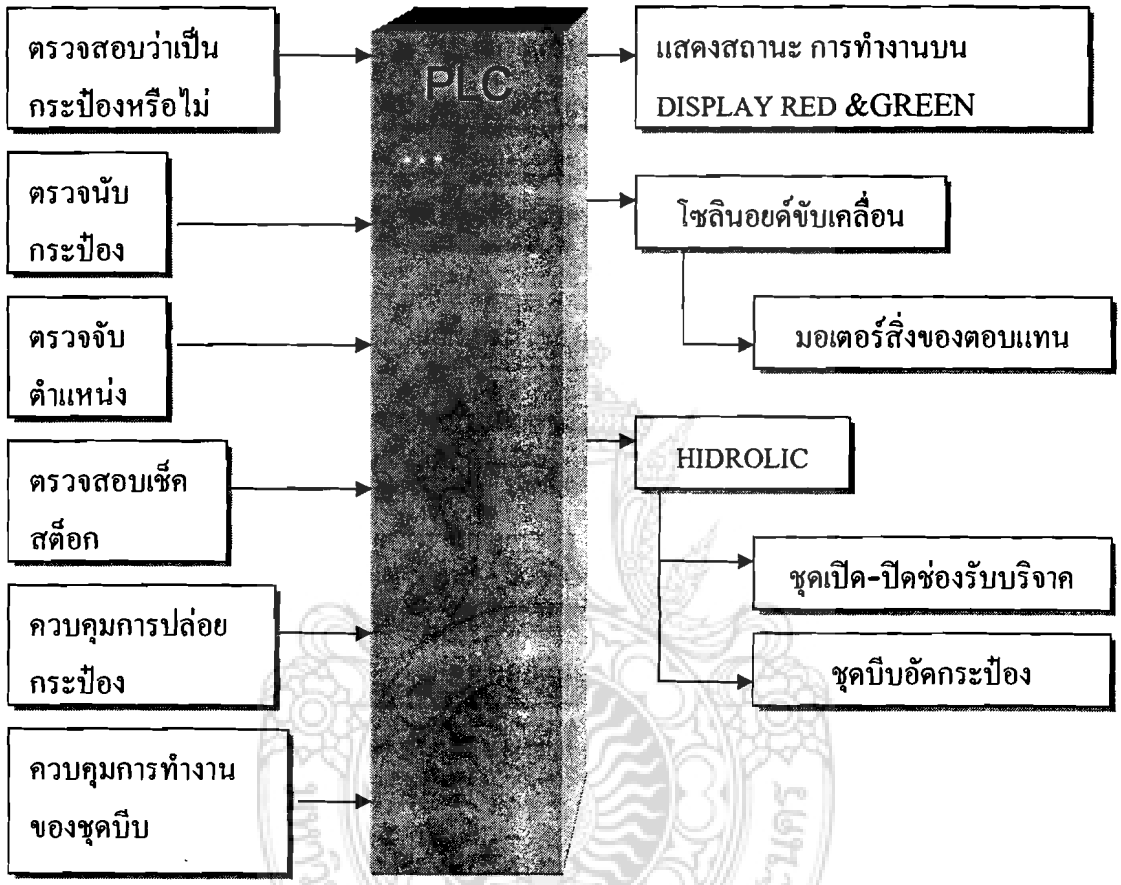
เมื่อทำการสร้างพร้อมทั้งประกอบชุดบีบอัดและติดตั้งกับโครงสร้างเครื่องรับบริจาคกระป๋องเรียบร้อยแล้วจะมีลักษณะดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 โครงสร้างแบบเสร็จสมบูรณ์ของโครงงาน

