



รายงานวิจัยสถาบัน

เรื่อง

การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

เรื่องการคัดแยกวัสดุ รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ

หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

สมเจตน์ ทองดี

งานวิจัยสถาบันฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ประจำปีงบประมาณ 2559

คำนำ

การจัดทำวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม ชุดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการและความจำเป็นของการใช้งานชุดฝึกระบบควบคุมอัตโนมัติของอาจารย์และนักศึกษา เพื่อสร้างและพัฒนาชุดฝึกระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานชุดฝึกระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติในรายวิชาดังกล่าว

โครงการวิจัยนี้จะเป็นชุดฝึกที่ใช้ฝึกปฏิบัติขณะทดสอบโปรแกรมที่เขียน ซึ่งชุดฝึกระบบควบคุมอัตโนมัตินี้จะทำการแสดงผลการทำงานจากการเขียนโปรแกรมของ ชุดฝึก Programmable Logic Controller (PLC) ผ่านการต่อสายวงจรไฟฟ้าเข้ากับชุดฝึกระบบควบคุมอัตโนมัติได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ โดยได้มีการพิจารณาจากอาจารย์และนักศึกษาที่มีการเรียนการสอนในรายวิชานี้ เป็นผู้ใช้งานจริง เมื่อโครงการวิจัยดังกล่าวนี้เสร็จสมบูรณ์แล้วจะสามารถเพิ่มทักษะในการต่อสายวงจรไฟฟ้ากับการใช้งานจริงและสามารถพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งผลจากการวิจัยครั้งนี้จะได้นำไปประยุกต์ใช้กับหน่วยการเรียนอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี

สมเจตน์ ทองดี

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

หัวข้อวิจัย	การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ รายวิชาการระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชา คอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม
ผู้วิจัย	นายสมเจตน์ ทองดี
สถาบัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการและความจำเป็นของการใช้งานชุดฝึกระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติของอาจารย์และนักศึกษา เพื่อสร้างและพัฒนาชุดฝึกระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานชุดฝึกระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติในรายวิชา ดังกล่าว

วิธีการดำเนินการ ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดฝึกระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ ให้ตอบสนองตรงตามความต้องการของรายวิชาการระบบควบคุมอัตโนมัติหลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม โดยเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีคุณภาพสามารถจัดหาได้ง่ายในประเทศไทยและวัสดุเหลือใช้ของสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน อาจารย์ผู้สอนและนักศึกษาที่มีการเรียนการสอนในรายวิชาการระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จำนวน 25 คน ที่มีการเรียนด้านพื้นฐานการโปรแกรมคำสั่งสำหรับชุดฝึกระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัตินี้มาแล้วเป็นอย่างดี ทำการศึกษาและทดลองโดยใช้ชุดฝึกทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ผลการวิจัยพบว่าอาจารย์ผู้สอนและนักศึกษาที่มีการเรียนการสอนในรายวิชาการระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม มีความต้องการให้สร้างชุดฝึกทดลองนี้ขึ้นมาใช้ในการเรียนการสอนเป็นอย่างมากและจากการวิจัยพบว่าชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ ที่

สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพมากที่สุด อาจารย์ผู้สอนและนักศึกษา ที่มีการเรียนการสอนในรายวิชา ระบบควบคุมอัตโนมัติมีความพึงพอใจเป็นอย่างมาก

(วิจัยมีจำนวนทั้งสิ้น 110 หน้า)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการฝึกอบรมการทำวิจัยสถาบันสายสนับสนุนวิชาการของ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ขอกราบขอบพระคุณท่านผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ที่กรุณาตอบแบบสอบถามประเมิน ประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเรื่อง การตัดแยกแก้วสุ ที่ได้กรุณาแสดงความ คิดเห็น ให้คำแนะนำและให้ข้อเสนอแนะในการสร้างชุดฝึกทดลอง

ขอขอบคุณอาจารย์นิชวัน วรรณสาสน์ อดีตหัวหน้างานวิจัย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย นครสวรรค์ วิทยากรผู้ให้ความรู้ด้านการทำวิจัยสถาบันสายสนับสนุน

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามทุกท่าน

ขอขอบคุณอาจารย์วชิระ ลีมิตรประพันธ์ ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ เพื่อจัดทำวิจัยสถาบันฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและขอขอบคุณ นักศึกษา สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามทุกคน ที่ได้ให้ความ ร่วมมือในการตอบแบบสอบถามความต้องการใช้งานชุดฝึกทดลองในการเรียนมา ณ โอกาสนี้

สมเจตน์ ทองดี

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
บทคัดย่อ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
คำถามที่ใช้ในการวิจัย	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	3

	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	2.1 ความหมายของชุดฝึก	5
	2.2 หลักการและทฤษฎีที่สำคัญของการสร้างชุดฝึก	6
	2.3 ความหมายและหลักการหาประสิทธิภาพชุดฝึกทดลอง	7
	2.4 การออกแบบและสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดฝึกทดลอง	10
	2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	50
3	วิธีดำเนินการวิจัย	51
	กลุ่มเป้าหมาย	51
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	52
	การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	58
	การวิเคราะห์ข้อมูล/สถิติที่ใช้	58
4	ผลการวิจัย	61
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	61
5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	66
	สรุปผลการวิจัย	66
	อภิปรายผล	67
	ข้อเสนอแนะ	67

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	68
ประวัติผู้วิจัย	67
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	71
ภาคผนวก ข	78
ภาคผนวก ค	88
ภาคผนวก ง	93
ภาคผนวก จ	101

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงค่าตัวคูณของโลหะ	21
2.2	แสดงชนิดและวัสดุที่ใช้ในการวิจัย	31
3.1	แสดงการกำหนดค่าน้ำหนักการประเมินแบบมาตราส่วน ประมาณค่า (Rating Scale)	60

4.1	แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามเพื่อสำรวจความต้องการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเรื่องการคัดแยกวัสดุ จากแบบสอบถามความคิดเห็นจากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 25 ท่าน	61
4.2	แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับด้านการออกแบบชุดฝึกทดลองและด้านประสิทธิภาพของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเรื่อง การคัดแยกวัสดุ	63
4.3	แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางการทดสอบการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเรื่อง การคัดแยกวัสดุจากการทดลองโดยผู้วิจัย	64
ค-1	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการสำรวจความต้องการชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเรื่องการคัดแยกวัสดุ จากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 25 ท่าน	92
ง-1	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ จำนวน 5 ท่าน	99
ง-2	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ จำนวน 5 ท่าน	100
จ-1	แสดงการตรวจสอบวัสดุชนิด โลหะมันวาว (Si)	103
จ-2	แสดงการตรวจสอบวัสดุชนิดพลาสติกสีดำ ทึบแสง แทนสัญลักษณ์ด้วย (BL)	104
จ-3	แสดงการตรวจสอบวัสดุพลาสติกสีชมพูสว่าง แทนสัญลักษณ์ด้วย (Ye)	105
จ-4	แสดงการทดสอบการทำงานอุปกรณ์อินพุทของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ	106
จ-5	แสดงการทดสอบการทำงานอุปกรณ์เอาต์พุทของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ	107
จ-6	แสดงผลการตรวจสอบวัสดุชนิด โลหะมันวาว แทนสัญลักษณ์ด้วย (Si)	108
จ-7	แสดงผลการตรวจสอบวัสดุชนิด พลาสติกสีดำ ทึบแสง แทนสัญลักษณ์ด้วย (BL)	108

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
จ-8	แสดงผลการตรวจสอบวัสดุชนิด พลาสติกสีชมพูสว่าง แทนสัญลักษณ์ด้วย (Ye)	109
จ-9	แสดงผลการทดสอบการทำงานอุปกรณ์อินพุทของชุดฝึกอบรมอัตโนมัติ สำหรับการฝึกปฏิบัติ	109
จ-10	การทดสอบการทำงานอุปกรณ์เอาต์พุทของชุดฝึกอบรมอัตโนมัติ สำหรับการฝึกปฏิบัติ	110

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงรูปร่าง PLC ชนิด Block Type	10
2.2	โครงสร้างภายนอกของ PLC รุ่น CP1L	11
2.3	แสดงรูปร่างของ PLC ชนิดโมดูล	12
2.4	Sequential Flow Chart Language (SFC)	12
2.5	Structured Text Languages	12
2.6	Function Block Diagram Language	13
2.7	Instruction List Language	13
2.8	Ladder Diagram	13
2.9	วงจรอินพุทแบบ DC	14
2.10	วงจรการต่ออินพุทแบบ Source	14
2.11	การต่อวงจรอินพุทแบบ DC Source/Sink	14
2.12	วงจรอินพุทแบบ AC	15
2.13	วงจรอินพุทแบบ AC	15
2.14	สัญญาณขนาด 0-10 VDC	15
2.15	สัญญาณขนาด 1-5 V (4-20 mA)	16
2.16	ไดอะแกรมการส่งข้อมูลนอกให้ PLC	16
2.17	วงจรมอดูลอินพุทของ PLC	17
2.18	กลุ่มอุปกรณ์ที่ต่อกับภาคเอาต์พุท PLC	17
2.19	วงจรเอาต์พุทแบบรีเลย์	18
2.20	ส่งสัญญาณแบบแรงดัน (Voltage Output)	18
2.21	ส่งสัญญาณแบบแรงดัน (Voltage Output)	18
2.22	แสดงอุปกรณ์พรีอกซิมีตี้สวิตช์ (Proximity Switches)	19
2.23	แสดงภาพส่วนประกอบของอินดักทีฟพรีอกซิมีตี้สวิตช์	19
2.24	แสดงหลักการทำงานของอินดักทีฟพรีอกซิมีตี้สวิตช์	20
2.25	แสดงหลักการทำงานของอินดักทีฟพรีอกซิมีตี้สวิตช์	20

2.26	แสดงภาพส่วนประกอบของคัพเพซิทีฟพรีอกซิมีตี (CAPACITIVE PROXIMITY SWICH)	21
2.27	แสดงหลักการทำงานของคัพเพซิทีฟ พรีอกซิมีตี สวิตซ์	22
2.28	แสดงหลักการทำงานของคัพเพซิทีฟพรีอกซิมีตี	22
2.29	แสดงชนิดของพรีอกซิมีตี	23
2.30	แสดงการนำพรีอกซิมีตีสวิตซ์ชนิดอินดักทีฟ และคัพเพซิทีฟ ไปประยุกต์ใช้งาน	24

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.31	แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ใช้แสงประเภท ลำแสงสะท้อนกลับ	26
2.32	แสดงภาพเซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด	26
2.33	แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ใช้แสงประเภท ลำแสงผ่านตลอด	27
2.34	แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ใช้แสงประเภท ลำแสงผ่านตลอด	27
2.35	แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ใช้แสงประเภท ตรวจจับโดยตรง	28
2.36	แสดงภาพเซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทตรวจจับโดยตรง	29
2.37	เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 2 เส้น	29
2.38	ภาพแสดงเอาต์พุตที่ได้จากการต่อใช้งานแบบ PNP	30
2.39	ภาพแสดงเอาต์พุตที่ได้จากการต่อใช้งานแบบ NPN	30
2.40	เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 4 เส้น	31
2.41	โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	32
2.42	ขั้วแม่เหล็กและขดลวดแม่เหล็กที่ยึดกับเฟรม	32
2.43	แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอาร์เมเจอร์	33
2.44	ส่วนประกอบของสายพานลำเลียง	34
2.45	ส่วนประกอบของรีเลย์	35
2.46	แสดงการต่อใช้งานมาตรฐาน	36

2.47	แสดงโครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียว	40
2.48	แสดงโครงสร้างของกระบอกสูบสองทาง	40
2.49	แสดงโครงสร้างกระบอกสูบสองทางชนิดมีตัวกันกระแทก	41
2.50	แสดงสัญลักษณ์แสดงการทำงานของวาล์วควบคุมทิศทาง	42
2.51	แสดงภาพวาล์วควบคุม 3 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติปิด เลื่อนวาล์วโดยโซลินอยด์วาล์วเลื่อนกลับโดยสปริง	42
2.52	แสดงภาพวาล์วควบคุม 3 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติปิด เลื่อนวาล์วโดย โซลินอยด์และลมดันช่วย วาล์วเลื่อนกลับโดยสปริง	43
2.53	แสดงภาพวาล์วควบคุม 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง เลื่อนวาล์วโดย โซลินอยด์และลมดันช่วยวาล์วเลื่อนกลับโดยสปริง	43
2.54	แสดงภาพวาล์วควบคุม 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง เลื่อนวาล์วโดย โซลินอยด์ทั้ง 2 ข้าง	44

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.55	แสดงลักษณะของสวิตช์ชนิดต่างๆ	44
2.56	สวิตช์ปุ่มกดแบบต่างๆ	45
2.57	โครงสร้างภายนอกของสวิตช์ปุ่มกด	45
2.58	การทำงานของสวิตช์ปุ่มกด	45
2.59	สวิตช์จำกัดระยะ (Limit switch)	47
2.60	ตัวอย่างลิมิตสวิตช์แต่ละแบบในการใช้งานควบคุมมอเตอร์	47
2.61	สวิตช์ความดันแบบต่างๆ	47
2.62	สวิตช์ควบคุมการไหลแบบต่างๆ	48
2.63	สวิตช์เลือก (Selector switch)	48
2.64	ตัวอย่างสวิตช์โยกหรือโรตารีแคมสวิตช์แบบต่างๆ	49
2.65	โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve)	49
3.1	แสดงขั้นตอนในการสร้างชุดฝีกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ	53
3.2	แสดงรูปแบบของชุดฝีกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติด้านหน้า	54
3.3	แสดงรูปแบบของชุดฝีกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติด้านข้าง	54
3.4	แสดงขั้นตอนในการสร้างชุดฝีกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ	56

ข-1	แสดงภาพโครงสร้างหลักชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ	79
ข-2	แสดงภาพโครงสร้างหลักชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ และเส้นบอกขนาด	80
ข-3	แสดงภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เมื่อใส่ฝาด้านบน	80
ข-4	แสดงภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เมื่อใส่รางบรรจุวัสดุ	81
ข-5	แสดงภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เมื่อใส่อุปกรณ์อินพุท	81
ข-6	แสดงภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เมื่อใส่อุปกรณ์เอาต์พุท	82
ข-7	แสดงภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เมื่อเสร็จสมบูรณ์	82
ข-8	แสดงภาพวงจรอินพุทของชุดฝึกระบบอัตโนมัติ สำหรับการฝึกปฏิบัติ	83
ข-9	แสดงภาพวงจรเอาต์พุทของชุดฝึกระบบอัตโนมัติ สำหรับการฝึกปฏิบัติ	84

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข-10	แสดงภาพการวางโครงสร้างรางเก็บวัสดุด้านข้าง	84
ข-11	แสดงภาพการวางโครงสร้างรางเก็บวัสดุด้านบน	85
ข-12	แสดงภาพการติดตั้งสายพานลำเลียง	85
ข-13	แสดงภาพการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจสอบวัสดุ	86
ข-14	แสดงภาพการติดตั้งกระบอกลมนิวเมติกส์	86
ข-15	แสดงภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับฝึกปฏิบัติ เมื่อประกอบเสร็จสมบูรณ์	87
ข-16	แสดงภาพการทดสอบการทำงานชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับฝึกปฏิบัติ	87
จ-1	แสดงการทำงานหลักของชุดฝึกระบบอัตโนมัติ สำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ	102

จ-2 แสดงการแบ่งควบคุมของชุดฝึกระบบอัตโนมัติ
 สำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ

102

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันระบบควบคุมอัตโนมัติถือว่าเป็นสิ่งสำคัญในระบบการทำงานของงานอุตสาหกรรม ทั้งขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก รวมไปถึงทางด้านการศึกษาด้วย ซึ่งระบบควบคุมอัตโนมัติจะเป็นระบบหลักที่เป็นตัวแปรสำคัญให้อุตสาหกรรมการผลิตนั้นมีประประสิทธิภาพ มีคุณภาพได้มาตรฐาน รวดเร็วยิ่งขึ้นและยังเป็นระบบการทำงานที่สามารถใช้แทนแรงงานมนุษย์ในกระบวนการผลิตด้วย ระบบควบคุมอัตโนมัติจะมีประเภทที่แตกต่างกันออกไปแล้วแต่การใช้งานของแต่ละประเภทของงานนั้นๆ ระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ ระบบควบคุมแบบเปิด(open loop) และระบบควบคุมแบบปิด (closed loop) ระบบควบคุมประเภทวงปิดหมายความว่า ผลลัพธ์ที่ผ่านออกมาจากระบบนี้ จะไม่ส่งอำนาจย้อนกลับไปปรับแต่งสัญญาณกระตุ้น เช่น เครื่องปิ้งขนมปังไฟฟ้า เป็นต้น ส่วนระบบควบคุมประเภทวงปิด หมายความว่า ผลลัพธ์ที่ผ่านออกมาจากระบบนี้ จะส่งอำนาจย้อนกลับไปปรับแต่งสัญญาณกระตุ้น เพื่อควบคุมให้เครื่องทำงานได้ต่อเนื่องกัน เช่น หม้อน้ำซักโครก เป็นต้น (บุญเลิศ สงวนวัฒนา, 2551) แต่อย่างไรก็ตามระบบควบคุมอัตโนมัติก็ยังต้องพึ่งบุคลากรในการควบคุมระบบนี้อยู่ดี ในด้านของการศึกษาจึงนำระบบควบคุมอัตโนมัติมาใช้ในการเรียนการสอนให้กับนักศึกษาเพื่อให้นักศึกษานั้นมีทักษะในการทำงานและสามารถเป็นบุคลากรที่ควบคุมระบบอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม มีหลักสูตรที่เป็นระบบควบคุมอัตโนมัติเช่นเดียวกัน ซึ่งหลักสูตรนี้จะอยู่ในหลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติโดยจะมีการเรียนการสอนในทุกๆปีการศึกษา แต่ปัจจุบันรูปแบบการเรียนการสอนของรายวิชานี้มีการเรียนการสอนที่มีเพียงทฤษฎีและการเขียนโปรแกรมลงใน ชุดฝึก Programmable Logic Controller (PLC) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมแขนงจรรยาเลิศแบบเดิม ยังขาดการแสดงผลจากการเขียนโปรแกรม จึงทำให้นักศึกษาที่เรียนในรายวิชานี้มองภาพของการเขียนโปรแกรมที่เสร็จเรียบร้อยแล้วไปใช้งานจริงไม่ได้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาระหว่างการเขียนโปรแกรมได้ ขาดทักษะในการต่อวงจรไฟฟ้าในการใช้งานจริง และขาดชุดฝึกระบบอัตโนมัติที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมที่เข้าใจได้ง่าย แม้ว่าในปัจจุบันชุดฝึกระบบอัตโนมัติจะมีจำหน่ายแต่ราคานั้นอยู่ในระดับที่สูงและยังตอบโจทย์ของรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติได้ไม่ครบถ้วน ซึ่งทั้งหลายเหล่านี้ล้วนเป็นปัญหาในการเรียนการสอนทั้งอาจารย์และนักศึกษา

ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อตัวนักศึกษาเอง การสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัตินี้จะใช้อุปกรณ์บางส่วนที่ทางสาขาวิชาคอมพิวเตอร์นั้นมีอยู่แล้วแต่ไม่ได้ใช้งานมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์และประหยัดงบประมาณในการสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติด้วย

ดังนั้น การจัดสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติจึงเป็นการพัฒนางานในด้านการเรียนการสอนจากปัญหาของทุกปีการศึกษาที่ผ่านมาของรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ ให้มีชุดฝึกระบบอัตโนมัติไว้ใช้ในการเรียนการสอน แก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น ช่วยพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนการสอนของอาจารย์และนักศึกษา โดยมีการพิจารณาจากอาจารย์และนักศึกษาที่มีการเรียนการสอนในรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ และนอกจากนี้ในอนาคตอาจมีการพัฒนาต่อยอดไปยังระบบอัตโนมัติแบบอื่นๆอีกด้วย

1.2 คำถามที่ใช้ในการวิจัย

1.2.1 อาจารย์ผู้สอนและนักศึกษาที่มีการเรียนการสอนในรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติมีความต้องการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติมากน้อยเพียงใด

1.2.2 ชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกแก้วสุร รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม มีประสิทธิภาพมากจริงหรือไม่

1.2.3 เมื่อผู้วิจัยดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกแก้วสุร แล้วชุดฝึกทดลองมีประสิทธิภาพมากจริงหรือไม่

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

1.3.1 เพื่อศึกษาความต้องการและความจำเป็นของการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ ของคณาจารย์ประจำหลักสูตร และนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา ระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

1.3.2 เพื่อสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกแก้วสุร รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

1.3.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเรื่องการคัดแยกแก้วสุร รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1.4.1 ชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติได้รับการประเมินและตรวจสอบจาก อาจารย์ผู้สอน/ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

1.4.2 วัสดุ-อุปกรณ์บางส่วนในการสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติใช้วัสดุ เหลือใช้ของสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

1.4.3 ชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ สามารถใช้งานร่วมกันกับเครื่องควบคุมเชิง ตรรกะที่สามารถโปรแกรม (Programmable Logic Controller: PLC) ทั้งแบบโครงสร้าง ทหรานซิสเตอร์แบบ NPN และ PNP

1.4.4 ชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ มีจำนวนอินพุทของอุปกรณ์เชื่อมต่อแบบ ดิจิตอล 12 ช่องสัญญาณ และ จำนวนเอาต์พุทของอุปกรณ์เชื่อมต่อแบบดิจิตอล 6 ช่องสัญญาณ

1.4.5 ชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ สามารถจำลองการทำงานการตัดแยกวัสดุ ของระบบการผลิตในภาคอุตสาหกรรม โดยมีส่วนประกอบ

1.4.5.1 ระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้าสำหรับการควบคุมกระบอบกลมในการตัดแยกวัสดุ

1.4.5.2 ระบบสายพานลำเลียง (Conveyor) ที่ทำงานด้วยมอเตอร์กระแสตรง

1.4.5.3 ระบบตรวจสอบวัสดุสามารถแยกวัสดุที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ด้วยอุปกรณ์ ตรวจวัดแบบพร็อกซิมีตี้ (Proximity Switch) และอุปกรณ์ตรวจวัดแบบแสง (Optical Sensor)

1.4.5.4 ระบบการสั่งงานแบบดิจิตอลด้วยสวิทช์แบบกดติดปล่อยดับ จำนวน 2 ตัว

1.4.5.5 ระบบการแสดงผลสถานะการทำงานของระบบด้วยหลอดไฟ จำนวน 3 หลอด

1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1.5.1 ชุดฝึกระบบอัตโนมัติ หมายถึง เครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ นำมาประกอบให้เป็นแบบจำลองการทำงานของกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อใช้เป็น สื่อการเรียนการสอน โดยสามารถใช้เครื่องควบคุม (controller) เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมการทำงานของ เครื่องให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการ

1.5.2 ระบบอัตโนมัติ คือ ระบบใดๆ หรือ กลไก ที่สามารถเริ่มทำงานได้ด้วยตัวเอง โดย ทำงานตามโปรแกรมที่วางไว้ เช่นระบบรดน้ำอัตโนมัติ ระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ อาจเป็นการใช้กลไกคอมพิวเตอร์ หรือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุม จะทำงานถูกต้องต่อเมื่อมีการ วางแผน หรือ โปรแกรมโดยมนุษย์ทั้งสิ้น

1.5.3 ระบบควบคุมอัตโนมัติ หมายถึง ระบบที่มีเครื่องควบคุม (controller) เป็นอุปกรณ์ที่ ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการ

1.5.4 PLC: Programmable Logic Controller หรือ เครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ (มีต้นกำเนิดจากประเทศสหรัฐอเมริกา) เป็นเครื่องควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถจะโปรแกรมได้ ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ อันเนื่องมาจากความต้องการที่อยากจะได้เครื่องควบคุมที่มีราคาถูกสามารถใช้งานได้อย่างเอนกประสงค์ และสามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย

1.5.5 ชุดฝึกปฏิบัติ หมายถึง ชุดการสอนเสริมที่ใช้สำหรับฝึกทักษะจากการเรียนการสอนนั้นๆ

1.5.6 ระบบนิวเมติกส์ หมายถึง ระบบการส่งถ่ายกำลังโดยอาศัยความดันลมเป็นตัวกลางในการส่งถ่ายกำลัง โดยมีอุปกรณ์ เช่น ระบายกลับ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมให้เป็นพลังงานกล

1.5.7 วงจรไฟฟ้า (อังกฤษ: Electric Circuit) หมายถึง การเชื่อมต่อกันของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า แหล่งจ่ายกระแสและสวิตช์ ในรูปวงจรปิดทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าจนครบวงจร

1.5.8 การเขียนโปรแกรม (อังกฤษ: Programming) หรือ การเขียนโค้ด (Coding) เป็นขั้นตอนการเขียน ทดสอบ และดูแลซอร์สโค้ดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งซอร์สโค้ดนั้นจะเขียนด้วยภาษาโปรแกรม ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมต้องการความรู้ในหลายด้านด้วยกัน เกี่ยวกับโปรแกรมที่ต้องการจะเขียน และขั้นตอนวิธีที่จะใช้ ซึ่งในวิศวกรรมซอฟต์แวร์นั้น การเขียนโปรแกรมถือเป็นเพียงขั้นหนึ่งในวงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์

1.5.9 ประสิทธิภาพของชุดฝึกทดลอง หมายถึงคุณภาพของชุดฝึกทดลองที่วัดค่าจากค่าเฉลี่ยจากการทดลองของผู้วิจัยและจากการประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์จากการวิจัยในครั้งนี้ได้แก่

1.6.1 ได้ชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ ที่สามารถจำลองการทำงานการตัดแยกวัสดุของระบบการผลิตในภาคอุตสาหกรรม เพื่อใช้ในการเรียนการสอน รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพิบูลสงคราม

1.6.2 ได้ต้นแบบชุดฝึกปฏิบัติการระบบอัตโนมัติ ในการจำลองการทำงานของกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม เพื่อให้นักศึกษาในหลักสูตรสามารถออกแบบและพัฒนาระบบด้านอื่นๆต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้การวิจัยเรื่อง “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม” สมบูรณ์ยิ่งขึ้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

- 2.1 ความหมายของชุดฝึก
- 2.2 หลักการและทฤษฎีที่สำคัญของการสร้างชุดฝึก
- 2.3 ความหมายและหลักการหาประสิทธิภาพชุดฝึกทดลอง
- 2.4 การออกแบบและสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดฝึกทดลอง
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของชุดฝึก

ชุดฝึกมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป เช่น ชุดฝึก ชุดฝึกทดลอง แบบฝึก แบบฝึกทักษะ เป็นต้น แต่เป้าหมายในการจัดทำก็เป็นไปในทิศทางเดียวกันเพื่อให้การเรียนรู้ในรูปแบบที่หลากหลายจากการศึกษาค้นคว้ามีผู้ให้ความหมายของชุดฝึก ไว้ดังนี้

ปรัชวี สวามิวัตต์ (2555) ได้ให้ความหมายของชุดฝึกไว้ว่า เป็นสื่อหรือนวัตกรรมที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ฝึกทักษะในการเรียนรู้หลังจากเรียนจบเนื้อหาในช่วงๆ หนึ่งๆ เพื่อฝึกฝนให้เกิดความรู้ความเข้าใจ รวมทั้งเกิดความชำนาญในเรื่องนั้นๆ อย่างกว้างขวาง ชุดฝึกจึงมีความสำคัญต่อผู้เรียนในการที่จะช่วยเสริมทักษะให้กับผู้เรียนทำให้การสอนของครู อาจารย์ และการเรียนของนักศึกษา ประสบผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ

อภิภู สิทธิภูมิมงคล (2545) ให้ความหมายของชุดฝึกไว้ว่า เป็นสื่อการศึกษาประเภทหนึ่งที่สร้างขึ้นมาเพื่อให้เป็นชุดประสบการณ์สำหรับการฝึกอบรม ชุดฝึกอาจจะประกอบด้วยสื่อเดียวหรือสื่อประสมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยให้การฝึกอบรมใช้ประกอบกิจกรรมในการฝึกอบรมหรือช่วยผู้รับการฝึกอบรมสามารถที่จะศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตนเองสำหรับลักษณะสำคัญของชุดฝึกอบรมนั้นจะเกี่ยวข้องกับจุดมุ่งหมาย สื่อที่ใช้ระยะเวลา สถานที่ และประโยชน์ที่จะได้รับ ซึ่งพอสรุปได้ดังต่อไปนี้

2.1.1 เป็นสื่อที่มีจุดมุ่งหมายเฉพาะเรื่อง ชุดฝึกอบรมที่พัฒนาขึ้นโดยทั่วไปจะมีจุดมุ่งหมายเฉพาะเรื่องๆ ไป หากเนื้อหาที่ต่อเนื่องเป็นเรื่องยาวก็จะทำเป็นชุดๆ ต่อเนื่องกันไป เพื่อให้แต่ละชุดฝึกอบรมไม่ยาวมากจนเกินไป

2.1.2 เป็นสื่อประสม ชุดฝึกอบรมโดยทั่วไปทั้งการศึกษานอกระบบและในระบบจะพัฒนาด้วยสื่อประสม คือประกอบด้วยสื่อตั้งแต่สองประเภทขึ้นไป เช่น ชุดฝึกอบรมประกอบด้วยสื่อภาพนิ่งและเทปเสียง ชุดฝึกอบรมที่ใช้วีดิทัศน์และสื่อสิ่งพิมพ์เพื่อช่วยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ศึกษาหาความรู้หลายๆ ด้านด้วยกัน

2.1.3 เป็นสื่อเสริมกิจกรรมการฝึกอบรมที่มีผู้ให้การฝึกอบรมหรือเป็นสื่อที่ผู้รับการฝึกอบรมศึกษาด้วยตนเอง

2.1.4 เป็นสื่อที่ใช้ระยะเวลาฝึกอบรมสั้น ชุดฝึกอบรมโดยทั่วไปมีความมุ่งหมายที่จะอบรมเฉพาะเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละชุดจึงสั้นๆ หากเนื้อหายาวมากก็จะจัดทำขึ้นหลายชุด โดยแบ่งเนื้อหาเป็นเรื่องๆ ไป ซึ่งทำให้ผู้เข้ารับการอบรมไม่เกิดความเบื่อหน่ายในการศึกษา

2.1.5 เป็นสื่อที่ใช้ได้ทุกสถานที่และทุกเวลา ซึ่งจะทำให้ผู้ฝึกอบรมสามารถศึกษาหาความรู้ได้อยู่ที่ใดก็ได้ชุดฝึกอบรมส่วนใหญ่จะจัดทำขึ้นมาให้อำนวยในเรืองการใช้ได้ทุกเวลายังเป็นสื่อที่ศึกษได้ด้วยตนเองแล้ว ผู้รับการฝึกอบรมสามารถจะศึกษาเมื่อใดก็ได้ตามที่ต้องการ

2.1.6 เป็นสื่อที่เบ็ดเสร็จในตัวเอง ชุดฝึกอบรมแต่ละชุดจะจัดทำขึ้นให้เบ็ดเสร็จในตัวเองทำให้ผู้ฝึกอบรมสามารถที่จะเลือกศึกษาหาความรู้จากชุดฝึกอบรมได้ตามความต้องการ หรือผู้รับการฝึกอบรมต้องการศึกษาเฉพาะเรื่องใดเรื่องหนึ่งจากชุดฝึกอบรมก็จะสามารถที่จะเลือกศึกษาเฉพาะเรื่องได้ โดยไม่ต้องอ่านต่อเนื่องไปยังสิ่งที่ไม่ต้องการศึกษา

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ชุดฝึก หมายถึง สื่อการเรียนประเภทหนึ่ง ที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในบทเรียน จากการฝึกปฏิบัติทำกิจกรรมหลากหลายรูปแบบเพื่อเสริมสร้างทักษะกระบวนการคิดและกระบวนการเรียนรู้จนสามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

2.2 หลักการและทฤษฎีที่สำคัญของการสร้างชุดฝึก

หลักการและทฤษฎีที่สำคัญพื้นฐานในการสร้างชุดฝึก คือ

2.2.1 ความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individual Differences) นักการศึกษาได้นำหลักจิตวิทยาในด้านความแตกต่างระหว่างบุคคลมาใช้เพราะผู้เรียนแต่ละคนจะเรียนรู้ตามวิถีทางของเขา และใช้เวลาเรียนในเรื่องหนึ่งๆ ที่แตกต่างกันไป ความแตกต่างเหล่านี้มีความแตกต่างในด้านความสามารถ(Ability) สติปัญญา (Intelligence) ความต้องการ (Need) ความสนใจ (Interest) ร่างกาย (Physical) อารมณ์ (Emotion) และสังคม (Social) ผู้สร้างชุดการสอนจึงพยายามที่จะหาวิธีการที่เหมาะสมในการที่จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ในชุดนั้นๆ

2.2.2 การนำสื่อประสมมาใช้ (Multi Media Approach) เป็นการนำเอาสื่อในการสอนหลายประเภทมาใช้สัมพันธ์กันอย่างมีระบบ ความพยายามอันนี้ก็เพื่อที่จะเปลี่ยนแปลงการเรียนการสอนจากเดิมที่เคยยึดครูเป็นแหล่งให้ความรู้หลัก มาเป็นการจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนด้วยการใช้แหล่งความรู้จากสื่อประเภทต่างๆ

2.2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ (Learning Theory) จิตวิทยาการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้กระทำดังนี้

2.2.3.1 เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2.3.3.2 ตรวจสอบผลการเรียนของตนเองว่าถูกหรือผิดได้ทันที

2.3.3.3 มีการเสริมแรงคือผู้เรียนจะเกิดความภาคภูมิใจ ดีใจที่ตนเองทำได้อยู่ถูกต้อง เป็นการให้กำลังใจที่จะเรียนต่อไป

2.3.3.4 เรียนรู้ไปทีละขั้น ตามความสามารถและความสนใจของตนเอง

2.3.4 การใช้วิธีวิเคราะห์แบบ (System Analysis) โดยการจัดเนื้อหาวิชาให้สอดคล้องกันกับสภาพแวดล้อมและวัยของผู้เรียน ทุกสิ่งทุกอย่างที่จัดไว้ในชุดการสอนจะสร้างขึ้นอย่างมีระบบ มีการตรวจสอบทุกขั้นตอน มีการทดลองปรับปรุงจนมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เป็นที่เชื่อถือได้จึงนำมาออกมาใช้ (เสาวณีย์, 2528: 292-293)

จากคำกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า ในการผลิตชุดการสอนนั้นจะต้องคำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียนในด้านความสามารถ สติปัญญา เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่สัมฤทธิ์ผลตามวัตถุประสงค์ให้ได้มากที่สุด

