

ระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ  
AUTOMATION VERTICAL SHEET METAL  
STORAGE SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATION VERTICAL SHEET METAL  
STORAGE SYSTEM



Mookmanee Sodamook  
Nutthawut Srisongmuang  
Ritthikarn Ruamsup

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2566

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง


ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ  
AUTOMATION VERTICAL SHEET METAL STORAGE SYSTEM

นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวมุกมณี โสตามุข รหัสนักศึกษา 64015114  
นายณัฐวุฒิ ศรีสองเมือง รหัสนักศึกษา 64015042  
นายฤทธิกานต์ รวมทรัพย์ รหัสนักศึกษา 64015123

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม  
ปีการศึกษา 2566

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.สาท คำมูล ผศ.ดร.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒน์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ		
	AUTOMATION VERTICAL SHEET METAL STORAGE SYSTEM		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวมุกกมณี โสตามุข	รหัสนักศึกษา	64015114
	นายณัฐวุฒิ ศรีสองเมือง	รหัสนักศึกษา	64015042
	นายฤทธิกานต์ รวมทรัพย์	รหัสนักศึกษา	64015123
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.สาท คำมูล		
	ผศ.ดร.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒน์		
ปีการศึกษา	2566		

### บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอเกี่ยวกับระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ โดยศึกษาการทำงานของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ ศึกษาวิธีการออกแบบและสร้างระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติที่นำมาใช้ร่วมกับอุปกรณ์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ ปริญญานิพนธ์นี้มีส่วนประกอบที่สำคัญทั้งหมด 2 ส่วนหลักได้แก่ ส่วนด้านของโครงสร้างของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติในส่วนนี้จะออกแบบโครงสร้างทั้งหมดของระบบมีการเขียนแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่กำหนดขนาดจริงและทำการสร้างตามขนาดจริงที่ออกแบบในโปรแกรมใช้โครงสร้างหลักเป็นวัสดุที่เป็นอะลูมิเนียม และเหล็ก ส่วนด้านของระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้โปรแกรม GX-Works3 GT Designer3 และ SoftGOT 2000 ของ Mitsubishi PLC ในการออกแบบระบบควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้น การเคลื่อนที่ลง การเคลื่อนที่เข้า และการเคลื่อนที่ออกของพาเลทเก็บโลหะแผ่น นอกจากนี้ที่กล่าวมานั้นระบบยังมีความสามารถในการชั่งน้ำหนักของโลหะแผ่น มีความสามารถที่ใช้งานผ่านหน้าจอทัชสกรีนที่แสดงผลข้อมูลของโลหะแผ่นและใช้ควบคุมระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ มีความสามารถในการแจ้งเตือนความผิดปกติต่างๆเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน และทำการทดสอบการทำงานจริงของการเก็บแผ่นโลหะแบบอัตโนมัติพบว่าสามารถทำงานได้อย่างแม่นยำมีความถูกต้อง มีข้อผิดพลาดเพียงเล็กน้อยซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

<b>Thesis Title</b>	AUTOMATION VERTICAL SHEET METAL STORAGE SYSTEM	
<b>Authors</b>	Ms. Mookmanee	Sodamook
	Mr. Nutthawut	Srisongmuang
	Mr. Ritthikarn	Ruamsup
<b>Thesis Advisor</b>	Asst. Prof. Sart	Khumool
	Asst. Prof. Dr. Narin	Tammarugwattana
<b>Year</b>	2023	

### ABSTRACT

This project presents an automatic vertical metal sheet storage system, exploring the system's operation and the design and construction methods. The study focuses on integrating the system with equipment and microcontrollers. The thesis comprises two main components: the structural aspect of the automatic vertical metal sheet storage system and the control system. In the structural section, the entire system structure is designed and drafted using computer programs with actual size specifications. The main construction materials employed are aluminum and steel. The control system utilizes Mitsubishi PLC programming, specifically GX-Works3, GT Designer3, and SoftGOT 2000. The control system is designed to manage the upward, downward, inward, and outward movements of the metal sheet pallet. Additionally, the system features weight measurement capabilities for the metal sheets, controlled through a touchscreen display. It can efficiently control and automate the storage of metal sheets vertically. The system incorporates safety alerts and undergoes rigorous testing to ensure precise functionality. Minor errors detected during testing fall within acceptable limits, validating the system's reliability and accuracy.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากการช่วยเหลือ สนับสนุนของบุคคลหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สาท คำมูล และ ผศ.ดร.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒน์ ที่ได้ให้ความรู้ ให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาต่างๆ รวมถึงสนับสนุนงบประมาณ สำหรับอุปกรณ์ในการจัดทำโครงการ และได้กรุณาตรวจทานความเรียบร้อยของปริญญานิพนธ์ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและคสbcmทุกๆ ท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน ให้ความรู้ในด้านต่างๆ คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำแก้ไขข้อบกพร่อง ตลอดจนการจัดทำโครงการที่ผ่านมา

ขอขอบคุณพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวคณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ รวมถึงขอขอบคุณเพื่อนๆ ของคณะผู้จัดทำทุกท่าน ที่ได้คอยให้คำปรึกษาแลกเปลี่ยนความรู้ ช่วยเหลือสนับสนุนในทุกๆ ด้าน จนโครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณผู้เขียนหนังสือเอกสารอ้างอิงและเว็บไซต์ต่างๆ ที่คณะผู้จัดทำได้นำมาใช้ อ้างอิงประกอบการศึกษา จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงโดยสมบูรณ์ที่สุด

คณะผู้จัดทำ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	2
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 หลักการของระบบการจัดเก็บและเบิกจ่ายสินค้าอัตโนมัติ (ASRS).....	3
2.1.1 Unit Load ASRS.....	4
2.1.2 Mini Load ASRS.....	4
2.2 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC).....	5
2.2.1 วงจรแลตเตอร์.....	5
2.2.2 การเขียนโปรแกรม.....	6
2.2.3 โครงสร้างพื้นฐานของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC).....	6
2.2.3.1 ภาคอินพุต (INPUT DEVICE).....	7
2.2.3.2 ตัวประมวลผล (CPU).....	7
2.2.3.3 หน่วยความจำ.....	7
2.2.3.4 ภาคเอาท์พุต (Out Section).....	8
2.2.3.5 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply).....	8
2.2.4 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม.....	8
2.2.4.1 Ladder diagram (LAD).....	9

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.4.2 Function block diagram (FBD).....	9
2.2.4.3 Instruction list (IL) .....	9
2.2.4.4 Structured text (ST).....	9
2.2.4.5 Sequential function chart (SFC).....	9
2.2.5 ลำดับการทำงาน (operation Sequence).....	9
2.2.6 การสแกนอินพุตและเอาต์พุต .....	11
2.3 ระบบเลขฐาน (Number Base System).....	11
2.3.1 ระบบเลขฐาน 2 (Binary Number System).....	11
2.3.2 ระบบเลขฐาน 8 (Octal Number System).....	11
2.3.3 ระบบเลขฐาน 10 (Decimal Number System).....	12
2.3.4 ระบบเลขฐาน 16 (Hexadecimal Number System).....	12
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor).....	13
2.4.1 การทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor).....	13
2.4.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor).....	14
2.4.2.1 มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรี่ส์มอเตอร์ (Series Motor).....	14
2.4.2.2 มอเตอร์แบบขนานหรือเรียกว่าชันทมอเตอร์ (Shunt Motor).....	14
2.4.2.3 มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมปาวด์มอเตอร์.....	15
(Compound Motor)	
2.4.3 การกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง .....	16
2.4.3.1 การกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม .....	16
2.4.3.2 การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน .....	17
2.4.3.3 การกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบคอมปาวด์	18
2.4.4 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง .....	18
2.4.4.1 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม.....	18
2.4.4.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน.....	20
2.4.4.3 การควบคุมความเร็วโดยการปรับขนาดของแรงดันอาร์อาเมเจอร์ ..	22
ด้วยวิธีวาร์ด-ลีโอนาร์ด (Speed control by Ward Leonard)	
2.5 เ็นโค้ดเดอร์แบบแกนหมุน (Rotary Encoder) .....	24
2.5.1 เ็นโค้ดเดอร์แบบหมุน (Incremental Rotary Encoder).....	24

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.2 เอ็นโค้ดเดอร์แบบสัมบูรณ์ (Absolute Rotary Encoder).....	25
2.6 อุปกรณ์วัดค่าน้ำหนักหรือโหลดเซลล์ (Load Cell).....	26
2.7 อุปกรณ์ตรวจจับวัตถุแบบไม่สัมผัส (Proximity Sensor).....	28
2.7.1 Inductive Proximity Sensor .....	28
2.7.2 IR Proximity Sensor .....	29
2.8 สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch).....	30
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ.....</b>	<b>31</b>
3.1 องค์ประกอบภาพรวมของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ.....	31
3.2 การออกแบบโครงสร้างระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ.....	32
3.3 การออกแบบและติดตั้งตู้ควบคุมของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ.....	34
3.4 ออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ.....	39
3.5 การเขียนโปรแกรม PLC ควบคุมการทำงานของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ..	41
3.5.1 การตั้งค่าการตอบสนองของโมดูล RX40C7.....	41
3.5.2 โปรแกรม PLC Ladder ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง.....	42
3.5.3 การออกแบบโปรแกรมสำหรับเปลี่ยนความเร็วมอเตอร์ผ่านวงจรรีเลย์.....	44
3.5.4 การออกแบบส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (GOT2000).....	45
3.6 การคำนวณความเร็วของกลไกการเคลื่อนที่ของพาเลทในทิศทางขึ้น-ลง.....	49
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง .....</b>	<b>51</b>
4.1 การทดลองควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ... แบบเคลื่อนที่ขึ้นของการเก็บโลหะแผ่นตามชั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ขึ้นของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ	51
4.2 การทดลองควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ... แบบเคลื่อนที่ลงของการเก็บโลหะแผ่นตามชั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ลงของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ	52
4.3 การทดลองควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ... แบบเคลื่อนที่เข้าของการเก็บโลหะแผ่นตามชั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่เข้าของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ	53