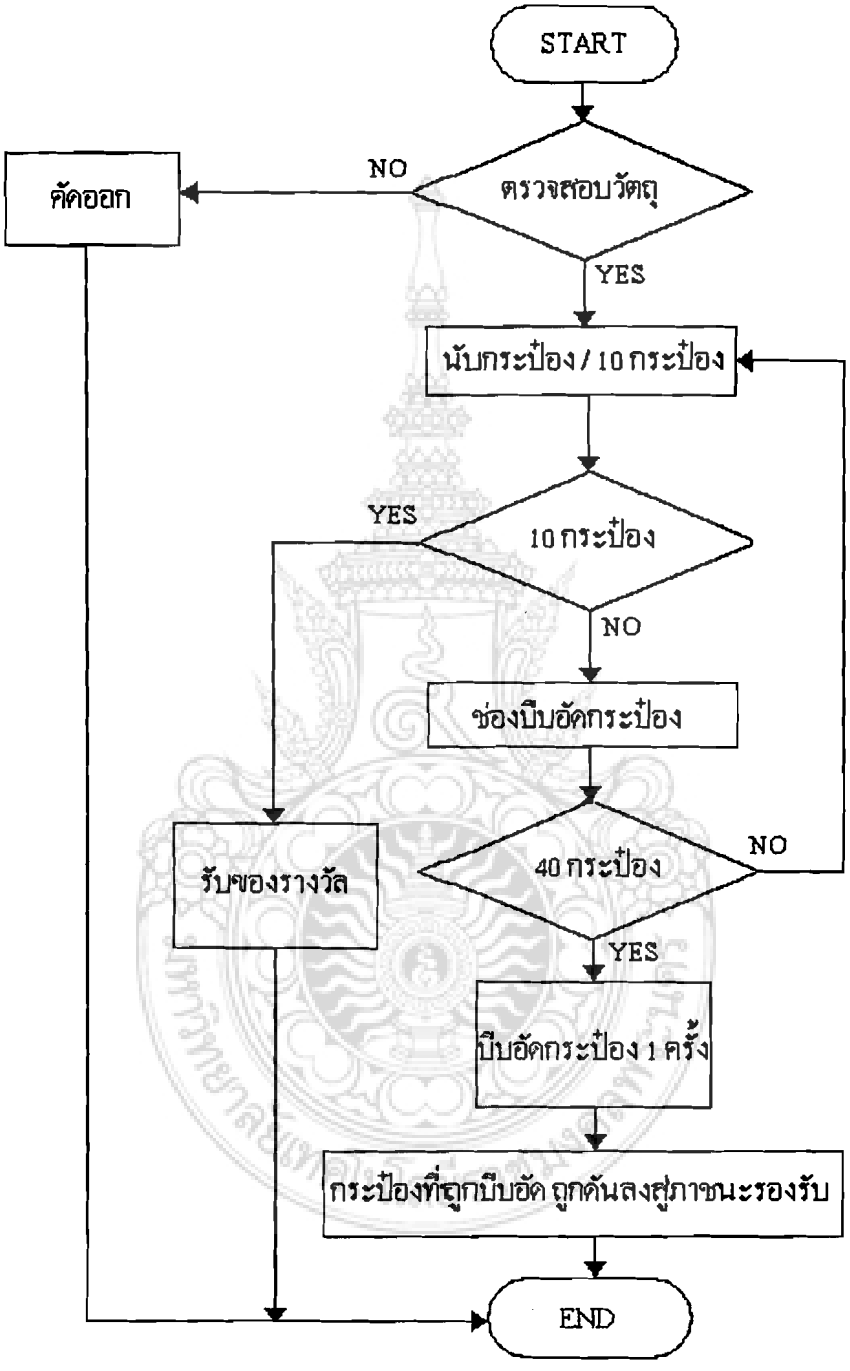
3.6 บล็อคไดอะแกรมการทำงานของ PLC

การทำงานของเครื่องรับบริจาคกระป๋องแสดงบล็อคไดอะแกรมเริ่มจากการตรวจสอบว่าเป็นกระป๋องหรือไม่ ดูจากบล็อคไดอะแกรมการทำงานของระบบ ภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 บล็อคไดอะแกรมการทำงานของระบบ

3.7 FLOWCHART การทำงานของระบบเครื่องบริจาคกระป๋อง



ภาพที่ 3.12 FLOW CHART การทำงานของระบบเครื่องบริจาคกระป๋อง

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องรับบริจาคกระป๋อง

1) เมื่อทำการใส่กระป๋องลงไปในช่องรับกระป๋องของเครื่อง เครื่องจะทำการตรวจเช็คว่าเป็นวัสดุหรือกระป๋องที่ต้องการหรือไม่

2) พร็อคซิมิตี้เซ็นเซอร์ภายในเครื่องจะทำการตรวจวัสดุหรือกระป๋องชิ้นนั้น เมื่อตรวจเช็คความถูกต้องแล้วนั้น ก็จะเข้าสู่กระบวนการดังต่อไปนี้