2.3 ความหมายและหลักการหาประสิทธิภาพชุดฝึกทดลอง

การผลิตสื่อหรือชุดการสอนนั้น ก่อนนำไปใช้จริงจะต้องนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นไปทดสอบประสิทธิภาพเพื่อดูว่าสื่อหรือชุดการสอนทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ มีประสิทธิภาพในการช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์หรือไม่และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนจากสื่อหรือชุดการสอนในระดับใด ดังนั้นผู้ผลิตสื่อการสอนจำเป็นจะต้องนำสื่อหรือชุดการสอนไปหาคุณภาพ เรียกว่าการทดสอบประสิทธิภาพ

2.3.1 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

2.3.1.1 ความหมายของประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึงสภาวะหรือคุณภาพของสมรรถนะในการดำเนินงาน เพื่อให้งานมีความสำเร็จโดยใช้เวลา ความพยายามและค่าใช้จ่ายค่าน้อยที่สุดตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ โดยกำหนดเป็นอัตราส่วนหรือร้อยละระหว่างปัจจัยนำเข้ากระบวนการและผลลัพธ์ (Ratio between input, process and output) ประสิทธิภาพเน้นการดำเนินการที่ถูกต้องหรือกระทำสิ่งใดๆ อย่างถูกวิธี (Doing the thing right)

คำว่าประสิทธิภาพ มักสับสนกับคำว่า ประสิทธิผล (Effectiveness) ซึ่งเป็นคำที่คลุมเครือ ไม่เน้นปริมาณ และมุ่งให้บรรลุวัตถุประสงค์และเน้นการกระทำสิ่งที่ถูกที่ควร (Doing the right thing) ดังนั้นสองคำนี้จึงมักใช้คู่กัน คือ ประสิทธิภาพและประสิทธิผล

2.3.1.2 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอน จึงหมายถึงการหาคุณภาพของสื่อหรือชุดการสอน โดยพิจารณาตามขั้นตอนของการพัฒนาสื่อหรือชุดการสอนแต่ละขั้น ตรงกับภาษาอังกฤษว่า “Developmental Testing”

Developmental Testing คือ การทดสอบคุณภาพตามพัฒนาการของการผลิตสื่อหรือชุดการสอนตามลำดับขั้นเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแต่ละองค์ประกอบของต้นแบบชิ้นงาน ให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการผลิตสื่อและชุดการสอน การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอนคือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นการช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดี และการทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข ก่อนที่จะผลิตออกมาเผยแพร่เป็นจำนวนมาก

- **การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น** เป็นการนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นเป็นต้นแบบ (Prototype) แล้วไปทดสอบประสิทธิภาพใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแต่ละระบบ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนให้เท่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้และปรับปรุงจนถึงเกณฑ์

- **การทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง** หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพใช้และปรับปรุงจนได้คุณภาพถึงเกณฑ์แล้วของแต่ละหน่วย ทุกหน่วยในแต่ละวิชาไปสอนจริงในชั้นเรียนหรือในสถานการณ์การเรียนที่แท้จริงในช่วงเวลาหนึ่ง อาทิ 1 ภาคการศึกษาเป็นอย่างน้อยเพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้ายก่อนนำไปเผยแพร่และผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การทดสอบประสิทธิภาพทั้งสองขั้นตอนจะต้องผ่านการวิจัยเชิงวิจัยและพัฒนา (Research and Development-R&D) โดยต้องดำเนินการวิจัยในขั้นทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น และอาจทดสอบประสิทธิภาพซ้ำในขั้นทดสอบประสิทธิภาพใช้จริงด้วยก็ได้เพื่อประกันคุณภาพของสถาบันการศึกษาทางไกลนานาชาติ

2.3.2 ความจำเป็นที่จะต้องหาประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนมีความจำเป็นด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ

- 2.3.2.1 **สำหรับหน่วยงานผลิตสื่อหรือชุดการสอน** การทดสอบประสิทธิภาพช่วยประกันคุณภาพของสื่อหรือชุดการสอนว่าอยู่ในขั้นสูง เหมาะสมที่จะลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก หากไม่มีการทดสอบประสิทธิภาพเสียก่อนแล้วเมื่อผลิตออกมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ก็จะต้องผลิตหรือทำขึ้นใหม่เป็นการสิ้นเปลืองทั้งเวลา แรงงานและเงินทอง

- 2.3.2.2 **สำหรับผู้ใช้สื่อหรือชุดการสอน** สื่อหรือชุดการสอนที่ผ่านการทดสอบ

ประสิทธิภาพจะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยสอนได้ดีในการสร้างสภาพการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามที่มุ่งหวัง บางครั้งชุดการสอนต้องช่วยครูสอนบางครั้งต้องสอนแทนครู (อาทิในโรงเรียนครูคนเดียว) ดังนั้น ก่อนนำสื่อหรือชุดการสอนไปใช้ ครูจึงควรมั่นใจว่า ชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนจริงการทดสอบประสิทธิภาพตามลำดับขั้นจะช่วยให้เราได้สื่อหรือชุดการสอนที่มีคุณค่าทางการสอนจริงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

สำหรับผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอนการทดสอบประสิทธิภาพจะทำให้ผู้ผลิตมั่นใจได้ว่าเนื้อหาสาระที่บรรจุลงในสื่อหรือชุดการสอนมีความเหมาะสม ง่ายต่อการเข้าใจ อันจะช่วยให้ผู้ผลิตมีความชำนาญสูงขึ้น เป็นการประหยัดแรงสมองแรงงาน เวลาและเงินทองในการเตรียมต้นแบบ

2.3.3 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

2.3.3.1 ความหมายของเกณฑ์ (Criterion) เกณฑ์เป็นขีดกำหนดที่จะยอมรับว่า สิ่งใดหรือพฤติกรรมใดมีคุณภาพและหรือปริมาณที่จะรับได้ การตั้งเกณฑ์ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียว เพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้จะตั้งเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพไว้ต่างกันไม่ได้ เช่น เมื่อมีการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว ตั้งเกณฑ์ไว้ 60/60 แบบกลุ่ม ตั้งไว้ 70/70 ส่วนแบบสนาม ตั้งไว้ 80/80 ถือว่า เป็นการตั้งเกณฑ์ที่ไม่ถูกต้อง อนึ่งเนื่องจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้เป็นเกณฑ์ต่ำสุด ดังนั้นหากการทดสอบคุณภาพของสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดได้ผลสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ย่อมมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 หรืออนุโลมให้มีความคลาดเคลื่อนต่ำหรือสูงกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้เกิน 2.5 ก็ให้ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น แต่หากได้ค่าต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ ต้องปรับปรุงและนำไปทดสอบประสิทธิภาพใช้หลายครั้งในภาคสนามจนได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนด

2.3.3.2 ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นระดับที่ผลิตสื่อหรือชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อหรือชุดการสอนนั้นก็มียุทธศาสตร์ที่จะนำไปสอนนักเรียนและคุ้มแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมากการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภทคือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E1 = \text{Efficiency of Process}$ (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E2 = \text{Efficiency of Product}$ (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

- **ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior)** คือประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของผู้เรียน เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการ หรือทำรายงานเป็นกลุ่ม และรายงานบุคคล ได้แก่งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

- **ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย** (Terminal Behavior) คือประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่

ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ $E1/E2 =$ ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

ตัวอย่าง 80/80 หมายความว่าเมื่อเรียนจากสื่อหรือชุดการสอนแล้ว ผู้เรียนจะสามารถทำแบบฝึกปฏิบัติหรืองานได้ผลเฉลี่ย 80% และประเมินหลังเรียนและงานสุดท้ายได้ผลเฉลี่ย 80%

การที่จะกำหนดเกณฑ์ E1/E2 ให้มีค่าเท่าใดนั้น ให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความพอใจ โดยพิจารณาพิสัยการเรียนรู้ที่จำแนกเป็นวิทย์พิสัย (Cognitive Domain) จิตพิสัย (Affective Domain) และทักษะพิสัย (Skill Domain)

ในขอบข่ายวิทย์พิสัย (เดิมเรียกว่า พุทธิพิสัย**) เนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งไว้สูงสุดแล้วลดต่ำลงมาคือ 90/90 85/85 80/80

ส่วนเนื้อหาสาระที่เป็นจิตพิสัยจะต้องใช้เวลาไปฝึกฝนและพัฒนา ไม่สามารถทำให้ถึงเกณฑ์ระดับสูงได้ในห้องเรียนหรือในขณะที่เรียน จึงอนุโลมให้ตั้งไว้ต่ำลง นั่นคือ 80/80 75/75 แต่ไม่ต่ำกว่า 75/75 เพราะเป็นระดับความพอใจต่ำสุด จึงไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำกว่านี้ หากตั้งเกณฑ์ไว้เท่าใด ก็มักได้ผลเท่านั้น ดังจะเห็นได้จากระบบการสอนของไทยปัจจุบัน (2520) ได้กำหนดเกณฑ์ โดยไม่เขียนเป็นลายลักษณ์อักษรไว้ 0/50 นั่นคือ ให้ประสิทธิภาพกระบวนการมีค่า 0 เพราะครูมักไม่มีเกณฑ์เวลาในการให้งานหรือแบบฝึกปฏิบัติแก่นักเรียน ส่วนคะแนนผลลัพธ์ที่ให้ผ่านคือ 50% ผลจึงปรากฏว่าคะแนนวิชาต่างๆของนักเรียนต่ำในทุกวิชา เช่น คะแนนภาษาไทยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยเฉลี่ยแต่ละปีเพียง 51% เท่านั้น

(ที่มา: ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556))

2.4 การออกแบบและสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดฝึกทดลอง

2.4.1 ทฤษฎีและหลักการเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชุดฝึกทดลอง

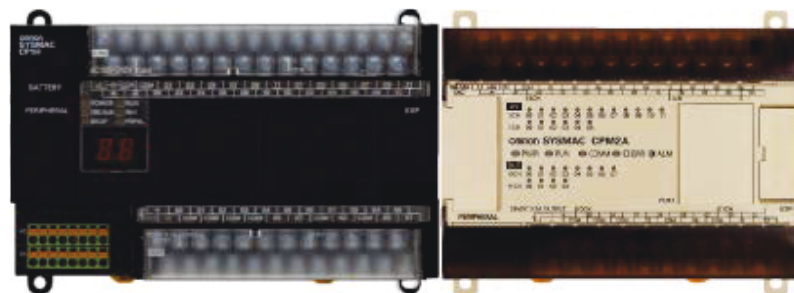
2.4.1.1 **เครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller :PLC)** หรือปัจจุบันใช้คำว่า PC (Programmable controller) ในที่นี้จะใช้คำว่า PLC แทน PC เพื่อป้องกันความสับสนกับคำว่า PC (Personal computer) PLC เป็นอุปกรณ์ที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือระบบต่างๆแทนวงจรรีเลย์แบบเก่าซึ่งวงจรรีเลย์มีข้อเสียคือการเดินสายและการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขในการควบคุมมีความยุ่งยากและเมื่อใช้งานไปนานๆหน้าสัมผัสของรีเลย์จะเสื่อมทำให้ขาดเสถียรภาพในการควบคุมดังนั้นปัจจุบัน PLC จึง

เข้ามาทดแทนวงจรรีเลย์เพราะ PLC ใช้งานได้ง่ายกว่าสามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตได้ โดยตรงนอกจากนั้นเพียงแค่เขียนโปรแกรมควบคุมก็สามารถใช้งานได้ที่ทันทีถ้าต้องการจะเปลี่ยนเงื่อนไขใหม่สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงโปรแกรมเท่านั้นนอกจากนี้ PLC ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆเช่นเครื่องอ่านบาร์โค้ด,เครื่องพิมพ์ (Printer) และระบบ RFID เป็นต้น

ในปัจจุบันนอกจาก PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Standalone) แล้วยังสามารถต่อ PLCหลายๆตัวเข้าด้วยกันเป็นเครือข่าย (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีกด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากกว่าการใช้งานวงจรรีเลย์แบบเก่า

ดังนั้นในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆจึงใช้ PLC เป็นหัวใจหลักในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักร เราสามารถจำแนกประเภทของ PLC ตามลักษณะภายนอกได้เป็น 2 ชนิดคือ

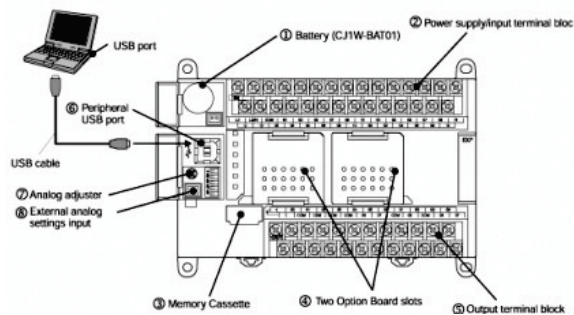
1. PLC ชนิดบล็อก (Block Type PLCs) PLC ประเภทนี้จะรวมส่วนประกอบทั้งหมดของ PLC อยู่ในบล็อกเดียวกันไม่ว่าจะเป็นตัวประมวลผลหน่วยความจำภาคอินพุต/เอาต์พุตและแหล่งจ่ายไฟสามารถแสดงตัวอย่าง



CP1L/H

CPM2A

รูปที่ 2.1 แสดงรูปร่าง PLC ชนิด Block Type (ที่มา: วชิระ, 2556)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายนอกของ PLC รุ่น CP1L

(ที่มา: วชิระ, 2556)

จากรูปที่ 2.2 สามารถอธิบายความหมายของแต่ละส่วนได้ดังนี้

1. คือแบตเตอรี่ (Battery)
2. คือขั้วต่อแหล่งไฟและอินพุท (Power Supply/Input Terminal)
3. คือช่องเสียบหน่วยความจำ (Memory Cassette)
4. คือช่องเสียบเพื่อเพิ่มพอร์ตติดต่อสื่อสาร (Option Board slots)
5. คือขั้วต่อเอาต์พุท (Output Terminal)
6. คือพอร์ตเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ป้อนโปรแกรม (USB Port)
7. คือปุ่มปรับอนาล็อก (Analog Adjuster)
8. คือขั้วต่ออินพุทสำหรับอนาล็อก setting (External analog setting input)
9. คือพอร์ตขยายอินพุท/เอาต์พุท (Expansion I/O Unit Connector)

2. PLC ชนิดโมดูล (Modular Type PLCs) หรือแร็ค (Rack Type PLCs)

PLC ชนิดนี้ส่วนประกอบแต่ละส่วนสามารถแยกออกจากกันเป็นโมดูล (Modules) เช่นภาคอินพุท/เอาต์พุทจะอยู่ในส่วนของโมดูลอินพุท/เอาต์พุท (Input/output Units) ซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้ว่าจะใช้โมดูลขนาดกี่อินพุท/เอาต์พุทซึ่งมีให้เลือกใช้งานหลายรูปแบบอาจจะเป็นอินพุทอย่างเดียวขนาด 8 /16 จุดหรือเป็นเอาต์พุทอย่างเดียวขนาด 4/8/12/16 จุดขึ้นอยู่กับรุ่นของ PLC ด้วยในส่วนของตัวประมวลผลและหน่วยความจำจะรวมอยู่ในซีพียูโมดูล (CPU Unit) เราสามารถเปลี่ยนขนาดของ CPU Unit ให้เหมาะสมตามความต้องการใช้งานเช่น PLC รุ่น CS1 จะมี CPU ให้เลือกใช้งานหลายรุ่นเช่นรุ่น CS1G-CPU42H จะมีความแตกต่างกับ PLC รุ่น CS1HCPU65Hซึ่งทั้งสองรุ่นเป็น PLC ตระกูล CS1 เหมือนกัน) ตรงขนาดความจุของโปรแกรมและการรองรับจำนวนอินพุท/เอาต์พุท เป็นต้น



CJ1

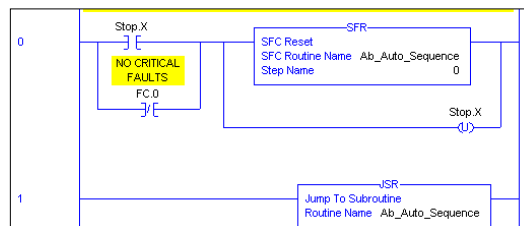
CS1

รูปที่ 2.3 แสดงรูปร่างของ PLC ชนิดโมดูล (ที่มา: วชิระ, 2556)

3. ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมให้กับ PLC

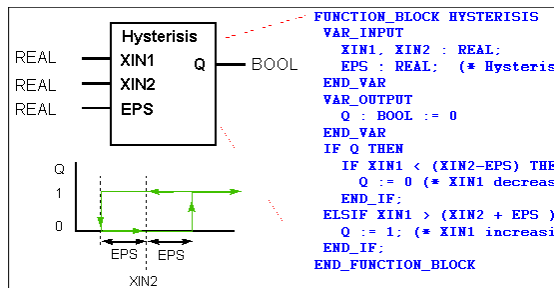
PLC แต่ละยี่ห้อจะใช้ภาษาในการเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้ PLC ทำงานตามความต้องการแตกต่างกันซึ่งตามมาตรฐาน IEC1131-3 ได้แบ่งมาตรฐานภาษาต่างๆออกเป็น 5 แบบภาษาที่นิยมใช้มากที่สุดคือ Ladder Diagram เพราะเป็นภาษาที่ง่ายมีลักษณะคล้ายวงจรควบคุมแบบรีเลย์ ส่วนภาษาที่นิยมเป็นอันดับสองคือ Function Block

1. Sequential Flow Chart Language



รูปที่ 2.4 Sequential Flow Chart Language (SFC) (ที่มา: วชิระ, 2556)

2. Structured Text Language

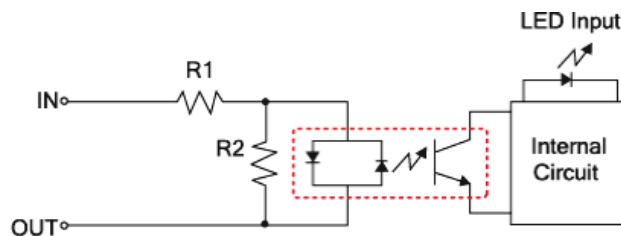


รูปที่ 2.5 Structured Text Languages (ที่มา: วชิระ, 2556)

4. วงจรภาคอินพุทแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

4.1 ดิจิตอลอินพุท (Digital Input) หมายถึงอินพุทที่รับรู้สัญญาณได้เพียงแค่ “ON” หรือ “OFF” เท่านั้นตาโครงสร้างจะมีดิจิตอลอินพุท 2 แบบคือ

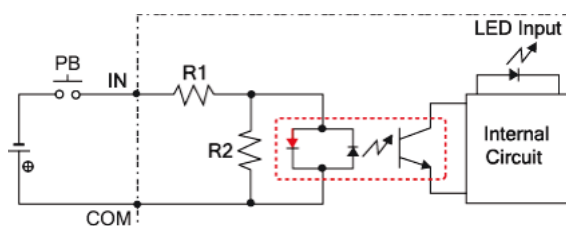
4.1.1 วงจรอินพุทไฟตรง (DC Input) ซึ่งจะใช้อุปกรณ์ที่ทำงานด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตัวอย่างวงจรอินพุทไฟตรง ซึ่งจะใช้วงจรลดทอนแรงดันแล้วขับออปโตทรานซิสเตอร์จากออปโตทรานซิสเตอร์ก็จะไปขับภาคอินพุทของ IC เพื่อส่งสัญญาณไปให้ CPU อีกที่หนึ่งซึ่งการใช้ อุปกรณ์ประเภทออปโต (Opto) ทำให้ระบบ PLC สามารถแยกสัญญาณกราวด์ (Ground) ของภาคอินพุทออกจากวงจรภายในได้สำหรับวงจรภาคอินพุทดังรูป



รูปที่ 2.9 วงจรอินพุทแบบ DC
(ที่มา: วชิระ, 2556)

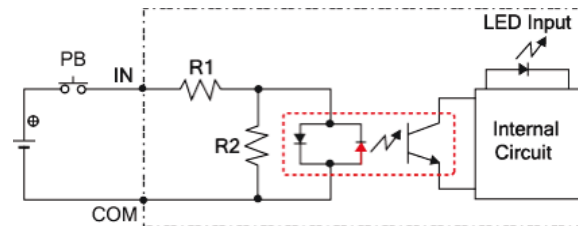
สำหรับวงจรภาคอินพุทจะพบว่าภาคอินพุทของออปโตทรานซิสเตอร์มีไดโอด (Diode) ต่อสลับข้ามกันอยู่เพื่อเวลาใช้งานสามารถเลือกต่อวงจรได้ 2 แบบดังรูป

ก . การต่ออินพุทแบบ Source



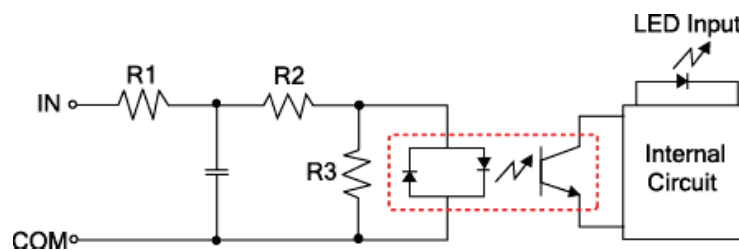
รูปที่ 2.10 วงจรการต่ออินพุทแบบ Source
(ที่มา: วชิระ, 2556)

ข. การต่อวงจรอินพุทแบบ DC Source/Sink



รูปที่ 2.11 การต่อวงจรอินพุตแบบ DC Source/Sink (ที่มา: วชิระ, 2556)

4.1.2 วงจรอินพุตไฟสลับ (AC Input) ใช้ไฟสลับผ่านแรงดันทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องแรงดันตกคร่อมในสายมากเกินไปเหมือนวงจรอินพุตไฟตรงโดยที่ผ่านแรงดันอินพุตตั้งแต่ 100-220 VAC สำหรับ PLC บางรุ่นก็จะแบ่งอินพุตแบบนี้ ออกเป็น 2 ย่านคือ 100-120 และ 200-240 VAC ลักษณะวงจรอินพุตแสดงดังรูป

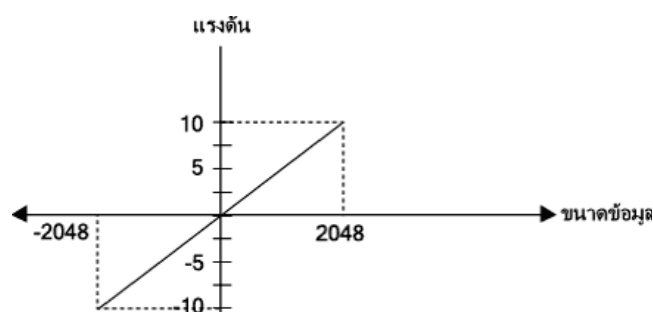


รูปที่ 2.12 วงจรอินพุตแบบ AC (ที่มา: วชิระ, 2556)

4.2 อนาลอกอินพุต (Analog Input Type)

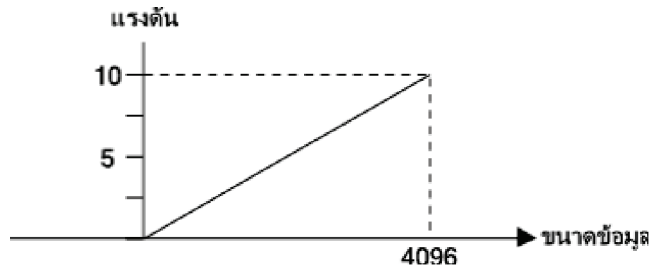
อนาลอกอินพุตจัดเป็นอินพุตที่สามารถรับสัญญาณที่บอกเป็นปริมาณที่เปลี่ยนแปลงค่าได้เช่น 0-10 VDC, ± 10 VDC 1-5 V และ 4-20 mA ดังรูป

ก. สัญญาณขนาด ± 10 VDC



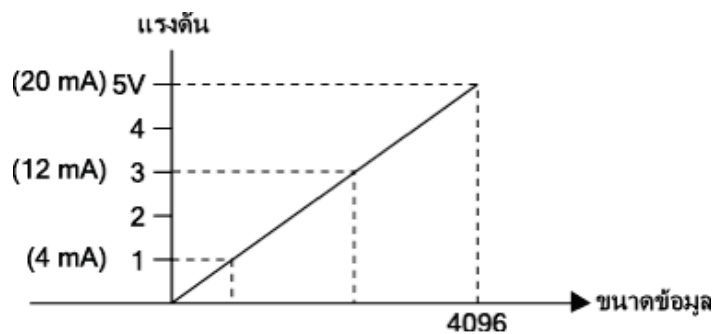
รูปที่ 2.13 วงจรอินพุตแบบ AC (ที่มา: วชิระ, 2556)

ข. สัญญาณขนาด 0-10 VDC



รูปที่ 2.14 สัญญาณขนาด 0-10 VDC (ที่มา: วชิระ, 2556)

ค. สัญญาณขนาด 1-5 V (4-20 mA)



รูปที่ 2.15 สัญญาณขนาด 1-5 V (4-20 mA)
(ที่มา: วชิระ, 2556)

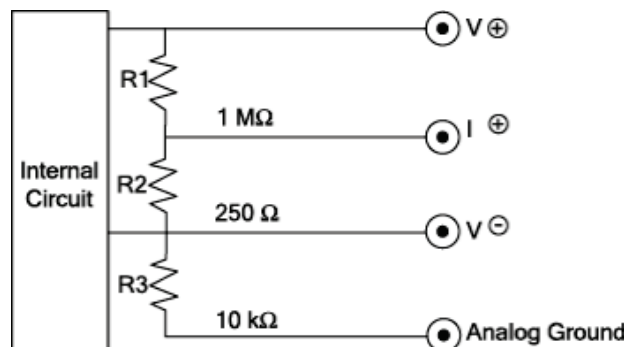
ซึ่งสัญญาณอนาล็อกทั้ง 3 แบบจัดเป็นขนาดสัญญาณมาตรฐานที่กำหนดไว้ใช้ในอุตสาหกรรม ดังนั้นอุปกรณ์ที่มีภาคเอาต์พุตเป็นแบบอนาล็อกเช่นอนาล็อกเซนเซอร์, ภาคอนาล็อกเอาต์พุตของ Digital Signal Controller, Temperature Controller เป็นต้นก็จะมีขนาดของสัญญาณตามมาตรฐานเช่นกันซึ่งตัวอุปกรณ์อาจจะมีเอาต์พุตแบบใดแบบหนึ่งหรือทั้ง 3 แบบเลยก็ได้ดังนั้นภาคอนาล็อกอินพุตของ PLC ก็ต้องสามารถเลือกตรวจสอบได้ทั้ง 3 แบบเช่นกัน

หลักการการทำงานของอนาล็อกอินพุตของ PLC นำค่าที่วัดได้แปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลสามารถแสดงได้ตั้งโต๊ะแกรม



รูปที่ 2.16 ไดอะแกรมการส่งข้อมูลอนาลอกให้ PLC
(ที่มา: วชิระ, 2556)

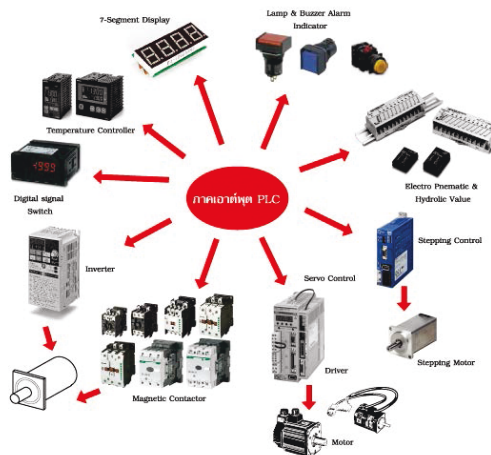
อุปกรณ์ที่วัดค่าออกมาเป็นปริมาณอนาลอกส่วนมากเป็นการวัดระยะทาง, วัดความเร็ว, วัดอุณหภูมิ, วัดปริมาณแสง, วัดความดัน เป็นต้นแล้วแปลงค่าเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าออกมาดังนั้นเวลาที่อุปกรณ์เหล่านี้วัดค่าออกมาเป็นอนาลอกค่าใดๆผู้ใช้จำเป็นต้องทำตารางเปรียบเทียบค่าด้วยเพื่อที่จะกำหนดขนาดข้อมูลให้กับ PLC



รูปที่ 2.17 วงจรอนาลอกอินพุทของ PLC
(ที่มา: วชิระ, 2556)

5. วงจรภาคเอาต์พุท (Output Unit)

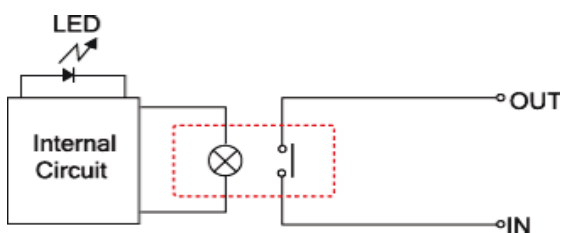
ภาคเอาต์พุทของ PLC ทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกไปขับโหลดชนิดต่างๆตามเงื่อนไขที่ได้โปรแกรมเอาไว้ชนิดของโหลดที่สามารถนำมาต่อกับภาคเอาต์พุทสามารถแยกออกเป็นกลุ่มได้ดังนี้



รูปที่ 2.18 กลุ่มอุปกรณ์ที่ต่อกับภาคเอาต์พุต PLC (ที่มา: วชิระ, 2556)

กลุ่มอุปกรณ์ต่างๆที่ต่อกับภาคเอาต์พุต PLC นั้นในแต่ละกลุ่มก็จะควบคุมลักษณะของงานแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของอุปกรณ์นั้นๆการต่อวงจรเข้าภาคเอาต์พุตPLC จะมีมาตรฐานทางอุตสาหกรรมกำกับอยู่เช่นกันจึงทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องใช้อุปกรณ์เสริมมากเพียงแต่ดูรายละเอียดการต่อให้เข้าใจก็เพียงพอแล้วชนิดเอาต์พุตของ PLC จะมีให้เลือกใช้อยู่ 2 ลักษณะคือ

5.1 ดิจิตอลเอาต์พุต (Digital Output) อุปกรณ์ที่สามารถสั่งการทำงานได้เพียง“ON” หรือ “OFF” จัดว่าเป็นการควบคุมแบบดิจิตอลเอาต์พุตโดยมีชนิดของเอาต์พุตให้เลือกใช้ 3 แบบคือนำเอาต์พุตไปขับโหลด ACหรือ DC ก็ได้ลักษณะวงจร

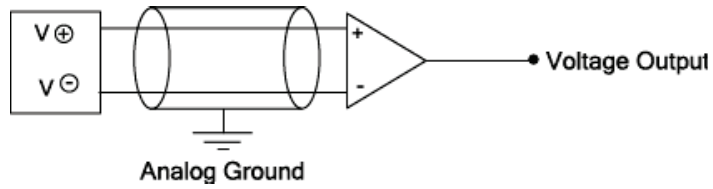


รูปที่ 2.19 วงจรเอาต์พุตแบบรีเลย์ (ที่มา: วชิระ, 2556)

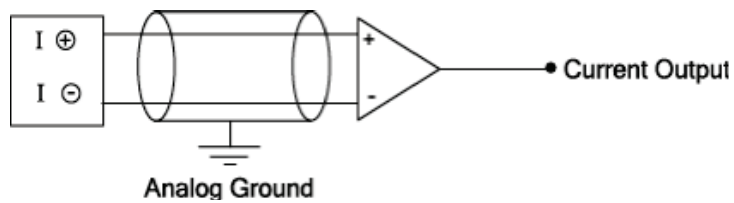
5.2 อนุาลอกเอาต์พุต (Analog Output)

ภาคเอาต์พุตของ PLC แบบอนุาลอกเป็นการเพิ่มความสามารถให้ PLC ส่ง สัญญาณควบคุมเชิงปริมาณได้ค่าที่จะส่งออกไปก็จัดเป็นค่าสัญญาณมาตรฐานเหมือนภาคอินพุต แบบอนุาลอกคือ สัญญาณ 0-10 VDC, ±10 VDC และ 1-5 V (4-20mA) ลักษณะกราฟภาคเอาต์พุต ที่จะส่งสัญญาณออกไปเหมือนกับกราฟอนุาลอกอินพุตดังรูปที่ 50 การส่งสัญญาณของอนุาลอก เอาต์พุตจะส่ง

สัญญาณ 2 แบบคือแรงดันและกระแสการต่อสายสัญญาณเพื่อเลือกสัญญาณเป็น กระแสหรือแรงดันของภาคเอาต์พุทอนาลอกจะมีสัญญาณกำกับชี้ไว้สามารถแยกการต่อได้ 2 ลักษณะดังรูป



รูปที่ 2.20 ส่งสัญญาณแบบแรงดัน (Voltage Output)
(ที่มา: วชิระ, 2556)



รูปที่ 2.21 ส่งสัญญาณแบบแรงดัน (Voltage Output)
(ที่มา: วชิระ, 2556)

2.4.1.2 พร็อกซิมีตี้สวิตช์ PROXIMITY SWITCHES



รูปที่ 2.22 แสดงอุปกรณ์พร็อกซิมีตี้สวิตช์ (Proximity Switches)

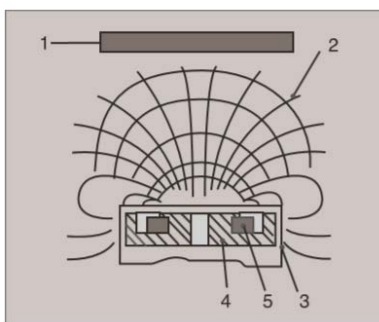
(<http://www.supremelines.co.th/สารระนำรู้/2064-พร็อกซิมีตี้สวิตช์-proximity-switches.html>)

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ได้พัฒนาเครื่องจักรที่ใช้ให้มีประสิทธิภาพในการผลิตมากขึ้น และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ก็มีการพัฒนาให้ดีขึ้นกว่าเดิม และอุปกรณ์ที่จะกล่าวถึงในที่นี้คือ พร็อกซิมีตี้สวิตช์ (Proximity Switches) หรือสวิตช์แบบไม่สัมผัสกับวัสดุ ซึ่งนำมาใช้ตรวจจับวัตถุต่างๆ ที่เข้ามาในระยะที่ตรวจจับ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายแบบ ตัวอย่างเช่น การตรวจจับตำแหน่งของเครื่องจักร, การตรวจสอบปริมาณที่บรรจุภาชนะ, การตรวจจับความเร็วรอบ, การตรวจจับสิ่งของ, ฯลฯ พร็อกซิมีตี้สวิตช์แบ่ง ได้เป็น 2 ประเภทได้แก่