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 การทดลองควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ... แบบเคลื่อนที่ออกของการเก็บโลหะแผ่นตามชั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ออกของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ	54
4.5 การสอบเทียบอุปกรณ์ชั่งน้ำหนักด้วยตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน .....	55
4.6 การทดลองชั่งน้ำหนักของโลหะแผ่นของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ .....	56
<b>บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ .....</b>	<b>58</b>
5.1 สรุปผลการทดลอง .....	58
5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ .....	58
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา .....	59
<b>บรรณานุกรม.....</b>	<b>60</b>
<b>ภาคผนวก .....</b>	<b>61</b>
<b>ภาคผนวก ก แสดงคู่มือการใช้งานระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติและ HMI.....</b>	<b>62</b>
ก.1.1 องค์ประกอบที่ควรทราบด้านหน้าตู้คอนโทรลไฟฟ้า .....	63
ก.1.2 วิธีการใช้งานตู้คอนโทรลไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้งาน .....	63
<b>ภาคผนวก ข โปรแกรมระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ.....</b>	<b>72</b>
<b>ภาคผนวก ค แสดงคู่มือการใช้งานระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ.....</b>	<b>89</b>
<b>ภาคผนวก ง เอกสารรายงานความก้าวหน้าของปริญญาานิพนธ์.....</b>	<b>94</b>

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างเลขฐานแต่ละระบบ.....	12
4.1 การทดลองควบคุมการระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่ขึ้นในการเก็บ ..... โลหะแผ่นตามชั้นที่กำหนด เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ	52
4.2 การทดลองควบคุมการระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่ลงในการเก็บ ..... โลหะแผ่นตามชั้นที่กำหนด เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ	53
4.3 การทดลองควบคุมการระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่เข้าในการเก็บ..... โลหะแผ่นตามชั้นที่กำหนด เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ	54
4.4 การทดลองควบคุมการระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่ออกในการเก็บ ... โลหะแผ่นตามชั้นที่กำหนด เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ	55
4.5 การทดลองสอบเทียบอุปกรณ์ชั่งน้ำหนักน้ำและตม้น้ำหนักมาตรฐานครั้งที่ 1 .....	55
4.6 การทดลองสอบเทียบอุปกรณ์ชั่งน้ำหนักน้ำและตม้น้ำหนักมาตรฐานครั้งที่ 2 .....	55
4.7 การทดลองชั่งน้ำของโลหะแผ่นของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ .....	57

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระบบการจัดเก็บและเบิกจ่ายสินค้าอัตโนมัติ (ASRS).....	4
2.2 Programmable logic Control.....	5
2.3 โครงสร้างของรีเลย์และสัญลักษณ์ตามมาตรฐาน ANSI .....	5
2.4 ตัวอย่างรูปวงจรแลคเตอร์ .....	6
2.5 ลักษณะโครงสร้าง PLC .....	6
2.6 ลักษณะโครงสร้าง PLC.....	7
2.7 วงรอบการทำงานของ PLC .....	10
2.8 โครงสร้างโดยทั่วไปของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง .....	13
2.9 วงจรมอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor).....	14
2.10 วงจรมอเตอร์แบบขนาน (Shunt Motor).....	15
2.11 วงจรมอเตอร์ Short Shunt Compound Motor.....	15
2.12 วงจรมอเตอร์ Long Shunt Compound Motor.....	16
2.13 วงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมโดยเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์.....	17
2.14 วงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมโดยเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก.....	17
2.15 เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์โดยใช้สวิตช์สองขาสลับสองทาง .....	17
2.16 เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กโดยใช้สวิตช์สองขาสลับสองทาง ..	18
2.17 เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์โดยใช้สวิตช์ของสองขาสลับสองทาง .....	18
2.18 เปลี่ยนทิศทางกระแสทั้งขดลวดอนุกรมและขดลวดขนาน.....	18
2.19 การควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยใช้ตัวต้านทานรีโอสแตต.....	19
2.20 การควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยการแบ่งขดลวด.....	20
2.21 การควบคุมความเร็วมอเตอร์อนุกรมให้สูงกว่าความเร็วปกติ .....	20
2.22 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้ต่ำกว่าความเร็วปกติ .....	21
2.23 วงจรการควบคุมแบบรีโอสแตต.....	22
2.24 แสดงการต่อไดเวอร์เตอร์ .....	22
2.25 วงจรการต่อตัวต้านทานรีโอสแตตควบคุมเส้นแรงแม่เหล็ก.....	23

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.26 วงจรการควบคุมความเร็วโดยการปรับขนาดของแรงดันอาร์เอมเจอร์ด้วย..... วิธีวาร์ด-ลีโอนาร์ด	23
2.27 โครงสร้างของเอ็นโค้ดเดอร์แบบหมุนชนิดเอ็นโค้ดเดอร์แบบหมุน .....	25
2.28 สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม.....	25
2.29 โครงสร้างของเอ็นโค้ดเดอร์แบบหมุนชนิดเอ็นโค้ดเดอร์แบบสมบูรณ์ .....	26
2.30 แสดงสัญญาณเอาต์พุตแบบรหัส Binary จำนวน 4 บิต.....	26
2.31 แสดงสัญญาณเอาต์พุตแบบรหัส Gray จำนวน 4 บิต.....	26
2.32 วงจร Wheatstone Bridge.....	27
2.33 ตำแหน่งการทำงาน .....	27
2.34 Load Cell สภาวะปกติ .....	28
2.35 Load Cell สภาวะเมื่อมีแรงมากระทำ .....	28
2.36 หลักการทำงาน .....	29
2.37 การต่อ Proximity Sensor แบบ NPN.....	30
2.38 โครงสร้างของลิมิตสวิตช์ .....	30
2.39 สวิตช์จำกัดระยะชนิดก้านบานพับ .....	30
3.1 องค์ประกอบภาพรวมของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ .....	31
3.2 การออกแบบโครงสร้างด้วยโปรแกรม SOLIDWORK 2022 (ขนาดเป็นเซนติเมตร).....	32
3.3 การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ใส่โครงสร้าง.....	33
3.4 โครงสร้างจริงของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ .....	33
3.5 วงจรภายในตู้ควบคุมหน้าที่ 1 .....	34
3.6 วงจรภายในตู้ควบคุมหน้าที่ 2 .....	34
3.7 วงจรภายในตู้ควบคุมหน้าที่ 3 .....	35
3.8 วงจรภายในตู้ควบคุมหน้าที่ 4 .....	35
3.9 ออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ภายนอกและภายในตู้ควบคุมด้วยโปรแกรม SOLIDWORK 2022.....	36
3.10 ออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ภายนอกและภายในตู้ควบคุม.....	36
3.11 ภายในตู้ควบคุม.....	37
3.12 ภายในตู้ควบคุมด้านฝาเปิด-ปิด .....	37

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.13 ภายนอกตู้ควบคุม .....	38
3.14 ทดสอบการใช้งานตู้ควบคุม.....	38
3.15 แผนภาพการออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ .....	39
3.16 หน้าต่างแสดงคำสั่งที่ใช้ใน STORE MODE.....	40
3.17 หน้าต่างแสดงคำสั่งที่ใช้ใน RETRIEVE MODE .....	41
3.18 หน้าต่างการตั้งค่าความไวในการตอบสนองของโมดูล RX40C7 .....	42
3.19 โปรแกรมการควบคุมการทำงานแบบลำดับขั้นของโหมด Retrieve .....	41
3.20 โปรแกรมการควบคุมการทำงานแบบลำดับขั้นของโหมด Store .....	43
3.21 การแยกเอาต์พุตจริงออกจากการทำงานแบบลำดับขั้น .....	43
3.22 Flow chart แสดงการทำงานของรีเลย์ควบคุมเคลื่อนที่ของมอเตอร์ในขาขึ้น-ลง ตามลำดับ .....	44
3.23 Main menu .....	45
3.24 Retrieve – Store selection .....	45
3.25 Retrieve Pallet Selection .....	46
3.26 Store level Selection .....	46
3.27 Operating Screen .....	47
3.28 Manual .....	47
3.29 โปรแกรม Ladder สำหรับเงื่อนไขการทำงานของหน้าจอสัมผัส .....	48
3.30 Worm gear และ Spur gear ที่ใช้ในการทดรอบ.....	49
ก-1 องค์ประกอบเบื้องต้นของตู้คอนโทรลไฟฟ้า.....	63
ก-2 Auto Mode สภาวะที่ 1 ของตู้คอนโทรลไฟฟ้า.....	64
ก-3 Manual Mode สภาวะที่ 1 ของตู้คอนโทรลไฟฟ้า.....	65
ก-4 หน้าต่าง Main menu .....	67
ก-5 หน้าต่าง Manual mode .....	67
ก-6 หน้าต่าง Retrieve / Store selection.....	68
ก-7 หน้าต่าง Retrieve Screen .....	69
ก-8 หน้าจอวินโดว์ยืนยันการเริ่มทำงาน.....	69
ก-9 หน้าต่าง Store Screen .....	70
ก-10 หน้าต่าง Operating Screen .....	71