ก) หากตรวจสอบแล้วถูกต้อง โซลินอยด์ที่ชุดตรวจเช็คกระป๋องก็จะปล่อยให้กระป๋องไหลลงสู่พื้นที่ที่เตรียมไว้สำหรับบีบอัดกระป๋อง

ข) หากวัสดุหรือกระป๋องที่นำมาบริจาคไม่ถูกต้องเครื่องจะทำการปล่อยกระป๋องทิ้งลงสู่ถังขยะภายในเครื่องทันที

3) เมื่อกระป๋องผ่านมาจาก ขั้นตอนที่ 2.1 แล้วนั้น เซ็นเซอร์ที่คอยทำหน้าที่สำหรับนับจำนวนกระป๋องก็จะเริ่มทำงาน

4) เซ็นเซอร์จะทำการนับกระป๋องตั้งแต่กระป๋องที่ 1 จนถึงกระป๋องที่ 10 (ตามที่ทำการโปรแกรมไว้)

5) เมื่อกระป๋องที่รับบริจาคครบ 10 กระป๋องแล้วนั้น โซลินอยด์ของชุดมอบของตอบแทนก็จะเริ่มทำงาน ทำการดีดของตอบแทนออกมาให้ผู้บริจาคกระป๋อง

6) ในขั้นตอนที่ 5 นั้นระหว่างที่โซลินอยด์ของชุดมอบของตอบแทนทำงานนั้น ในชุดนี้ก็จะมีเซ็นเซอร์อีกหนึ่งชุดเพื่อทำการเช็คสิ่งของตอบแทนภายในเครื่องว่าหมดหรือไม่

7) เมื่อครบกระบวนการข้างต้นที่กล่าวมาแล้วนั้น เครื่องก็จะทำการเก็บค่ากระป๋องที่นับได้ไว้แล้วจะทำกระบวนการซ้ำไปจนถึงเงื่อนไขที่เรากำหนดไว้ (ในที่นี้กำหนดไว้ที่ 40 กระป๋อง) จากนั้นเครื่องจะไม่ทำการรับกระป๋องบริจาคอีก แต่เครื่องจะเริ่มทำการบีบอัดกระป๋องโดยทันที

8) เมื่อทำการบีบอัดกระป๋องไปแล้วนั้น มอเตอร์ดีซีที่ช่องถ่ายกระป๋องที่ถูกบีบแล้วก็จะทำงานปล่อยให้กระป๋องที่ถูกบีบแล้วไหลลงไปยังภาชนะรองรับ

9) เครื่องจะกลับมาสู่สภาวะเริ่มต้นอีกครั้ง แต่ว่าค่าจำนวนกระป๋องที่นับได้ในครั้งแรกก็จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ(ครั้งแรกคือ 40 ครั้งที่สองคือ 80 ครั้งที่สามคือ 120 กระป๋อง)

10) เมื่อเครื่องนับจำนวนกระป๋องภายในเครื่องครบ 120 กระป๋องแล้วนั้นเครื่องก็จะหยุดกระบวนการทำงานจนกว่า จะมีเจ้าหน้าที่เปิดเพื่อเอากระป๋องที่ถูกบีบอัดแล้วออกไป

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและการใช้งานจริง โดยจะทำการทดลองการทำงานของเครื่องโดยจะทำการทดลอง ชุดตรวจสอบกระป๋อง ,ชุด LCDแสดงผล ,ชุดบีบกระป๋อง ,ชุดจ่ายสิ่งของตอบแทน เพื่อเป็นการตรวจสอบการทำงานของเครื่องว่าทำได้ตามวัตถุประสงค์หรือไม่ และเป็นการหาข้อผิดพลาดของโครงการด้วยซึ่งแบ่งการทดสอบเป็น