1. อินдукทีฟพร็อกซิมีตี้ (Inductive Proximity)
2. คะแพซิทีฟพร็อกซิมีตี้ (Capacitive Proximity)

1. อินдукทีฟพร็อกซิมีตี้สวิตช์ (INDUCTIVE PROXIMITY)

เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น เช่น เหล็ก, สแตนเลส, อลูมิเนียม เป็นต้น โดยอินдукทีฟพร็อกซิมีตี้สามารถที่จะตรวจจับโลหะที่มีคาร์บอนน้อย (Mild Steel) ได้ดี



รูปที่ 2.23 แสดงภาพส่วนประกอบของอินдукทีฟพร็อกซิมีตี้สวิตช์

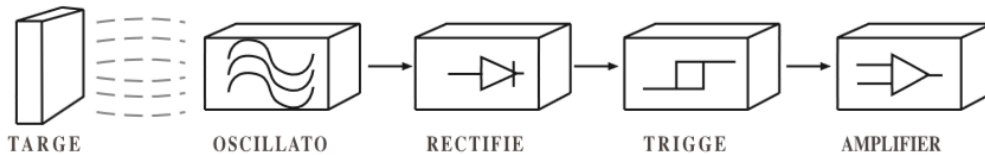
(<http://www.supremelines.co.th/สารระนำรู้/2064-พร็อกซิมีตี้สวิตช์-proximity-switches.html>)

ส่วนประกอบของอินдукทีฟพร็อกซิมีตี้

1. วัตถุเป้าหมาย (Target)
2. สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Field)
3. ตัวเลื่อน (HOUSING)
4. ขดลวดออสซิลเลเตอร์ (Oscillator Coil)

5. แกนเฟอร์ไรท์ (Ferrous)

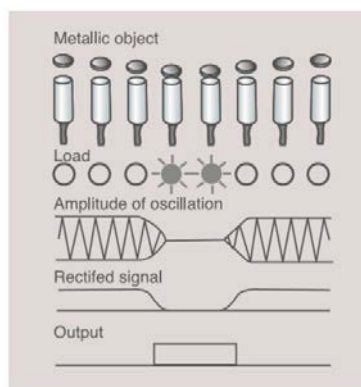
หลักการการทำงานของอินดักทีฟพรีอ็อกซิมีตี้สวิตช์



รูปที่ 2.24 แสดงหลักการการทำงานของอินดักทีฟพรีอ็อกซิมีตี้สวิตช์

(<http://www.supremelines.co.th/สาระน่ารู้/2064-พรีอ็อกซิมีตี้สวิตช์-proximity-switches.html>)

การทำงานของอินดักทีฟพรีอ็อกซิมีตี้จะเริ่มจากวงจรออสซิลเลทกำเนิดสัญญาณส่งให้ขดลวดซึ่งพันอยู่บนแกนเฟอร์ไรท์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าบริเวณด้านหน้าซึ่งเรียกบริเวณนี้ว่าส่วนตรวจจับ เมื่อมีวัตถุเป้าหมาย (ต้องเป็นโลหะเท่านั้น) เคลื่อนเข้ามายังบริเวณส่วนตรวจจับ สนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะเหนี่ยวนำในวัตถุเป้าหมายได้ดีกว่าอากาศ (เนื่องจากวัตถุเป้าหมายเป็นโลหะ) ทำให้ภายในวัตถุเป้าหมายมีกระแสไหลวน (EDDY CURRENT) ขึ้น ซึ่งเท่ากับว่าวัตถุเป้าหมายได้ดูดซับสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้ จนเมื่อถึงจุดๆหนึ่งที่วัตถุเป้าหมายได้ดูดซับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจนหมดทำให้วงจรออสซิลเลเตอร์ไม่ทำงาน ส่งผลให้วงจรทรานซิสเตอร์ทำงานเกิดเอาต์พุตออกมา หลักการดูดกลืนสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้เรียกว่า "EDD CURRENT KILL OSCILLATOR"



รูปที่ 2.25 แสดงหลักการการทำงานของอินดักทีฟพรีอ็อกซิมีตี้สวิตช์

(<http://www.supremelines.co.th/สาระน่ารู้/2064-พรีอ็อกซิมีตี้สวิตช์-proximity-switches.html>)

ระยะตรวจจับของ อินดักทีฟ มีดังต่อไปนี้

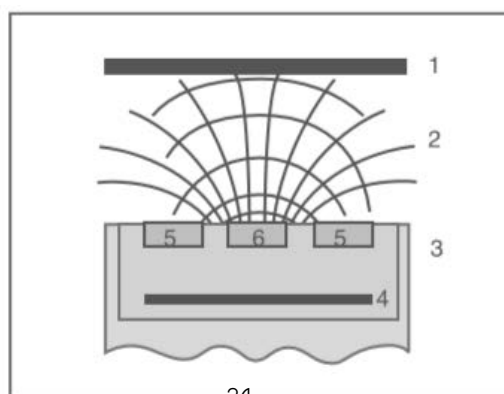
1. ขนาดของพรีอกซิมีตี้ ถ้าพรีอกตัวใหญ่จะมีระยะการตรวจจับวัตถุได้ไกลกว่าพรีอกตัวเล็ก เนื่องจากพรีอกตัวใหญ่มีขดลวดออสซิลเลเตอร์ใหญ่ สามารถสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้มากกว่าพรีอกที่ขนาดเล็กและขดลวดออสซิลเลเตอร์เล็ก
2. ชนิดของโลหะที่ตรวจจับ ระยะตรวจจับของพรีอกซิมีตี้จะใกล้หรือใกล้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่ถูกจับด้วย โดยวัตถุที่ถูกตรวจจับ (โลหะ) แต่ละชนิดจะมีตัวคูณ (FACTOR) ของมันเพื่อที่จะหา ระยะในการตรวจจับ (ดูตารางที่ 2.1)
3. ขนาดของวัตถุเป้าหมาย ถ้าวัตถุเป้าหมายที่มีขนาดเล็กระยะตรวจจับจะใกล้กว่าวัตถุเป้าหมายที่มีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากวัตถุขนาดเล็ก-ใหญ่มีผลต่อการเหนี่ยวนำ ดังนั้น (ขนาดใหญ่เหนี่ยวนำง่ายจึงจับได้ใกล้กว่า)

ชนิดของโลหะที่ตรวจจับ	ตัวคูณ(Factor)
เหล็ก (MILD)	1
สแตนเลส (STANLESS)	0.7
อลูมิเนียม (ALUMINIUM)	0.5
ทองเหลือง (BRASS)	0.4
ทองแดง (COPPER)	0.2

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าตัวคูณของโลหะ

2. คัพเพซิทีฟพรีอกซิมีตี้ (CAPACITIVE PROXIMITY SWICH)

เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจจับวัตถุทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็น แก้ว, น้ำ, ไม้, พลาสติก, กระดาษ ฯลฯ คัพเพซิทีฟพรีอก สามารถจับวัตถุที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (DIELECTRIC CONSTANT, (ϵ_r) มากๆ ได้ดี

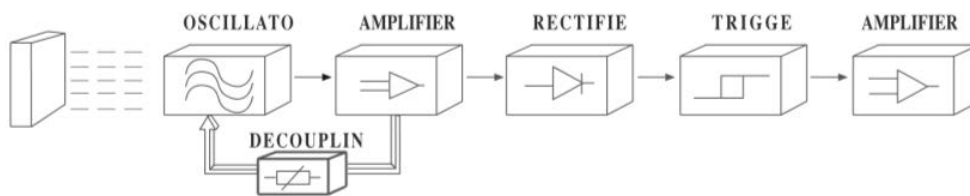


รูปที่ 2.26 แสดงภาพส่วนประกอบของคัพเพซิติฟพร็อกซิมิตี (CAPACITIVE PROXIMITY SWICH)
 (<http://www.supremelines.co.th/สารระนำรู้/2064-พร็อกซิมิตีสวิตซ์-proximity-switches.html>)

ส่วนประกอบของอินดัคทีฟพร็อกซิมิตี

1. วัตถุเป้าหมาย (Target)
2. สนามไฟฟ้า (Electric Fiele)
3. ตัวเลื่อน (Housing)
4. เอ็ทรีอ็ล็กโทรด (Earth Electrode)
5. อ็ล็กโทรดชดเชย (Compensate)
6. แอคทีฟอ็ล็กโทรด (Active Electrode)

หลักการทำงานของคัพเพซิติฟ พร็อกซิมิตี สวิทซ์

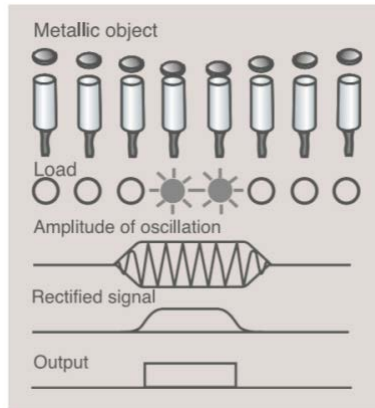


รูปที่ 2.27 แสดงหลักการทำงานของคัพเพซิติฟ พร็อกซิมิตี สวิทซ์

(<http://www.supremelines.co.th/สารระนำรู้/2064-พร็อกซิมิตีสวิตซ์-proximity-switches.html>)

การทำงานของคัพเพซิติฟพร็อกซิมิตีใช้หลักการวงจร RC OSCILLATOR คือมีความต้านทานที่ปรับค่าได้เพื่อปรับระยะตรวจจับ ซึ่งบริเวณด้านหน้าของตัวพร็อกจะมองเหมือนเป็นแผ่นเพลทอยู่แผ่นหนึ่ง และวัตถุเป้าหมายจะมองเหมือนเป็นแผ่นเพลทอีกแผ่นหนึ่ง ะทางระหว่างหน้าพร็อกและวัตถุเป้าหมายจะเป็นค่าประจุไฟฟ้า (Capacitance, C)

เมื่อค่าประจุเปลี่ยนแปลงจนถึงค่าๆหนึ่งเดียวกันกับความต้านทานที่ปรับไว้ตอนแรก ซึ่งจะเกิดสภาวะ RC รีโซแนนต์ ส่งผลให้เกิดการออสซิลเลทสัญญาณขึ้น ส่งต่อให้ O/P ทำงาน



รูปที่ 2.28 แสดงหลักการทำงานของคัพเพซิทฟร็อกซิมิตี

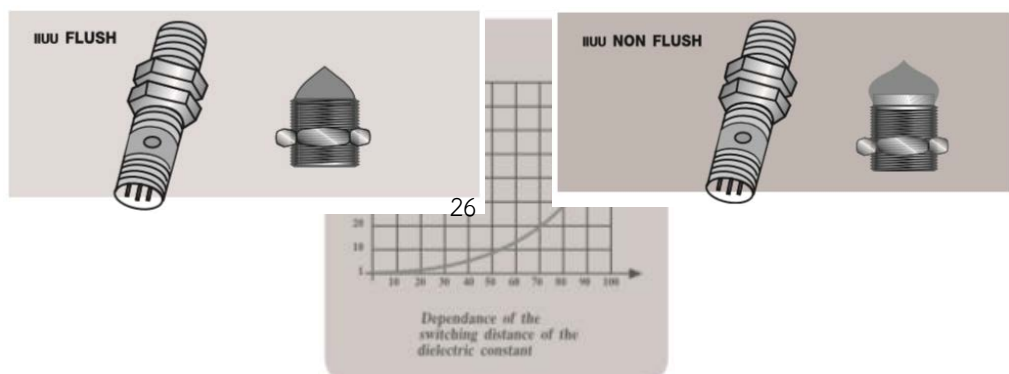
(<http://www.supremelines.co.th/สารระนำรู้/2064-ฟร็อกซิมิตีสวิตช์-proximity-switches.html>)

ระยะตรวจจับวัตถุ มีดังต่อไปนี้

1. การปรับค่าความไว (Sensitivity) เป็นการปรับค่าระยะตรวจจับให้ใกล้หรือไกลโดยมีปุ่มให้หมุน ถ้าหมุนทวนเข็มนาฬิกา ระยะตรวจจับจะลดลง ถ้าหมุนตามเข็มนาฬิกา จะได้ระยะที่เพิ่มขึ้น
2. ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (Dielectric Constant, ϵ_r) ระยะตรวจจับจะต่างกัน วัตถุที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกมาก จะถูกตรวจจับได้ดีกว่าวัตถุที่มีค่าน้อย
3. ถ้าใช้ฟร็อกซิมิตีแบบคัพเพซิทฟร็อกซิมิตีที่ตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะ ระยะตรวจจับจะเท่ากันหมดไม่ว่าจะเป็นโลหะชนิดใดก็ตาม

ชนิดของฟร็อกซิมิตี มี 2 ชนิด คือ

1. ชนิด FLUSH บริเวณปลายหัวจะไม่มีสาย shield พันล้อมรอบอยู่ ทำให้การกระจายของสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้า กระจายได้เฉพาะบริเวณหัวเท่านั้น วัตถุที่ตรวจจับ ต้องอยู่เฉพาะบริเวณด้านหน้าเท่านั้น
2. ชนิด NON FLUSH บริเวณปลายหัวจะไม่มีสาย shield พันอยู่ ทำให้ด้านข้างของฟร็อกซิมิตีสามารถกระจายสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้าได้ ชนิด NON FLUSH จึงสามารถจับวัตถุได้ไกลกว่าแบบ FLUSH ในฟร็อกซิมิตีรุ่นเดียวกัน



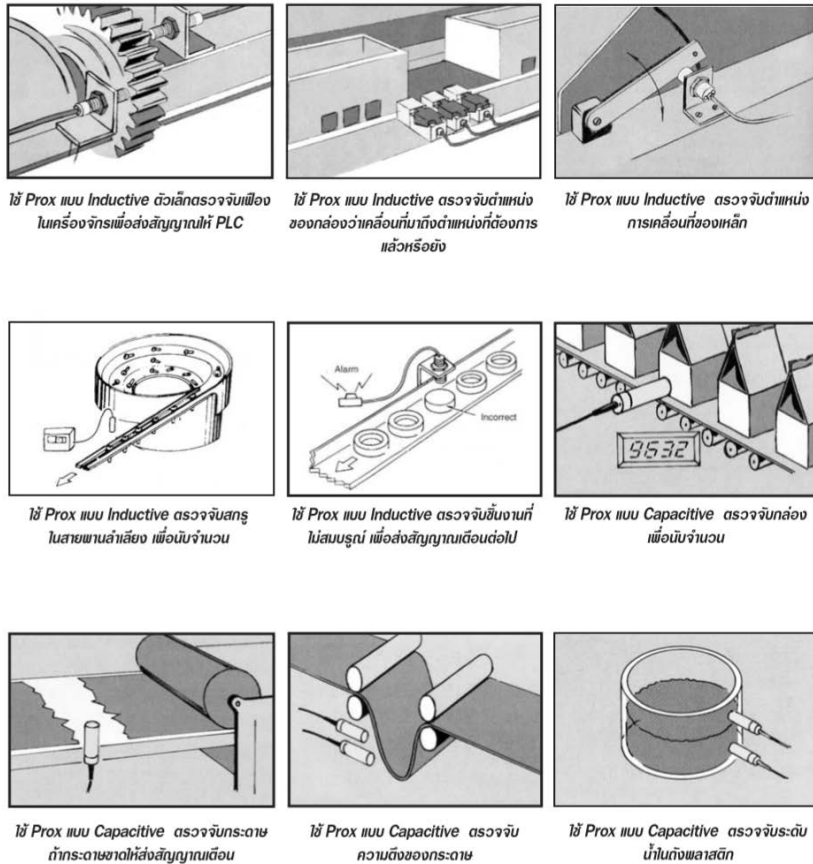
รูปที่ 2.29 แสดงชนิดของพร็อกซิมิตี้

(<http://www.supremelines.co.th/สาระน่ารู้/2064-พร็อกซิมิตี้สวิตช์-proximity-switches.html>)

เอาต์พุตของพร็อกซิมิตี้แบ่งเป็น

1. แบบ NAMUR เหมาะกับโซนที่เป็นโซนอันตรายและป้องกันการระเบิด งานที่ต้องการความปลอดภัยเนื่องจากใช้ไฟเลี้ยงเพียง 8.2 โวลต์ มีแบบ NORMALLY CLOSE, NC เท่านั้น
2. แบบ ทรานซิสเตอร์มีทั้งแบบ PNP และ NPN มีไฟเลี้ยงในช่วง 10-65 VDC มีทั้งแบบ NO และ NC โดยเอาต์พุตจะออกมาเกือบเท่ากับไฟเลี้ยง โดยจะเป็น ON/OFF
3. แบบ SCR จะใช้ไฟเลี้ยงเป็นแรงดันไฟสลับในช่วง 20-240 VAC มีทั้งแบบ NO และ NC เอาต์พุตจะออกเหมือนกับแบบทรานซิสเตอร์
4. แบบ รีเลย์ ไฟเลี้ยงสามารถใช้ได้ทั้งแรงดันตรงและแรงดันสลับ เอาต์พุตจะเป็น ON/OFF และ NO,NC ในตัวเดียวกัน เอาต์พุตเป็นเพียงหน้าคอนแทค (CONTACT) เท่านั้น
5. แบบ ANALOG ใช้กับงานที่ต้องการความละเอียดในการควบคุมหรือสังเกตผลการเปลี่ยนแปลงของเครื่องจักร โดยจะให้สัญญาณเป็น 2 ลักษณะ คือ 4~20 mA และ 1~10 V

การนำพร็อกซิมิตี้สวิตช์ชนิดอินดักทีฟ และคปาซิทีฟไปประยุกต์ใช้งาน



รูปที่ 2.30 แสดงการนำพร็อกซิมิตีส์วิตช์ชนิดอินดักทีฟ และคะแพซิทีฟไปประยุกต์ใช้งาน
(<http://www.supremelines.co.th/สาระน่ารู้/2064-พร็อกซิมิตีส์วิตช์-proximity-switches.html>)

2.4.1.3 เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (optical sensor) หรือ photo sensor

โดยทั่วไปใช้ในงานการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับวัตถุ และการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุ เซนเซอร์ชนิดนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการส่งและรับแสง มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ ตัวส่งแสง (emitter) และตัวรับแสง (receiver) ลักษณะการตรวจจับเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งแสงส่งไปสะท้อนกับวัตถุหรือถูกขวางกั้นด้วยวัตถุ ส่งผลให้ตัวรับแสงรู้สภาวะที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงสภาวะของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับแสงส่วนใหญ่นิยมใช้โฟโตไดโอด (photo diode) หรือโฟโตทรานซิสเตอร์ (photo transistor) ส่วนตัวส่งแสงนั้นโดยทั่วไปใช้ LED (Light Emitting Diode)

เนื่องจากการต่อใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำได้ง่าย สะดวกในการบำรุงรักษา ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำ และไม่ได้รับผลกระทบจากสภาวะรอบข้างไม่ว่าจะเป็นสนามแม่เหล็ก ความถี่ ความร้อน ความชื้น หรือการสั่นสะเทือน

ซึ่ง LED (Light Emitting Diode) สามารถแบ่งตามความยาวคลื่นของแสงได้ดังนี้

1. LED แบบแสงอินฟราเรด มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 910-950 nm ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ให้ความเข้มของแสงสูงและระยะส่งไกล แต่ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้
2. LED แบบแสงสีแดง มีความยาวคลื่นประมาณ 650 nm มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ความเข้มของแสงอยู่ในระดับปานกลาง สามารถตรวจจับพื้นผิวที่มีสีดำ สีน้ำเงินและสีเขียวบนพื้นสีขาวได้ดี
3. LED แบบแสงสีเขียว มีความยาวคลื่นประมาณ 560 nm ให้ความเข้มของแสงต่ำ มีระยะการตรวจจับที่ไม่ไกล สามารถตรวจจับพื้นที่สีแดงบนพื้นสีขาวได้ดี

นอกจากนี้ยังมี LED ประเภทแสงเลเซอร์ซึ่งเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดในการวัดสูง การเลือกใช้ LED แต่ละแบบขึ้นอยู่กับสีและลักษณะพื้นผิวของวัตถุที่ต้องการตรวจจับ

ประเภทของเซนเซอร์ชนิดใช้แสง สามารถแบ่งตามลักษณะการตรวจจับ และตำแหน่งการติดตั้งตัวรับแสงและตัวส่งแสงได้ 3 ประเภท

ประเภทลำแสงสะท้อนกลับ (retro - reflective optical sensor)

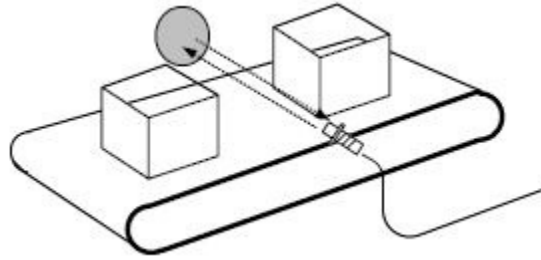
ประเภทลำแสงผ่านตลอด (through - beam optical sensor)

ประเภทตรวจจับโดยตรง (diffuse-reflective optical sensor)

1. เซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทลำแสงสะท้อนกลับ (retro-reflective optical sensor)

เป็นเซนเซอร์แสง (optical sensor/photo sensor) ที่อาศัยหลักการสะท้อนกลับของลำแสง โดยตัวส่งแสงและตัวรับแสงติดตั้งรวมอยู่ภายในตัวเดียวกันเช่นเดียวกับแบบตรวจจับโดยตรง ต่างกันที่เซนเซอร์ประเภทนี้ต้องใช้งานร่วมกับแผ่นสะท้อนแสง (reflector) เพื่อประโยชน์ในการเพิ่มความเข้มของแสงให้มากขึ้น มีผลทำให้ระยะทางในการตรวจจับเพิ่มมากขึ้นด้วย มีระยะการตรวจจับประมาณ 3-10 เมตร ข้อดีของเซนเซอร์ใช้แสง (optical sensor/photo sensor) ประเภทนี้ คือ การปรับแต่งทิศทางลำแสงทำได้ง่าย ติดตั้งง่าย มีระยะการตรวจจับปานกลาง การตรวจจับและระยะการตรวจจับไม่ขึ้นกับสีของวัตถุ แต่ไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีผิวมันเงาและโปร่งแสงได้ เหมาะกับวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวที่ดูดกลืนแสงและไม่สามารถสะท้อนแสงกลับมายังตัวรับ หรืออาจใช้กับวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวขรุขระก็ได้เช่นกัน

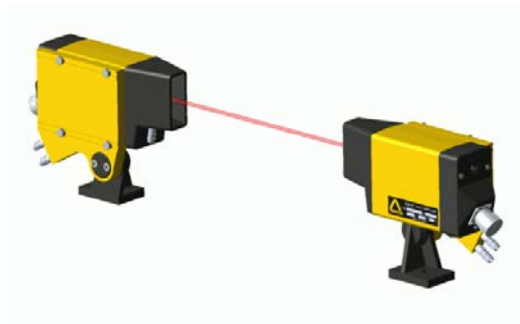
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ใช้แสงประเภทลำแสงสะท้อนกลับในงานอุตสาหกรรม ได้แก่ การตรวจนับจำนวนท่อผลิตภัณฑ์บนสายพานลำเลียง (conveyor) (ดังรูป) โดยส่งสัญญาณที่ได้จากการตรวจจับให้กับอุปกรณ์นับเพื่อการแสดงผลต่อไป



รูปที่ 2.31 แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ใช้แสงประเภทลำแสงสะท้อนกลับ
(ที่มา: นวกัทธา และ ทวีพล, 2555)

2. เซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด (through-beam optical sensor)

เป็นเซนเซอร์แสง (optical sensor/photo sensor) ที่อาศัยวิธีการตัดต่อลำแสงเมื่อมีวัตถุที่ต้องการตรวจจับเคลื่อนที่ผ่านระหว่างตัวรับและตัวส่ง เซนเซอร์ประเภทนี้ติดตั้งตัวส่งแสงกับตัวรับแสงแยกกัน และต้องจ่ายไฟให้ทั้งตัวส่งและตัวรับ และเป็นเซนเซอร์ชนิดใช้แสงที่มีระยะการตรวจจับไกลที่สุด อย่างไรก็ตาม เซนเซอร์ประเภทนี้ติดตั้งยาก และมีราคาสูงกว่าประเภทตรวจจับโดยตรงและลำแสงผ่านตลอด โดยสีและความมันวาวของวัตถุไม่มีผลต่อการตรวจจับ สามารถตรวจจับได้เฉพาะวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวทึบแสงเท่านั้นไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีสภาพผิวโปร่งแสงได้ ข้อควรระวังสำหรับการติดตั้งเซนเซอร์แสงประเภทนี้ คือ ต้องปรับตั้งศูนย์ของตัวรับและตัวส่งให้ตรงกันเสมอ

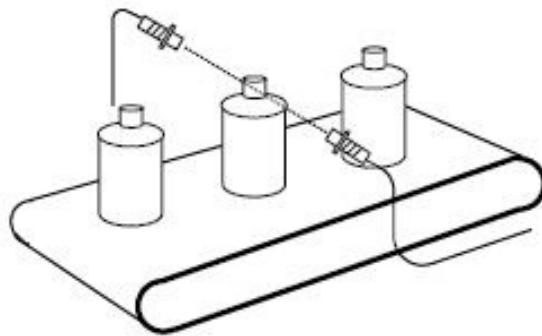


รูปที่ 2.32 แสดงภาพเซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด

(ที่มา: <http://www.delta-usa.com/catalog/Sensors/Optical-Barrier-CMD/VL-VRG.html>)

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ใช้แสงประเภทลำแสงผ่านตลอดในงานอุตสาหกรรม ได้แก่

2.1 การตรวจสอบที่หัวสเปร์ย์ว่ามีจุพลาสติครอบอยู่บนแถบเหล็กหรือไม่ (ดังรูป)



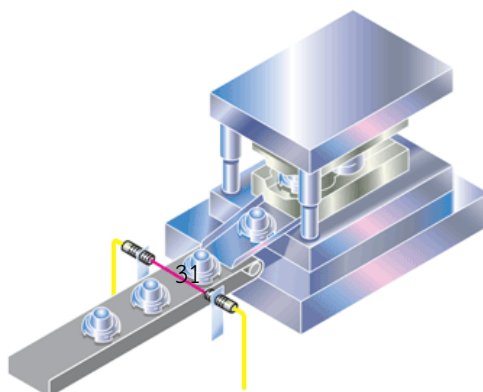
รูปที่ 2.33 แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ใช้แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด

(ที่มา: นวภัทรา และ ทวีพล , 2555)

2.2 การควบคุมปริมาณของผลิตภัณฑ์อาหารบนสายพานลำเลียง (conveyor)

ด้วยเซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด โดยติดตั้งตัวรับแสงและตัวส่งแสงในลักษณะแยกออกจากกันบริเวณหน้าช่องควบคุมปริมาณ เมื่อผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่มาอัดตัวกันบริเวณหน้าช่องควบคุมสูงเกินกว่าระยะที่กำหนดไว้ ผลิตภัณฑ์จะดูดกลืนแสงจากตัวส่งแสงไว้ ทำให้แสงไปไม่ถึงตัวรับแสง จากนั้นระบบจะทำการส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุมให้ชะลอการลำเลียงผลิตภัณฑ์โดยการปรับลดความเร็วของสายพาน

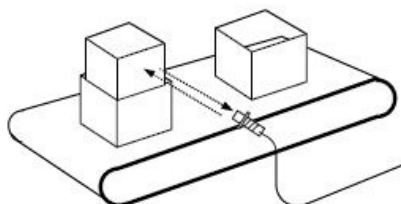
2.3 การตรวจนับจำนวนผลิตภัณฑ์



รูปที่ 2.34 แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ใช้แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด (ที่มา: <http://machinedesign.com/sensors/reduce-downtime-vision-sensors>)

3. เซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทตรวจจับโดยตรง (diffuse-reflective optical sensor) เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (optical sensor/photo sensor) ประเภทนี้ตัวส่งแสงและตัวรับแสงติดตั้งรวมอยู่ภายในตัวเดียวกัน ตรวจจับโดยการสะท้อนลำแสงโดยตรงกับตัววัตถุ และใช้วัตถุนั้นเป็นตัวสะท้อนลำแสงกลับมายังตัวรับแสงโดยไม่ต้องมีการปรับแต่งทิศทางลำแสง ระยะการตรวจจับใกล้ที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแบบอื่นๆ มีระยะการตรวจจับประมาณ 1 เมตร เซนเซอร์ประเภทนี้นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากสะดวกและง่ายในการติดตั้ง ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย ราคาถูก ไม่ต้องใช้อุปกรณ์อื่นเพิ่มเติมเพราะมีทั้งตัวส่งและตัวรับอยู่ในตัวเดียวกัน สามารถตรวจจับวัตถุได้เกือบทุกชนิด ยกเว้นวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวด้านหรือดูดกลืนแสงและวัตถุที่โปร่งแสงเหมาะสำหรับการตรวจจับวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวเรียบ เป็นมันวาวและทึบแสง ระยะการตรวจจับขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุที่ต้องการตรวจจับ เช่น สี และความเรียบมันของวัตถุ โดยระยะการตรวจจับจะลดลงอย่างมากถ้าเป็นวัตถุสีดำ ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ใช้แสงประเภทตรวจจับโดยตรงในงานอุตสาหกรรม ได้แก่

3.1 การตรวจสอบฝาปิดกล่องหรือการตรวจนับจำนวนกล่องหรือชิ้นงานบนสายพานลำเลียง (conveyor)

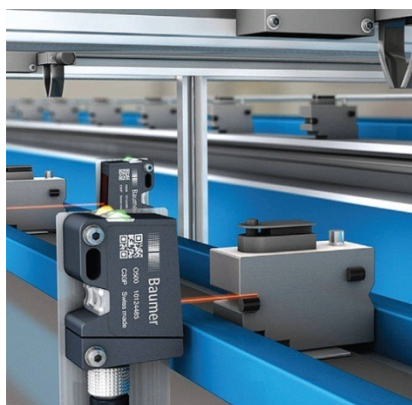


รูปที่ 2.35 แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ใช้แสงประเภทตรวจจับโดยตรง

(ที่มา: นวภัทรา และ ทวีพล, 2555)

3.2 การควบคุมอุปกรณ์ยิงตัวอักษรลงบนบรรจุภัณฑ์อาหารด้วยเซนเซอร์แสงประเภทตรวจจับโดยตรง เมื่อมีผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ ผลิตภัณฑ์จะสะท้อนแสงที่ปล่อยจากตัวส่งแสงไปยังตัวรับแสง เพื่อเป็นการแจ้งให้ระบบทราบว่าขณะนี้ผลิตภัณฑ์ได้เคลื่อนที่มาบริเวณตำแหน่งการยิงตัวอักษรลงบนบรรจุภัณฑ์แล้ว จากนั้นระบบจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์เพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

โดยทั่วไปการเลือกเซนเซอร์สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร นิยมเลือกระดับการป้องกันที่ IP65 หรือสูงกว่า ซึ่งสามารถป้องกันฝุ่นและน้ำได้ดีมาก นอกจากนี้ควรเลือกใช้เซนเซอร์ที่ออกแบบมีกรอบปิดตัวอุปกรณ์มิดชิด มีผิวเรียบ และไม่มีช่องว่างให้เป็นที่สะสมของเศษอาหารหรือฝุ่น ซึ่งอาจส่งผลต่อการปนเปื้อนไปสู่ผลิตภัณฑ์ได้



รูปที่ 2.36 แสดงภาพเซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทตรวจจับโดยตรง

(ที่มา: <http://www.sensortips.com/image/sensing-innovation-in-manufacturing-applications/>)

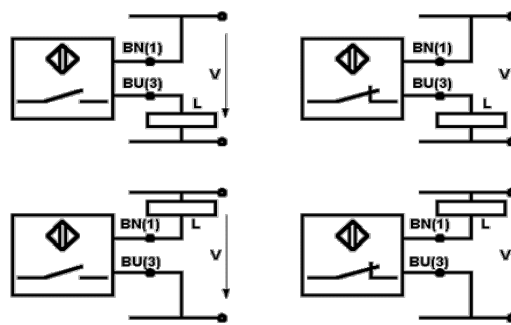
(ที่มา: การวัดและเครื่องมือวัด ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร (นวภัทรา และ ทวีพล, 2555))

2.4.1.4 การต่อใช้งานพรีอักษิมิตีเซนเซอร์

ในการนำพรีอ็อกซิมีตี้เซนเซอร์ประเภทต่างๆที่กล่าวมาในข้างต้นไปประยุกต์ใช้นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกและพิจารณาในเรื่องลักษณะงานที่นำไปใช้ ชนิดและระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้รวมทั้งความสามารถในการจ่ายกระแสให้กับโหลดหรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่จะนำมาต่อร่วมกับเซนเซอร์ ซึ่งในที่นี้เราจะกล่าวถึงเซนเซอร์ที่ให้สัญญาณแบบทำงานหรือไม่ทำงาน (On-Off)

1. เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 2 เส้น

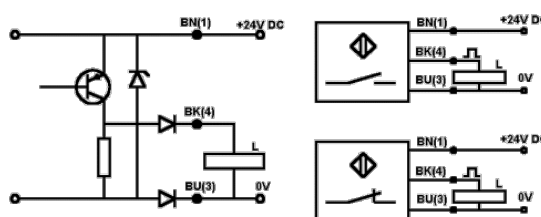
เซนเซอร์แบบนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะตามสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ คือ เป็นแบบไฟกระแสตรงและไฟกระแสสลับ นอกจากนี้ในแต่ละกลุ่มยังมีการแบ่งย่อยออกเป็นปกติทำงาน (N.C.) กับปกติไม่ทำงาน (N.O.) การต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้ากับเซนเซอร์ประเภทนี้สามารถกระทำได้โดยการต่ออนุกรมเข้ากับสายเส้นใดเส้นหนึ่ง แสดงดังรูป



รูปภาพที่ 2.37 เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 2 เส้น
(ที่มา: วชิระ, 2556)

2. เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 3 เส้น

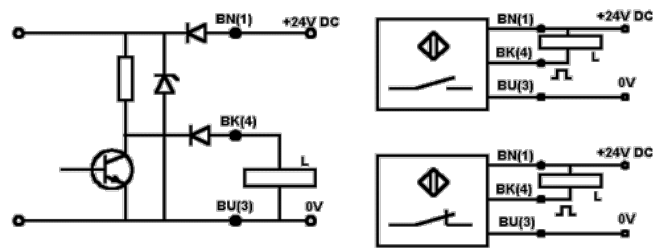
เซนเซอร์แบบนี้ส่วนใหญ่ใช้กับไฟกระแสตรง มีทั้งแบบปกติทำงานและปกติไม่ทำงาน นอกจากนี้สายสัญญาณที่จะต่อเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ก็มีให้เลือกทั้งที่เป็นไฟบวกหรือไฟลบเซนเซอร์แบบสายสัญญาณ 3 เส้นโดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 ประเภทด้วยกันคือ แบบ PNP และ NPN ซึ่งแบ่งตามชนิดของทรานซิสเตอร์ที่เป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณที่อยู่ภายใน (ที่มา: วชิระ, 2556)