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข-1 โปรแกรม PLC การทำงานแบบลำดับขั้น.....	73
ข-2 โปรแกรม PLC การทำงานแบบลำดับขั้น (ต่อ).....	74
ข-3 โปรแกรม PLC การทำงานแบบลำดับขั้น (ต่อ).....	75
ข-4 โปรแกรม PLC การทำงานแบบลำดับขั้น (ต่อ).....	76
ข-5 โปรแกรม PLC การทำงานแบบลำดับขั้น (ต่อ).....	77
ข-6 โปรแกรม PLC การทำงานแบบลำดับขั้น (ต่อ).....	78
ข-7 โปรแกรม PLC การทำงานแบบลำดับขั้น (ต่อ).....	79
ข-8 โปรแกรม PLC การรีเซ็ตการทำงาน.....	80
ข-9 โปรแกรม PLC การรีเซ็ตการทำงาน (ต่อ).....	81
ข-10 โปรแกรม PLC การรีเซ็ตการทำงาน (ต่อ).....	82
ข-11 โปรแกรม PLC การรีเซ็ตการทำงาน (ต่อ).....	83
ข-12 โปรแกรม PLC การรีเซ็ตการทำงาน (ต่อ).....	84
ข-13 โปรแกรม PLC เงื่อนไขการแสดงผลของจอทัชสกรีน SOFTGOT2000.....	85
ข-14 โปรแกรม PLC เงื่อนไขการแสดงผลของจอทัชสกรีน SOFTGOT2000 (ต่อ).....	86
ข-15 โปรแกรม PLC เงื่อนไขการแสดงผลของจอทัชสกรีน SOFTGOT2000 (ต่อ).....	87
ข-16 โมดูลที่ใช้ในระบบ.....	87
ข-17 การตั้งพารามิเตอร์ของโมดูล RX40C7.....	87
ข-18 การกำหนด Label ที่ใช้ในโปรแกรม.....	88
ค-1 แบบไฟฟ้าภายในตู้คอนโทรล.....	90
ค-2 แบบไฟฟ้าภายในตู้คอนโทรล (ต่อ).....	91
ค-3 แบบไฟฟ้าภายในตู้คอนโทรล (ต่อ).....	92
ค-4 แบบไฟฟ้าภายในตู้คอนโทรล (ต่อ).....	93

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตได้มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วตามเศรษฐกิจภายในประเทศทำให้ส่งผลไปยังหลายองค์การนั้นต้องประสบปัญหาในเรื่อง การผลิตสินค้าไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ทำให้เกิดปัญหาด้านความต้องการแรงงานในการผลิตเป็นจำนวนมาก แต่แรงงานในปัจจุบันเกิดสภาวะที่ขาดแคลน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้หลายๆ องค์การต้องปรับปรุงประสิทธิภาพภายในบริษัทตั้งแต่กระบวนการจัดซื้อ จัดจ้าง ตลอดจนกระบวนการสุดท้ายในการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าให้มีประสิทธิภาพเพื่อให้บริษัทสามารถแข่งขันทางธุรกิจได้ การบริหารจัดการคลังสินค้ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อกิจกรรมการบริหารธุรกิจและการจัดการคลังสินค้าส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนในด้านโลจิสติกส์ให้มีประสิทธิภาพในการตอบสนองความต้องการลูกค้า การคลังสินค้าประกอบไปด้วยกิจกรรมหลักๆ คือ การรับสินค้า การเคลื่อนย้าย การจัดเก็บ การวางแผนผังคลังสินค้า การเลือกอุปกรณ์ขนถ่ายสำหรับการใช้ภายในคลังสินค้ารวมถึงการจ่ายสินค้า ซึ่งถ้าหากบริษัทมีการบริหารจัดการคลังสินค้าให้มีประสิทธิภาพ จะเป็นการเพิ่มศักยภาพภายในของบริษัทและสามารถลดต้นทุนจากการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ระบบในการเก็บสินค้าที่เป็นโลหะแผ่นจะต้องใช้แรงงานคนขั้นต่ำอย่างน้อย 4 คน ในการขนย้ายโลหะแผ่นที่ขนาดใหญ่แล้วยกโลหะแผ่นนำมาวางบนพาเลท รูปแบบของคลังเก็บโลหะแผ่นที่นิยมคือรูปแบบมีลักษณะเป็นแนวกว้าง ซึ่งมีการพบปัญหาการสูญเสียพื้นที่ในการใช้สอยมาก ปัญหาเรื่องของการทวนสอบสต็อกสินค้าคงเหลือ ปัญหาด้านของระบบการจัดเก็บเอกสารมีความผิดพลาดโดยมีสาเหตุเนื่องจากขณะจัดเก็บสินค้าให้พนักงานบันทึกข้อมูลชนิดของโลหะ จำนวน ขนาดและตำแหน่งที่จัดเก็บสินค้า ลงในเอกสารเกิดความผิดพลาดซึ่งส่งผลกระทบต่อ ผลการดำเนินงานด้านคลังสินค้าทั้งผลกระทบเชิงลบด้านค่าใช้จ่าย (Cost) เวลา (Time) และประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน

จากที่กล่าวมาข้างต้นทางคณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ได้มีแนวคิดการทำโครงการระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติที่มีการทำงานเหมือนระบบจัดเก็บสินค้าอัตโนมัติ (Automated Storage) เพื่อศึกษาระบบการทำงาน การออกแบบและสร้างต้นแบบจำลองของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติสำหรับเก็บโลหะแผ่นได้หลายขนาดชั้นในการเก็บสูงไม่เกิน 4 เซนติเมตร การรับน้ำหนักของโลหะแผ่นรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 5 กิโลกรัม มีทั้งหมด 6 ชั้น มีไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงาน มีอุปกรณ์ชั่งน้ำหนักของโลหะแผ่น มีจอทัชสกรีนสำหรับการควบคุมเครื่องและยังมีปุ่มหยุดการทำงานฉุกเฉิน ให้ได้ศึกษาภายในภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม อีกทั้งยังสามารถนำโครงการที่คณะผู้จัดทำได้สร้างขึ้นมาไปศึกษาเพิ่มเติม ปรับปรุงและหาทางลดต้นทุนที่สามารถนำไปต่อยอดในรูปแบบธุรกิจระดับอุตสาหกรรมในด้านคลังสินค้าและระบบโลจิสติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท

1. เพื่อศึกษาระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
2. เพื่อศึกษาวิธีการออกแบบและสร้างระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
3. เพื่อศึกษาอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุมระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

## 1.3 ขอบเขตของปริญญาโท

1. ออกแบบและสร้างระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
2. ออกแบบระบบควบคุมและระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
3. ศึกษาและออกแบบระบบคลังสินค้า

## 1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาระบบคลังสินค้าของการเก็บโลหะแผ่นแบบเก่าภายในโรงงานก่อนที่จะมีระบบจัดเก็บสินค้าอัตโนมัติ (Automated Storage) และศึกษาหลังจากที่มีระบบจัดเก็บสินค้าอัตโนมัติ (Automated Storage)
2. ศึกษาวิธีการออกแบบและสร้างระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
3. ศึกษาวิธีการออกแบบของระบบที่เขียนโดยใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
4. ศึกษาการนำไปต่อยอดในรูปการทำธุรกิจในงานระดับอุตสาหกรรม

## 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถศึกษาการทำงานของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
2. สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
3. สามารถต่อยอดในรูปการทำธุรกิจในงานระดับอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษา ทบทวนหนังสือ บทความต่างๆ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำปริญญาานิพนธ์ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ ซึ่งเป็นส่วนอ้างอิงในการกล่าวถึงทฤษฎี หลักการทำงานของอุปกรณ์และความรู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการจัดทำปริญญาานิพนธ์ เพื่อเป็นแนวทางการดำเนินงานในการจัดทำปริญญาานิพนธ์ ในเรื่องของการออกแบบ การสร้างระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติที่มีความถูกต้อง มีความแม่นยำ มีประสิทธิภาพและออกแบบระบบที่ใช้ตัวอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ รวมไปถึงทดสอบการทำงาน ให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ได้สร้างไว้ โดยจะอธิบายและมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

- 2.1 หลักการของระบบการจัดเก็บและเบิกจ่ายสินค้าอัตโนมัติ (ASRS)
- 2.2 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC)
- 2.3 ระบบเลขฐาน (Number Base System)
- 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)
- 2.5 เอ็นโค้ดเดอร์แบบแกนหมุน (Rotary Encoder)
- 2.6 อุปกรณ์วัดค่าน้ำหนักหรือโหลดเซลล์ (Load Cell)
- 2.7 อุปกรณ์ตรวจจับวัตถุแบบไม่สัมผัส (Proximity Sensor)
- 2.8 สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch)

### 2.1 หลักการของระบบการจัดเก็บและเบิกจ่ายสินค้าอัตโนมัติ (ASRS)

Automated Storage & Retrieval System (ASRS) คือ ระบบการจัดเก็บและเบิกจ่ายสินค้าอัตโนมัติ (ASRS) จะประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก คือ ชั้นวางสินค้า (ASRS Racking) ซึ่งเป็นโครงสร้างเหล็กที่แบ่งเป็นช่องจัดเก็บสินค้าในแนวราบและซ้อนกันเป็นชั้นๆ ในแนวตั้ง โดยมีเครนหรืออุปกรณ์เครื่องจักรที่ใช้จัดเก็บและเบิกจ่ายสินค้า Storage and Retrieval Machine (SRM) ที่สามารถวิ่งเคลื่อนที่ได้ทั้งแนวราบและแนวตั้ง เพื่อนำสินค้าเข้าและออกจากชั้นวางสินค้า ซึ่งมีการควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ กับโปรแกรมบริหารจัดการคลังสินค้า WMS (Warehouse Management System) และโปรแกรมการจัดการเครื่องจักร WCS (Warehouse Control System) ที่มีความแม่นยำสูง