4.1.1 ทดสอบชุดตรวจสอบกระป๋อง

4.1.2 ทดสอบชุด 7-Segment แสดงผล

4.1.3 ทดสอบชุดจ่ายของตอบแทน

4.1.4 ทดสอบชุดบีบอัดกระป๋อง

4.2 การทดสอบชุดตรวจสอบกระป๋อง

4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) นำกระป๋องเบียร์และน้ำอัดลม ที่เตรียมไว้ใส่ลงไปในช่องใส่กระป๋อง
2) ทำการใส่กระป๋องทีละ 1 กระป๋อง และจะมีการแสดงค่าของกระป๋องที่เราหยอดของ Display
3) หยอดกระป๋องจำนวน 10 กระป๋อง Display แสดงค่าและเครื่องจะให้ของตอบแทนออกมา
4) ทำการหยอดกระป๋องจำนวน 2, 3, 4 , 5, 6, 7, 8, 9, กระป๋อง เครื่องจะไม่ให้ของตามแทน
5) หยอดกระป๋องครบ 40 กระป๋องเครื่องจะบีบอัดกระป๋อง แล้วเทเศษกระป๋องลงไปในช่องเก็บ
6) ทำการใส่ไม้ พลาสติก แก้วลงไป เครื่องจะทำการปล่อยไม้ พลาสติกและแก้วออกมาที่ช่องทิ้ง

หมายเหตุ เครื่องจะมีไฟบอกสถานะของเครื่องด้วย โดยมีไฟ 3 ดวงคือ

1) เครื่องเปิดใช้งานอยู่ สีเขียว
2) สิ่งของตอบแทนหมดสีเหลือง
3) เครื่องรับกระป๋องเต็มไม่สามารถรับกระป๋องได้อีก สีแดง
4)ทำการหยอดกระป๋องจำนวน 120กระป๋อง เครื่องจะโชว์ไฟว่าเต็มไม่สามารถรับกระป๋องได้อีก

4.2.2 ผลการทดลอง

เมื่อทำการเปิดเครื่อง เครื่องจะส่งให้เซนเซอร์ตรวจจับโลหะทำงาน เมื่อทดลองใส่กระป๋องน้ำอัดลมและกระป๋องเบียร์ จะไหลไปสู่ช่องบีบอัดกระป๋อง และเมื่อทดลองใส่ไม้ พลาสติกและแก้วลงไป เครื่องจะทำการปล่อยไม้ พลาสติกและแก้วออกมาที่ช่องทิ้ง สรุปได้ว่าไม่มีความผิดพลาดประการใด

4.3 <u>การทดสอบชุด 7-Segment แสดงผล</u>

4.3.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) ทำการใส่กระป๋องน้ำอัดลมและกระป๋องเบียร์ลงไปทีละกระป๋อง

4.3.2 ผลการทดลอง

เมื่อทำการเปิดเครื่อง เครื่องจะแสดงตัวเลข 00 เมื่อทำการใส่กระป๋องน้ำอัดลมและกระป๋องเบียร์ ทีละกระป๋อง 7-Segment จะแสดงตัวเลข 00-10 แล้วจะรีเซ็ตค่าใหม่

4.4 <u>การทดสอบชุดจ่ายของตอบแทน</u>

4.4.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) ทำการใส่กระป๋องน้ำอัดลมและกระป๋องเบียร์ครบทุกๆ 10 กระป๋อง

4.4.2 ผลการทดลอง

เมื่อใส่กระป๋องน้ำอัดลมและกระป๋องเบียร์ครบทุกๆ 10 กระป๋องจะได้รับของตอบแทน โดยไม่มีข้อผิดพลาด แล้วเมื่อของตอบแทนหมดจะมีไฟแสดงสถานะว่าหมด

4.5 <u>การทดสอบชุดบีบอัดกระป๋อง</u>

4.5.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) ทำการใส่กระป๋องน้ำอัดลมและกระป๋องเบียร์ครบทุกๆ 40 กระป๋อง

4.5.2 ผลการทดลอง

เมื่อใส่กระป๋องน้ำอัดลมและกระป๋องเบียร์ครบทุกๆ 40 กระป๋อง เครื่องจะทำการบีบอัดกระป๋องเป็นจำนวน 1 ครั้ง

ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบการบีบอัดกระป๋องน้ำอัดลมและกระป๋องเบียร์ในแต่ละครั้ง(เมื่อใส่ครบ 40 กระป๋อง)

ครั้งที่	ขนาดก่อนบีบ(เซนติเมตร)	ขนาดหลังบีบ(เซนติเมตร)
1	12	4
2	12	3.8
3	12	4.2
4	12	4
5	12	3.9