รูปภาพที่ 2.38 ภาพแสดงเอาต์พุตที่ได้จากการต่อใช้งานแบบ PNP

(ที่มา: วชิระ, 2556)

จากรูปที่ 2.37 แสดงโครงสร้างภายในภาคเอาต์พุตซึ่งจะมีทรานซิสเตอร์แบบ PNP ทำหน้าที่เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับสั่งให้ทำงานหรือไม่ทำงาน เช่น เซอร์โวดิโอดที่ต่อคร่อมอยู่ระหว่างขั้วบวกและลบ จะทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันจากแหล่งจ่ายให้คงที่ ไดโอดที่สายสัญญาณหมายเลข 3 หรือขั้วลบทำหน้าที่ป้องกันการต่อผิดขั้ว ส่วนไดโอดหมายเลข 4 หรือสัญญาณเอาต์พุตจะทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลย้อนกลับซึ่งเนื่องมาจากการต่อโหลด



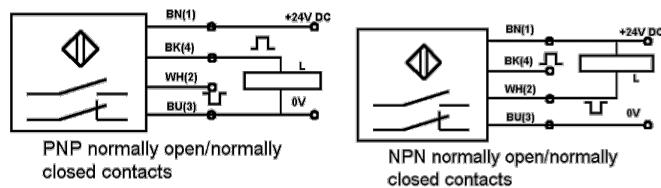
รูปภาพที่ 2.39 ภาพแสดงเอาต์พุตที่ได้จากการต่อใช้งานแบบ NPN

(ที่มา: วชิระ, 2556)

เมื่อเซนเซอร์แบบสายสัญญาณ 3 เส้นมี 2 ประเภทคือ PNP และ NPN แล้วเลือกแบบไหนไปใช้งานดี ในการเลือกไปใช้งานนั้นหากโหลดเป็นอุปกรณ์พวก รีเลย์ หลอดไฟ โซลีนอยด์ ฯลฯ จะเลือกแบบไหนไปใช้งานก็ได้เนื่องจากมีคุณสมบัติพอกัน แต่หากนำสัญญาณที่ได้ไปใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรืออุปกรณ์ควบคุม เช่น PLC ต้องพิจารณาให้ดีเนื่องจากอุปกรณ์เหล่านั้นมีทิศทางกระแสของกระแสไฟ โดยทั่วไปจะมีการระบุเอาไว้ว่าจะใช้เซนเซอร์เอาต์พุตประเภทไหน ดังนั้นจึงพอจะสรุปได้ว่า จะเลือกเซนเซอร์เอาต์พุตแบบไหนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและความต้องการของอุปกรณ์ควบคุมเป็นสำคัญ

3.เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 4 เส้น

ในบางครั้งเพื่อความประหยัด หรือลดพื้นที่ในการติดตั้ง หรือความต้องการสัญญาณมากกว่าหนึ่งสัญญาณ ณ.จุดที่ต้องการตรวจจับเพียงจุดเดียว ความต้องการต่างๆเหล่านี้สามารถตอบสนองได้ด้วย เซนเซอร์เพียงตัวเดียวที่มีสายสัญญาณ 4 เส้น นั่นคือ จะมีสายสัญญาณเอาต์พุตปกติทำงาน (NC) และปกติไม่ทำงาน (NO) รวมอยู่ในตัวเดียวกัน ซึ่งมีทั้งแบบ PNP และ NPN แสดงดังรูป



รูปที่ 2.40 เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 4 เส้น

(ที่มา: วชิระ, 2556)

สรุปการเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจสอบวัสดุ

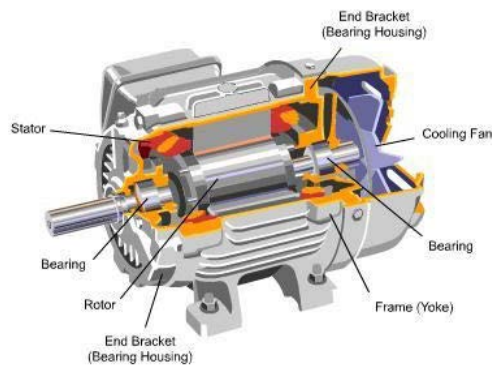
ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้เซนเซอร์สำหรับตรวจสอบวัสดุ จำนวน 3 ตัว ซึ่งแต่ละตัวจะมีคุณสมบัติในการตรวจสอบแตกต่างกันออกไป และวัสดุที่ใช้ในการตรวจสอบจะมี 3 ประเภท โดยเซนเซอร์แต่ละตัวก็จะตรวจจับวัสดุตามคุณสมบัติของเซนเซอร์ที่มี ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ลำดับ	ชนิดเซนเซอร์ที่ใช้	คุณสมบัติ/ ตรวจสอบ	ชนิดวัสดุ	ภาพของวัสดุ
1	อินดักทีฟพรีอกซิมีตี (Inductive Proximity)	เหล็ก, สแตนเลส, อลูมิเนียม	โลหะ มันทาว	
2	คะแพซิทีฟพรีอกซิมีตี (Capacitive Proximity)	แก้ว, น้ำ, ไม้, พลาสติก, กระดาษ ฯลฯ	พลาสติกสีดำ ทึบแสง	
3	เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (optical sensor)	วัตถุที่มีสภาพผิวโปรงแสง	พลาสติกสีชมพูโปรงแสง	

ตารางที่ 2.2 แสดงชนิดและวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

2.4.1.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้า คือ เครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เท่านั้น ซึ่งเหมาะกับการใช้งานในการขับเคลื่อนในรูปแบบต่างๆ ที่มีอัตราเร็วไม่สูง สามารถควบคุมอัตราเร็วได้ง่าย



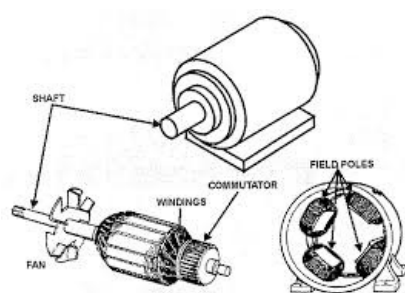
รูปที่ 2.41 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
(<http://www.admiredelectroniccomponents.com>)

1. โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรง ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆคือ ส่วนที่อยู่กับที่และส่วนเคลื่อนที่

ส่วนที่อยู่กับที่

เฟรมคือ โครงสร้างภายนอก ที่จะทำหน้าที่เป็นเส้นทางเดินของสนามแม่เหล็ก และเป็นที่ยึดส่วนต่างๆ

ขั้วแม่เหล็ก คือจะประกอบด้วย แกนขั้วแม่เหล็ก ส่วนนี้จะติดอยู่กับเฟรมและขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) ที่พันรอบๆแกนขั้วแม่เหล็ก จะทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอก และสร้างสนามแม่เหล็กซึ่งจะทำให้เกิดแรงบิดขึ้น (Torque)



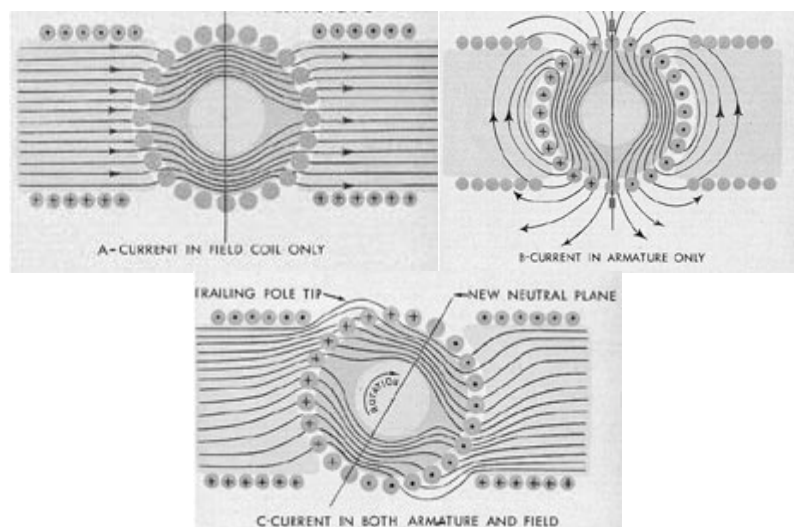
รูปที่ 2.42 ขั้วแม่เหล็กและขดลวดแม่เหล็กที่ยึดกับเฟรม
(<http://www.galco.com/comp/prod/moto.htm>)

ส่วนที่เคลื่อนที่

โรเตอร์ (Rotor) คือ จะมีขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) พันอยู่บนแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Core) และมีคอมมิวเตเตอร์ยึดติดอยู่ที่ปลายของขดลวด ซึ่งจะทำหน้าที่ในการสัมผัสกับแปรงถ่านคาร์บอน (Carbon Brushed) ที่อยู่ในมอเตอร์เพื่อให้เกิดกระแสไหลผ่านไปทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น

2. หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

เมื่อมีกระแสไหลผ่านเข้าไปในมอเตอร์ กระแสจะแบ่งออกไป 2 ทาง คือ ส่วนที่หนึ่งจะผ่านเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก และอีกส่วนหนึ่งจะผ่านแปรงถ่านคาร์บอนเข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์ทำให้เกิดสนามเช่นกันซึ่งจะเกิดขึ้นพร้อมกันและตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่มีการตัดกันจะมีแต่การหักล้างและเสริมกันแล้วทำให้เกิดแรงบิดในอาร์เมเจอร์



รูปที่ 2.43 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอาร์เมเจอร์
(<http://www.electronics.stackexchange.com>)

3. พื้นฐานของมอเตอร์

รายละเอียดพื้นฐานของมอเตอร์ที่จะนำมาพิจารณาเลือกใช้งานกับงานต่างๆ มีอยู่ 4 อย่างคือ แรงดันไฟฟ้า (Voltage) การไหลของกระแสไฟฟ้า (Current Draw) ความเร็ว (Speed) แรงบิด (Torque)

4. สายพานลำเลียง

การขนถ่ายวัสดุ มีวัตถุประสงค์คือ ต้องการเคลื่อนย้ายวัสดุ อุปกรณ์ หรือชิ้นงานต่างๆ ให้ทำการย้ายจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งให้เกิดประสิทธิภาพและความปลอดภัยที่สุด กระบวนการขนถ่ายวัสดุจึงเป็นส่วนที่มีความสำคัญ

นิยามของคำว่า “อุปกรณ์ขนถ่าย (Conveyor)” คือ อุปกรณ์สำหรับเคลื่อนย้าย หรือ ขนส่ง วัสดุปริมาณมวล หรือ วัสดุในเส้นทางตามการออกแบบและมีจุดรับ (Loading) และส่งออก (Discharge) อาจจะเป็นแบบตายตัว (Fixed) หรือ แบบเลือกได้ (Selective) อุปกรณ์นี้อาจจะเป็น แนวตั้ง แนวราบ หรือลาดเอียง ขึ้นอยู่กับการออกแบบการใช้งานที่เหมาะสม

4.1 อุปกรณ์ขนถ่าย (Conveyors) ประกอบไปด้วย

4.1.1 แบบติดตั้งตายตัว (Fixed)

4.1.2 แบบเคลื่อนย้ายได้ (Portable)

4.1.2.1 แบบขนถ่ายต่อเนื่อง (Continuous)

4.1.2.2 แบบขนถ่ายเป็นช่วงๆ (Intermittent) แต่การขับเคลื่อนต่อเนื่อง

4.2 ส่วนประกอบของสายพานลำเลียง

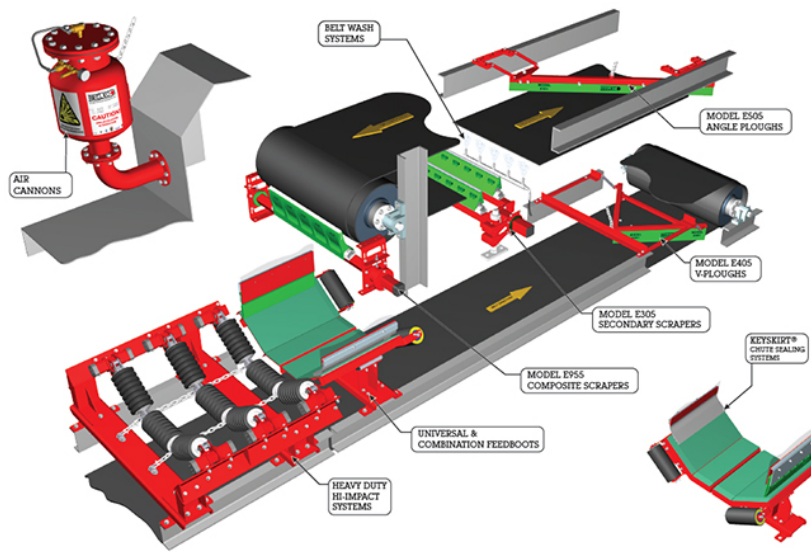
4.2.1. สายพาน (Belt) เป็นส่วนรองรับวัสดุขนถ่ายและทำให้วัสดุเคลื่อนที่ไปตามสายพานได้

4.2.2. ลูกกลิ้ง (Idlers) เป็นตัวรองรับของสายพานมี 2 ชนิด คือ ลูกกลิ้งลำเลียงวัสดุ และลูกกลิ้งสายพานกลับ

4.2.3. ล้อสายพาน (Pulleys) เป็นตัวรองรับและขับเคลื่อนสายพาน และ ควบคุมแรงดึงในสายพาน

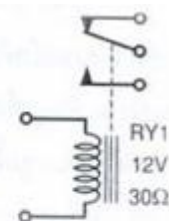
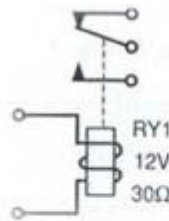
4.2.4. ชุดขับ (Drive) เป็นตัวส่งกำลังให้กับล้อสายพาน เพื่อให้สายพานเคลื่อนที่

4.3 โครงสร้าง (Structure) เป็นส่วนรองรับส่วนประกอบทั้งหมด และรักษาแนวของลูกกลิ้ง ให้เคลื่อนที่



รูปที่ 2.44 ส่วนประกอบของสายพานลำเลียง
(<http://www.usmetalworks.com/>)

2.4.1.6 รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการตั้งจุดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในกระบวนการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย



รูปร่างของรีเลย์ที่มีตัวถังเป็นพลาสติกใสป้องกันฝุ่น

สัญลักษณ์แบบลวดพัน

สัญลักษณ์แบบตัวเหนียวนำพันแกนเหล็ก

รูปที่ 2.45 ส่วนประกอบของรีเลย์

(<http://www.psptech.co.th/รีเลย์relayคืออะไร-15696.page>)

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรีเลย์

1.1 หน้าที่ของรีเลย์ คือ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ตรวจสอบสภาพการณ์ของทุกส่วนในระบบกำลังไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลาหากระบบมีการทำงานที่ผิดปกติ รีเลย์จะเป็นตัวสั่งการให้ตัดส่วนที่ลัดวงจรหรือส่วนที่ทำงานผิดปกติ ออกจากระบบทันทีโดยเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเป็นตัวที่ตัดส่วนที่เกิดฟอลต์ออกจากระบบจริงๆ

1.2 ประโยชน์ของรีเลย์

1.2.1 ทำให้ระบบส่งกำลังมีเสถียรภาพ (Stability) สูงโดยรีเลย์จะตัดวงจรเฉพาะส่วนที่เกิดผิดปกติ ออกเท่านั้น ซึ่งจะเป็นการลดความเสียหายให้แก่ระบบน้อยที่สุด

1.2.2 ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมส่วนที่เกิดผิดปกติ

1.2.3 ลดความเสียหายไม่เกิดลุกลามไปยังอุปกรณ์อื่นๆ

1.2.4 ทำให้ระบบไฟฟ้าไม่ดับทั้งระบบเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นในระบบ

1.3 คุณสมบัติที่ดีของรีเลย์

1.3.1 ต้องมีความไว (Sensitivity) คือมีความสามารถในการตรวจพบสิ่งผิดปกติเพียงเล็กน้อยได้

1.3.2 มีความเร็วในการทำงาน (Speed) คือความสามารถทำงานได้รวดเร็วทันใจ ไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์และไม่กระทบกระเทือนต่อระบบ โดยทั่วไปแล้วเวลาที่ใช้ในการตัดวงจรจะขึ้นอยู่กับระดับของแรงดันของระบบด้วย

ระบบ 6-10 เควี จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 1.5-3.0 วินาที

ระบบ 100-220 เควี จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 0.15-0.3 วินาที

ระบบ 300-500 เควี จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 0.1-0.12 วินาที

1. ส่วนประกอบของรีเลย์ รีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ

1.2 ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แก่โลหะไปกระตุ้นให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน (ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่คุณผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระตุ้นให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

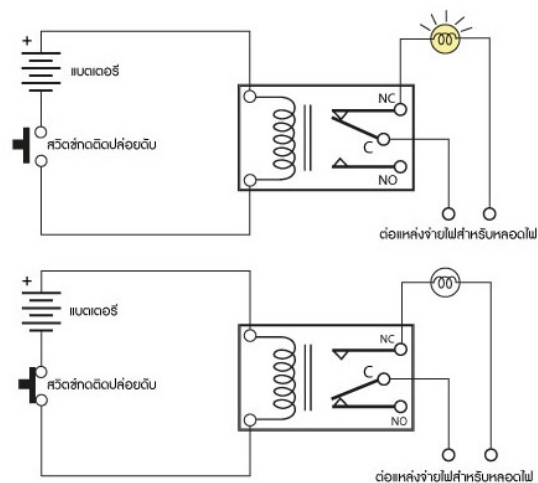
2.2 ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเอง

จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย

จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวด เหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิดเช่น โคมไฟสนามหน้าบ้าน

จุดต่อ C ย่อมาจาก common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 2.46 แสดงการต่อใช้งานมาตรฐาน

(<http://www.psptech.co.th/รีเลย์relayคืออะไร-15696.page>)

2. ประเภทของรีเลย์

รีเลย์ เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือ โซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

3.1 รีเลย์กำลัง (power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magneticcontactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

3.2 รีเลย์ควบคุม (control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

4. ชนิดของรีเลย์ การแบ่งชนิดของรีเลย์สามารถแบ่งได้ 11 แบบ คือ

ชนิดของรีเลย์แบ่งตามลักษณะของคอยล์ หรือ แบ่งตามลักษณะการใช้งาน (Application) ได้แก่รีเลย์ดังต่อไปนี้

4.1 รีเลย์กระแส (Current relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้กระแสมีทั้งชนิด กระแสขาด (Under-current) และกระแสเกิน (Over current)

4.2 รีเลย์แรงดัน (Voltage relay) คือ รีเลย์ ที่ทำงานโดยใช้แรงดันมีทั้งชนิด แรงดันขาด (Under-voltage) และ แรงดันเกิน (Over voltage)

4.3 รีเลย์ช่วย (Auxiliary relay) คือ รีเลย์ที่เวลาใช้งานจะต้องประกอบเข้ากับ รีเลย์ชนิดอื่น จึงจะทำงานได้

4.4 รีเลย์กำลัง (Power relay) คือ รีเลย์ที่รวมเอาคุณสมบัติของรีเลย์กระแส และรีเลย์แรงดันเข้าด้วยกัน

4.5 รีเลย์เวลา (Time relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยมีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 แบบ คือ

4.5.1 รีเลย์กระแสเกินชนิดเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time over current relay) คือ รีเลย์ ที่มีเวลาทำงานเป็นส่วนกลับกับกระแส

4.5.2 รีเลย์กระแสเกินชนิดทำงานทันที (Instantaneous over current relay) คือรีเลย์ที่ทำงานทันทีทันใดเมื่อมีกระแสไหลผ่านเกินกว่าที่กำหนดที่ตั้งไว้

4.5.3 รีเลย์แบบดีฟิไนต์ไทม์แล็ก (Definite time lag relay) คือ รีเลย์ ที่มีเวลาการทำงานไม่ขึ้นอยู่กับความมากมายของกระแสหรือค่าไฟฟ้าอื่นๆ ที่ทำให้เกิดงานขึ้น

4.5.4 รีเลย์แบบอินเวอร์สดีฟิไนต์ไทม์แล็ก (Inverse definite time lag relay) คือ รีเลย์ ที่ทำงานโดยรวมเอาคุณสมบัติของเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time) และแบบดีฟิไนต์ไทม์แล็ก (Definite time lag relay) เข้าด้วยกัน

4.6 รีเลย์กระแสต่าง (Differential relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยอาศัยผลต่าง ของกระแส

4.7 รีเลย์มีทิศ (Directional relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อมีกระแสไหลผิด ทิศทางมีแบบรีเลย์กำลังมีทิศ (Directional power relay) และรีเลย์กระแสมีทิศ (Directional current relay)

4.8 รีเลย์ระยะทาง (Distance relay) คือ รีเลย์ระยะทางมีแบบต่างๆ ดังนี้

4.8.1 รีแอคแตนซ์รีเลย์ (Reactance relay)

4.8.2 อิมพีแดนซ์รีเลย์ (Impedance relay)

4.8.3 โมห์รีเลย์ (Mho relay)

4.8.4 โอห์มรีเลย์ (Ohm relay)

4.8.5 โพลาริซมรีเลย์ (Polarized mho relay)

4.8.6 ออฟเซตมรีเลย์ (Off set mho relay)

4.9 รีเลย์อุณหภูมิ (Temperature relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้

4.10 รีเลย์ความถี่ (Frequency relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อความถี่ของระบบต่ำกว่าหรือมากกว่าที่ตั้งไว้

4.11 บุคโฮลซ์รีเลย์ (Buchholz 's relay) คือรีเลย์ที่ทำงานด้วยก๊าซ ใช้กับหม้อแปลงที่แช่อยู่ในน้ำมันเมื่อเกิด ฟอลต์ ขึ้นภายในหม้อแปลง จะทำให้น้ำมันแตกตัวและเกิดก๊าซขึ้นภายในไปดันหน้าสัมผัส ให้รีเลย์ทำงาน

5. รีเลย์ที่นิยมใช้งานและรู้จักกันแพร่หลาย 4 ชนิด

5.1 อาร์เมเจอร์รีเลย์ (Armature Relay)

5.2 รีดรีเลย์ (Reed Relay)

5.3 รีดสวิตช์ (Reed Switch)

5.4 โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid-State Relay)

6. ข้อจำกัดในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป

6.1 แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ หากเราดูที่ตัวรีเลย์จะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12VDC คือต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายใน ตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ครับ เพราะตัวรีเลย์ จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากชนิดพิเศษ)

6.2 การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10A 220AC คือหน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ที่ 220VAC ครับ แต่การใช้ก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่านี้จะเป็นการดีกว่าครับ เพราะถ้ากระแสมากหน้าสัมผัส ของรีเลย์จะละลายเสียหายได้

6.3 จำนวนหน้าสัมผัสการใช้งาน ควรดูว่ารีเลย์นั้นมีหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อัน และมีขั้วคอมมอนด้วยหรือไม่ชนิดของรีเลย์

2.4.1.7 ระบบนิวเมติกส์

1. ประวัติความเป็นมา

วิชานิวเมติกส์เป็นหนึ่งในจำนวนวิทยาการที่มีมานานแล้วและถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เช่น ตัวอย่าง ของการที่มนุษย์รู้จักการใช้ลมอัด ได้แก่ การใช้ “ ไม้ซางเป่าลูกดอก ” เพื่อการล่าสัตว์ใช้ในการดำรงชีวิตในการนี้ลมจะถูกอัดเข้าไปในปอดของมนุษย์ จากนั้นทำการปล่อยลูกดอกไปยังเหยื่อ

2. ความหมายของนิวเมติกส์ (PNEUMATICS)

คำว่า “PNEUMA” เป็นคำที่มาจากภาษากรีกโบราณ มีความหมายว่า ลม หรือลมหายใจ และคำว่า “PNEUMATICS” นั้นแผลงมาจากคำว่า PNEUMA นั้นเอง ซึ่งหมายถึงการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอากาศ และการเกิดลม

สำหรับคำว่า “ PNEUMATICS ” ในปัจจุบันนี้ส่วนมากเข้าใจกันคือ การนำเอาอากาศมาเป็นวัสดุใช้งานในด้านอุตสาหกรรม โดยเฉพาะทางด้าน การขับเคลื่อน หรือการควบคุมเครื่องจักร และอุปกรณ์ช่วยต่าง ๆ ส่วนในด้านวิศวกรรมที่ทำงานด้านนี้ ให้ความหมายของคำว่า “ PNEUMA ” คือ ระบบการส่งกำลังจากต้นทางไปยังปลายทางโดยอาศัยลมเป็นสื่อกลางในการส่งกำลังและมีการควบคุมการทำงานด้วยระบบลม

ระบบนิวเมติกส์ หมายถึง ระบบทำงานโดยใช้อากาศเป็นตัวส่งกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ทำงานของเครื่องจักรต่างๆ เช่น กระบอกลูกสูบลม หรือมอเตอร์ลม เป็นต้น

3. ลักษณะเฉพาะที่สำคัญ

ลักษณะเฉพาะที่สำคัญทางนิวเมติกส์สามารถนำมาเปรียบเทียบกับระบบไฮดรอลิกได้ดังต่อไปนี้

2.1 โดยทั่วไปวงจรนิวเมติกส์มีค่าความดันระหว่าง 4-7 กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร (kgf-cm²) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าความดันที่ใช้ในวงจรไฮดรอลิก ดังนั้น จึงเหมาะสำหรับงานเบา ๆ

2.2 แม้ว่ากำลังทางนิวเมติกส์จะมีประสิทธิภาพน้อยกว่ากำลังทางไฮดรอลิกในเรื่องการควบคุมความเร็วรอบหมุนและการหมุนระหว่างกลาง เพราะคุณสมบัติอัดตัวได้ง่ายของลม แต่พลังงานนิวเมติกส์สามารถเก็บไว้ได้ในถังเก็บ ในกรณีของการทำงานแบบเป็นช่วง อาจใช้เครื่องอัดอากาศที่มีความจุขนาดเล็กแล้วเก็บพลังงานนิวเมติกส์ไว้ใช้งานหนักในระยะเวลาอันสั้น

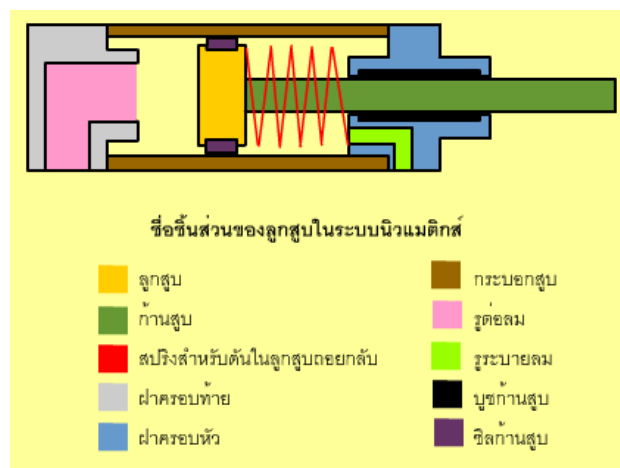
2.3 ลมอัดมีค่าความต้านทานในการไหลน้อย จึงสามารถทำงานได้เร็วกว่ากำลังในระบบไฮดรอลิก

2.4 พลังงานในระบบนิวเมติกส์จะถูกส่งผ่านท่อเพื่อขับให้กลไกทำงานที่ความเร็วต้องการได้อย่างอิสระโดยเครื่องควบคุมความเร็ว และที่แรงขับเคลื่อนที่ต้องการโดยวาล์วควบคุมความดัน

3. อุปกรณ์ทำงานในระบบนิวเมติกส์

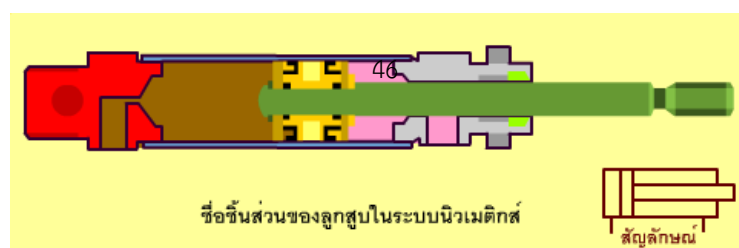
อุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์ (Air Cylinders) ระบายอากาศที่ใช้กันมากในระบบนิวเมติกส์แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ ระบายอากาศชนิดทำงานทางเดียว (single acting air cylinder) และ ระบายอากาศชนิดทำงานสองทาง (double acting air cylinder)

3.1 ระบายอากาศทางเดียว (SINGLE ACTING CYLINDER) ระบายอากาศทางเดียวใช้แรงดันลมอัดกระทำก้านสูบให้เคลื่อนที่เพียงด้านเดียว ส่วนการเคลื่อนที่กลับจะอาศัยแรงสปริง ระบายอากาศแบบนี้จะใช้กับงานที่ต้องการแรงกระทำไม่มากนัก เนื่องจากแรงที่กระทำกับโหลดจะถูกต้านด้วยแรงสปริง ขนาดของระบายอากาศประเภทนี้ที่นิยมผลิตกันจะมีขนาดไม่โตกว่า 10 เซนติเมตร และระยะชักไม่เกิน 10 เซนติเมตร



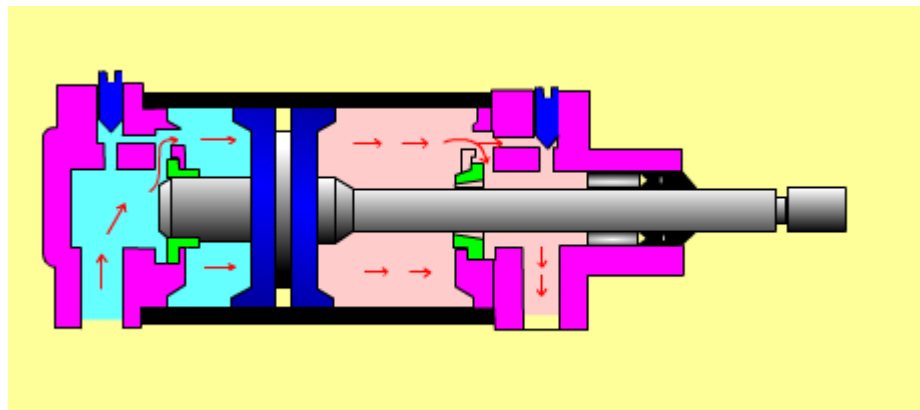
รูปที่ 2.47 แสดงโครงสร้างของระบายอากาศชนิดทำงานทางเดียว (ที่มา : <http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Plc>)

3.2 ระบายอากาศสองทาง (DOUBLE ACTING CYLINDER) ระบายอากาศแบบสองทางจะใช้แรงดันลมกระทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า และออกทั้งสองทาง แรงกระทำที่ได้จากระบายอากาศชนิดนี้จะมากกว่าระบายอากาศแบบทางเดียวเพราะไม่มีแรงสปริงเป็นตัวต้าน จึงเหมาะสำหรับงานแทบทุกประเภทที่ต้องการการเคลื่อนที่ในลักษณะที่เป็นแนวเส้นตรง



รูปที่ 2.48 แสดงโครงสร้างของกระบอกสูบสองทาง
(ที่มา : <http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Plc>)

3.3 กระบอกสูบสองทางชนิดมีตัวกันกระแทก (CUSHIONED CYLINDER) ในงานบางอย่างการเคลื่อนที่เข้าและออกของก้านสูบจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร่งและสูงจะทำให้เกิดการกระแทกระหว่างลูกสูบกับฝาสูบ งานลักษณะนี้ถ้าไม่มีการป้องกันแล้วจะทำให้กระบอกสูบชำรุด หรือมีอายุการใช้งานสั้นลงได้ ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้มีเบาะลมคอยต้านการกระแทกของลูกสูบก่อนจะสุดช่วงชัก








รูปที่ 2.49 แสดงโครงสร้างกระบอกสูบสองทางชนิดมีตัวกันกระแทก
(ที่มา : <http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Plc>)

การทำงานเมื่อลูกสูบ 7 ถูกดันให้วิ่งออกจะทำให้ลมอัดที่อยู่ด้านข้างสูบถูกดันให้ออกจากกระบอกสูบทางหมายเลข 9 และ 10 ซึ่งขณะนี้ความเร็วของลูกสูบ 7 ก็ยังมีความเร็วปกติจนกระทั่งเตื่อย 6 ดันซีล 4 ให้ปิดทางออกของลมอัดหมายเลข 10 (ซึ่งเป็นทางออกปกติของลมในกระบอกสูบ) ทำให้ความดันลมมีทางออกเพียงทางเดียวเท่านั้นคือ ทางหมายเลข 9 แต่ทางออกหมายเลข 9 จะต้องผ่านวาล์วปรับขนาดของช่องทางหมายเลข 2 ทำให้ลมอัดในกระบอกสูบวิ่งออกจากกระบอกสูบได้น้อยลง ถ้าปรับวาล์ว 2 ให้แคบลงไปอีก ความเร็วของลูกสูบก็ยิ่งลดน้อยลงไปอีก (ความเร็วของลูกสูบขึ้นอยู่กับภาระบายลมอัดให้ออกมาจากกระบอกสูบได้รวดเร็วมากน้อยเพียงไร) ถ้าดูในรูปที่ 4 ในขณะนี้เป็นตำแหน่งหดกลับของลูกสูบที่ปิดทางออกของลมอัดในทางออกปกติแต่จะเปิดทางออกลมอัดให้ออกทางวาล์วเข็มหมายเลข 1 เท่านั้นทำให้ความเร็วของลูกสูบลดน้อยลง การกระแทกกระท่างระหว่างลูกสูบกับฝาครอบทั้งด้านหัวและท้ายก็เล็กลงน้อยตามไปด้วย

5. วาล์วและอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมในระบบนิวแมติกส์

5.1 โซลินอยด์วาล์ว Solenoid Valve โซลินอยด์วาล์ว Solenoid Valve คือ อุปกรณ์สวิตซ์ที่อาศัย หลักการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้าทำงานร่วมกับกลไกโดยใช้การป้อนไฟเป็นตัวกำหนด การทำงานควบคุมให้ลิ้นกลไกปิดหรือเปิดได้

5.2 สัญลักษณ์แสดงการทำงานของวาล์วควบคุมทิศทาง

	หมายถึง ตำแหน่งของวาล์วควบคุม 1 ตำแหน่ง
	หมายถึง ตำแหน่งของวาล์วควบคุม 2 ตำแหน่ง
	หมายถึง แสดงต่อการไหลของลม
	หมายถึง หัวลูกศรแสดงทิศทางการไหลของลม
	หมายถึง การปิดกั้นการไหลของลม