ASRS มีรูปแบบหลักๆอยู่ 2 ประเภท คือ ระบบ Unit-Load ASRS จัดเก็บสินค้าบนพาเลทที่มีน้ำหนักมาก และระบบ Mini-Load ASRS จัดเก็บสินค้าขนาดเล็กที่มีน้ำหนักเบา

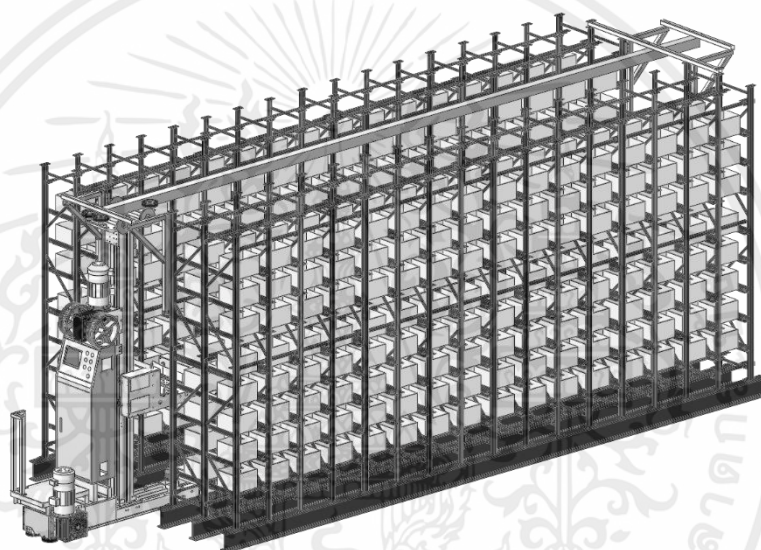
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1 Unit Load ASRS

ระบบจัดเก็บและเบิกจ่ายแบบนี้ทำงานโดยการเคลื่อนย้ายของพาเลท (Unit Loads) มาตรฐานที่เฉพาะเจาะจงสำหรับสถานที่ของคุณ เหมาะอย่างยิ่งสำหรับพื้นที่จัดเก็บที่มีความหนาแน่น และมีปริมาณงานสูง เหมาะสำหรับอาคารสูง 20 เมตร ถึง 40 เมตร

### 2.1.2 Mini Load ASRS

เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการประหยัดพื้นที่ใช้สอยสำหรับผลิตภัณฑ์หรือสินค้าที่มีขนาดเล็ก รูปแบบกล่องหรือถาดขนาดเล็ก (Mini Load) ระบบนี้สามารถติดตั้งในทางเดินที่แคบเพียง 7 ฟุตได้ และสามารถทำงานที่ความสูงได้หลายชั้น เหมาะสำหรับอาคารสูง 10 เมตร ถึง 25 เมตร



รูปที่ 2.1 ระบบการจัดเก็บและเบิกจ่ายสินค้าอัตโนมัติ (ASRS)

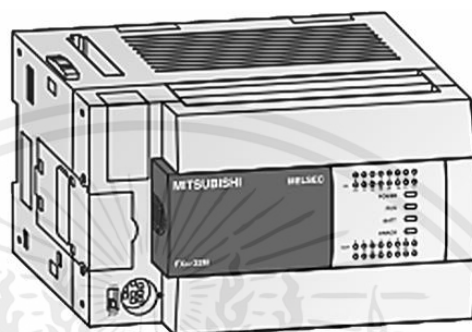
ที่มา : <https://acetec.co.th/product/mini-load/>

ระบบ ASRS นั้นมีประโยชน์หลายประการ เช่น สามารถช่วยลดพื้นที่ของระบบคลังสินค้าในแนวราบ (Less Footprint) เหมาะกับคลังที่มีพื้นที่ไม่มากนักและสามารถใช้ประโยชน์จากพื้นที่คลังในแนวตั้งได้เต็มที่ (Vertical Utilization) สามารถเก็บปริมาณสินค้าได้มากขึ้นกว่าเดิม รู้ตำแหน่งที่เก็บสินค้าและตรวจสอบสถานะข้อมูลสินค้าทั้งหมดได้อย่างถูกต้องแม่นยำสูง (High Accuracy) ทันทีแบบ (Real-Time) ASRS ถือเป็นการจัดระบบคลังสินค้าในแนวราบอย่างเต็มพื้นที่และใช้พื้นที่ในอาคารให้เกิดประโยชน์สูงสุด ที่ทำให้ผู้ประกอบการหมดกังวลได้ในหลายๆเรื่องไม่ว่าจะเป็นกระบวนการจัดส่งต่อไปยังลูกค้าปลายทางให้ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ ทันเวลา และคงสภาพที่ดีอยู่ได้ ซึ่งการมีระบบคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพจะทำให้อะไรหลายๆ อย่างนั้นดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC)

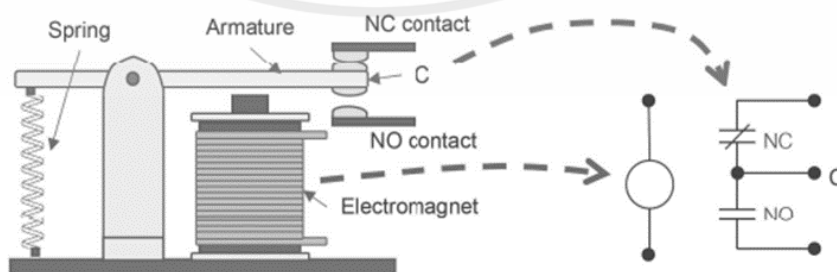
โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) ย่อมาจาก Programmable Logic Control เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและกระบวนการทำงานต่างๆ เป็นส่วนของประมวลผลและสั่งการที่สำคัญเปรียบเหมือนสมองของเครื่องจักร ซึ่งทำให้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) กลายเป็นจุดสำคัญของการพัฒนาโรงงานอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.2 Programmable logic Control

### 2.2.1 วงจรแลตเตอร์

เป็นวิธีการสร้างโปรแกรมของ PLC ซึ่งพัฒนามาจากวงจรรีเลย์แบบดั้งเดิม รีเลย์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สนามแม่เหล็กเพื่อควบคุมการสับเปลี่ยนหรือตัดต่อวงจร ดังรูปที่ 2.3 เมื่อจ่ายแรงดันไฟเข้าที่คอยล์กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านคอยล์จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น ซึ่งมันจะดูดคานโลหะให้เคลื่อนที่หน้าคอนแทคต่อกันขณะจ่ายไฟจะเรียกว่า ปกติเปิด (Normally Open) ถ้าคอนแทคต่อกันขณะยังไม่จ่ายไฟจะเรียกว่า ปกติปิด (Normally Closed) รีเลย์มักจะวาดด้วยสัญลักษณ์วงกลมเพื่อแทนคอยล์ ส่วนหน้าคอนแทคปกติเปิด (NO) จะใช้เส้นขนาน 2 เส้น และหน้าคอนแทคปกติปิด (NC) จะใช้เส้นขนาน 2 เส้น พร้อมเส้นทแยง 1 เส้น



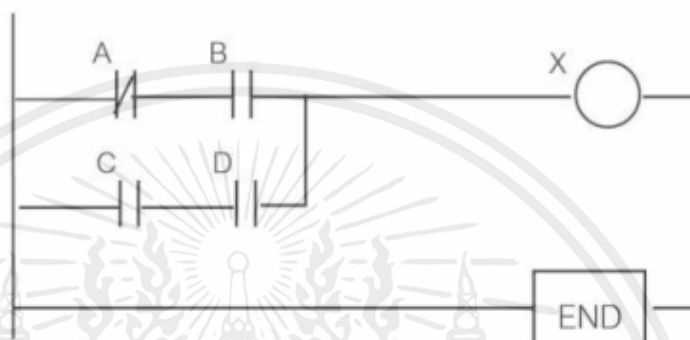
รูปที่ 2.3 โครงสร้างของรีเลย์และสัญลักษณ์ตามมาตรฐาน ANSI

ที่มา : <https://sonicautomation.co.th/how-safety-relay-work/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.2 การเขียนโปรแกรม

ในช่วงแรกโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) เริ่มมีการถูกนำมาใช้งานจริง ในทางอุตสาหกรรมจะเขียนโปรแกรมโดยอาศัยพื้นฐานในเรื่องของวงจรรีเลย์ ซึ่งวิธีการนี้ทำให้ผู้เขียนโปรแกรมช่างเทคนิค และวิศวกร สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายและเรียนรู้ได้ง่าย ในปัจจุบันวิธีการนี้ก็ยังใช้งานอยู่ ผู้เขียนโปรแกรมสามารถใช้ซอฟต์แวร์สร้างกราฟฟิกตามวงจรแลคเตอร์และดาวนโหลดใส่ตัวพีแอลซี (PLC) จากนั้นจะทำงานตามเงื่อนไขต่างๆ ของวงจรรแลคเตอร์