บทที่ 5
สรุปปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทนำ

"เครื่องบีบอัดภาชนะกระป๋องน้ำดื่ม"ซึ่งสามารถนำมาใช้งานได้จริง โดยการใช้งานนั้นเพียงแค่นำกระป๋องน้ำอัดลมหรือกระป๋องเบียร์มาใส่ที่เครื่องตามวิธีการที่ได้กำหนดไว้ที่ตู้ รับบริจาค การทำโครงการนี้ไม่ได้มุ่งเน้นถึงผลกำไรแต่เพียงอย่างเดียว แต่ยังให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมและ ผลที่จะได้รับตามมาด้วย ทำให้ประชาชนมีวินัยในการแยกประเภทของการทิ้งขยะ และยังเป็นการช่วยรณรงค์ให้บ้านเมืองของเราลดการใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติและทำให้บ้านเมืองน่าอยู่มากขึ้น

5.2 สรุปผลที่ได้จากการทดลอง

จากการที่ได้จัดทำเครื่องรับบริจาคกระป๋องน้ำอัดลมและกระป๋องเบียร์ขึ้นมานี้ หลังจากที่ได้ทดลองประสิทธิภาพของเครื่องแล้วสรุปได้ดังนี้

5.2.1 เครื่องสามารถใช้ไฟฟ้าจากไฟบ้านได้

5.2.2 สามารถบีบอัดกระป๋องได้จำนวน ถึง 40 กระป๋องต่อครั้ง

5.2.3 สามารถบีบอัดกระป๋องน้ำอัดลมและกระป๋องเบียร์ให้มีขนาดเล็กลง 4/5 เท่า

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการ

เครื่องบีบอัดภาชนะกระป๋องน้ำดื่มนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการอื่นที่มีลักษณะในการทำงานบีบอัดและให้รางวัลตอบแทนได้ เพราะ ชุดควบคุม PLC ชุดบีบอัดไฮดรอลิค สามารถเปลี่ยนแปลงการทำงานได้

5.4 อุปสรรคในการทำโครงการ

ในระหว่างการทำสิ่งประดิษฐ์ มีอุปสรรค์ ในเรื่องการหาอุปกรณ์หลายสิ่งด้วยกัน ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้รวบรวมปัญหา และแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเอาไว้พอสังเขป ดังต่อไปนี้

5.4.1 ปัญหาและอุปสรรค์

1) การต่อตัวโซลินอยด์เพื่อใช้ในการคัดเลือกกระป๋องหรือขยะนั้นในครั้งแรกทั้งขยะและกระป๋องสามารถไหลลงไปในช่องทางเดียวกันได้แต่หลังจากแก้ไขโดยการเปลี่ยนตัวโซลินอยด์ให้ใหญ่ขึ้นแล้วนั้นผลปรากฏว่า ทำให้มีแรงกันวัตถุเพื่อรอพิจารณาว่าเป็นกระป๋องหรือขยะ

2) การออกแบบรางยังไม่ดีเท่าที่ควร เพราะบางครั้งเวลาที่ใส่กระป๋องลงไปนั้น กระป๋องตั้งขึ้นไม่นอนตามที่ต้องการ แนวทางในการแก้ไขปัญหา คือ ควรออกแบบรางให้มีขนาดพอดีกับขนาดของกระป๋อง จะทำให้ไม่เกิดปัญหานี้ขึ้น

3) ตัวเครื่องนั้นมีขนาดใหญ่และหนักมากเพราะเป็นอุปกรณ์ไฮดรอริกส์ทั้งหมดจึงเป็นอุปสรรคในการทำงานอย่างมาก ในกรณีที่เราต้องการถอดอุปกรณ์มาทดสอบเพราะว่าอุปกรณ์ทุกตัวถูกยึดไว้กับอุปกรณ์ชุดอื่นอยู่แล้วนั่นเอง บางครั้งหากเราต้องการถอดมาทดสอบเราจึงต้องทดสอบทั้งหมด