รูปที่ 2.50 แสดงสัญลักษณ์แสดงการทำงานของวาล์วควบคุมทิศทาง

(ที่มา: <http://sites.google.com/site/krukanit01/>)

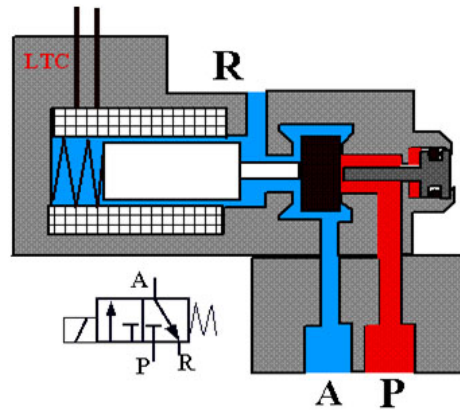
5.3 การเรียกชื่อวาล์ว

การเรียกชื่อวาล์วด้วยตัวเลขโดยกำหนดให้ตัวเลขตัวหน้า หมายถึงจำนวนรูของวาล์ว ส่วนตัวเลขตัวหลัง หมายถึงจำนวนตำแหน่งการทำงาน เช่น เขียนว่า 3/2 จะหมายถึงวาล์ว

ชนิดมี 3 รู และ 2 ตำแหน่งทำงาน และเขียนว่า 5/2 หมายถึง วาล์วที่มี 5 รู 2 ตำแหน่งทำงาน เป็นต้น

5.4 ประเภทของโซลินอยด์วาล์วลมทั่วไป

5.4.1 วาล์วควบคุม 3 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติปิด เลื่อนวาล์วโดยโซลินอยด์วาล์วเลื่อนกลับโดยสปริง

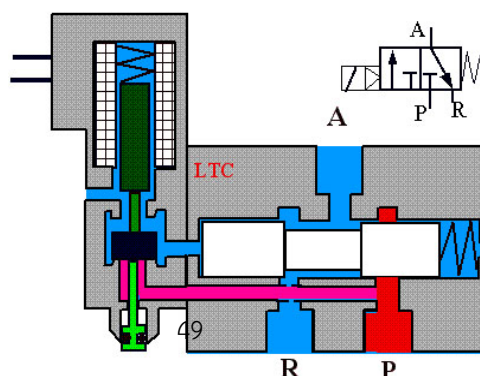


รูปที่ 2.51 แสดงภาพวาล์วควบคุม 3 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติปิด เลื่อนวาล์วโดยโซลินอยด์วาล์วเลื่อนกลับโดยสปริง

(ที่มา: <http://sites.google.com/site/krukanit01/>)

- ปกติ สปริงจะดันให้วาล์วปิดลมจาก รู P ไม่สามารถผ่านไป รู A ได้
- เมื่อป้อนไฟให้โซลินอยด์ แกนจะถูกดึงให้เลื่อนไปทางซ้ายมือด้วยอำนาจของแม่เหล็กไฟฟ้า วาล์วจะเปิดให้ลมผ่านจากรู P ไป รู A
- เมื่อตัดไฟออกจากโซลินอยด์ อำนาจแม่เหล็กของโซลินอยด์หมดไป สปริงจะดันแกนให้เลื่อนไปทางขวามือดันวาล์วให้ปิด รู P ไว้ ลมจากรู A จะระบายออกที่ รู R

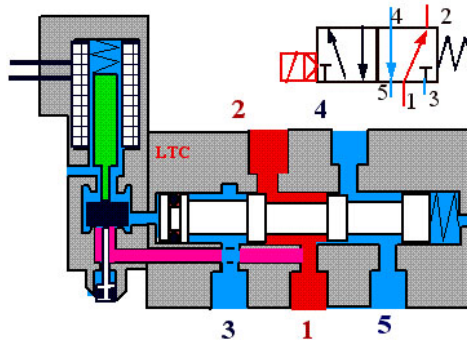
5.4.2 วาล์วควบคุม 3 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติปิด เลื่อนวาล์วโดยโซลินอยด์และลมดันช่วยวาล์วเลื่อนกลับโดยสปริง



รูปที่ 2.52 แสดงภาพวาล์วควบคุม 3 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติปิด เลื่อนวาล์วโดยโซลินอยด์และลมดันช่วย วาล์วเลื่อนกลับโดยสปริง
(ที่มา: <http://sites.google.com/site/krukanit01/>)

- ปกติ สปริงจะดันให้วาล์วไหลตปิด สปริงจะดันให้ลูกสูบเลื่อนไปทางซ้ายมือ ลมจาก รูป P ไม่สามารถผ่านไป รูป A ได้ รูป A จะต่อกับ รูป R
- เมื่อป้อนไฟให้โซลินอยด์ แกนจะถูกดึงให้เปิดวาล์วไหลต วาล์วไหลตจะเปิดให้ลมไปดันลูกสูบให้เลื่อนไปด้านขวามือ เปิดให้ลมผ่านจากรูป P ไปยัง รูป A
- เมื่อตัดไฟออกจากโซลินอยด์ อำนาจแม่เหล็กของโซลินอยด์หมดไป สปริงจะดันให้แกนเลื่อนลงดันให้วาล์วไหลตปิด สปริงจะดันให้ลูกสูบกลับตำแหน่งปกติ

5.4.3 วาล์วควบคุม 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง เลื่อนวาล์วโดยโซลินอยด์และลมดันช่วย วาล์วเลื่อนกลับ โดยสปริง



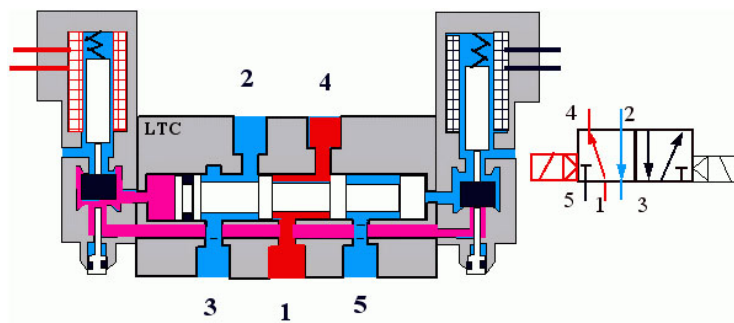
รูปที่ 2.53 แสดงภาพวาล์วควบคุม 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง เลื่อนวาล์วโดยโซลินอยด์และลมดันช่วย วาล์วเลื่อนกลับโดยสปริง
(ที่มา: <http://sites.google.com/site/krukanit01/>)

- ปกติ ลมจากรู 1 ต่อไปยัง รู 2 ลมจากรู 4 ต่อไปยัง รู 5 ส่วน รู 3 อุดตัน

- เมื่อป้อนไฟฟ้าให้กับโซลินอยด์ วาล์วไหลจะเปิดให้ลมไปดันลูกสูบให้เลื่อนไปทางขวามือ ลมจากรู1จะต่อไปยัง รู4 ส่วนลมจากรู2 จะไหลไปยัง รู3 ส่วน รู5 อดตัน
- เมื่อตัดไฟฟ้าออกจากโซลินอยด์ สปริงจะดันลูกสูบกลับตำแหน่งปกติ

5.4.4 วาล์วควบคุม 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง เลื่อนวาล์วโดยโซลินอยด์

ทั้ง 2 ข้าง



รูปที่ 2.54 แสดงภาพวาล์วควบคุม 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง เลื่อนวาล์วโดยโซลินอยด์ทั้ง 2 ข้าง
(ที่มา: <http://sites.google.com/site/krukanit01/>)

การควบคุมวาล์วนี้ทำได้โดยการป้อนไฟฟ้าให้กับขดลวดโซลินอยด์ ดังภาพแสดงการทำงาน ขณะป้อนไฟฟ้าให้กับโซลินอยด์ด้านซ้ายมือ ถ้าป้อนไฟฟ้าให้กับโซลินอยด์ด้านขวามือ จะทำให้ลูกสูบเลื่อนไป

2.4.1.8 สวิตช์ต่างๆที่ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้านั้นมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์อย่างมากมาย อุปกรณ์ที่ใช้งานนั้นต้องเลือกให้เหมาะสมกับงานในการควบคุมอุปกรณ์ ในการควบคุมที่สำคัญเป็นพื้นฐานหลัง เช่น สวิตช์ปุ่มกด แมคเนติกคอนแทคเตอร์ตลอดจนอุปกรณ์ป้องกันอันตรายต่างๆในการควบคุมมอเตอร์ ดังมีอุปกรณ์ที่ต้องศึกษาดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.55 แสดงลักษณะของสวิตช์ชนิดต่างๆ

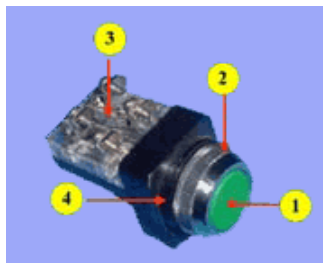
(ที่มา: <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor9.htm>)

1. สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) หมายถึง อุปกรณ์ที่มีหน้าสัมผัสอยู่ภายในการเปิดปิดหน้าสัมผัส ได้โดยใช้มือกดใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์
สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้ในการเริ่มต้น (Start) เรียกว่าสวิตช์ปกติเปิด (Normally Open) หรือที่เรียกว่า เอ็น โอ (N.O.) สวิตช์ปุ่มกดหยุดการทำงาน (Stop) เรียกว่าสวิตช์ปกติปิด (Normally Close) หรือที่เรียกว่า เอ็น ซี (N.C.)



รูปที่ 2.56 สวิตช์ปุ่มกดแบบต่างๆ

(ที่มา: <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor9.htm>)



รูปที่ 2.57 โครงสร้างภายนอกของสวิตช์ปุ่มกด

(ที่มา: <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor9.htm>)

- 1.1 ปุ่มกด ทำด้วยพลาสติก อาจเป็นสี เขียวแดงหรือเหลืองขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน
- 1.2 แหวนล็อก
- 1.3 ยางรอง
- 1.4 ชุดกลไกหน้าสัมผัส

การทำงานของสวิตช์ปุ่มกด

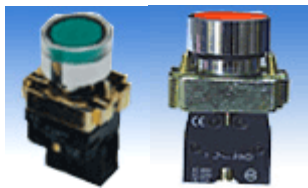


รูปที่ 2.58 การทำงานของสวิตช์ปุ่มกด

(ที่มา: <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor9.htm>)

ใช้นิววอดที่ปุ่มกดทำให้มีแรงดันหน้าสัมผัสให้เคลื่อนที่ หน้าสัมผัสที่ปิดจะเปิดส่วนหน้าสัมผัสที่เปิดจะปิด เมื่อปล่อยนิ้วออกหน้าสัมผัส จะกลับสภาพเดิม ด้วยแรงสปริงการนำไปใช้งานใช้ในการควบคุมการเริ่มเดิน และหยุดหมุนมอเตอร์

1.1 ชนิดของสวิตช์ปุ่มกด สวิตช์ปุ่มกดที่นิยมใช้มีอยู่ด้วยกันหลายชนิดเช่น



สวิตช์ปุ่มกดแบบธรรมดา ใช้ในงานเริ่มเดิน (Start) และหยุดหมุน (Stop) สวิตช์สีเขียวใช้ในการสตาร์ท หน้าสัมผัส เป็นชนิดปกติเปิด(Normally Open) หรือที่เรียกว่า เอ็น โอ (N.O.) สวิตช์สีแดงใช้ในการหยุดการทำงาน (Stop) หน้าสัมผัสเป็นชนิดปกติปิด (Normally Close) หรือที่เรียกว่า เอ็น ซี (N.C.)



สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้ในการเริ่มเดิน (start) และหยุดหมุน นี้อยู่ในกล่องเดียวกัน ปุ่มสีเขียวสำหรับกดเริ่มเดินมอเตอร์ (Start) ปุ่มสีแดงสำหรับกดหยุดหมุน (Stop) เหมาะกับการใช้งานมอเตอร์ขนาดเล็กใช้งานธรรมดาที่ใช้กระแสไม่สูงสามารถต่อได้โดยตรง) ใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดใหญ่กว่า 1/2 แรงม้าต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นสวิตช์แม่เหล็ก(Magnetic contactor) และอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง(Over Load Protection) ดังนั้นจึงทำให้ระบบควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency push button) สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉินหรือเรียกทั่วไปว่าสวิตช์ดอกเห็ดเป็นสวิตช์หัวใหญ่กว่าสวิตช์แบบธรรมดาเป็นสวิตช์ที่เหมาะสมกับงานที่เกิดเหตุฉุกเฉินหรืองานที่ต้องการหยุดทันที



สวิตช์ปุ่มกดที่มีหลอดสัญญาณติดอยู่ (Illuminated push button) เมื่อกดสวิตช์ปุ่มกดจะทำให้หลอดสัญญาณสว่างออกมา



สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้เท้าเหยียบ (Foot push button) เป็นสวิตช์ที่ทำงานที่ใช้เท้าเหยียบ เหมาะกับเครื่องจักรที่ต้องทำงานโดยใช้เท้าเหยียบ เช่น เครื่องตัดเหล็ก

2. สวิตช์จำกัดระยะ (Limit switch)



รูปที่ 2.59 สวิตช์จำกัดระยะ (Limit switch)

(ที่มา: <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor9.htm>)

ลิมิตสวิตช์เป็นสวิตช์ที่จำกัดระยะทาง การทำงานอาศัยแรงกดภายนอกกระทำเช่น วางของทับที่ปุ่มกดหรือลูกเบี้ยวมาชนที่ปุ่มกดและสามารถมีคอนแทคได้หลายอันมีคอนแทคปกติปิดและปกติเปิด มีโครงสร้างคล้ายสวิตช์ ปุ่มกด



รูปที่ 2.60 ตัวอย่างลิมิตสวิตช์แต่ละแบบในการใช้งานควบคุมมอเตอร์
(ที่มา: <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor9.htm>)

3. สวิตช์ความดัน (Preessure Switch)

สวิตช์ความดัน (Preessure Switch) จะใช้ในงานที่ต้องการควบคุมความดัน ตามต้องการเช่นอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยลมหรือน้ำมันได้แก่ เครื่องมืองานช่างเชื่อม เครื่องมืองานกล ระบบการหล่อลื่นที่ใช้ความดันสูงและมอเตอร์ ขับปั้มน้ำการทำงานของสวิตช์ความดันจะใช้หลักการของไดอะเฟรมควบคุมการทำงานของสวิตช์เช่นถ้ามีความดันสูงเกินกว่าที่ตั้งไว้สวิตช์จะตัดวงจรหรือถ้าความดันต่ำสวิตช์ ก็จะต่อวงจร



รูปที่ 2.61 สวิตช์ความดันแบบต่างๆ

(ที่มา: <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor9.htm>)

4. สวิตช์ควบคุมการไหล (Flow switch)

สวิตช์ควบคุมการไหล (Flow switch) เป็นอุปกรณ์สวิตช์ที่ติดตั้งไว้กับท่อเพื่อว่าเมื่อมีของเหลวหรืออากาศไหลผ่านอุปกรณ์สวิตช์จะทำให้หน้าสัมผัสทำงาน ปกติหน้าสัมผัสที่ใช้ในสวิตช์ควบคุมการไหลจะมีอยู่ 2 แบบคือ แบบปกติปิดและแบบปกติเปิด ในทางปฏิบัตินิยมต่อสวิตช์ควบคุมการไหลอนุกรมกับคอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์หรือหลอดไฟสัญญาณ



รูปที่ 2.62 สวิตช์ควบคุมการไหลแบบต่างๆ

(ที่มา: <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor9.htm>)

5. สวิตช์เลือก (Selector switch)

สวิตช์เลือก (Selector switch) มีใช้มากในงานที่ต้องควบคุมการทำงานด้วยมือ แสดงตัวอย่างของสวิตช์เลือกแบบ 3 ตำแหน่ง และตารางแสดงการทำงานของสวิตช์เลือกเครื่องหมาย X ในตารางแทนด้วยหน้าสัมผัสปิด สวิตช์เลือกมี 3 ตำแหน่งคือ ตำแหน่งหยุด (off) ตำแหน่งมือ (hand) และ ตำแหน่งออโต (automatic) ในตำแหน่งหยุดหน้าสัมผัสทุกอันจะปิดหมด ส่วนในตำแหน่งมือ หน้าสัมผัส A1 จะปิด หน้าสัมผัส A2 จะเปิด และในตำแหน่งออโตหน้าสัมผัส A2 จะปิดหน้าสัมผัส A1 จะเปิด



รูปที่ 2.63 สวิตช์เลือก (Selector switch)

(ที่มา: <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor9.htm>)

6. สวิตช์โยก (drum switch)



สวิตช์โยก (drum switch) หรือโรตารีแคมสวิตช์ (Rotary Camp SWitch) ประกอบด้วย ชุดหน้าสัมผัสที่ติดตั้งบนแกนฉนวนที่สามารถเคลื่อนที่ได้ โดยเมื่อหมุนแกนไปก็จะทำให้หน้าสัมผัสเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นหน้าสัมผัสเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นหน้าสัมผัสปิดหรือหน้าสัมผัสเปิดได้



รูปที่ 2.64 ตัวอย่างสวิตช์โยกหรือโรตารีแคมสวิตช์แบบต่างๆ
(ที่มา: <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor9.htm>)

7. โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve)

โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) เป็นอุปกรณ์สวิตช์ที่อาศัย หลักการทำงานของ แม่เหล็กไฟฟ้าทำงานร่วมกับกลไกโดยใช้การป้อนไฟเป็นตัวกำหนดเงื่อนไขในการทำงานควบคุมให้ลีน กลไกปิดหรือเปิดได้อุปกรณ์ที่ใช้โซลินอยด์วาล์วควบคุมได้แก่ วาล์วน้ำ เบรก และคลัตช์ เป็นต้น



รูปที่ 2.65 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve)
(ที่มา: <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor9.htm>)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐกฤต เอี่ยมเต็ง (2550) ได้ทำวิจัย เรื่อง “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชา ระบบอัตโนมัติในการผลิต หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2544)” ผู้วิจัยได้นำการสอนที่จัดสร้างขึ้น ซึ่งประกอบด้วย เอกสารประกอบการสอน และชุดทดลอง ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โครงการพัฒนาครูประจำการ ณ ศูนย์การเรียนรู้วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาระบบอัตโนมัติในการผลิต รหัสวิชา 211433 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 31 คน ด้วยการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง โดยให้นักศึกษากลุ่มตัวอย่างได้เรียนด้วยชุดการสอนที่จัดสร้างขึ้น และผู้วิจัยได้ เก็บคะแนนจากการปฏิบัติการทดลองและการทำแบบทดสอบปลายภาค มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอน ผลของการวิจัยจากการประเมินคุณภาพชุดการสอนของผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันเกี่ยวกับประสิทธิภาพของชุดการสอนวิชา ระบบอัตโนมัติในการผลิต และประสิทธิภาพทางด้านการเรียนการสอนของชุดการสอนวิชา ระบบอัตโนมัติในการผลิตเท่ากับ 91.09/79.03 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

รวี อุตตมธนิทร์ (2549) ได้ทำวิจัย เรื่อง “การพัฒนาต้นแบบชุดฝึกวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์” มีวัตถุประสงค์สำหรับนำไปประกอบการเรียนการสอนของโปรแกรมวิชาไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมอัตโนมัติเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ถึงการควบคุมในรูปแบบต่างๆ ซึ่งเป็นการควบคุมทางไฟฟ้าทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ โดยให้มีการเรียนรู้ถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ใช้ในการควบคุมเบื้องต้น ยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถใช้ในการเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุม เช่น การใช้ความถี่ในการควบคุมสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงและสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ รวมถึงการเชื่อมต่อไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

อรรถพล กัณหเวก (2550) ได้ทำวิจัย เรื่อง “การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์” ผลการศึกษาพบว่า ปัจจุบัน ระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์เป็นที่นิยมมากขึ้น เนื่องจากได้ผลผลิตที่ดีและที่ผลกระทบเนื่องจากสภาวะแวดล้อมน้อยกว่าการปลูกพืชในดินแบบธรรมดาและผลผลิตที่ได้ที่ระยะเวลาในการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่าแต่ในปัจจุบันการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ ยังเป็นลักษณะที่มนุษย์เป็นผู้ควบคุมปัจจัยต่างๆ จึงทำให้ค่าพารามิเตอร์ยากที่จะเป็นไปตามที่กำหนดไว้ และเกิดความยุ่งยากในการดูแลด้วยเหตุนี้จึงออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการควบคุมค่าความนำไฟฟ้าและค่าความเป็น กรด -ด่าง ของสารละลายที่นำไปเลี้ยงพืช เพื่อควบคุมสภาวะให้เหมาะสมตามที่พืชต้องการ ในการทดลองนี้จะเก็บผลการเจริญเติบโตของพืชเปรียบเทียบระหว่างการใช้และไม่ใช้ระบบอัตโนมัติ ซึ่งพบว่าการใช้ระบบอัตโนมัตินั้นทำให้พืช

มีการเจริญเติบโตที่เร็วกว่า อีกทั้งในส่วนของการเก็บข้อมูลการลงทุนนั้นยังให้ผลของระยะเวลาการคืนทุนที่สั้นกว่าอีกด้วย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ ในรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เมื่อผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

- 3.1 ศึกษาเพื่อเตรียมข้อมูลการวิจัย
- 3.2 กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ศึกษาเพื่อเตรียมข้อมูลการวิจัย

การศึกษาเพื่อเตรียมข้อมูลการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

3.3.1 ศึกษาหลักสูตร โดยการนำรายละเอียดรายวิชา ระบบควบคุมอัตโนมัติตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรมหลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2554 มาศึกษาหารายละเอียดของหัวข้อวิชา และกำหนดกรอบของเนื้อหาวิชาปฏิบัติ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาในการเรียนและข้อเสนอแนะจากนักศึกษาที่เคยศึกษารายวิชานี้

3.1.2 ศึกษาเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อการออกแบบโครงสร้างชุดฝึกทดลองและวงจรภายในชุดฝึกทดลอง

3.1.3 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบอัตโนมัติที่ใช้งานในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

3.2 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายของโครงการวิจัยครั้งนี้คือ อาจารย์และนักศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จำนวน 30 คน ประกอบด้วย

- 3.2.1 อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม จำนวน 3 ท่าน
- 3.2.2 นักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีการศึกษา 2558 จำนวน 22 คน
- 3.2.3 ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินและตรวจสอบชุดฝึกทดลองจำนวน 5 ท่าน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการทำวิจัยชุดฝึกระบบอัตโนมัติ ในรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรมในครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งเครื่องมือในการทำวิจัยออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

- 3.3.1 เครื่องมือสำหรับการสร้างและทดสอบชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ
- 3.3.2 เครื่องมือสำหรับการประเมินผลประสิทธิภาพของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

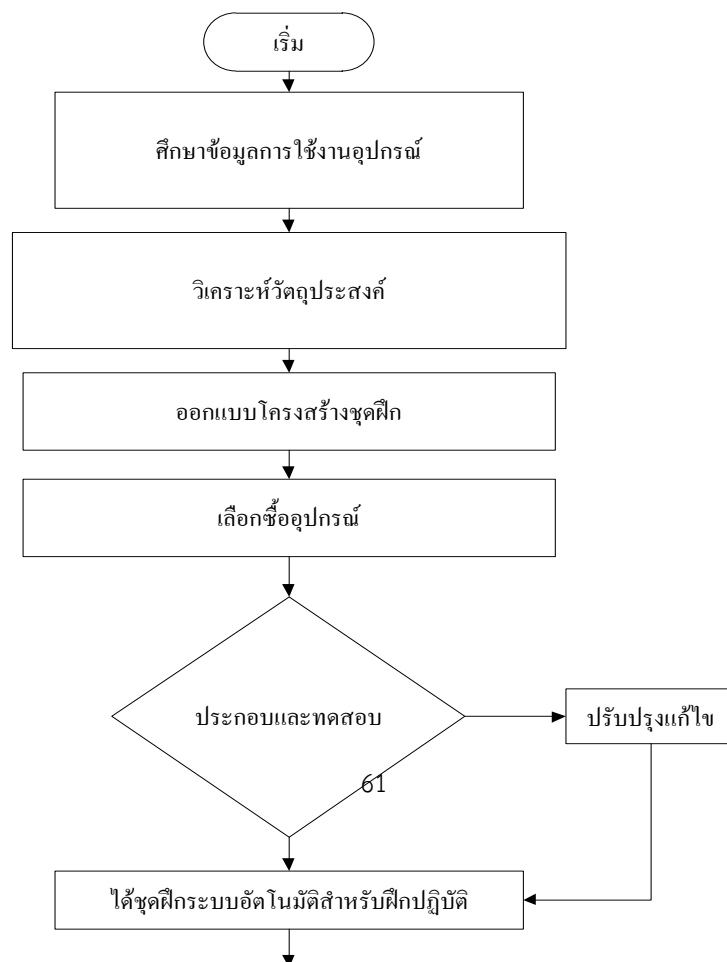
3.3.1 เครื่องมือสำหรับการสร้างและทดสอบชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือสำหรับบักกรีสายไฟและลายวงจรภายในชุดฝึก
2. อุปกรณ์ตัด, เจาะ, ขันและขัด เช่น สว่าน, เลื่อนไฟฟ้า, ไขควง
3. อุปกรณ์จับยึด เช่น คีมปากแหลม, คีมตัดสายไป, แทนจับปากกา
4. เครื่องมือวัด เช่น ไม้บรรทัด, ตลับเมตร
5. เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า เช่น มัลติมิเตอร์, ออสซิลโลสโคป
6. คอมพิวเตอร์ใช้ในการเขียนแบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ

3.3.1.1 ขั้นตอนการสร้างและทดสอบชุดฝึก การสร้างและประกอบชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการใช้งานของอุปกรณ์แต่ละชนิด ให้เข้าใจและสามารถใช้งานอุปกรณ์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพของอุปกรณ์นั้นๆ
2. วิเคราะห์วัตถุประสงค์ของรายวิชาเพื่อออกแบบโครงสร้างของชุดฝึกให้สอดคล้องกับการเรียนการสอนของผู้สอนและนักศึกษา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
3. ออกแบบโครงสร้างของชุดฝึก ให้มีลักษณะใช้งานได้ง่ายและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรายวิชาดังกล่าว

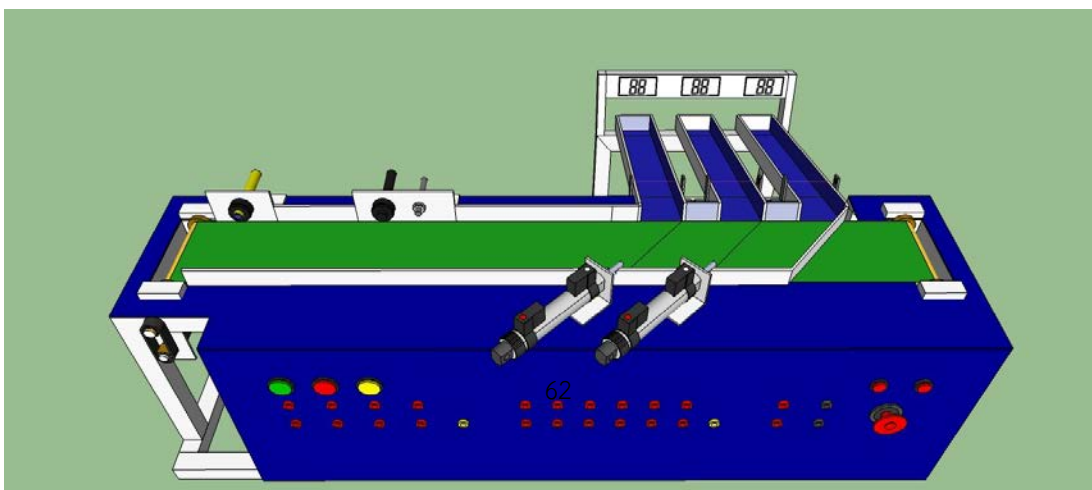
4. ออกแบบวงจรไฟฟ้าภายในชุดฝึก เนื่องจากชุดฝึกนี้มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องใช้ไฟฟ้าซึ่งสามารถเป็นอันตรายต่อร่างกายได้ จึงเน้นให้ชุดฝึกมีความปลอดภัยในการใช้งานต่อผู้ใช้และอุปกรณ์เป็นหลัก
5. เลือกซื้ออุปกรณ์ที่ต้องใช้งาน โดยเลือกใช้อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานและคงทนถาวรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับชุดฝึกมากยิ่งขึ้น
6. ประกอบโครงสร้างภายนอกของชุดฝึกให้มีความแน่นหนา คงทนและสะดวกต่อการติดตั้งอุปกรณ์ภายใน
7. ติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในของชุดฝึก ให้แน่นหนาและปลอดภัย การติดตั้งอุปกรณ์ทุกครั้งควรทดสอบการทำงานของอุปกรณ์นั้นๆ ก่อนเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการทำงานของระบบไฟฟ้า
8. ทดสอบชุดฝึกที่ประกอบเสร็จแล้ว โดยเริ่มจากการทดสอบระบบไฟฟ้าจากภายนอกก่อน จากนั้นจึงทำการต่อตัวควบคุม PLC เข้าไปแล้วทำการโปรแกรมคำสั่งต่างๆ ไปในชุดฝึก โดยชุดฝึกต้องทำงานถูกต้องและแม่นยำตรงตามคำสั่งของโปรแกรม
9. นำชุดฝึกที่สร้างเสร็จแล้วให้ผู้สอนและผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพของชุดฝึกก่อนนำไปใช้งานจริง
10. ได้ชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ โดยการตรวจสอบ และแยกชิ้นงานที่พร้อมจะนำไปใช้งานในการเก็บข้อมูลการวิจัยต่อไป



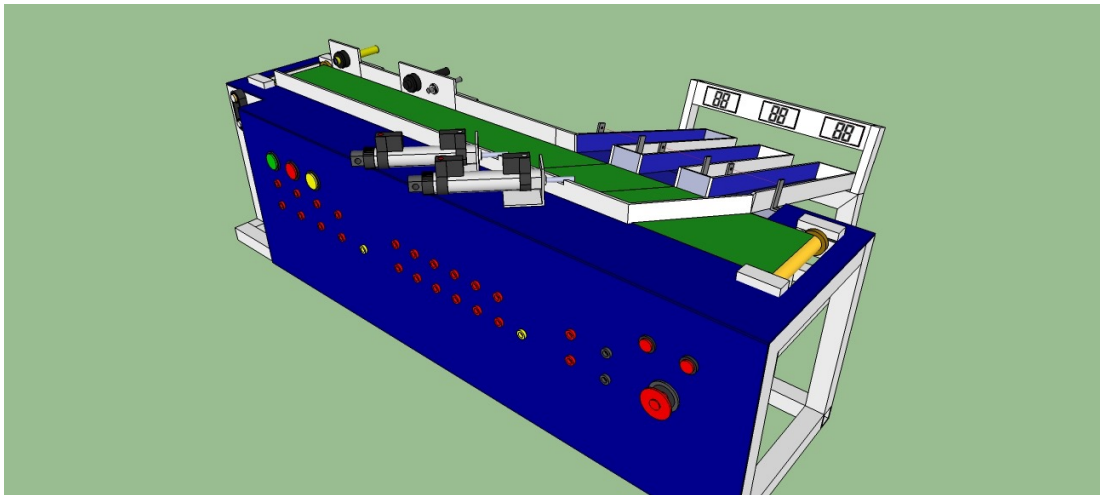
รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนในการสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

3.3.1.2 การออกแบบโครงสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเรื่อง การคัดแยกวัสดุ

การออกแบบโครงสร้างจะเน้นด้านความปลอดภัยและระบบกลไกที่แม่นยำเป็นส่วนสำคัญ เพื่อจำลองให้เห็นกระบวนการทำงานของการแยกวัสดุแต่ละชนิดที่แตกต่างกันได้ และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับงานอุตสาหกรรมจริงได้



รูปที่ 3.2 แสดงรูปแบบของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติด้านหน้า



รูปที่ 3.3 แสดงรูปแบบของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติด้านข้าง

3.3.2 เครื่องมือสำหรับการประเมินผลประสิทธิภาพของชุดฝึกระบบอัตโนมัติ สำหรับการฝึกปฏิบัติ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แบบสำรวจความต้องการและความจำเป็นในการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติ ใน
รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

2. แบบประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ จากผู้สอน
และผู้เชี่ยวชาญ ในรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

เครื่องมือสำหรับการประเมินผลประสิทธิภาพของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ
มีวิธีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

2.1 ศึกษารายละเอียดหลักสูตรรายวิชาระบบอัตโนมัติ โดยคำนึงถึง
พฤติกรรมที่ผู้เรียนต้องแสดงออกหลังการเรียนด้วยชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ โดยมี
รายละเอียดดังนี้

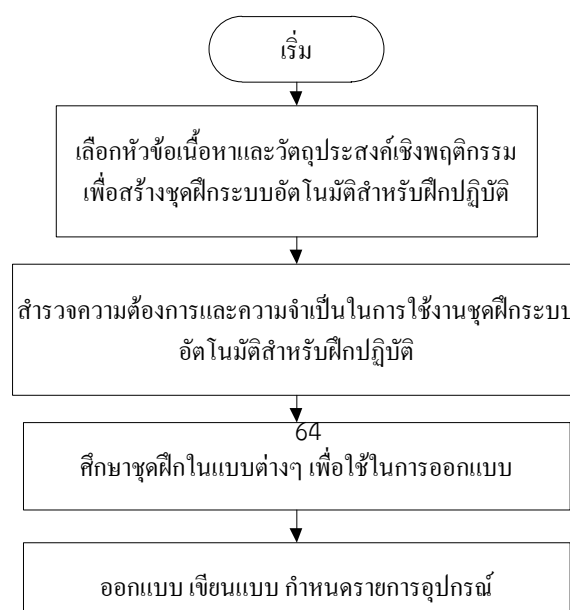
2.2 ศึกษารายละเอียดหลักสูตรรายวิชาระบบอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชา

คอมพิวเตอร์อุตสาหกรรมคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จาก การศึกษารายละเอียดของคำอธิบายรายวิชาพบว่า ได้กำหนดเอาไว้ว่าเป็นการประยุกต์ใช้งานในด้าน อุตสาหกรรม

2.3 ศึกษาความต้องการและความจำเป็นในการใช้งานชุดฝึกระบบ

อัตโนมัติ ในรายวิชาระบบอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จากอาจารย์ผู้สอนและนักศึกษาที่มีการเรียนการสอน ในรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ พบว่า มีความต้องการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติ ในรายวิชาระบบ ควบคุมอัตโนมัตินี้ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