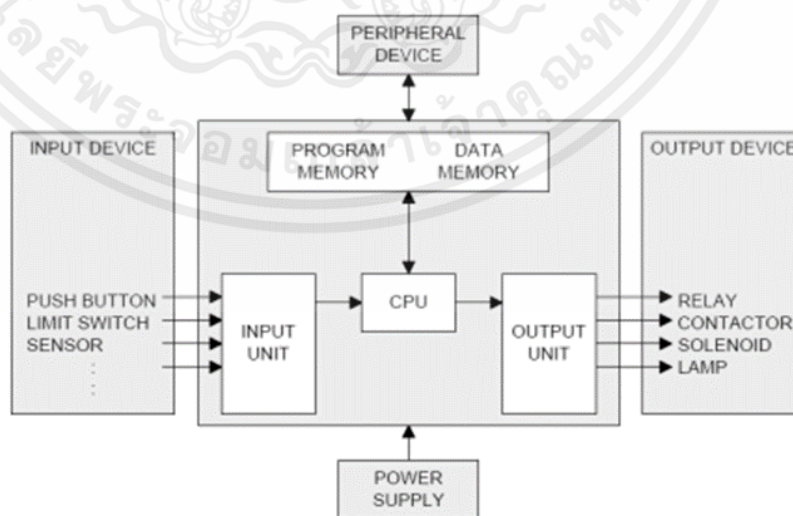


รูปที่ 2.4 ตัวอย่างรูปร่างจอร์แลคเตอร์

ที่มา : <http://www.dsd.go.th>

## 2.2.3 โครงสร้างพื้นฐานของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC)

โดยทั่วไปจะมีโครงสร้างคล้ายกับตัวคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีส่วนประกอบทั้งหมด 5 ส่วนหลัก ประกอบด้วย ภาคอินพุต ตัวประมวลผล หน่วยความจำ ภาคเอาต์พุต แหล่งจ่ายไฟ และอุปกรณ์ต่อร่วม



รูปที่ 2.5 ลักษณะโครงสร้าง PLC

ที่มา : <http://www.moro.co.th/plc->

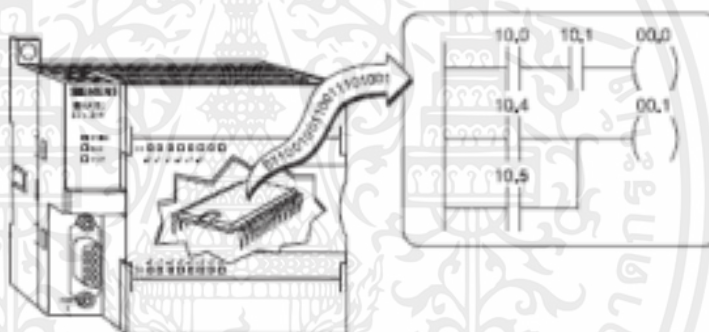
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3.1 ภาคอินพุต (INPUT DEVICE)

ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามามาจากนั้นจะทำการส่งข้อมูลต่อไปยังตัวประมวลผล (CPU) เพื่อถูกนำไปประมวลผลต่อไปในขั้นตอนต่อไป โดยข้อมูลที่รับเข้ามาเป็นสัญญาณอินพุตมาจาก เซนเซอร์ (Sensors) ลิมิทสวิตช์ (Limit Switches) และเอ็นโค้ดเดอร์ (Encoders)

### 2.2.3.2 ตัวประมวลผล (CPU)

ทำหน้าที่คำนวณ และควบคุมระบบซึ่งเปรียบเสมือนสมองของตัวพีแอลซี (PLC) ภายในนั้นประกอบด้วยวงจรถ่ายทอดหลายชนิด มีไมโครโพรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์ (Counter)/ไทม์เมอร์ (Timer) และซีคอนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้แลคเกอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram) ตัวประมวลผล (CPU) จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตต่างๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์โดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาต์พุต



รูปที่ 2.6 ลักษณะโครงสร้าง PLC

ที่มา : <http://km.pmitc.ac.th>

### 2.2.3.3 หน่วยความจำ

ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยที่ขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสถานะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันไปแต่คำสั่งซึ่งตัวพีแอลซี (PLC) ประกอบไปด้วยหน่วยความจำสองชนิด คือ ROM และ RAM

#### 1) RAM (Random Access Memory)

ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้งาน และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของตัวพีแอลซี (PLC) หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้เพื่อใช้งานเป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ ลักษณะของการอ่านและเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำ RAM ทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงเหมาะสมกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่อง ที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อยๆ

## 2) ROM (Read Only Memory)

ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานด้านของตัวพีแอลซี (PLC) ตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM และ EEPROM

## 3) EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)

ถูกแบ่งมาจากตัวหน่วยความจำ ROM ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่เมื่อผู้ใช้เขียนข้อมูลลงไปแล้ว เมื่อต้องการลบข้อมูลจะต้องใช้เครื่องลบช่วยในการลบข้อมูลหรือโดยฉายแสงอุลตราไวโอเลตที่ EPROM ก็จะทำให้ข้อมูลถูกลบออกจากหน่วยความจำ EPROM หน่วยความจำนี้ไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง ก็สามารถเก็บข้อมูลไว้ได้ขณะที่ไฟฟ้านดับ

## 4) EEPROM (Electric Erasable Programmable Read Only Memory)

ถูกแบ่งมาจากตัวหน่วยความจำ ROM ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่เมื่อผู้ใช้เขียนข้อมูลลงไปแล้ว ต้องการจะเขียนข้อมูลใหม่ก็สามารถเขียนทับลงไปได้ทันที

### 2.2.3.4 ภาคเอาต์พุต (Out Section)

ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และโซลินอยด์วาล์ว เป็นต้น

### 2.2.3.5 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำและหน่วยอินพุต/เอาต์พุต

### 2.2.3.6 อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices)

ทำหน้าที่ป้อนข้อมูลให้กับตัว PLC เช่น คอมพิวเตอร์ (COMPUTER) โปรแกรมแบบพกพาได้ (HANDHELD PROGRAM) และอื่นๆ

## 2.2.4 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

ภาษาถึงแม้ว่าลักษณะโครงสร้างของ แต่ละภาษาจะมีความแตกต่างกัน แต่ละภาษาจะมีส่วนประกอบต่างๆ ในโปรแกรมมีลักษณะเดียวกันตามมาตรฐาน IEC 1131-3 เช่น ลักษณะการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศตัวแปรฟังก์ชัน และฟังก์ชันบล็อก เป็นต้น ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมตามมาตรฐาน IEC 1131-3 กำหนดไว้ 5 ภาษา ดังต่อไปนี้

#### 2.2.4.1 Ladder diagram (LAD)

คือ เป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของกราฟิก ซึ่งมีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมแบบรีเลย์ และวงจรไฟฟ้า ซึ่ง แลคเตอร์ไดอะแกรม จะประกอบด้วย ราง (Rail) ทั้งซ้ายและขวา ของ ไดอะแกรม เพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์หน้าสัมผัส เพื่อเป็นทางผ่านของกระแส และมี ขดลวด หรือ คอยล์ เป็นเอาต์พุต

#### 2.2.4.2 Function block diagram (FBD)

คือ เป็นภาษาที่แสดงฟังก์ชัน การทำงานในรูปของกราฟิกเช่นเดียวกัน และ เชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย โดยการเขียนโปรแกรมในรูปของ ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรม จะมีพื้นฐานมาจาก ลอจิกไดอะแกรม

#### 2.2.4.3 Instruction list (IL)

คือ จะเป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของข้อความ และมีลักษณะคล้ายกับภาษา แอสเซมบลี (Assembly) และภาษาตัวเครื่องจักร (Machine code) ซึ่งภายในหนึ่งคำสั่งควบคุมจะ ประกอบด้วย ส่วนปฏิบัติการ (Operator) และส่วนที่ถูกดำเนินการ (Operand)

#### 2.2.4.4 Structured text (ST)

คือ ST จะเป็นภาษาในระดับสูง โดยมีพื้นฐานมาจากภาษา Pascal ซึ่งจะ ประกอบไปด้วย นิพจน์ และคำสั่ง โดยคำสั่งทั่วไปจะอยู่ในรูปของคำสั่งเกี่ยวกับการเลือกทำงาน เช่น IF.....THEN.....ELSE เป็นต้น คำสั่งเกี่ยวกับการทำงานซ้ำ เช่น FOR , WHILE เป็นต้น

#### 2.2.4.5 Sequential function chart (SFC)

คือ เป็นภาษาที่รองรับการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นแบบ ซีควเอนซ์ ซึ่งส่วนประกอบของ SFC จะประกอบด้วย Step (คำสั่งในการปฏิบัติการในแต่ละขั้นตอน) และ Transition (เงื่อนไขที่กำหนดให้กระทำคำสั่งในแต่ละ Step) นอกจากนี้ยังสามารถกำหนด ลักษณะการทำงาน เช่น Alternative step sequence และ Parallel step sequence

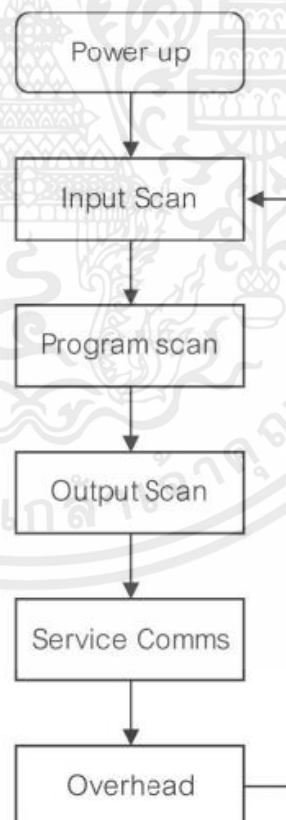
ซึ่งภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมคำสั่งต่างๆ จะทำเพื่อควบคุมการทำงาน ทั้งหมดของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ ทางคณะผู้จัดทำได้มีการเขียนโปรแกรมคำสั่งให้ มีการทำงานเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งมาประยุกต์ใช้กับภาษา Ladder diagram เป็นหลัก

### 2.2.5 ลำดับการทำงาน (operation Sequence)

PLC ส่วนใหญ่จะมีลำดับการทำงานพื้นฐาน 4 ถึง 5 ขั้นตอนและจะทำงานวนซ้ำกัน เช่นนี้ไปเรื่อยๆ เมื่อจ่ายไฟให้กับตัวพีแอลซี (PLC) มันจะเริ่มตรวจสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์และ