5.4.2 แนวทางการแก้ไข

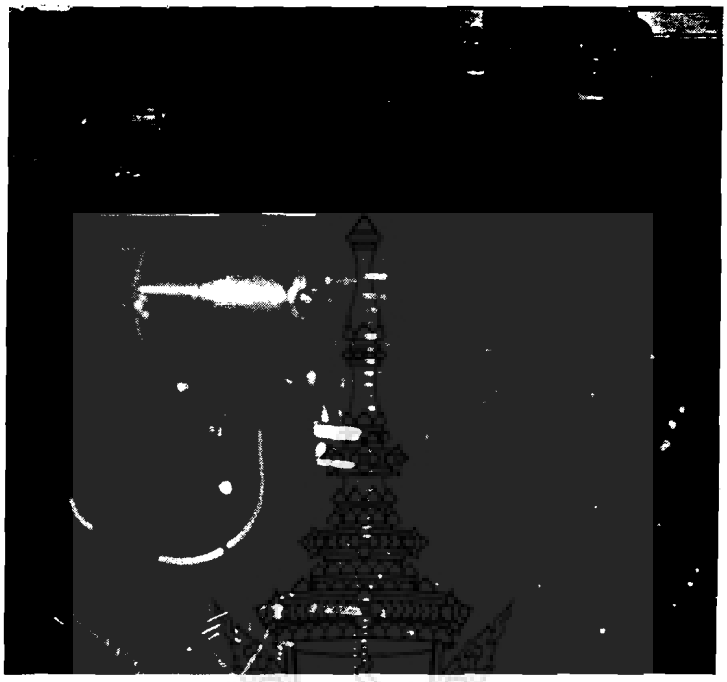
เครื่องบีบอัดภาชนะกระป๋องน้ำดื่มสามารถรับได้ ทั้งกระป๋องน้ำอัดลมและกระป๋องเบียร์ ซึ่งควรพัฒนาให้มีตัวถังเบาขึ้น เพื่อที่จะสามารถยกหรือขนย้ายได้สะดวกมากกว่าที่เป็นอยู่นี้

เอกสารอ้างอิง

1. ณรงค์ ตันชีวะวงค์. ระบบ PLC. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)
2. พรจิต ประทุมสุวรรณ. เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์. กรุงเทพฯ :โรงพิมพ์ เอ็มแอนด์ดี ซัพพลาย,2538
3. กฤษดา วิศวธีรานนท์. พีซี ตัวควบคุมซีเคว้นซ์ หลักการทำงานและการประยุกต์. กรุงเทพฯ : บริษัท บุญชัยวิศวกรรม จำกัด,2534
4. พรจิต ประทุมสุวรรณ. ระบบไฮดรอริกส์และการควบคุม. กรุงเทพ ฯ :โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์,2548
5. http://www.thaiio.com , 24 มกราคม 2549
6. http://www.silareseach.com , 24 มกราคม 2549

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
รูปโครงสร้างตัวเครื่องรับบริจาคกระป๋องเบียร์และน้ำอัดลม