2.4 การรวบรวมข้อมูลความต้องการและหัวข้อเพื่อกำหนดหัวข้อเรื่อง เพื่อ ใช้เป็นหัวข้อของชุดฝึกนี้ โดยนำข้อมูลจากแหล่งต่างๆ คือ หลักสูตรรายวิชา เอกสารตำรา ผู้ชำนาญ งาน ให้ตรงกับเนื้อหาของรายวิชาและสอดคล้องกับการเรียนการสอน ของนักศึกษาจากนั้นทำการ ประเมินความสำคัญ ความถูกต้องของข้อมูล และประสิทธิภาพของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการ ฝึกปฏิบัติ



รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนในการสร้างชุดฝึกอบรมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ
การออกแบบโครงสร้างชุดฝึกอบรมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

3.3.2.1 การออกแบบและการสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ ด้วยการตรวจสอบชิ้นงาน และคัดแยกชิ้นงาน โดยใช้ sensors เป็นตัวตรวจสอบควบคุมโดย PLC

1. นำวัตถุประสงค์ที่ได้จากการวิเคราะห์งาน มาใช้เป็นตัวกำหนดในการสร้างชุดฝึก การเขียนโปรแกรม

2. สร้างชุดฝึกการเขียนโปรแกรมประกอบไปด้วย ในเนื้อหาที่กำหนดตามหัวข้อเรื่อง จากการวิเคราะห์ โดยการพิจารณาจากวัตถุประสงค์ และชุดฝึกการเขียนโปรแกรม การตรวจสอบ ชิ้นงาน และคัดแยกชิ้นงาน โดยใช้ sensors เป็นตัวตรวจสอบควบคุมโดย PLC เพื่อให้นักศึกษาได้ เห็นภาพการใช้คำสั่งของโปรแกรมที่ยู่ยากซับซ้อนได้ชัดเจนมากขึ้น โดยขั้นตอนในการสร้างชุดฝึก การเขียนโปรแกรม ได้ดำเนินการสร้างมีอยู่ในรายละเอียด (ภาคผนวก ข)

3. แบบประเมินหลังใช้งานชุดฝึก เพื่อเป็นเครื่องมือที่ใช้หาประสิทธิภาพของชุดฝึก การเขียนโปรแกรม ตรวจสอบชิ้นงาน และคัดแยกชิ้นงาน โดยใช้ sensors เป็นตัวตรวจสอบควบคุม โดย PLC ด้วยขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.3.2.2 การสร้างแบบสำรวจความต้องการและความจำเป็นใช้งานชุดฝึกระบบ อัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามเพื่อสำรวจความต้องการไว้ 5 ระดับ จำนวน 10 ข้อ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกแบบประเมิน
2. สร้างแบบสำรวจความต้องการ เมื่อได้จำนวนข้อของแบบสำรวจความ ต้องการ จากการวิเคราะห์วัตถุประสงค์แล้วจึงดำเนินการสร้างสำรวจความต้องการ โดยให้ครอบคลุม ตามวัตถุประสงค์ในแต่ละข้อ

3. วิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้ตารางวิเคราะห์แล้วนำไปให้ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาตรวจให้คะแนนความสอดคล้อง (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค)

4. ได้แบบสำรวจความต้องการชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ ตรวจสอบชิ้นงานและคัดแยกชิ้นงานโดยใช้ sensors เป็นตัวตรวจสอบควบคุมโดย PLC ที่พร้อมจะ นำไปใช้ในการเก็บข้อมูลในการวิจัยต่อไป

3.3.2.3 การสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึก ปฏิบัติของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามความคิดเห็น 5 ระดับ มี 2 ด้าน ด้านละ 10 ข้อ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกแบบประเมิน
2. สร้างแบบประเมิน เมื่อได้จำนวนข้อของแบบประเมิน จากการวิเคราะห์

วัตถุประสงค์แล้วจึงดำเนินการสร้างแบบประเมิน โดยให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ทดลองในแต่ละข้อ

3. วิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้ตารางวิเคราะห์แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาตรวจให้คะแนนความสอดคล้อง จากนั้นนำผลคะแนนมาลงในตารางวิเคราะห์ โดยคำถามในแต่ละข้อจะต้องมีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

4. ได้แบบประเมินชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ ตรวจสอบชิ้นงาน และตัดแยกชิ้นงานโดยใช้ sensors เป็นตัวตรวจสอบควบคุมโดย PLC ที่พร้อมจะนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลในการวิจัยต่อไป

3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูลชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตัดแยกวัสดุ รายวิชาการควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญที่ได้จากแบบสอบถามประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ฉบับ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยมีขั้นตอนดังนี้

3.4.1 ดำเนินการส่งหนังสือเรียนเชิญเพื่อขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญให้เป็นผู้ประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตัดแยกวัสดุ รายวิชาการควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

3.4.2 ชี้แจงรายละเอียดการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ โดยใช้ sensors เป็นตัวตรวจสอบและตัดแยกชิ้นส่วน โดยใช้ PLC เป็นตัวควบคุม โดยมีขั้นตอนเบื้องต้นดังนี้

3.4.2.1 หลักการเบื้องต้นของชุดฝึก ที่ใช้กับชนิดของ PLC และอุปกรณ์ภายในชุดฝึก

3.4.2.2 การติดตั้ง PLC (Input และ Output)

3.4.2.3 การต่อใช้งานชุดฝึกกับ PLC

3.4.2.4 คำสั่งประยุกต์ของ PLC สำหรับใช้ทดสอบการทำงานเบื้องต้น

3.4.2.5 การเก็บรักษาชุดฝึก

3.4.3 ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินผลหลังการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เพื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึก โดยใช้แบบประเมินที่มีให้เลือก 5 ระดับ 20 ข้อ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก หน้า 69-74)

3.4.4 เก็บข้อมูลจากแบบประเมิน โดยเก็บข้อมูลจากระดับความคิดเห็นของผู้ประเมินผลชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ แล้วนำผลข้อมูลไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ง)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.5.1.1 หาผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ ในรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ของเชี่ยวชาญ 5 คน

3.5.1.2 หาค่าเฉลี่ยความพึงพอใจจากการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ ในรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

โดยนำคะแนนที่ได้จากแบบสอบถาม แบบทดลองและแบบประเมิน หาค่าร้อยละ รวมทั้งหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สูตรดังนี้

1) สูตรการหาค่าร้อยละ

$$P = \frac{F \times 100}{n}$$

เมื่อ	P แทน	ร้อยละ
	F แทน	ความถี่ที่ต้องการแปลค่าให้เป็นร้อยละ
	n แทน	จำนวนความถี่ทั้งหมด

2) สูตรการหาค่าเฉลี่ย

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ	\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ย
	$\sum x$	แทน	ผลรวมทั้งหมดของความถี่ คูณ คะแนน
	n	แทน	ผลรวมทั้งหมดของความถี่ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนข้อมูล

ทั้งหมด

3.5.2 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) สำหรับวัดการกระจายของข้อมูลแบบประเมิน

สูตรการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$S = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n แทน จำนวนคู่ทั้งหมด

X แทน คะแนนแต่ละตัวในกลุ่มข้อมูล

$\sum x$ แทน ผลรวมของความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

การวิเคราะห์แบบสอบถามประเมินความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ ได้ใช้การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยทั่วไปจะกำหนดค่าน้ำหนักตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) ดังนี้ (ธานินทร์, 2548 : 77)

ตารางที่ 3.1 แสดงการกำหนดค่าน้ำหนักการประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)

ระดับความเห็น	ค่าน้ำหนักของตัวเลือก
มากที่สุด หรือ เหมาะสมมากที่สุด	กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 5
มาก หรือ เหมาะสมมาก	กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 4
ปานกลาง หรือ ไม่แน่ใจ	กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 3
น้อย หรือ ไม่เหมาะสม	กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 2
น้อยที่สุด หรือ ไม่เหมาะสมมากที่สุด	กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1

การวิเคราะห์ระดับคะแนนเฉลี่ยของข้อคำถามแต่ละข้อ ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายเพื่อจัดระดับค่าเฉลี่ยออกเป็นช่วงดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ มากที่สุด หรือ เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์	มาก	หรือ เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์	ปานกลาง	หรือ ไม่แน่ใจ
ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์	น้อย	หรือ ไม่เหมาะสม
ค่าเฉลี่ย 0.50-1.49	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์	น้อยที่สุด	หรือ ไม่เหมาะสมมากที่สุด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม โดยได้ผลของการวิจัยซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ การสร้างและประสิทธิภาพการของชุดฝึกกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้น โดยขอเสนอผลการวิจัย ดังนี้

- 1) วิเคราะห์ผลจากแบบสำรวจความต้องการชุดฝึกทดลอง
- 2) วิเคราะห์ผลจากแบบประเมินของผู้เชี่ยวชาญ
- 3) วิเคราะห์ผลการทดลองประสิทธิภาพของชุดฝึกทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามเพื่อสำรวจความต้องการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติ สำหรับการฝึกปฏิบัติเรื่องการคัดแยกวัสดุ รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชา คอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม จากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 25 ท่าน

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามเพื่อสำรวจความต้องการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติ สำหรับการฝึกปฏิบัติเรื่องการคัดแยกวัสดุจากแบบสอบถามความคิดเห็นจากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 25 ท่าน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค. หน้า 89)

ข้อ ที่	ข้อความความต้องการชุดฝึกทดลอง	ค่าเฉลี่ย \bar{X}	S.D.	ระดับความ ต้องการ
1	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรายวิชา ระบบควบคุมอัตโนมัติ	4.52	0.51	มากที่สุด
2	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ช่วยสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้ การจำลองการทำงานของกระบวนการผลิตในโรงงาน อุตสาหกรรม	5.00	0.00	มากที่สุด
3	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ก่อให้เกิดทักษะพื้นฐานด้านวงจรไฟฟ้า เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตร่วมกับ PLC	4.20	0.41	มาก
4	ต้องการชุดฝึกทดลองที่มีขนาดเหมาะสมสะดวกในการ เคลื่อนย้ายและจัดเก็บ	4.72	0.54	มากที่สุด
5	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ใช้วัสดุที่มีความแข็งแรง ทนทานความ และมีความปลอดภัยในการใช้ฝึกปฏิบัติ	4.52	0.59	มากที่สุด
6	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ อินพุตที่เป็นอุปกรณ์ตรวจจับ (เซนเซอร์) แบบพรีอิกซิมิต์สวิตช์	4.48	0.59	มาก
7	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ อินพุตที่เป็นอุปกรณ์ตรวจจับ (เซนเซอร์) แบบใช้แสง	4.56	0.58	มากที่สุด
8	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยว เอาต์พุตแบบดิจิตอลในการควบคุมต้นกำลังด้วย DC Motor	4.16	0.55	มาก
9	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยว เอาต์พุตแบบดิจิตอลในการควบคุมต้นกำลังด้วย นิวเมติกส์ ไฟฟ้า	4.72	0.46	มากที่สุด

ข้อ ที่	ข้อความความต้องการชุดฝึกทดลอง	ค่าเฉลี่ย \bar{X}	S.D.	ระดับความ ต้องการ
10	ต้องการชุดฝึกทดลองที่มีความเหมาะสมกับระดับผู้ใช้งาน/ ผู้เรียนและครอบคลุมวัตถุประสงค์ของรายวิชาระบบควบคุม อัตโนมัติ	4.64	0.57	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ยรวมของความต้องการชุดฝึกทดลอง	4.55	0.48	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าในภาพรวมของนักศึกษาต้องการชุดฝึกทดลองที่ช่วยสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้การจำลองการทำงานของกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมอยู่ในระดับความต้องมากที่สุด ดังแสดงในตารางข้อที่ 2 ส่วนความต้องการของชุดฝึกที่มีความต้องการรองลงมาในระดับความต้องการมาก คือ ชุดฝึกที่ทำให้เกิดทักษะพื้นฐานด้านวงจรไฟฟ้าและทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอินพุตที่เป็นอุปกรณ์ตรวจจับแบบพร็อกซิมิตี้สวิตช์ และเอาต์พุตในการควบคุมต้นกำลังด้วย DC Motor ดังแสดงในตารางข้อที่ 3,6 และ 8 ตามลำดับ

ผลการสำรวจเพื่อสอบถามความต้องการใช้งานชุดฝึกทดลอง จากผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 25 คน ในภาพรวมมีความเห็นที่มีค่าเฉลี่ยรวมของความต้องการชุดฝึกทดลองเท่ากับ 4.55 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความต้องการมากที่สุด

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเรื่อง การคัดแยกวัสดุ จากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกทดลองจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการหาประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน โดยแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ

- 1) ด้านการออกแบบชุดฝึกทดลอง
- 2) ด้านประสิทธิภาพของชุดฝึกทดลอง

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับด้านการออกแบบชุดฝึกทดลองและด้านประสิทธิภาพของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเรื่อง การคัดแยกวัสดุ

(ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง. หน้า 96-97)

หัวข้อด้านการประเมิน	ค่าเฉลี่ย \bar{X}	S.D.	แสดงระดับ ความคิดเห็น
1. ด้านการออกแบบชุดฝึกทดลอง	4.74	0.34	เหมาะสมมากที่สุด
2. ด้านประสิทธิภาพของชุดฝึกทดลอง	4.74	0.39	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมของการประเมินประสิทธิภาพชุดฝึก ทดลอง	4.74	0.37	เหมาะสมมากที่สุด

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านเกี่ยวกับด้านการออกแบบชุดฝึกทดลองซึ่งได้แก่ มีขนาดที่เหมาะสม มีความปลอดภัยในการใช้งาน จัดตำแหน่งอุปกรณ์บนชุดฝึกได้เหมาะสม มีความแข็งแรง สะดวกในการเคลื่อนย้าย ติดตั้ง จัดเก็บและการบำรุงรักษา สะดวกต่อการติดตั้งและต่อใช้งานร่วมกับชุดฝึกอื่นๆ ใช้วัสดุที่เหมาะสมและมีจำนวนอินพุท/เอาต์พุทที่เหมาะสม และด้านประสิทธิภาพของชุดฝึกทดลองซึ่งได้แก่ ความเหมาะสมกับผู้ใช้งาน สะดวกในการเตรียมอุปกรณ์และการดำเนินการสอน ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน เกิดทักษะพื้นฐานด้านวงจรไฟฟ้า เกิดแรงจูงใจในการค้นคว้า ให้ประสบการณ์ในการเรียนรู้ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับวิชาระบบอัตโนมัติ มีคุณค่าทางวิชาการและครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการฝึกปฏิบัติ ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของการประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกทดลองด้านการออกแบบชุดฝึกมีค่าเท่ากับ 4.740 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์แล้วแสดงว่าในภาพรวมของผู้เชี่ยวชาญมีระดับความคิดเห็นที่เห็นด้วยอย่างยิ่งกับการออกแบบและประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่อง การตัดแยกวัสดุ

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านได้ให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่มีต่อชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตัดแยกวัสดุ ทั้งด้านการออกแบบชุดฝึกทดลองและด้านประสิทธิภาพของชุดฝึกทดลอง ไว้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. เพิ่มจำนวนช่องสัญญาณอินพุทและเอาต์พุทให้มากขึ้น
2. ต้องการให้ใช้วัสดุที่แข็งแรง ทนทาน มากขึ้น
3. เพิ่มอินพุทที่เป็นสัญญาณอนาล็อก
4. เพิ่มอุปกรณ์แสดงผลที่เป็นตัวเลขของแต่ละช่องที่ใช้บรรจุวัสดุ (7-Segment)
5. จัดหาแหล่งทุนเพื่อได้รับการสนับสนุนและจัดหาวัสดุที่แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน

4.3 ผลการการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตัดแยกวัสดุ ที่ผู้วิจัยสร้าง

ได้ชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตัดแยกวัสดุ ในรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ ที่ตอบสนองตามความต้องการของนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนที่ต้องการให้นักศึกษาเกิดแรงจูงใจในการเรียนการสอนและมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ อินพุทและเอาต์พุทในระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรมด้วยเครื่องควบคุมทางตรรกะ (Programmable Logic Control : PLC) รวมถึงเกิดทักษะด้านวงจรไฟฟ้าในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์อินพุทและเอาต์พุทกับ PLC เพื่อใช้ประกอบเป็นสื่อการเรียนการสอน นอกจากนั้นยังสามารถใช้เป็นชุดฝึกซ้อมในเข้าร่วมการแข่งขันทักษะทางวิชาการ ด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรมด้วย PLC

ชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่อง การตัดแยกวัสดุ นี้มีความถูกต้องแม่นยำจากการโปรแกรมและมีระบบการป้องกันความเสียหายของชุดฝึกระบบอัตโนมัตินี้ ซึ่งมีสาเหตุจากผู้ใช้งานมีการต่อใช้งานที่ผิดพลาดหรือเกิดจากอุปกรณ์ต่อพ่วงที่ทำงานผิดพลาดเอง รวมทั้งมีสวิตซ์ตัดการทำงานระบบไฟฟ้าแบบกะทันหัน (Emergency Switch) เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับชุดฝึกระหว่างการโปรแกรมอีกด้วย

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบการใช้งานชุดฝึกทดลองจากตารางการทดลองซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองด้วยตนเอง โดยแบ่งออกเป็น 5 การทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางการทดสอบการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติ สำหรับการฝึกปฏิบัติเรื่อง การตัดแยกวัสดุจากการทดลองโดยผู้วิจัย

การทดลองที่	หัวข้อการทดลอง	ประสิทธิภาพ (%)
1	การตรวจสอบวัสดุชนิด โลหะมันวาว แทนสัญลักษณ์ด้วย (Si)	90
2	การตรวจสอบวัสดุชนิด พลาสติกสีดำ ทึบแสง แทนสัญลักษณ์ด้วย (Bl)	100
3	การตรวจสอบวัสดุชนิด พลาสติกสีชมพูสว่าง แทนสัญลักษณ์ด้วย (Ye)	90
4	การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์อินพุทของชุดฝึกระบบอัตโนมัติ	100

	สำหรับการฝึกปฏิบัติ	
5	การทดสอบการทำงานอุปกรณ์เอาท์พุทของชุดฝึกอบรมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ	100
	ค่าเฉลี่ยรวมของการทดลอง	96

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าชุดทดลองฝึกปฏิบัติไม่มีข้อผิดพลาดใดๆในการตรวจสอบวัสดุชนิดพลาสติกสีดำที่บดแสงและการทำงานของอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุท โดยมีประสิทธิภาพอยู่ที่ 100% ดังแสดงในข้อ 2,4 และ 9 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบวัสดุชนิด โลหะมันวาว และวัสดุชนิด พลาสติกสีชมพูสว่างเท่ากับ 90 % ซึ่งข้อผิดพลาดนี้เกิดจากระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับวัตถุที่ตรวจสอบมากเกินไปทำให้ผลการทดลองไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของการทดลอง (ดูรายละเอียดในภาคผนวก จ. หน้า 105 และ หน้า 107)

จากผลการทดลองจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยรวมของการทดลอง เท่ากับ 96 % แสดงว่า ชุดฝึกอบรมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเรื่อง การคัดแยกวัสดุ ในครั้งนี้เป็นชุดฝึกทดลองที่อยู่ในระดับที่มีประสิทธิภาพดีมากที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกกระบบอัตโนมัติ สำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชา คอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยตั้งสมมุติฐานของการวิจัยว่า อาจารย์และ นักศึกษาที่มีการเรียนการสอนในรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติมีความต้องการใช้งานชุดฝึกกระบบ อัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติในระดับมากและชุดฝึกกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นจะมี ประสิทธิภาพจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและการทดลองอยู่ในระดับมาก โดยผู้วิจัยได้นำแบบ สำนวญเพื่อสอบถามความต้องการชุดฝึกกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติไปให้อาจารย์และ นักศึกษาที่มีการเรียนการสอนใน รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ปีการศึกษา 2558 จำนวนทั้งหมด 25 ท่าน เป็นผู้ตอบ แบบสอบถาม และได้นำชุดฝึกกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติที่ได้สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินประสิทธิภาพของชุดฝึก และสุดท้ายได้นำชุดฝึกกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติที่ ได้สร้างขึ้นมาทำการทดสอบประสิทธิภาพตามตารางทดลองทั้ง 5 ตาราง

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยจากการวิเคราะห์แบบสำนวนเพื่อสอบถามความต้องการใช้งานชุดฝึกกระบบ อัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ จากผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 25 ท่าน ได้

ค่าเฉลี่ยรวมของความต้องการชุดฝึกทดลองเท่ากับ 4.552 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.480 แสดงว่าผู้ตอบแบบสำรวจเพื่อสอบถามความต้องการและมีความเห็นที่สอดคล้องกัน

ผลจากการประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกที่สร้างขึ้นจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยรวมของการประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกทดลองอยู่ที่ 4.740 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.366 แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นที่สอดคล้องกันและชุดฝึกปฏิบัติการมีประสิทธิภาพทั้งด้านการออกแบบชุดฝึกทดลองและด้านประสิทธิภาพของชุดฝึกทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ผลจากการหาประสิทธิภาพชุดฝึกที่สร้างขึ้น ผลการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยรวมของการทดลองเท่ากับ 96% แสดงว่าชุดฝึกทดลองที่อยู่ในระดับที่มีประสิทธิภาพดีมากที่สุด

นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ไว้ดังนี้ คือ ควรเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตให้มากขึ้น เพิ่มอินพุตที่เป็นสัญญาณอนาล็อก เพิ่มอุปกรณ์แสดงผลที่เป็นตัวเลข ต้องการให้ใช้วัสดุที่แข็งแรง ทนทาน มากขึ้น จัดหาแหล่งทุนเพื่อได้รับการสนับสนุนเพื่อจัดหาวัสดุที่แข็งแรง ทนทานต่อการใช้งาน

5.2 อภิปรายผล

ผลการวิจัยจากการวิเคราะห์แบบสำรวจเพื่อสอบถามความต้องการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ จากผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 25 ท่าน ได้ค่าเฉลี่ยรวมของความต้องการชุดฝึกทดลองเท่ากับ 4.56 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.48 แสดงว่าผู้ตอบแบบสำรวจเพื่อสอบถามความต้องการมีความต้องการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงว่าอาจารย์และนักศึกษาในภาพรวมมีความต้องการชุดฝึกปฏิบัติการ ที่จำลองการทำงานระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรมเพื่อช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนรายวิชาการควบคุมอัตโนมัติ ที่มีขนาดเหมาะสมสามารถเคลื่อนย้ายได้และใช้วัสดุที่มีความแข็งแรง ทนทาน มีความปลอดภัยในการปฏิบัติทดลอง ซึ่งจะช่วยให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการควบคุมอินพุตและเอาต์พุตในทางอุตสาหกรรมด้วยเครื่องควบคุมทางตรรกะ (PLC) และนำไปประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับระบบการผลิตต่างๆในภาคอุตสาหกรรม

ผลจากการประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยรวมของการประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกทดลองอยู่ที่ 4.740 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.366 แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความ

คิดเห็นที่สอดคล้องกันและชุดฝึกปฏิบัติการมีประสิทธิภาพทั้งด้านการออกแบบชุดฝึกทดลองและด้านประสิทธิภาพของชุดฝึกทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ผลจากการหาประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุจากการทดลองโดยผู้วิจัย ผลการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยรวมของการทดลองเท่ากับ 96% ซึ่งข้อผิดพลาดนี้เกิดจากระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับวัตถุที่ตรวจสอบมากเกินไป แสดงว่าชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเรื่อง การคัดแยกวัสดุ ในครั้งนี้เป็นชุดฝึกทดลองที่อยู่ในระดับที่มีประสิทธิภาพดีมากที่สุด ซึ่งจากผลการประเมินประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญและผลการทดลองหาประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ทำให้เห็นว่าสามารถนำงานวิจัยนี้เป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบจำลองระบบการผลิตต่างๆในภาคอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการอื่นๆให้อาจารย์และนักศึกษานำไปใช้ในประกอบการเรียนการสอนต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการจัดทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

- จากการวิจัยด้านการออกแบบและสร้างชุดฝึกทดลองควรเพิ่มจำนวนอินพุตกับเอาต์พุตให้มากขึ้นและควรมีการใช้วัสดุที่แข็งแรง ทนทานต่อการใช้งานในการฝึกปฏิบัติ
- ผลการวิจัยเกี่ยวกับความต้องการใช้งานชุดฝึกทดลอง มีระดับความต้องการอยู่ในระดับมากที่สุดซึ่งจำเป็นที่จะต้องสนับสนุนให้มีการสร้างและพัฒนาชุดฝึกขึ้นมาใช้ในการเรียนการสอนเป็นอย่างยิ่ง
- ผลการวิจัยเกี่ยวกับการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทดลองครั้งนี้อยู่ในระดับที่มีประสิทธิภาพดีมากที่สุดซึ่งควรนำชุดฝึกทดลองนี้ไปพัฒนาและนำไปใช้งานจริงในการเรียนการสอนเป็นอย่างยิ่ง
- ควรสนับสนุนให้มีการสร้างชุดฝึกที่มีกระบวนการทำงานในการผลิตที่ต่อใช้งานร่วมกันกับชุดฝึกนี้ ในรูปแบบอื่นๆ ที่หลากหลายและแตกต่างกันออก

เอกสารอ้างอิง

คณิต แวงเลิศ. (2552). Solenoid Valve คืออะไร. [ออนไลน์]. ได้จาก:

<http://www.a-recyclegroup.com/pages/Solenoid-Valve-คืออะไร.html> .

16 มกราคม 2559.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน Developmental Testing of Media and Instructional Package. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย

ปีที่5(ฉบับที่1): หน้า7-9.

ณัฐกฤต เอี่ยมเต็ง. (2550). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชา ระบบอัตโนมัติในการผลิต หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554). วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

นวกัทธา หนูนา, และทวีพล ชื้อสตัย. (2555). การวัดและเครื่องมือวัด ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร: งานบริการการเรียนการสอน คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประวิทย์ อัครอังกูร. (2549). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกการเขียนโปรแกรมเครื่องตัดแยกชิ้นงาน โดยใช้ SENSORS เป็นตัวตรวจสอบควบคุมโดยพีแอลซี. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พันธุ์ธิดา ลิ้มศรีประพันธ์. (2558). การสร้างระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินในลักษณะโรงเรือน เพื่อส่งเสริมศักยภาพของชุมชนสู่การเกษตรแบบยั่งยืน. วิจัยสถาบัน, สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, และนวกัทธา หนูนา. (2555). เซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด (through-beam optical sensor). [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/6807/through-beam-optical-sensor> . 18 มกราคม 2559.

รวี อุตตมธนินทร์. (2549). การพัฒนาต้นแบบชุดฝึกวิชาการระบบควบคุมอัตโนมัติที่เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์. วิจัยสถาบัน, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

วชิระ ลิ้มศรีประพันธ์. (2556). การพัฒนาชุดฝึกจำลองระบบอัตโนมัติเพื่อพัฒนาทักษะผู้เรียนในรายวิชาการระบบควบคุมอัตโนมัติ. โครงการวิจัยในชั้นเรียน, สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- วสันต์ ลีละธนาฤกษ์. (2549). **การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกเขียนโปรแกรมควบคุมกระบวนการผลิตเจาะชิ้นงานอัตโนมัติด้วยพีแอลซี**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- สุพรีมไลน์ส์. (2558). **พรีอกซิมีตี้สวิตช์แบบทรงกระบอกตรวจจับโลหะ ROUND INDUCTIVE PROXIMITY SWITCH**. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.supremelines.co.th/เซนเซอร์/พรีอกซิมีตี้สวิตช์-proximity-switch.html> . 20 มกราคม 2559.
- อนิวรรณ พลรักษ์, และสมศักดิ์ อรรถทิมากุล. (2556). **การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งานหุ่นยนต์พื้นฐาน**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อรรถพล กัณหเวก. (2550). **การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์**. การประชุมทางวิชาการ The 2nd Technology and Innovation for Sustainable Development Conference : เทคโนโลยีและนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาที่ยั่งยืน ครั้งที่ 2 (TISD 2008). (153 หน้า).
- อาทิตย์ ศุภกิจวรกุล. (2550). **โปรแกรมจำลองสถานการณ์การใช้งานเครื่อง PLC แบบใช้โปรแกรมมิ่งคอนโซล**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- อุดม บุญเฮ้า. (2551). **การสร้างชุดทดลองและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการควบคุมสายพานลำเลียงด้วย PLC**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต , สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ- นามสกุล : นาย สมเจตน์ ทองดี
Mr. Somjed Tongdee
หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน : ๑๖๔๐๖ ๐๐๑๑๗ ๖ ๑๑
ตำแหน่ง : นักวิชาการคอมพิวเตอร์
หน่วยงาน : คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ต. พลายชุมพล อ. เมือง จ. พิษณุโลก ๖๕๐๐๐
โทร. ๐๕๕-๒๖๒-๗๙๒
Email : Somjednsr100@hotmail.com
ประวัติการศึกษา : วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขา คอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ประสบการณ์ในการทำงาน/การวิจัย

- ผู้ช่วยงานวิจัย เรื่อง “การพัฒนาระบบการบริหารจัดการข้อมูลครุภัณฑ์ด้วยเทคโนโลยี
บาร์โค้ด
สองมิติ (QR Code)” ปี 2557
- ผู้ช่วยงานวิจัย เรื่อง “การพัฒนาตู้เพาะเห็ดอัตโนมัติเพื่อส่งเสริมศักยภาพของชุมชนสู่
การเกษตรแบบยั่งยืน” ปี 2558
- ผู้ช่วยงานวิจัย เรื่อง “การพัฒนาระบบสำหรับการวัดพื้นผิว 3 มิติโดยภาพสเตอริโอ
เพื่อการอนุรักษ์ศิลปะโบราณวัตถุประเภทเครื่องปั้นดินเผา”
ปี 2559

สถานที่ติดต่อ : คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ต. พลายชุมพล อ. เมือง จ. พิษณุโลก ๖๕๐๐๐
หมายเลขโทรศัพท์ : ๐๕๕-๒๖๒-๗๙๒

หมายเลขโทรสาร : ๐๕๕-๒๖๒-๗๙๒

E – mail:Somjednsr100@hotmail.com

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตัดแยกวัสดุ
หนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ
เพื่อประกอบการทำวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตัดแยกวัสดุ

1. อาจารย์ วชิระ ลิ้มศรีประพันธ์ (อาจารย์ผู้สอน)
ตำแหน่ง ประธานหลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
วุฒิการศึกษา : วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์
โทร. 080-789-7776
2. อาจารย์ ทวีศักดิ์ ต้นอร่าม
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
วุฒิการศึกษา : วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาพลังงานทดแทน
โทร. 081-887-4233
3. อาจารย์ ธรายุทธ กิตติวรรัตน์
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำศูนย์แมคคาทรอนิกส์และอัตโนมัติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
วุฒิการศึกษา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาแมคคาทรอนิกส์
โทร. 084-894-6598
4. อาจารย์สมคิด อุ้มอ่อน
ตำแหน่ง ครูฝึกฝีมือแรงงาน ระดับ ช.3

สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานเขตภาค 9 พิษณุโลก กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน

วุฒิการศึกษา : ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์

โทร. 081-727-8196

5. คุณราชพฤกษ์ แก้วบ่อม

ตำแหน่ง Senior Didactic Sales Engineer

บริษัท FESTO Ltd. Thailand

วุฒิการศึกษา : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ไฟฟ้ากำลัง

โทร. 082-782-4017

หนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

ที่ คธ

ที่ คธ 0538.4/ว0550



คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
อำเภอเมืองฯ จังหวัดพิษณุโลก 65000

เรื่อง

15 สิงหาคม 2559

เรียน

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบชุดประเมินผล

สิ่งที่

เรียน อาจารย์ทวีศักดิ์ ต้นอร่าม

มหา

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1.แบบสอบถาม เรื่อง การประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับฝึกปฏิบัติเรื่อง

ประ

"การคัดแยกวัสดุ" จำนวน 1 ชุด

หลัก

ด้วยนายสมเจตน์ ทองดี ตำแหน่งนักวิชาการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ จังหวัดพิษณุโลก กำลังดำเนินการท่ววิจัย เรื่อง "การสร้างและหา ประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับฝึกปฏิบัติ เรื่อง การคัดแยกวัสดุ รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม" โดยมี อาจารย์ วชิระ ลิ้มศรีประพันธ์ ประธานหลักสูตร สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม เป็นที่ปรึกษาการทำวิจัยครั้งนี้

สาขา

นี้เป็น

ความ

เครือ

ในการนี้ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถในเรื่อง นี้เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านในการประเมินชุดประเมินผล เพื่อความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาของแบบสอบถาม และให้ข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางการปรับปรุง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิจัยต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอื้อบุญ ที่พึ่ง)

รองคณบดี รักษาการแทน

คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

โทร / ใ้

ผู้ประ

โทร / โทรสาร 055-282792

ผู้ประสาน นายสมเจตน์ ทองดี 081-6738958

ที่ ศธ 0538.4/ว0550



คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
อำเภอเมืองฯ จังหวัดพิษณุโลก 65000

15 สิงหาคม 2559

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบชุดประเมินผล

เรียน อาจารย์ธรรายุทธ กิตติวรวัฒน์

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1.แบบสอบถาม เรื่อง การประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับฝึกปฏิบัติเรื่อง

“การคัดแยกวัสดุ” จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายสมเจตน์ ทองดี ตำแหน่งนักวิชาการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก กำลังดำเนินการทำวิจัย เรื่อง “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับฝึกปฏิบัติ เรื่อง การคัดแยกวัสดุ รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม” โดยมี อาจารย์ วชิระ ลิ้มศรีประพันธ์ ประธานหลักสูตร สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม เป็นที่ปรึกษาการทำวิจัยครั้งนี้

ในการนี้ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านในการประเมินชุดประเมินผล เพื่อความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาของแบบสอบถาม และให้ข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางการปรับปรุง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิจัยต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอื้อบุญ ที่พึ่ง)

รองคณบดี รักษาราชการแทน

คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

โทร /โทรสาร 055-282792

ผู้ประสาน นายสมเจตน์ ทองดี 081-6736958

ที่ ศร 0538.4/ว0550



คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
อำเภอเมืองฯ จังหวัดพิษณุโลก 65000