ซอฟต์แวร์เพื่อหาข้อบกพร่อง ถ้าไม่มีปัญหาใดๆมันจะอ่านข้อมูลอินพุต (สัญญาณอินพุตต่างๆ) เข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำซึ่งเรียกว่า สแกนอินพุต (Input Scan) จากนั้นจะประมวลผลตามโปรแกรมแลดเดอร์ (Ladder Program) โดยใช้ข้อมูลจากหน่วยความจำ การประมวลผลนี้เรียกว่าโปรแกรมสแกน (Program Scan) ขณะที่ตัวอุปกรณ์ PLC ประมวลผลตามภาษาของโปรแกรมแลดเดอร์นั้นค่าเอาต์พุตของโปรแกรมแลดเดอร์จะเปลี่ยนแปลงตามเงื่อนไขคำสั่งต่างๆ ของตัวโปรแกรม แต่การเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขต่างๆ นี้จะยังคงอยู่ในหน่วยความจำชั่วคราว (Temporary Memory) เท่านั้น เมื่อการสแกนภาษาของแลดเดอร์ทำงานเสร็จสมบูรณ์แล้วข้อมูลเอาต์พุตในหน่วยความจำชั่วคราวนี้จะถูกส่งไปที่ยูนิตเอาต์พุต ทำให้อุปกรณ์ที่ต่ออยู่ภายนอกทำงานตามผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูล ซึ่งนั้นจะถูกเรียกว่าการสแกนเอาต์พุต (Output Scan)

เมื่อสิ้นสุดการสแกนเอาต์พุต PLC จะให้บริการการสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอก (ถ้ามี) เช่นอุปกรณ์ป้อนโปรแกรม คอมพิวเตอร์ เป็นต้น จากนั้นก็จะเข้าสู่การทำงาน Overhead ซึ่งคือการใช้เวลาในการจัดการหน่วยความจำและปรับค่าไทม์เมอร์ เป็นต้น จากนั้นจะวนกลับไปเริ่มต้นการทำงานใหม่ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะใช้เวลามากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการทำงานของ CPU



รูปที่ 2.7 วรรณการทำงานของ PLC

ที่มา : <https://pubhtml5.com/rebn/ozwt/PLC>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.6 การสแกนอินพุตและเอาต์พุต

เป็นเรื่องสำคัญอย่างมากที่ต้องทำการศึกษาความรู้ และความเข้าใจในเรื่องของการใช้งานตัวอุปกรณ์พีแอลซี (PLC) กับงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในอนาคต การใช้งานตัวสแกนอินพุตจะเป็นการรับรู้สถานะของสัญญาณอินพุตหรืออุปกรณ์อินพุตในเวลาขณะนั้นแล้วจะนำข้อมูลเหล่านั้นมาประมวลผลตามตัวโปรแกรมแลตเตอร์ ถ้าสถานะของอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการประมวลแลตเตอร์พีแอลซี (PLC) นั้นจะไม่สนใจสถานะที่เปลี่ยนแปลงและเงื่อนไขต่างๆ ยกเว้นกรณีที่เป็นตัวอินพุตแบบขัดจังหวะ (Interrupt input) ซึ่งเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่จะเกิดขึ้นถ้าได้มีการเปลี่ยนแปลงสถานะอินพุตเร็วเกินไปและเกิดขึ้นระหว่างการประมวลผลของแลตเตอร์จะทำให้ตัวพีแอลซี (PLC) ไม่สามารถรับรู้สถานะอินพุตดังกล่าวได้

เมื่ออินพุตต่างๆ ที่ต่อกับตัวพีแอลซี (PLC) ถูกสแกนมันจะเก็บค่าหรือสถานะต่างๆไว้ในหน่วยความจำอินพุต ส่วนเอาต์พุตที่ต่อกับ PLC ถูกสแกนมันจะนำข้อมูลจากหน่วยความจำเอาต์พุตส่งออกไปให้ภาคเอาต์พุต ในขณะที่ตัวพีแอลซี (PLC) ทำการสแกนโปรแกรมแลตเตอร์จะใช้ค่าลอจิกหรือข้อมูลในหน่วยความจำเท่านั้นโดยไม่สนใจค่าหรือสถานะจริงๆของอินพุตและเอาต์พุตในขณะนั้น

## 2.3 ระบบเลขฐาน (Number Base System)

เนื่องจากตัวปัญญาประดิษฐ์ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติใช้อุปกรณ์ตัวพีแอลซี (PLC) ที่เป็นเครื่องควบคุมหลักการประมวลผลข้อมูลจะเป็นการประมวลผลที่อยู่ในรูปของข้อมูลแบบดิจิทัล เช่นเดียวกับคอมพิวเตอร์ ดังนั้นก่อนใช้งานตัวพีแอลซี (PLC) ควรมีความรู้พื้นฐานของระบบเลขฐานเพราะเป็นพื้นฐานสำคัญในการแปลงข้อมูลต่างๆ ในการเขียนโปรแกรมคำสั่งควบคุม หรือใช้งานในด้านต่างๆ นั้น จะมีอยู่ด้วยกัน 4 ระบบ ได้แก่

### 2.3.1 ระบบเลขฐาน 2 (Binary Number System)

คือ เป็นเลขฐานที่ประกอบด้วยเลข 2 ตัว ได้แก่เลข 0 กับ เลข 1 ซึ่งเป็นเลขฐานที่คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้ง่าย เพราะว่าอุปกรณ์ทางไฟฟ้าก็มีสถานะเพียง 2 สถานะ คือเปิดกับปิด ซึ่งก็เทียบได้กับ 0 กับ 1 แต่ถ้าใช้เลขฐาน 10 ในคอมพิวเตอร์อาจเกิดปัญหาอย่างอื่นตามมา หรือแม้ อุปกรณ์ทางไฟฟ้า ก็ต้องแบ่งสถานะออกเป็น 10 สถานะ ซึ่งไม่เป็นที่นิยมกันการเก็บข้อมูลในระบบของคอมพิวเตอร์จะจัดเก็บเป็นข้อมูลในระบบของคอมพิวเตอร์ก็จะจัดเก็บเป็นกลุ่มตัวเลขฐานสองหลายบิต ขึ้นอยู่กับขนาดของสิ่งที่ต้องการเก็บ และหน่วยความจำที่ใช้

### 2.3.2 ระบบเลขฐาน 8 (Octal Number System)

เป็นเลขฐานที่ประกอบด้วยเลข 8 ตัว ซึ่งประกอบด้วยเลข 0 1 2 3 4 5 6 และ 7 ซึ่งเป็นเลขฐานที่เพิ่มเนื้อที่หน่วยความจำในการเก็บให้มากขึ้น การเก็บข้อมูลเป็นเลขฐาน 8 จะทำให้เก็บข้อมูลเป็นเลขฐาน 8 จะทำให้เก็บข้อมูลมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.3 ระบบเลขฐาน 10 (Decimal Number System)

เป็นเลขฐานที่ประกอบด้วยตัวเลข 10 ตัว ซึ่งประกอบด้วยเลข 0 1 2 3 4 5 6 7 8 และ 9 ซึ่งระบบเลขฐาน 10 เป็นระบบเลขฐานที่คนทั่วไปสามารถเข้าใจได้เป็นอย่างดี เพราะเป็นตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันซึ่งใช้มาตลอด สามารถจำได้และคำนวณได้ง่ายกว่าเลขฐานอื่นๆ

### 2.3.4 ระบบเลขฐาน 16 (Hexadecimal Number System)

เป็นเลขฐานที่ประกอบด้วยตัวเลข 10 ตัว และตัวอักษรแทนตัวเลขอีก 6 ตัว ซึ่งประกอบด้วยเลข 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 และตัวอักษรอังกฤษแทน 10 ถึง 15 ได้แก่ A B C D E F ซึ่งก็จะเก็บข้อมูลได้มากกว่าระบบเลขฐาน 2 ฐาน 8 เลขฐาน 16 มีประโยชน์มาก เพราะในระบบดิจิทัลมักมีการประมวลผลข่าวสารเลขฐานสอง ในขนาด 8 บิต 16 บิต 32 บิต 128 บิต เป็นต้น ซึ่งข่าวสารเหล่านี้หากนำเลขฐาน 16 มาเขียนแทนจะทำให้สะดวกมากขึ้น

ตารางที่ 2.1 ตารางตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างเลขฐานแต่ละระบบ

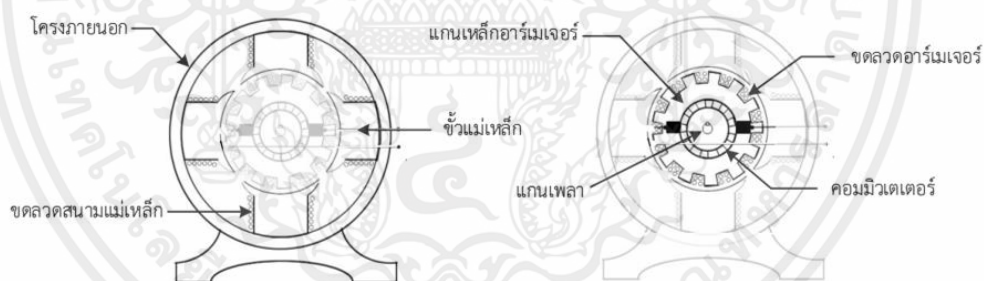
เลขฐาน 2	เลขฐาน 8	เลขฐาน 10	เลขฐาน 16
0000	0	0	0
0001	1	1	1
0010	2	2	2
0011	3	3	3
0100	4	4	4
0101	5	5	5
0110	6	6	6
0111	7	7	7
1000	10	8	8
1001	11	9	9
1010	12	10	A
1011	13	11	B
1100	14	12	C
1101	15	13	D
1110	16	14	E
1111	17	15	F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