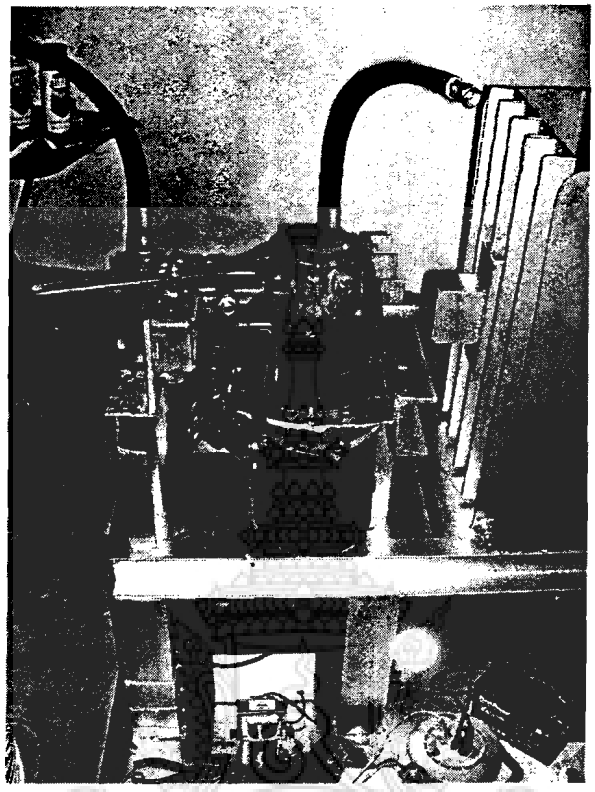


ภาพที่ 1 ชุดมอเตอร์ปล่อยกระป๋องที่ทำการบีบอัดแล้วลงช่องเก็บ

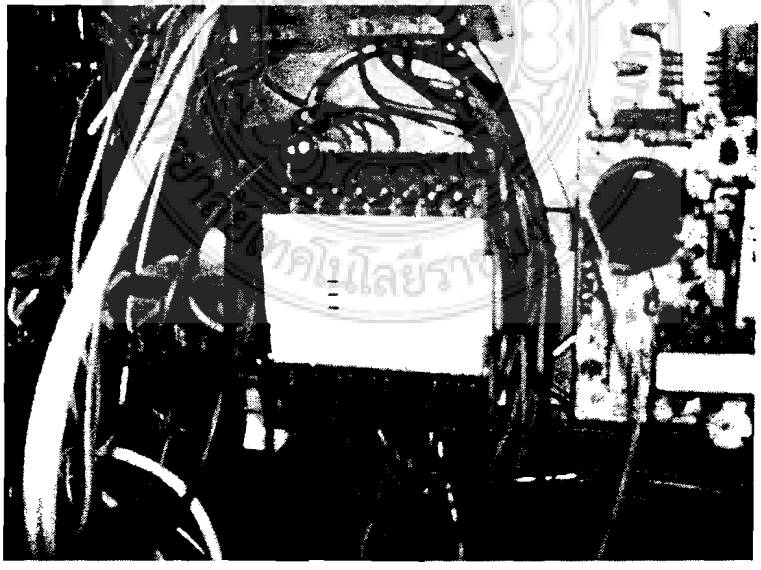
ภาพที่ 2 ช่องบีบอัดกระป๋องเมื่อมองจากด้านบน

ภาพที่ 3 ช่องหยอดกระป๋องเข้าทางด้านหน้า

ภาพที่ 4 ช่องรับของตอบแทน



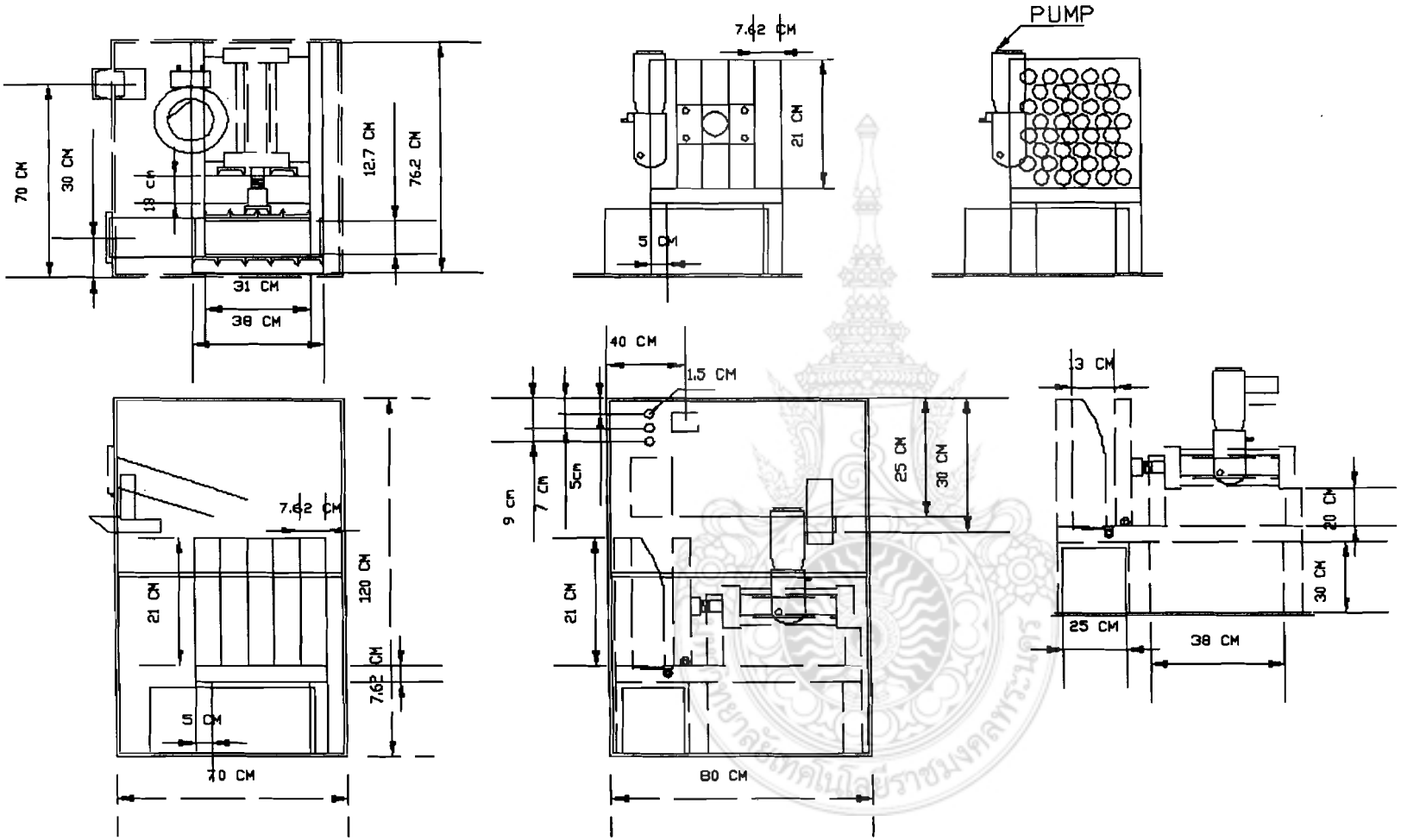
ภาพที่ 5 ชุดไฮดรอลิกที่ใช้ในการบีบอัดกระป๋อง