15 สิงหาคม 2559

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบชุดประเมินผล

เรียน อาจารย์สมคิด ชุ่มม่อน

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1.แบบสอบถาม เรื่อง การประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับฝึกปฏิบัติเรื่อง
"การคัดแยกวัสดุ" จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายสมเจตน์ ทองดี ตำแหน่งนักวิชาการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก กำลังดำเนินการทำวิจัย เรื่อง "การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับฝึกปฏิบัติ เรื่อง การคัดแยกวัสดุ รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม" โดยมี อาจารย์ วชิระ ลีศรีประพันธ์ ประธานหลักสูตร สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม เป็นที่ปรึกษาการทำวิจัยครั้งนี้

ในการนี้ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านในการประเมินชุดประเมินผล เพื่อความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาของแบบสอบถาม และให้ข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิจัยต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชื้อบุญ ที่พึ่ง)

รองคณบดี รักษาการแทน
คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม



ที่ ศธ 0538.4/ว0550

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
อำเภอเมืองฯ จังหวัดพิษณุโลก 65000

15 สิงหาคม 2559

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบชุดประเมินผล

เรียน คุณราชพฤกษ์ แก้วบ่อม

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1.แบบสอบถาม เรื่อง การประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกกระบบอัตโนมัติสำหรับฝึกปฏิบัติเรื่อง
"การคัดแยกวัสดุ" จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายสมเจตน์ ทองดี ตำแหน่งนักวิชาการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก กำลังดำเนินการทำวิจัย เรื่อง "การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกกระบบอัตโนมัติสำหรับฝึกปฏิบัติ เรื่อง การคัดแยกวัสดุ รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม" โดยมี อาจารย์ วชิระ ลิ้มศรีประพันธ์ ประธานหลักสูตร สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม เป็นที่ปรึกษาการทำวิจัยครั้งนี้

ในการนี้ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านในการประเมินชุดประเมินผล เพื่อความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาของแบบสอบถาม และให้ข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางการปรับปรุง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิจัยต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอื้อบุญ ที่พึ่ง)

รองคณบดี รักษาการแทน
คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

โทร/โทรสาร 055-282792
ผู้ประสาน นายสมเจตน์ ทองดี 081-8738958

ภาคผนวก ข

ภาพประกอบการสร้างชุดฝึกภาพประกอบการสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ
เรื่องการตัดแยกวัสดุ

ภาพประกอบการสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตัดแยกวัสดุ
รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

1. การออกแบบโครงสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตัดแยกวัสดุ

ผู้วิจัยได้เลือกเครื่องมือในการออกแบบโครงสร้าง โดยใช้โปรแกรม Google Sketch up ซึ่งเป็นโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้ในการออกแบบ Model 3 มิติ สามารถสร้างงานเขียนแบบหรือภาพจำลองได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว แม้ว่าผู้ที่ไม่มีความสามารถในการทำงานโปรแกรม 3 มิติมาก่อน ก็สามารถที่จะเรียนรู้ และลองหัดสร้าง Model 3 มิติด้วยเครื่องมือที่มีให้ในโปรแกรมได้อย่างง่ายดาย และรวดเร็ว

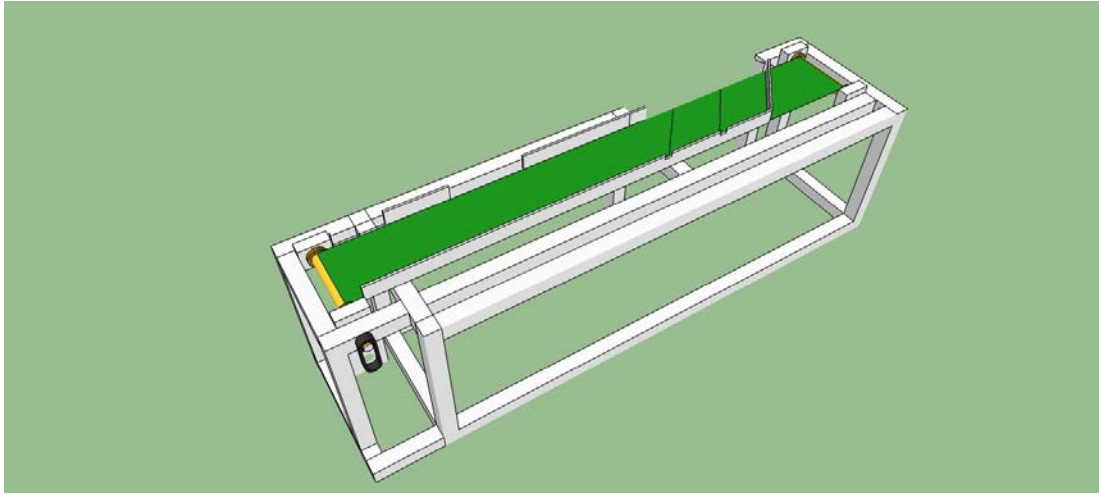
การออกแบบโครงสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตัดแยกวัสดุ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 การออกแบบโครงสร้างของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

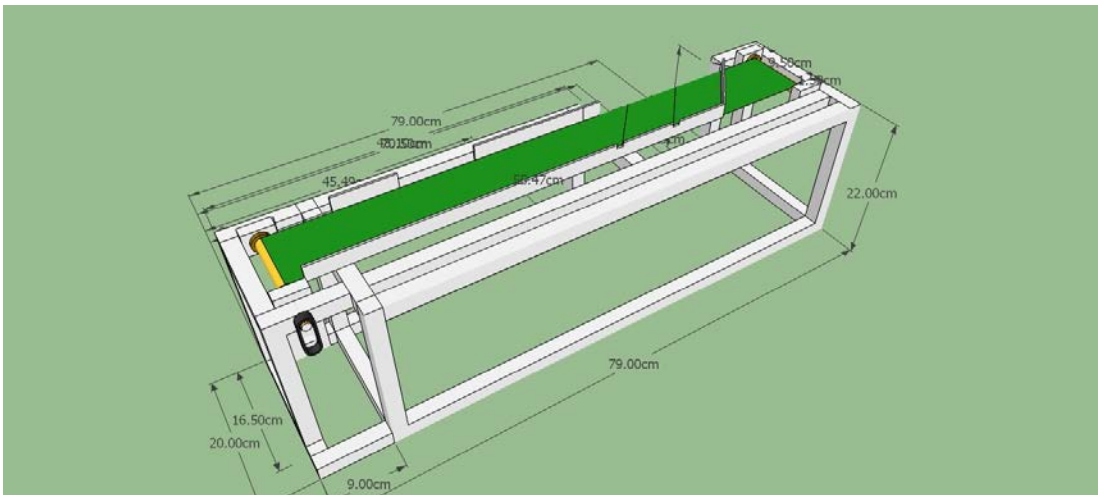
ส่วนที่ 2 การออกแบบวงจรภายในของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

1.1. การออกแบบโครงสร้างของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

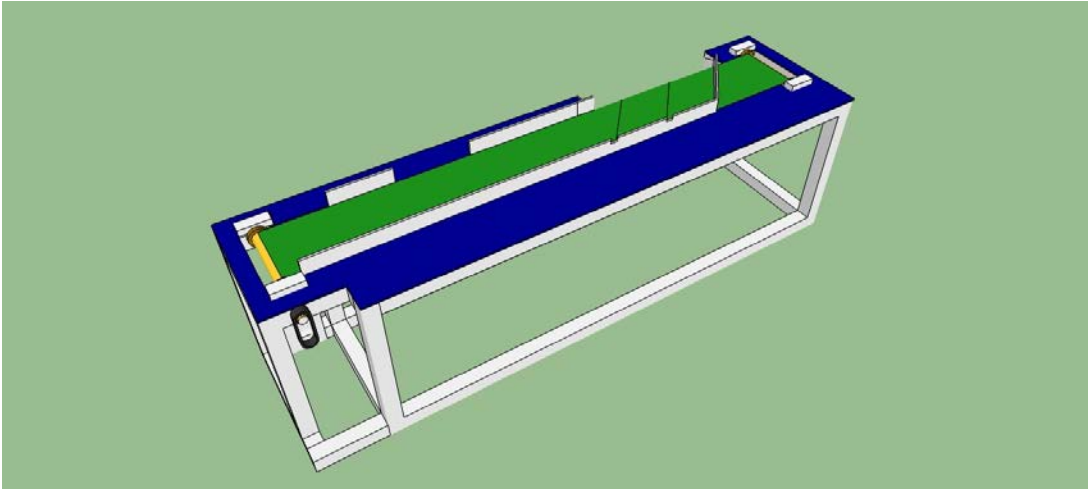
ภาพการออกแบบโครงสร้างภายนอกชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติด้วย
โปรแกรม Google Sketch up



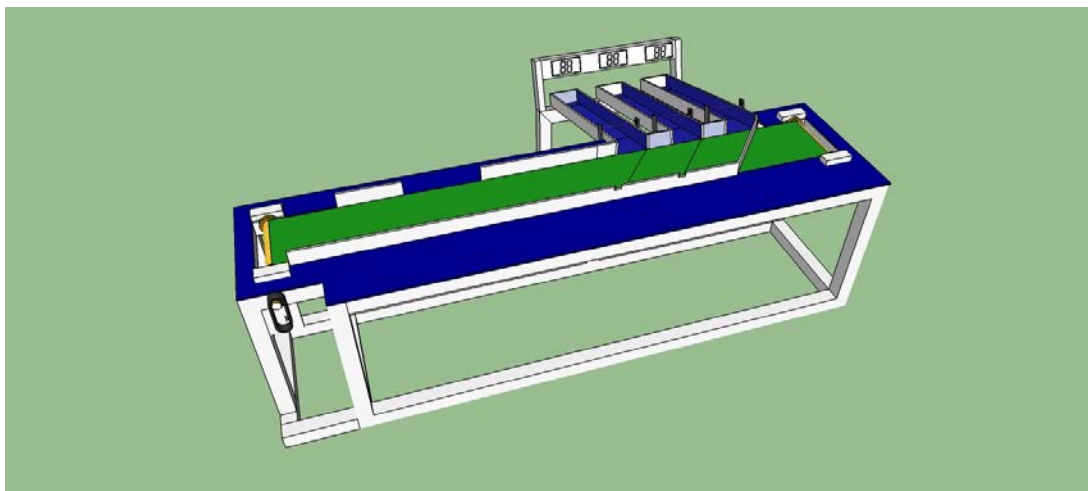
รูปที่ ข-1 แสดงภาพโครงสร้างหลักชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ



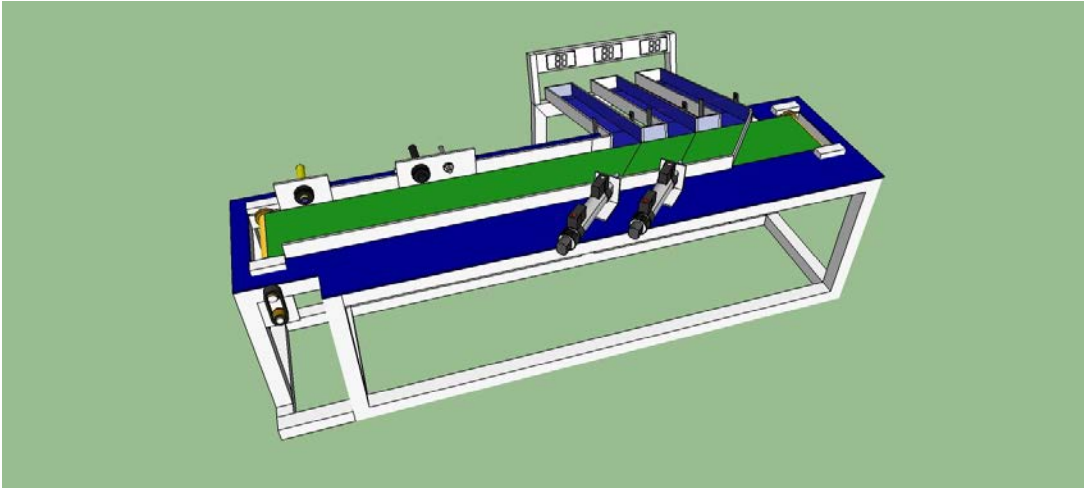
รูปที่ ข-2 แสดงภาพโครงสร้างหลักชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติและเส้นบอกขนาด



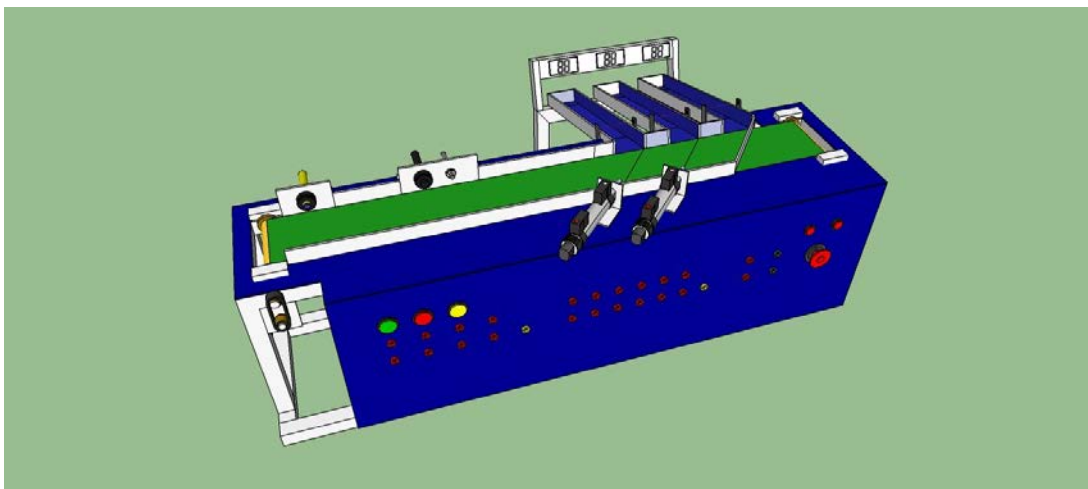
รูปที่ ข-3 แสดงภาพชุดโต๊ะระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเมื่อใส่ผาด้านบน



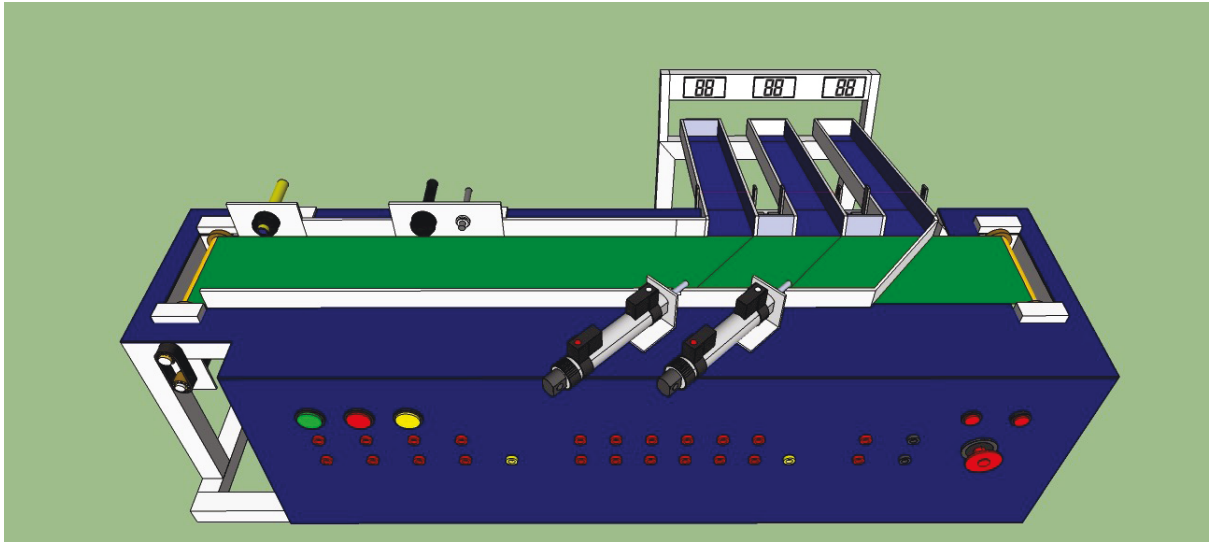
รูปที่ ข-4 แสดงภาพชุดโต๊ะระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเมื่อใส่รางบรรจุวัสดุ



รูปที่ ข-5 แสดงภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเมื่อใส่อุปกรณ์อินพุท



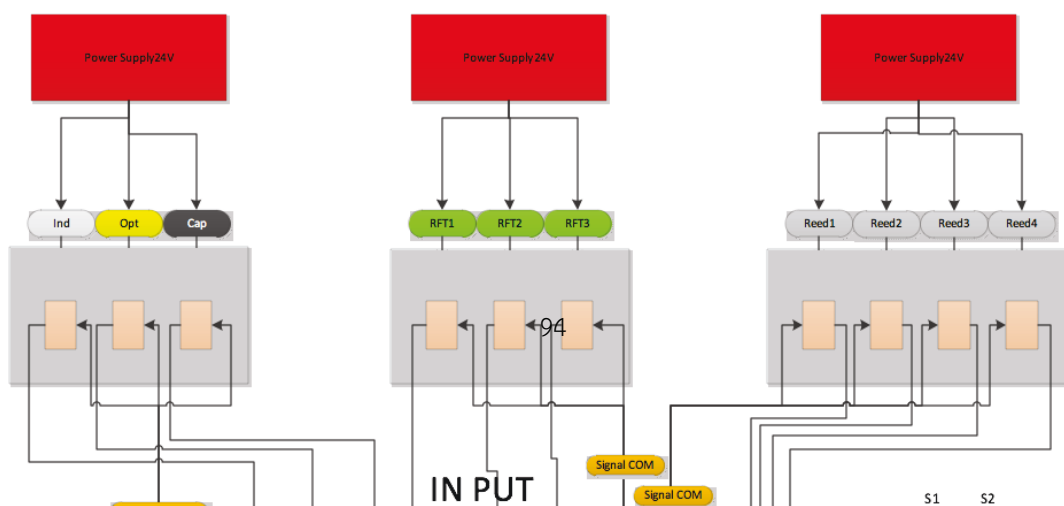
รูปที่ ข-6 แสดงภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเมื่อใส่อุปกรณ์เอาท์พุท



รูปที่ ข-7 แสดงภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเมื่อเสร็จสมบูรณ์

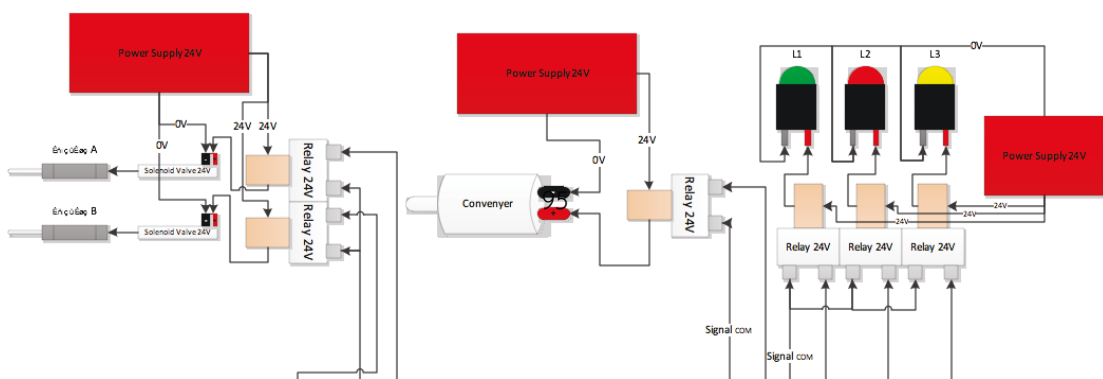
1.2 การออกแบบวงจรภายในของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

ภาพการออกแบบวงจรภายในของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ



รูปที่ ข-8 แสดงภาพวงจรอินพุทของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

ภาพการออกแบบวงจรภายในของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ



รูปที่ ข-9 แสดงภาพวงจรเอาต์พุตของชุดฝึกอบรมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

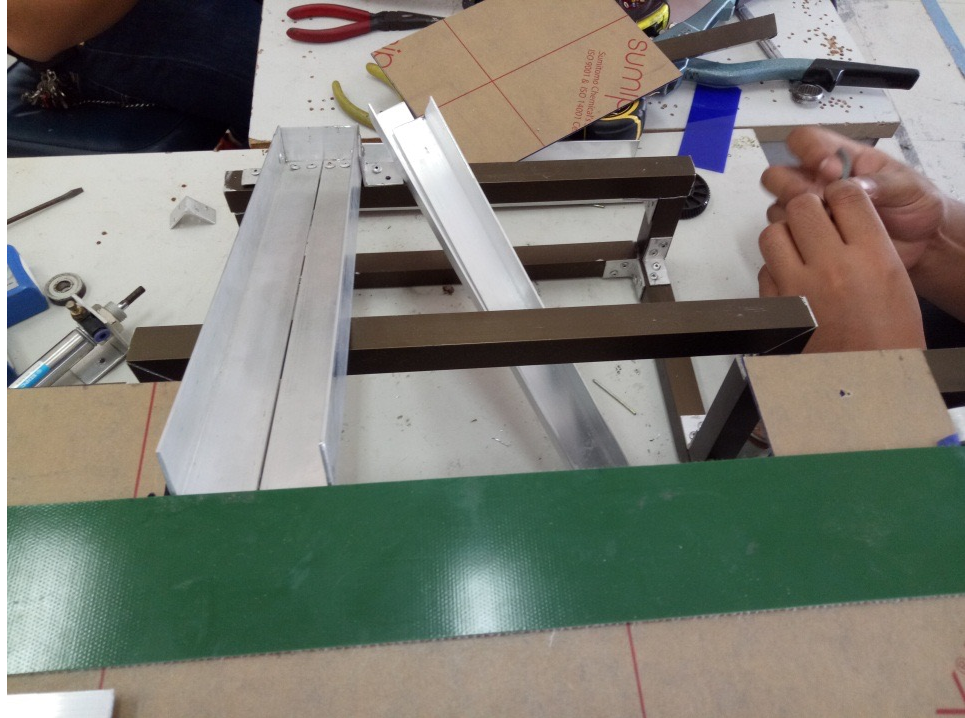
2. การประกอบโครงสร้างชุดฝึกอบรมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

ภาพการประกอบโครงสร้างชุดฝึกอบรมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

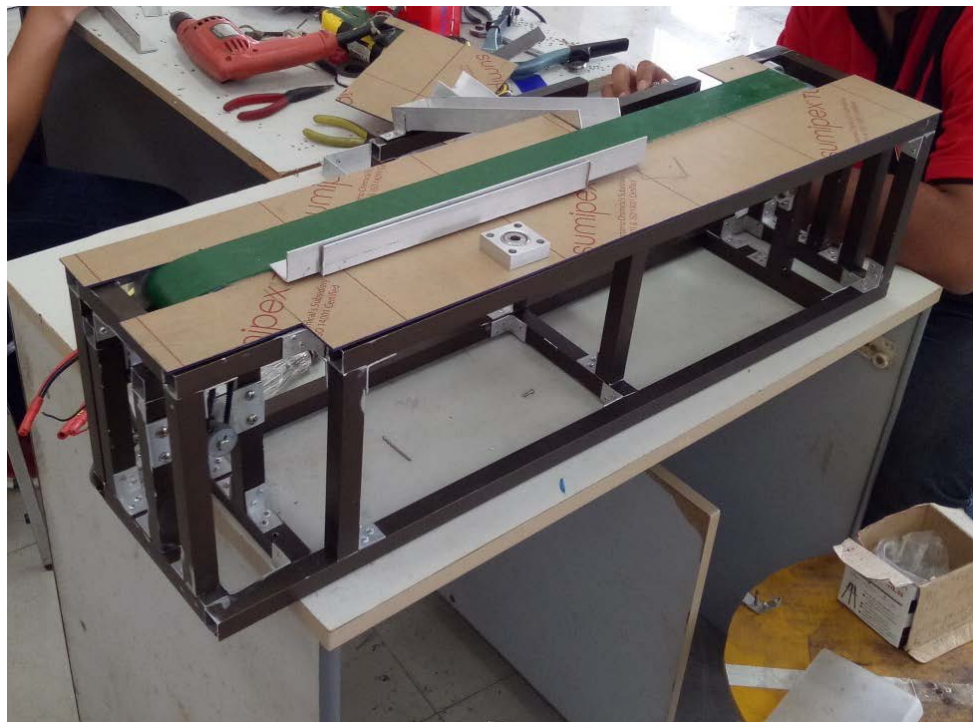


รูปที่ ข-10 แสดงภาพการวางโครงสร้างรางเก็บวัสดุด้านข้าง

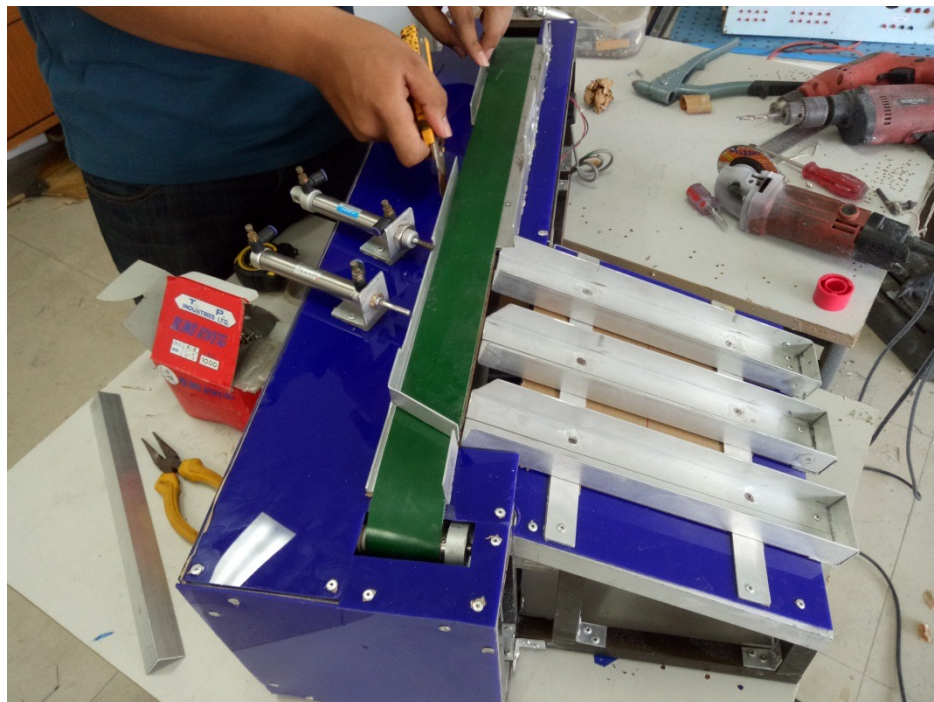
ภาพการประกอบโครงสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ



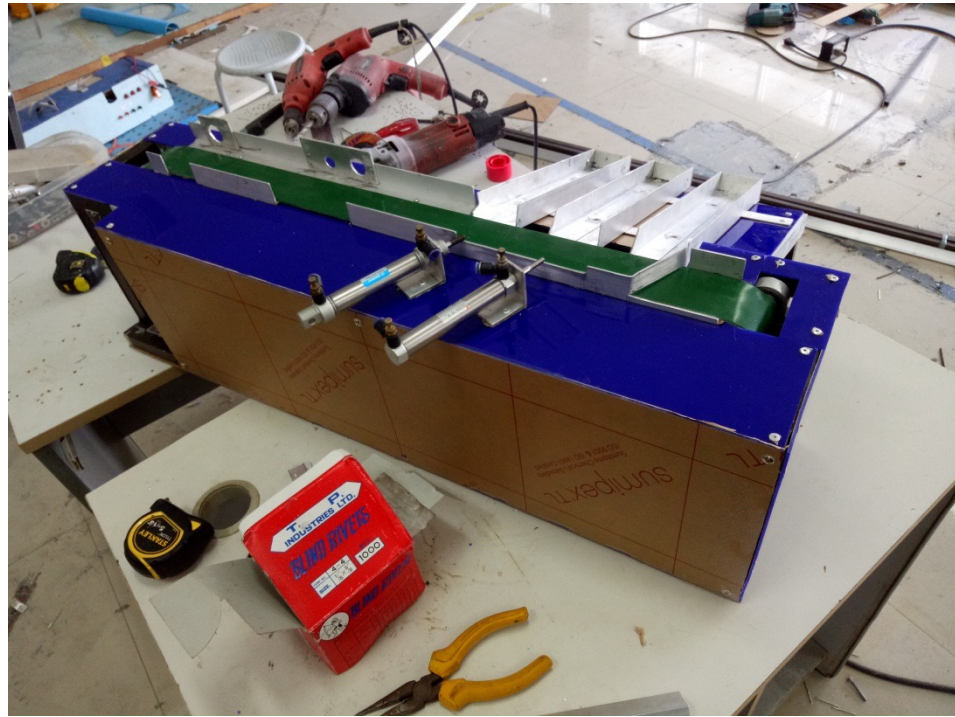
รูปที่ ข-11 แสดงภาพการวางโครงสร้างรางเก็บวัสดุด้านบน



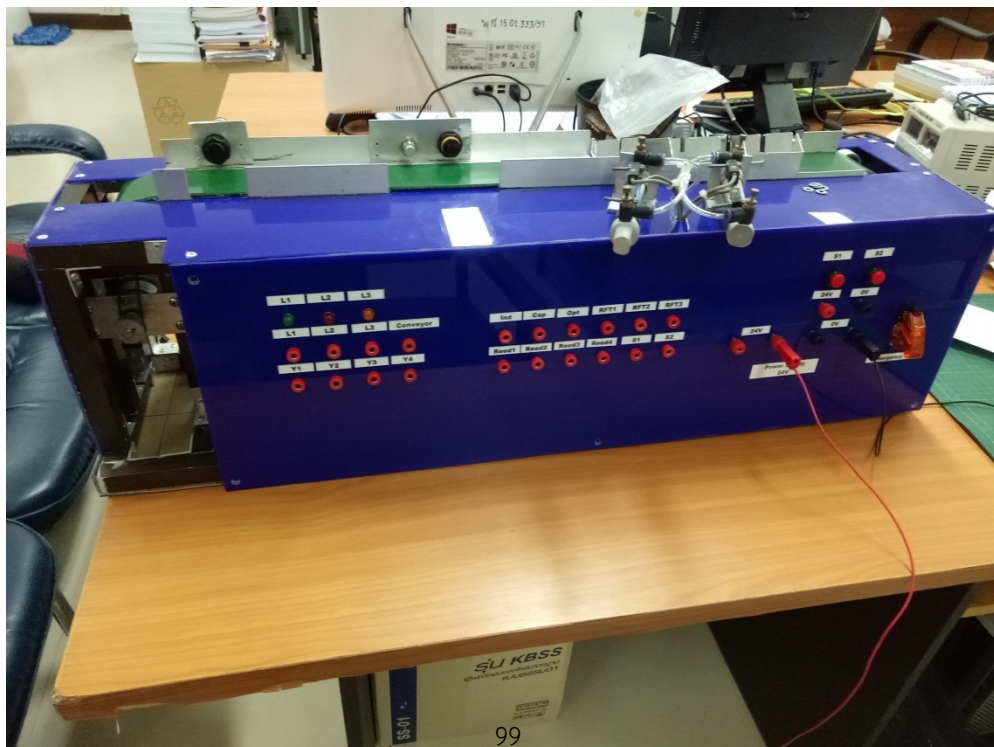
รูปที่ ข-12 แสดงภาพการติดตั้งสายพานลำเลียง
ภาพการประกอบโครงสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ



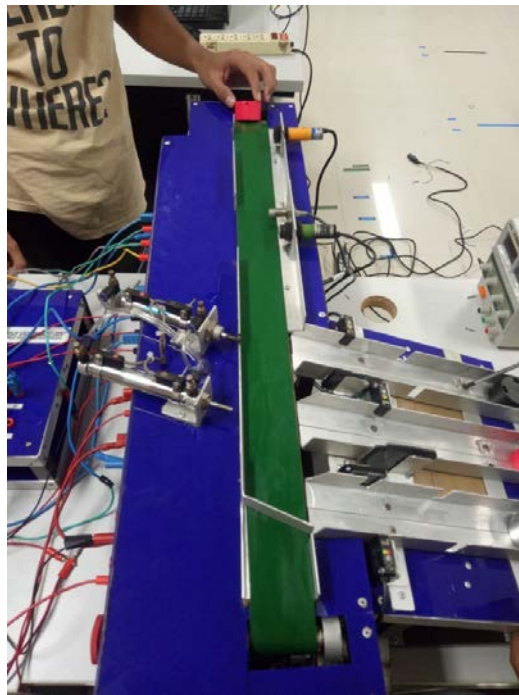
รูปที่ ข-13 แสดงภาพการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจสอบวัสดุ



รูปที่ ข-14 แสดงภาพการติดตั้งกระบอกลมนิวเมติกส์
ภาพการประกอบโครงสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ



รูปที่ ข-15 แสดงภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับฝึกปฏิบัติเมื่อประกอบเสร็จสมบูรณ์



รูปที่ ข-16 แสดงภาพการทดสอบการทำงานชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับฝึกปฏิบัติ

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามความต้องการชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ
เรื่องการตัดแยกวัสดุ

ผลการสำรวจความต้องการชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ
เรื่องการตัดแยกวัสดุ

แบบสอบถามเพื่อสำรวจ

“ความต้องการและความจำเป็นในการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

รหัสวิชา ITCS 341 รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์

อุตสาหกรรม”

คำชี้แจง

แบบสอบถามฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการและความจำเป็นในการใช้งานชุดฝึกอบรมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ ข้อมูลและข้อเสนอแนะที่ได้รับจากท่าน จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการสร้างและพัฒนาชุดฝึกอบรมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ ในรายวิชา ระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

“ชุดฝึกอบรมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ” หมายถึง ชุดฝึกที่ใช้สำหรับทดลองหรือทดสอบโปรแกรมจากการเขียนโปรแกรมของผู้ใช้งาน โดยจะใช้ PLC เป็นตัวโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของชุดฝึก ชุดฝึกนี้เพื่อการจำลองการทำงานของกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม เกี่ยวกับการคัดแยกวัสดุที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน

วัตถุประสงค์ของการสำรวจ

1. เพื่อให้ทราบถึงความต้องการและความจำเป็นในการใช้งานชุดฝึกอบรมอัตโนมัติ สำหรับการฝึกปฏิบัติ
2. เพื่อนำผลการสำรวจมาทำการศึกษาวิเคราะห์ และสร้างชุดฝึกอบรมอัตโนมัติ สำหรับการฝึกปฏิบัติ ให้ตรงตามความต้องการและความจำเป็นของผู้ใช้งาน

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 ความต้องการของผู้ใช้งาน

ส่วนที่ 2 ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอื่นๆ

ขอขอบพระคุณอย่างสูงในความ
อนุเคราะห์การตอบแบบสอบถามนี้

ส่วนที่ 1 ความต้องการและความจำเป็นของผู้ใช้งานชุดฝึกอบรมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ
ท่านต้องการให้มีการสร้างชุดฝึกอบรมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ มากน้อยเพียงใด