คำว่า DC Motor ย่อมาจาก Direct Current Motor ซึ่งเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีโครงสร้างภายในนั้นแตกต่างจากมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ซึ่งมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายตั้งแต่อุปกรณ์ของเด็กเล่น เครื่องใช้ภายในบ้าน โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ซึ่งนำมาใช้งานในลักษณะเป็นเครื่องผ่อนแรง อุปกรณ์อำนวยความสะดวก เครื่องออกกำลังกาย และควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล ในกระบวนการผลิตต่างๆ มอเตอร์ไฟฟ้าแต่ละชนิด มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ตามการใช้งานดังนั้นในการออกแบบต้องคำนึงลักษณะของงาน ตามความเหมาะสม

หลักการพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหรือ DC Motor ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด ซึ่งขดลวดชุดหนึ่งอยู่ที่ Stator เรียกว่าขดลวดสนาม (Field winding) ที่ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กถาวร ซึ่งแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายมานั้นจะมาจากแหล่งเดียวกันกับขดลวดอาร์เมเจอร์ แต่ในบางครั้งสำหรับมอเตอร์เล็กๆ นั้นจะใช้แม่เหล็กถาวรแทนการใช้ขดลวดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กถาวร และขดลวดชุดที่สองที่อยู่ในส่วนของ Rotor จะเรียกว่าขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature winding) ซึ่งจะจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าขดลวดอาร์เมเจอร์ผ่านแปรงถ่าน (Brush) และชุด Commutator ซึ่งตัวขดลวดนั้นจะทำให้เกิดทอร์คในการหมุนของโรเตอร์ ที่เกิดมาจากการกระทำระหว่างขั้วแม่เหล็กของขดลวดใน Stator และ Rotor ที่ต่างขั้วกันและผลึกกันทำให้เกิดการหมุนขึ้นได้ในที่สุด



รูปที่ 2.8 โครงสร้างโดยทั่วไปของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ที่มา : <https://www.ai-corporation.net/2021/11/16/what-is-a-motor/>

### 2.4.1 การทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับมอเตอร์ กระแสส่วนหนึ่งจะผ่านแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปขดลวดอาร์เมเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น กระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม เกิดขั้วเหนือและขั้วใต้ และตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะเสริมกันเมื่ออยู่ในทิศทางเดียวกัน และจะทำการหักล้างกันเมื่ออยู่ในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์เมเจอร์ซึ่งวางอยู่บนแกนเพลลาเกิดการหมุนตัว ขณะที่อาร์เมเจอร์หมุนเรียกว่า โรเตอร์

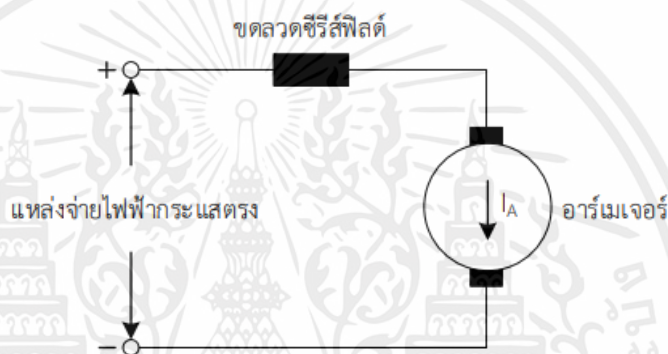
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Rotor) ซึ่งการหมุนที่เกิดจากอำนาจของเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองทำปฏิกิริยาต่อกัน และทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์หรือโรเตอร์หมุน เป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิง (Fleming left hand rule)

## 2.4.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor)

### 2.4.2.1 มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีย์มอเตอร์ (Series Motor)

มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor) คือ มอเตอร์ที่ขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ มีคุณลักษณะเด่นคือให้แรงบิดสูง ส่วนใหญ่นำไปใช้กับรถไฟฟ้า เคนไฟฟ้า เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร มอเตอร์ประเภทนี้เหมาะกับงานหนัก เมื่อไม่มีโหลดรอบจะสูงมาก ดังนั้นเวลาสตาร์ทมอเตอร์จึงจำเป็นต้องต่อโหลดไว้เสมอ

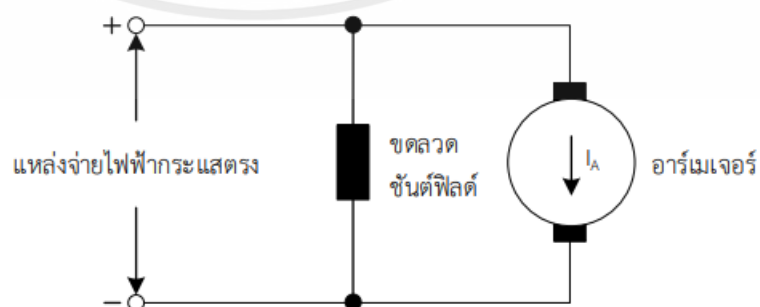


รูปที่ 2.9 วงจรมอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor)

ที่มา : <http://rms.pktc.ac.th>

### 2.4.2.2 มอเตอร์แบบขนานหรือเรียกว่าชันทมอเตอร์ (Shunt Motor)

มอเตอร์แบบขนาน (Shunt Motor) คือ มอเตอร์ที่ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อขนานกับขดลวดชุดอาร์เมเจอร์ ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้จะมีคุณลักษณะเด่นที่ให้ความเร็วรอบคงที่มีแรงบิดตอนเริ่มหมุนต่ำ เหมาะสำหรับประกอบเป็นพัดลม เนื่องจากพัดลมต้องการความเร็วคงที่



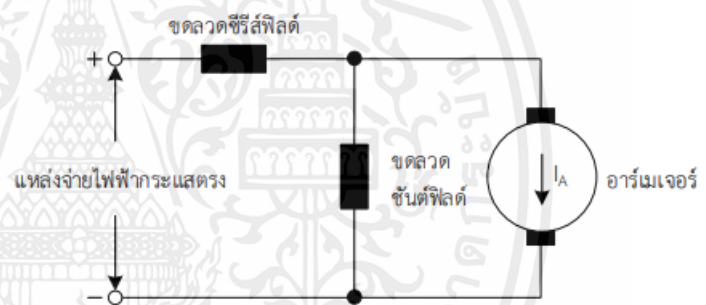
รูปที่ 2.10 วงจรมอเตอร์แบบขนาน (Shunt Motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.2.3 มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสม (Compound Motor) คือ มอเตอร์ที่ประกอบด้วย ขดลวดแม่เหล็ก 2 ชุด คือขดลวดขานานและขดลวดอนุกรม ซึ่งสนามแม่เหล็กจากขดลวดทั้ง 2 ชุดจะเสริมกันและเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น กระแสที่ไหลผ่านตัวของขดลวดขานานก็จะถูกลดลง แต่กระแสที่ไหลผ่านตัวของขดลวดอนุกรมจะถูกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สนามแม่เหล็กมีความเข้มมากขึ้น จะทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นกับขดลวดทั้ง 2 ขดลวดมีการชดเชยกัน ส่งผลให้สนามแม่เหล็กคงที่โดยนำข้อดีของมอเตอร์ไฟฟ้า 2 แบบแรกมาผสมกัน จะทำให้มีคุณลักษณะพิเศษคือแรงบิดสูง (High Starting torque) แต่ให้ความเร็วรอบที่คงที่ ขณะยังไม่มีโหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที่ มอเตอร์แบบนี้สามารถต่อได้ 2 แบบ ดังรูปที่ 2.9 และ รูปที่ 2.10

- 1) แบบที่ 1 ต่อขดลวดแบบขั้วขนานกับอาร์เมเจอร์เรียกว่า ขอทชันคอมปาวด์มอเตอร์ (Short Shunt Compound Motor)



รูปที่ 2.11 วงจรมอเตอร์ Short Shunt Compound Motor

- 2) แบบที่ 2 ต่อขดลวดขานานกับอนุกรมและขดลวดอาร์เมเจอร์เรียกว่า ลองชันท์คอมปาวด์มอเตอร์ (Long Shunt Compound Motor)



รูปที่ 2.12 วงจรมอเตอร์ Long Shunt Compound Motor

ที่มา : <http://rms.pktc.ac.th>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมแบบนี้ ขณะหมุนไม่มีโหลดกระแสที่ไหลในตัวขดลวดอนุกรมจะมีจำนวนเล็กน้อย มอเตอร์จะหมุนโดยอาศัยเส้นแรงแม่เหล็กส่วนมากจากตัวขดลวดชานาน ทำให้มีความเร็วรอบคงที่เช่นเดียวกับมอเตอร์แบบชานาน

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม นั้นเหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการแรงบิดตอนออกตัวสูงและมีความเร็วรอบคงที่ขณะไม่มีโหลด โดยจะนำไปใช้ขับเคลื่อนสำหรับโหลดที่มีความหนัก เช่น เครื่องตัดโลหะ เครื่องม้วนโลหะ เครื่องรีดโลหะ และ ลิฟต์ เป็นต้น และหลังจากนั้นมอเตอร์ก็จะหมุนด้วยความเร็วรอบคงที่