ภาพที่ 6 ชุด PLC ในการควบคุมการทำงานของเครื่อง

ภาพที่ 7 ตู้รับบริจาคกระป๋องเมื่อมองจากด้านหน้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



ภาพที่ 8 ภาพโดยรวมของชิ้นงาน

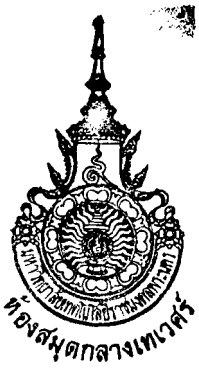
ภาคผนวก ข.

Source Code PLC และ Ladder Diragram

INSTRUCTION

Step	Inst.		
0	LD	X000	
1	ANI	T1	
2	OUT	T9	K10
5	LD	T9	
6	OUT	T1	K10
9	OUT	Y000	
10	LD	0001	
11	OR	Y001	
12	ANI	T2	
13	MPS		
14	ANI	Y002	
15	ANI	Y006	
16	OUT	Y001	
17	MPP		
18	ANI	X001	
19	OUT	T2	K3
22	LD	Y001	
23	OUT	C0	K40
26	LD	C0	
27	OUT	Y002	
28	LD	Y001	
29	OUT	C1	K40
32	LD	C1	
33	OUT	Y002	
34	LD	Y001	
35	OUT	C2	K40
38	LD	C2	
39	OUT	Y003	

40	LD	X005	
41	RST	C3	
43	LD	Y001	
44	OUT	C3	K40
47	LD	C3	
48	OUT	Y003	
49	LD	X005	
50	OUT	C4	K1
53	LD	C4	
54	OUT	Y004	
55	LD	X003	
56	RST	C5	
58	LD	X005	
59	OUT	C5	K1
62	LD	C5	
63	OUT	Y004	
64	LD	X003	
65	RST	C10	
67	LD	Y001	
68	OUT	C10	K40
71	LD	C10	
72	OUT	Y002	
73	LD	X003	
74	RST	C6	
76	LD	Y001	
77	OUT	C6	K40
80	LD	C6	
81	OUT	Y002	
82	NOP		
83	NOP		



84	NOP		
85	NOP		
86	NOP		
87	NOP		
88	LD	Y005	
89	OUT	T11	K20
92	LD	T11	
93	RST	C8	
95	LD	Y001	
96	OUT	C8	K10
99	LD	C8	
100	OUT	Y005	
101	LD	Y001	
102	OUT	C9	K60
105	LD	C9	
106	OUT	Y006	
107	NOP		
108	NOP		
109	NOP		
110	NOP		
111	NOP		
112	NOP		
113	NOP		
114	LD	X002	
115	ANI	T7	
116	OUT	T8	K20
117	LD	T8	
118	OUT	T7	K10
119	OUT	Y007	K10