<p>คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับต้องการของท่าน โดยมีระดับคะแนนดังนี้</p>					
	5	เหมาะสมมากที่สุด			
	4	เหมาะสมมาก			
	3	เหมาะสมปานกลาง			
	2	เหมาะสมน้อย			
	1	เหมาะสมน้อยที่สุด			
	ระดับความต้องการและความจำเป็น				
ลักษณะของชุดฝึกกระบอบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติที่คาดหวังว่าจะได้รับ	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
1. ต้องการชุดฝึกทดลองที่ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรายวิชาการควบคุมอัตโนมัติ					
2. ต้องการชุดฝึกทดลองที่ช่วยสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้การจำลองการทำงานของกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม					
3. ต้องการชุดฝึกทดลองที่ก่อให้เกิดทักษะพื้นฐานด้านวงจรไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อินพุทและเอาต์พุทร่วมกับ PLC					
4. ต้องการชุดฝึกทดลองที่มีขนาดเหมาะสมสะดวกในการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บ					
5. ต้องการชุดฝึกทดลองที่ใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงทนทานความและมีความปลอดภัยในการใช้ฝึกปฏิบัติ					
6. ต้องการชุดฝึกทดลองที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอินพุทที่เป็นอุปกรณ์ตรวจจับ (เซนเซอร์) แบบพร็อกซิมิตี้สวิตช์					
7. ต้องการชุดฝึกทดลองที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอินพุทที่เป็นอุปกรณ์ตรวจจับ (เซนเซอร์) แบบใช้แสง					
8. ต้องการชุดฝึกทดลองที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเอาต์พุทแบบดิจิทัลในการควบคุมต้นกำลังด้วย DC Motor					
9. ต้องการชุดฝึกทดลองที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเอาต์พุทแบบดิจิทัลในการควบคุมต้นกำลังด้วย นิวเมติกส์ไฟฟ้า					

ตารางที่ ค-1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการสำรวจความต้องการชุดฝึกกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ
เรื่องการคัดแยกวัสดุ จากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 25 ท่าน

ข้อที่	ข้อความคำถามความต้องการชุดฝึกทดลอง	ระดับความเห็น					ค่าเฉลี่ย \bar{X}	S.D.	แสดงระดับ ต้องการ
		5	4	3	2	1			
1.	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ	13	12	-	-	-	4.52	0.51	มากที่สุด
2.	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ช่วยสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้การจำลองการทำงานของกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม	25	-	-	-	-	5.00	0.00	มากที่สุด
3.	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ก่อให้เกิดทักษะพื้นฐานด้านวงจรไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อินพุทและเอาต์พุทร่วมกับ PLC	5	20	-	-	-	4.20	0.41	มาก
4.	ต้องการชุดฝึกทดลองที่มีขนาดเหมาะสมสะดวกในการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บ	19	5	1	-	-	4.72	0.54	มากที่สุด
5.	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ใช้วัสดุที่มีความแข็งแรง ทนทานความและมีความปลอดภัยในการใช้ฝึกปฏิบัติ	14	10	1	-	-	4.52	0.59	มากที่สุด
6.	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอินพุทที่เป็นอุปกรณ์ตรวจจับ (เซนเซอร์) แบบพร็อกซิมิตี้สวิตช์	13	11	1	-	-	4.48	0.59	มาก
7.	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอินพุทที่เป็นอุปกรณ์ตรวจจับ (เซนเซอร์) แบบใช้แสง	15	9	1	-	-	4.56	0.58	มากที่สุด
8.	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวเอาต์พุทแบบดิจิทัลในการควบคุมต้นกำลังด้วย DC Motor	5	18	2	-	-	4.16	0.55	มาก
9.	ต้องการชุดฝึกทดลองที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวเอาต์พุทแบบดิจิทัลในการควบคุมต้นกำลังด้วย นิวเมติกส์ไฟฟ้า	18	7	-	-	-	4.72	0.46	มากที่สุด
10.	ต้องการชุดฝึกทดลองที่มีความเหมาะสมกับระดับผู้ใช้งาน/ผู้เรียนและครอบคลุมวัตถุประสงค์ของรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ	17	7	1	-	-	4.64	0.57	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมด้านการออกแบบชุดฝึกทดลอง							4.55	0.48	มากที่สุด

ภาคผนวก ง

แบบประเมินของผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ
เรื่องการคัดแยกวัสดุ
ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ
เรื่องการคัดแยกวัสดุ

แบบสอบถาม

เรื่อง การประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติเรื่อง “การคัดแยกวัสดุ”

แบบประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัตินี้ เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อการสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่อง การคัดแยกวัสดุ รายวิชาการระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

คำชี้แจง : แบบประเมินประสิทธิภาพนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ถ้ามประวัติผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 2 ถ้ามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้น แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ

ก) ด้านการออกแบบชุดฝึกทดลอง

ข) ด้านประสิทธิภาพของชุดฝึกทดลอง

ตอนที่ 3 ถ้ามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

ตอนที่ 1 แบบสอบถามประวัติผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง : ขอความกรุณากรอกประวัติส่วนตัวของผู้เชี่ยวชาญเพื่อประกอบในงานวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล.....อายุ.....ปี
2. คุณวุฒิการศึกษาสูงสุด
-
-
3. สาขาวิชา.....
-
-
4. ประสบการณ์ในการทำงาน.....ปี หรือ ประสบการณ์ในการสอน.....ปี
5. ประสบการณ์ในการทำงานเชี่ยวชาญทางด้าน.....
-
-
6. ประสบการณ์การสอนเชี่ยวชาญทางด้าน.....
-
-
7. ตำแหน่งปัจจุบัน.....
-

8. สถานที่ทำงาน.....

 9. เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ.....
 Email.....

ตอนที่ 2 ถามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

คำชี้แจง : กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยมีระดับคะแนน
 ดังนี้

- | | |
|---|-------------------|
| 5 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 4 | เหมาะสมมาก |
| 3 | เหมาะสมปานกลาง |
| 2 | เหมาะสมน้อย |
| 1 | เหมาะสมน้อยที่สุด |

หมายเหตุ : คำอธิบายรายละเอียดของหัวข้อคำถามที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพ มีดังนี้

ชุดฝึกทดลอง หมายถึง ชุดอุปกรณ์ที่ได้จัดสร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับการฝึกปฏิบัติจริง
 ด้านประสิทธิภาพ หมายถึง ประโยชน์ของชุดฝึกทดลองที่จัดสร้างขึ้นได้ก่อให้เกิด
 ประโยชน์แก่นักศึกษาที่ได้ฝึกปฏิบัติจริง

ด้านการออกแบบชุดฝึกทดลอง หมายถึง ความเหมาะสมของชุดฝึกทดลองที่ได้
จัดสร้างขึ้นเพื่องานวิจัยนี้

คำชี้แจง : กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อที่	ข้อความความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ	ระดับความเห็น				
		5	4	3	2	1
	ก) ด้านการออกแบบชุดฝึกทดลอง					
1.	ชุดฝึกทดลองมีขนาดเหมาะสม					
2.	มีความปลอดภัยในการใช้งานขณะทำการฝึกปฏิบัติ					
3.	ความเหมาะสมของการจัดตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ บนชุดฝึกทดลอง					
4.	ความแข็งแรงของชุดฝึกทดลอง					

5.	ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บ					
6.	ความสะดวกในการติดตั้งและการถอดเก็บเมื่อเสร็จการฝึกปฏิบัติ					
7.	ความสะดวกในการติดตั้งและต่อใช้งานร่วมกับชุดฝึกทดลองอื่นๆ					
8.	ความสะดวกในการบำรุงรักษา					
9.	วัสดุที่ใช้ในการผลิตชุดฝึกทดลองที่มีความเหมาะสม					
10.	ชุดฝึกทดลองมีจำนวนของอินพุท/เอาต์พุท ที่เหมาะสม					
	ข) ด้านประสิทธิภาพของชุดฝึกทดลอง					
1.	ความเหมาะสมกับระดับผู้ใช้งาน/ผู้เรียน					
2.	ความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์เพื่อใช้ในการสอนฝึกปฏิบัติ					
3.	ความสะดวกในการดำเนินการสอนฝึกปฏิบัติ					
4.	ชุดฝึกทดลองก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน					
5.	ชุดฝึกทดลองก่อให้เกิดทักษะพื้นฐานด้านวงจรไฟฟ้า					
6.	ชุดฝึกทดลองก่อให้เกิดแรงจูงใจในการค้นคว้า					
7.	ชุดฝึกทดลองให้ประสบการณ์ในการเรียนรู้					
8.	ชุดฝึกทดลองมีความสัมพันธ์โดยตรงกับวิชาการระบบอัตโนมัติที่ใช้สอน					
9.	คุณค่าทางวิชาการที่ได้รับจากการใช้ชุดฝึกทดลอง					
10.	ครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการฝึกปฏิบัติ					

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

คำชี้แจง : กรุณาแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

3.1 ความคิดเห็นทางด้านการออกแบบชุดฝึกทดลอง.....

.....

.....

.....
ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

3.2 ความคิดเห็นทางด้านประสิทธิภาพของชุดฝึกทดลอง.....
.....
.....

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

ขอขอบพระคุณท่านผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความร่วมมือในการประเมินเป็นอย่างสูง

นายสม

เจตน์ ทองดี

นักวิชาการคอมพิวเตอร์

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ตารางที่ ง-1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับ
การสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตัดแยกวัสดุ จำนวน 5 ท่าน

ตารางที่ ง-2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการสร้างชุดฝึกระบบอัตโนมัติ

ข้อที่	ข้อความความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ	ระดับความเห็น					ค่าเฉลี่ย \bar{X}	S.D.	แสดงระดับความเห็น
		5	4	3	2	1			
	ก) ด้านการออกแบบชุดฝึกทดลอง								
1.	ชุดฝึกทดลองมีขนาดเหมาะสม	3	1	1	-	-	4.40	0.89	มาก
2.	มีความปลอดภัยในการใช้งานขณะทำการฝึกปฏิบัติ	5	-	-	-	-	5.00	0.00	มากที่สุด
3.	ความเหมาะสมของการจัดตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ บนชุดฝึกทดลอง	3	2	-	-	-	4.60	0.55	มากที่สุด
4.	ความแข็งแรงของชุดฝึกทดลอง	4	1	-	-	-	4.80	0.45	มากที่สุด
5.	ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บ	2	3	-	-	-	4.40	0.55	มาก
6.	ความสะดวกในการติดตั้งและการถอดเก็บเมื่อเสร็จการฝึกปฏิบัติ	5	-	-	-	-	5.00	0.00	มากที่สุด
7.	ความสะดวกในการติดตั้งและต่อใช้งานร่วมกับชุดฝึกทดลองอื่นๆ	5	-	-	-	-	5.00	0.00	มากที่สุด
8.	ความสะดวกในการบำรุงรักษา	4	1	-	-	-	4.80	0.45	มากที่สุด
9.	วัสดุที่ใช้ในการผลิตชุดฝึกทดลองที่มีความเหมาะสม	2	3	-	-	-	4.40	0.55	มาก
10.	ชุดฝึกทดลองมีจำนวนของอินพุท/เอาต์พุท ที่เหมาะสม	4	1	-	-	-	5.00	0.00	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ยรวมด้านการออกแบบชุดฝึกทดลอง	115					4.74	0.34	มากที่สุด

สำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตัดแยกวัสดุ จำนวน 5 ท่าน (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ	ระดับความเห็น					ค่าเฉลี่ย \bar{X}	S.D.	แสดงระดับความเห็น
		5	4	3	2	1			
	ข) ด้านประสิทธิภาพของชุดฝึกทดลอง								
1.	ความเหมาะสมกับระดับผู้ใช้งาน/ผู้เรียน	5	-	-	-	-	5.00	0.00	มากที่สุด
2.	ชุดฝึกทดลองก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ	4	1	-	-	-	4.80	0.45	มากที่สุด
3.	ชุดฝึกทดลองให้ประสบการณ์ในการเรียนรู้การจำลองการทำงานของกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม	3	2	-	-	-	4.60	0.55	มากที่สุด
4.	ชุดฝึกทดลองก่อให้เกิดทักษะพื้นฐานด้านวงจรไฟฟ้า	3	1	1	-	-	4.40	0.89	มาก
5.	ก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจของอินพุทที่เป็นอุปกรณ์ตรวจจับแบบพร็อกซิมีตี้สวิทช์	4	1	-	-	-	4.80	0.45	มากที่สุด
6.	ก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจของเอาต์พุทแบบรีเลย์	2	3	-	-	-	4.40	0.55	มาก
7.	ก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจของเอาต์พุทแบบนิวมेटิกส์ไฟฟ้า	5	-	-	-	-	5.00	0.00	มากที่สุด
8.	ชุดฝึกทดลองมีความสัมพันธ์โดยตรงกับรายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้สอน	3	2	-	-	-	4.60	0.55	มากที่สุด
9.	คุณค่าทางวิชาการที่ได้รับจากการใช้ชุดฝึกทดลอง	4	1	-	-	-	4.80	0.45	มากที่สุด

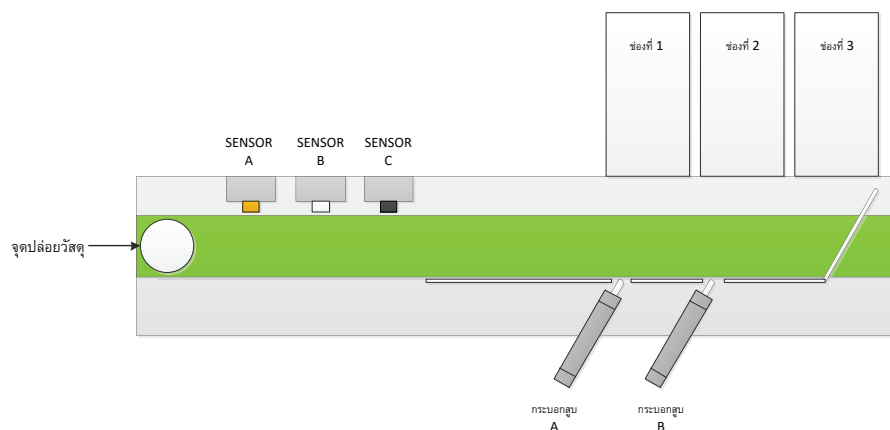
10.	ครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการฝึกปฏิบัติ	5	-	-	-	-	5.00	0.00	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ยรวมด้านประสิทธิภาพของชุดฝึกทดลอง						4.74	0.39	มากที่สุด

ภาคผนวก จ

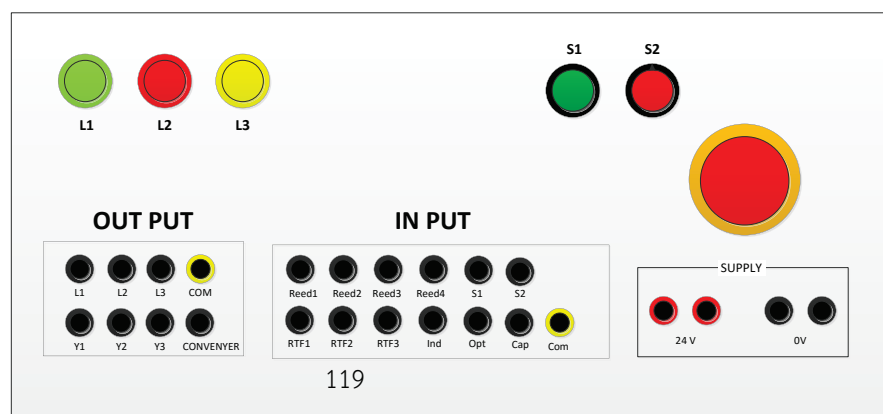
แสดงแบบทดสอบชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตัดแยกวัสดุ รายวิชาระบบ
ควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม
แสดงผลการทดสอบชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตัดแยกวัสดุ รายวิชา
ระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

ตารางแสดงแบบการทดสอบชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ

การเก็บข้อมูลการทดลองชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ ผู้วิจัยจะเป็นผู้ทดลองการใช้งานชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง โดยจะแบ่งตารางการทดลองออกเป็น 5 ตาราง แต่ละตารางจะมีการทดสอบการทำงานที่แตกต่างกันออกไป โดยจะมีการทดสอบเหมือนเดิมทุกครั้ง จำนวน 10 ครั้ง ในแต่ละครั้งจะมีการโปรแกรมชุดคำสั่งเหมือนเดิมทุกๆ ครั้ง รายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ จ-1 แสดงการทำงานหลักของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ



รูปที่ จ-2 แสดงการแผงควบคุมของชุดฝึกอบรมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการคัดแยกวัสดุ

การทดลองที่1 การตรวจสอบวัสดุชนิด โลหะมันวาว แทนสัญลักษณ์ด้วย (Si)

ตารางนี้จะทดลองการตรวจสอบการตรวจจำวัสดุด้วยเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว เพื่อเป็นตัวคัดแยกวัสดุและมีกระบอกสูบ A และ B เป็นตัวแสดงผลการคัดแยกวัสดุ เพื่อทดสอบการทำงานที่ถูกต้องและแม่นยำ โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เริ่มการทำงาน ให้สายพานลำเลียงเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยมีวัสดุให้เลือก 3 ชั้น แต่ละชั้นไม่ใช่ชนิดเดียวกัน
2. ให้เลือกวัสดุมา 1 ชั้น จากนั้นให้วางวัสดุลงบนจุดปล่อยวัสดุ
3. เมื่อวัสดุเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ ให้ใช้เซนเซอร์ทั้ง 3 ตัวตรวจสอบชนิดของวัสดุ
4. ถ้าวัสดุนั้นเป็นชนิดโลหะมันวาว (Si) ให้กระบอกสูบ A ทำงาน เพื่อให้วัสดุตกลงในช่องที่ 1 แต่ถ้าไม่ใช่ให้กระบอกสูบ B ทำงาน เพื่อให้วัสดุตกลงในช่องที่ 2
5. ถ้ากระบอกสูบ A หรือ B ทำงานเสร็จแล้ว ให้หยุดการทำงานของกระบอกสูบเมื่อวัสดุนั้นตกลงสู่ ช่องที่ 1 หรือ 2 เรียบร้อยแล้ว
6. ให้นำวัสดุที่เหลือปล่อยลงบนจุดปล่อยวัสดุอีกครั้ง โดยทำตามขั้นตอนที่ 1.1.1 – 1.1.5 จนครบ 3 ชั้น และให้หยุดการทำงานทั้งหมด

คำชี้แจง กรุณาใส่ค่าตัวเลข 1 หรือ 0 ลงในช่องว่างจากการทดลองดังนี้

: ผลการทดลองที่ถูกต้องให้แสดงผลเป็นตัวเลขเท่ากับ 1

: ผลการทดลองที่ผิดพลาดให้แสดงผลเป็นตัวเลขเท่ากับ 0

ครั้งที่	วัสดุ	ความถูกต้องของการทำงาน		หมายเหตุ
		ผลการตรวจสอบ	การคัดแยก	

		(เซนเซอร์)		
1	(Si)			
2	(Si)			
3	(Si)			
4	(Si)			
5	(Si)			
6	(Si)			
7	(Si)			
8	(Si)			
9	(Si)			
10	(Si)			

ตารางที่ จ-1 แสดงการตรวจสอบวัสดุชนิด โลหะมันวาว (Si)

การทดลองที่ 2 การตรวจสอบวัสดุชนิด พลาสติกสีดำ ทึบแสง แทนสัญลักษณ์ด้วย (BU)

ตารางนี้จะทดลองการตรวจสอบการตรวจจับวัสดุด้วยเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว เพื่อเป็นตัวคัดแยกวัสดุและมีกระบอกสูบ A และ B เป็นตัวแสดงผลการคัดแยกวัสดุ เพื่อทดสอบการทำงานที่ถูกต้องและแม่นยำ โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เริ่มการทำงาน ให้สายพานลำเลียงเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยมีวัสดุให้เลือก 3 ชั้น แต่ละชั้นจะไม่ใช้ชนิดเดียวกัน
2. ให้เลือกวัสดุมา 1 ชั้น จากนั้นให้วางวัสดุลงบนจุดปล่อยวัสดุ
3. เมื่อวัสดุเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ ให้ใช้เซนเซอร์ทั้ง 3 ตัวตรวจสอบชนิดของวัสดุ
4. ถ้าวัสดุนั้นเป็นชนิดพลาสติกสีดำ ทึบแสง (BU) ให้กระบอกสูบ A ทำงาน เพื่อให้วัสดุตกลงในช่องที่ 1 แต่ถ้าไม่ใช่ให้กระบอกสูบ B ทำงาน เพื่อให้วัสดุตกลงในช่องที่ 2
5. ถ้ากระบอกสูบ A หรือ B ทำงานเสร็จแล้ว ให้หยุดการทำงานของกระบอกสูบเมื่อวัสดุนั้นตกลงสู่ ช่องที่ 1 หรือ 2 เรียบร้อยแล้ว
6. ให้นำวัสดุที่เหลือปล่อยลงบนจุดปล่อยวัสดุอีกครั้ง โดยทำตามขั้นตอนที่ 2.1.1 - 2.1.5 จนครบ 3 ชั้น และให้หยุดการทำงานทั้งหมด

คำชี้แจง กรุณาใส่ค่าตัวเลข 1 หรือ 0 ลงในช่องว่างจากการทดลองดังนี้

: ผลการทดลองที่ถูกต้องให้แสดงผลเป็นตัวเลขเท่ากับ 1

: ผลการทดลองที่ผิดพลาดให้แสดงผลเป็นตัวเลขเท่ากับ 0

ครั้งที่	วัสดุ/ชนิด	ความถูกต้องของการทำงาน		หมายเหตุ
		ผลการตรวจสอบ (เซนเซอร์)	การตัดแยก	
1	(BL)			
2	(BL)			
3	(BL)			
4	(BL)			
5	(BL)			
6	(BL)			
7	(BL)			
8	(BL)			
9	(BL)			
10	(BL)			

ตารางที่ จ-2 แสดงการตรวจสอบวัสดุชนิดพลาสติกสีดำ ทึบแสง แทนสัญลักษณ์ด้วย (BL)

การทดลองที่ 3 การตรวจสอบวัสดุชนิดพลาสติกสีชมพูสว่าง แทนสัญลักษณ์ด้วย (Ye)

โดยตารางนี้จะทดลองการตรวจสอบการตรวจจับวัสดุด้วยเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว เพื่อเป็นตัวตัดแยกวัสดุและมีกระบอกสูบ A และ B เป็นตัวแสดงผลการตัดแยกวัสดุ เพื่อทดสอบการทำงานที่ถูกต้องและแม่นยำ โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เริ่มการทำงาน ให้สายพานลำเลียงเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยมีวัสดุให้เลือก 3 ชิ้น แต่ละชิ้นจะไม่ใช้ชนิดเดียวกัน
2. ให้เลือกวัสดุมา 1 ชิ้น จากนั้นให้วางวัสดุลงบนจุดปล่อยวัสดุ
3. เมื่อวัสดุเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ ให้ใช้เซนเซอร์ทั้ง 3 ตัวตรวจสอบชนิดของวัสดุ
4. ถ้าวัสดุนั้นเป็นชนิดพลาสติกสีชมพูสว่าง (Ye) ให้กระบอกสูบ A ทำงาน เพื่อให้วัสดุตกลงในช่องที่ 1 แต่ถ้าไม่ใช่ให้กระบอกสูบ B ทำงาน เพื่อให้วัสดุตกลงในช่องที่ 2

5. ถ้ากระบอกสูบ A หรือ B ทำงานเสร็จแล้ว ให้หยุดการทำงานของกระบอกสูบเมื่อวัสดุนั้นตกลงสู่ ช่องที่ 1 หรือ 2 เรียบร้อยแล้ว

6. ให้นำวัสดุที่เหลือปล่อยลงบนจุดปล่อยวัสดุอีกครั้ง โดยทำตามขั้นตอนที่ 3.1.1 - 3.1.5 จนครบ 3 ชั้น และให้หยุดการทำงานทั้งหมด

คำชี้แจง กรุณาใส่ค่าตัวเลข 1 หรือ 0 ลงในช่องว่างจากการทดลองดังนี้

: ผลการทดลองที่ถูกต้องให้แสดงผลเป็นตัวเลขเท่ากับ 1

: ผลการทดลองที่ผิดพลาดให้แสดงผลเป็นตัวเลขเท่ากับ 0

ครั้งที่	วัสดุ/ชนิด	ความถูกต้องของการทำงาน		หมายเหตุ
		ผลการตรวจสอบ (เซนเซอร์)	การคัดแยก	
1	(Ye)			
2	(Ye)			
3	(Ye)			
4	(Ye)			
5	(Ye)			
6	(Ye)			
7	(Ye)			
8	(Ye)			
9	(Ye)			
10	(Ye)			

ตารางที่ จ-3 แสดงการตรวจสอบวัสดุพลาสติกสีชมพูสว่าง แทนสัญลักษณ์ด้วย (Ye)

การทดลองที่ 4 การทดสอบการทำงานอุปกรณ์อินพุทของชุดฝึกอบรมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

ตารางนี้เป็นตารางการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ในชุดฝึกอบรมอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ ซึ่งมีหน้าที่เป็นภาคการทำงานด้านอินพุท และมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เป็นอินพุท เช่น สวิตช์ไฟฟ้า, เซนเซอร์ตรวจจับการประจุ, เซนเซอร์ตรวจจับแสงสว่าง, เซนเซอร์ตรวจจับโลหะ,

เซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็ก เป็นต้น เพื่อทดสอบการทำงานที่ถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งจะแสดงผลการทดสอบในจอแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เริ่มการทำงานให้โปรแกรมสั่งงานที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยโหลดเป็นหลอดไฟ 1 ดวง ซึ่งมีสถานะเริ่มต้นเป็น (ดับ)
2. ให้เลือกอุปกรณ์อินพุท 1 ตัวเพื่อเริ่มการตรวจสอบ เมื่อกดหรือปิดกั้นตัวอุปกรณ์อินพุทให้หลอดไฟที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เปลี่ยนสถานะเป็น (สว่าง) ตามการกดหรือปิดกั้นของตัวอุปกรณ์อินพุท
3. เมื่อกดหรือปิดกั้นครบ 10 ครั้ง ให้โปรแกรมหยุดการตรวจสอบและหยุดการทำงาน
4. ให้เปลี่ยนตัวอุปกรณ์อินพุท และเริ่มตรวจสอบใหม่อีกครั้ง จนครบตัวอุปกรณ์อินพุทที่มีอยู่บนชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

คำชี้แจง กรุณาใส่ค่าตัวเลข 1 หรือ 0 ลงในช่องว่างจากการทดลองดังนี้

: ผลการทดลองที่ถูกต้องให้แสดงผลเป็นตัวเลขเท่ากับ 1

: ผลการทดลองที่ผิดพลาดให้แสดงผลเป็นตัวเลขเท่ากับ 0

ครั้งที่	สวิตช์กด ติดปล่อย ดับ		เซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็ก				เซนเซอร์ตรวจสอบวัสดุ					
	S1	S2	Reed1	Reed2	Reed3	Reed4	Ind	Opt	Cap	RFT1	RFT2	RFT3
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

ตารางที่ จ-4 แสดงการทดสอบการทำงานอุปกรณ์อินพุทของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

การทดลองที่ 5 การทดสอบการทำงานอุปกรณ์เอาต์พุตของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

ตารางนี้เป็นตารางการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ในชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ ซึ่งมีหน้าที่เป็นภาคการทำงานด้านเอาต์พุต และมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เป็นเอาต์พุตสำหรับแสดงผลการทำงาน เช่น หลอดไฟ,มอเตอร์สายพานลำเลียง,โซลินอยด์วาล์ว เป็นต้น เพื่อทดสอบการทำงานที่ถูกต้องและแม่นยำ โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เริ่มการทำงาน ในสถานะเริ่มต้นจะไม่มีอุปกรณ์เอาต์พุตใดทำงาน
2. เมื่อกดสวิตช์ตัวที่1 (S1) ให้มอเตอร์สายพานลำเลียงทำงานไปทางขวา เป็นเวลา30 วินาที แล้วหยุด
3. เมื่อกดสวิตช์ตัวที่2 (S2) ให้หลอดไฟ L1, L2, L3 สว่างและดับสลับกัน เป็นเวลา 10 วินาที แล้วหยุด
4. เมื่อนำวัสดุชนิดโลหะมาปิดกั้นเซนเซอร์ตรวจจับโลหะ (Ind) ให้กระบอกสูบ A ทำงานโดยยึดแกนออกจนสุดเป็นเวลา 5 วินาทีและหยุดทำงาน
5. เมื่อนำวัสดุชนิดพลาสติกสีดำ ทึบแสง มาปิดกั้นเซนเซอร์ตรวจจับการประจุ (Cap) ให้กระบอกสูบ B ทำงานโดยยึดแกนออกจนสุดเป็นเวลา 5 วินาทีและหยุดทำงาน
6. เมื่อนำวัสดุชนิดพลาสติกสีชมพูสว่าง มาปิดกั้นเซนเซอร์ตรวจจับแสงสว่าง (Opt) ให้อุปกรณ์เอาต์พุตทุกตัวทำงานค้างไว้จนกว่าเซนเซอร์ตรวจจับแสงสว่าง (Opt) จะตรวจไม่พบวัสดุชิ้นๆ

คำชี้แจง กรุณาใส่ค่าตัวเลข 1 หรือ 0 ลงในช่องว่างจากการทดลองดังนี้

: ผลการทดลองที่ถูกต้องให้แสดงผลเป็นตัวเลขเท่ากับ 1

: ผลการทดลองที่ผิดพลาดให้แสดงผลเป็นตัวเลขเท่ากับ 0

ครั้งที่	อุปกรณ์เอาต์พุต						
	มอเตอร์สายพาน ลำเลียง	กระบอกสูบ A	กระบอกสูบ B	หลอดไฟ L1	หลอดไฟ L2	หลอดไฟ L3	รวมทุก เอาต์พุต
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

9							
10							

ตารางที่ จ-5 แสดงการทดสอบการทำงานอุปกรณ์เอาท์พุทของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

ตารางแสดงผลการทดสอบชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตัดแยกวัสดุ
รายวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

ผลการทดลองที่ 1 การตรวจสอบวัสดุชนิด โลหะมันวาว แทนสัญลักษณ์ด้วย (Si)

ตารางที่ จ-6 แสดงผลการตรวจสอบวัสดุชนิด โลหะมันวาว แทนสัญลักษณ์ด้วย (Si)

ครั้งที่	วัสดุ	ความถูกต้องของการทำงาน		หมายเหตุ
		ผลการตรวจสอบ (เซนเซอร์)	การตัดแยก	
1	(Si)	0	0	วัสดุอยู่ห่างจากเซนเซอร์เกินไป
2	(Si)	1	1	
3	(Si)	1	1	
4	(Si)	1	1	
5	(Si)	1	1	
6	(Si)	1	1	
7	(Si)	1	1	
8	(Si)	1	1	
9	(Si)	1	1	
10	(Si)	1	1	

ผลการทดลองที่ 2 การตรวจสอบวัสดุชนิด พลาสติกสีดำ ทึบแสง แทนสัญลักษณ์ด้วย (BL)

ตารางที่ จ-7 แสดงผลการตรวจสอบวัสดุชนิด พลาสติกสีดำ ทึบแสง แทนสัญลักษณ์ด้วย (BL)

ครั้งที่	วัสดุ/ชนิด	ความถูกต้องของการทำงาน		หมายเหตุ
		ผลการตรวจสอบ (เซนเซอร์)	การตัดแยก	

1	(Bl)	1	1	
2	(Bl)	1	1	
3	(Bl)	1	1	
4	(Bl)	1	1	
5	(Bl)	1	1	
6	(Bl)	1	1	
7	(Bl)	1	1	
8	(Bl)	1	1	
9	(Bl)	1	1	
10	(Bl)	1	1	

ผลการทดลองที่ 3 การตรวจสอบวัสดุชนิด พลาสติกสีชมพูสว่าง แทนสัญลักษณ์ด้วย (Ye)

ตารางที่ จ-8 แสดงผลการตรวจสอบวัสดุชนิด พลาสติกสีชมพูสว่าง แทนสัญลักษณ์ด้วย (Ye)

ครั้งที่	วัสดุ/ชนิด	ความถูกต้องของการทำงาน		หมายเหตุ
		ผลการตรวจสอบ (เซนเซอร์)	การคัดแยก	
1	(Ye)	0	0	วัสดุอยู่ที่ใกล้เซนเซอร์เกินไป
2	(Ye)	1	1	
3	(Ye)	1	1	
4	(Ye)	1	1	
5	(Ye)	1	1	
6	(Ye)	1	1	
7	(Ye)	1	1	
8	(Ye)	1	1	
9	(Ye)	1	1	
10	(Ye)	1	1	

ผลการทดลองที่ 4 การทดสอบการทำงานอุปกรณ์อินพุทของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

ตารางที่ จ-9 แสดงผลการทดสอบการทำงานอุปกรณ์อินพุทของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

ครั้งที่	สวิตช์กดติดปล่อยดับ		เซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็ก				เซนเซอร์ตรวจสอบวัสดุ					
	S1	S2	Reed1	Reed2	Reed3	Reed4	Ind	Opt	Cap	RFT1	RFT2	RFT3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ผลการทดลองที่ 5 การทดสอบการทำงานอุปกรณ์เอาต์พุทของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

ตารางที่ จ-10 การทดสอบการทำงานอุปกรณ์เอาต์พุทของชุดฝึกระบบอัตโนมัติสำหรับการฝึกปฏิบัติ

ครั้งที่	อุปกรณ์เอาต์พุท						
	มอเตอร์สายพาน ลำเลียง	กระบอกสูบ A	กระบอกสูบ B	หลอดไฟ L1	หลอดไฟ L2	หลอดไฟ L3	รวมทุก เอาต์พุท
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1

8	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1

ข้อเสนอแนะของผู้ทดลอง

- จากตารางที่ จ-6 และ จ-8 แสดงให้เห็นว่า การทดลองทั้ง 2 ตาราง มีข้อผิดพลาดที่คล้ายกัน คือข้อผิดพลาดจะเกิดขึ้นในขั้นตอนการทดสอบครั้งที่ 1 ผู้ทดสอบจึงมีข้อเสนอแนะเพื่อลดข้อผิดพลาดนั้นๆ ดังนี้

1. ต้องทำการปรับตั้งค่าการตรวจจับของเซนเซอร์ให้มีระยะห่างที่เหมาะสมก่อนการเริ่มทดสอบ
2. จุดปล่อยวัสดุจะต้องมีระยะคงที่ทุกครั้งที่ทำการทดลองเพื่อลดข้อผิดพลาดในการตรวจสอบวัสดุจากการทดลอง