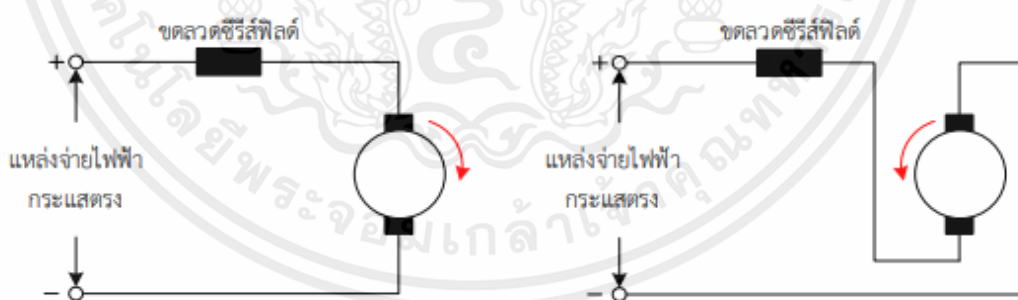
### 2.4.3 การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจะไม่สามารถกลับทิศทางการหมุนได้โดยการสลับขั้วสายของตัวมอเตอร์ไฟฟ้า เพราะจะต้องถูกทำให้กระแสที่ไหลผ่านทั้งอาร์เมเจอร์และขดลวดสนามแม่เหล็กเปลี่ยนทิศทางไปพร้อมกันเป็นผลทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางเดิม

การทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

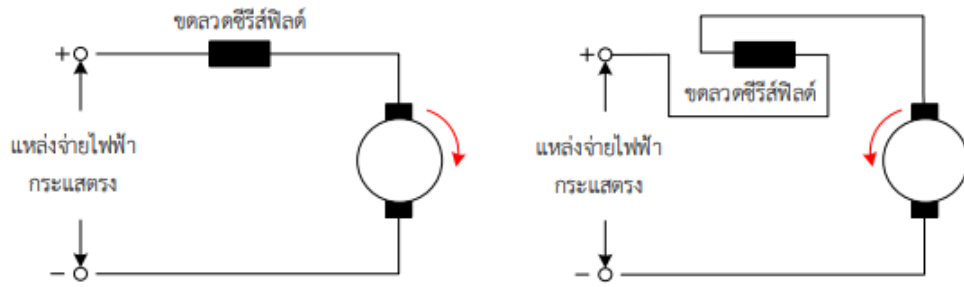
- 1) เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ผ่านอาร์เมเจอร์
- 2) เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก

2.4.3.1 การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม ทำได้โดยใช้การเปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์ และเปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก



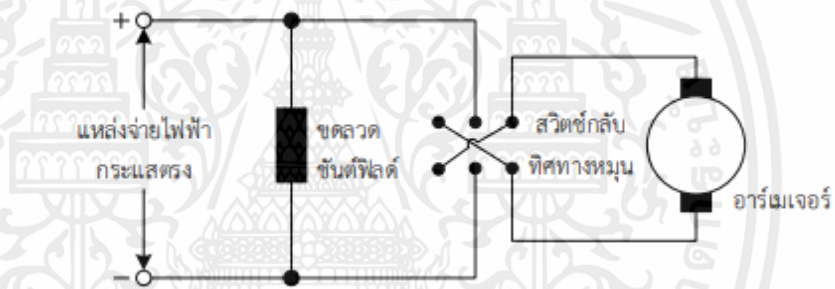
รูปที่ 2.13 วงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม โดยเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์

ที่มา : <http://rms.pktc.ac.th>

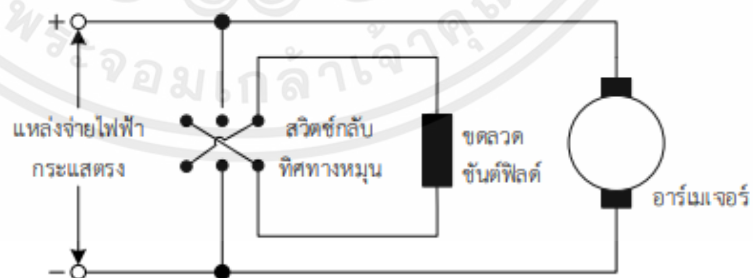


รูปที่ 2.14 วงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม โดยเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก

2.4.3.2 การกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน นั้นจะทำโดย ใช้การเปลี่ยนทิศทางของกระแสไหลผ่านอาร์เมเจอร์ และการเปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กทั้ง 2 วิธี จะใช้สวิตช์สองขั้วสับสองทาง (DPDT Switch)



รูปที่ 2.15 เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์โดยใช้สวิตช์สองขั้วสับสองทาง

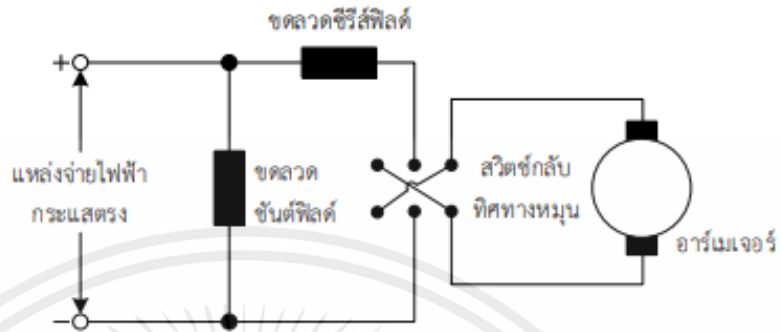


รูปที่ 2.16 เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กโดยใช้สวิตช์สองขั้วสับสองทาง

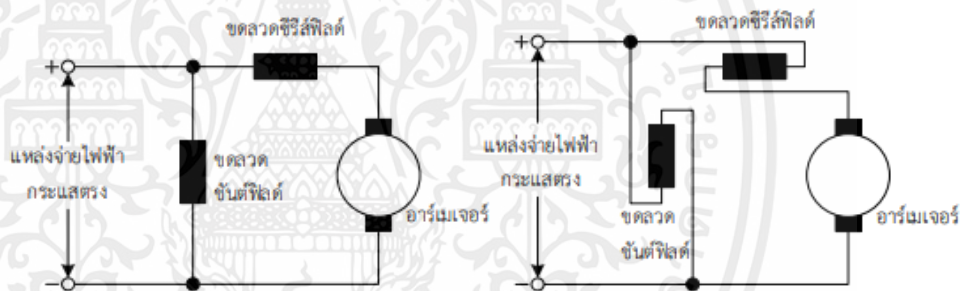
ที่มา : <http://rms.pktc.ac.th>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.3 การกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบคอมปาวด์ ต้องใช้วิธีเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าอาร์เมเจอร์อย่างเดียว หรือเปลี่ยนทิศทางกระแสทั้งขดลวดอนุกรมและขดลวดขนาน



รูปที่ 2.17 เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์โดยใช้สวิตช์ของสองขาสับสองทาง



รูปที่ 2.18 เปลี่ยนทิศทางกระแสทั้งขดลวดอนุกรมและขดลวดขนาน  
ที่มา : <http://rms.pktc.ac.th>

#### 2.4.4 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Speed control of DC Motor) จะทำได้โดยความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจะต้องสัดส่วนกับแรงดันไฟฟ้าต้านกลับอาร์เมเจอร์ และเป็นสัดส่วนกลับของความเข้มที่ตัวสนามแม่เหล็ก ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มของสนามแม่เหล็กจะลดลง หรืออาจจะทำให้ความเร็วเพิ่มได้โดยเพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายมอเตอร์ไฟฟ้าระหว่างอาร์เมเจอร์

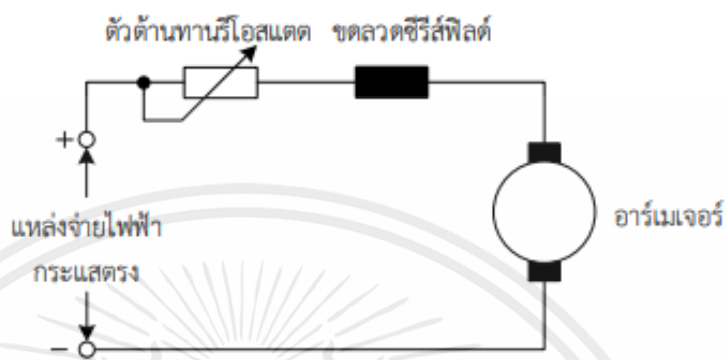
##### 2.4.4.1 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

คือ โดยการที่ตัวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมจะมีความเร็วสูงมาก จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการ การควบคุมมี 2 วิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1) ใช้ตัวต้านทานรีโอสแตคการต่ออนุกรมกับวงจรมอเตอร์

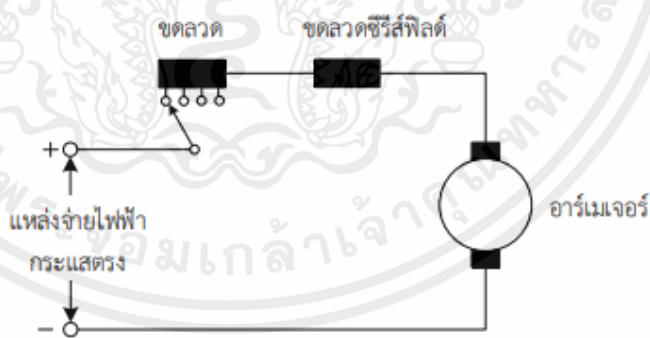
เพื่อลดแรงดันไฟฟ้าและลดกระแสไฟฟ้า ส่วนใหญ่ที่นิยมใช้งานจะมี 2 แบบ คือ เป็นแบบสวดนิโครม (Nichrome wire) และแบบแผ่นคาร์บอน (Carbon plate)



รูปที่ 2.19 การควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยใช้ตัวต้านทานรีโอสแตค

### 2) ใช้การแบ่งที่ขดลวดแม่เหล็ก (Tapped field coil)

โดยการนำขดลวดแบบมีจุดต่อแยกต่อเข้ากับสวิตช์เลือกและต่อเข้ากับอนุกรมที่วงจรมอเตอร์ เพื่อให้ทำการแบ่งความเร็วของมอเตอร์เป็นไปตามต้องการ

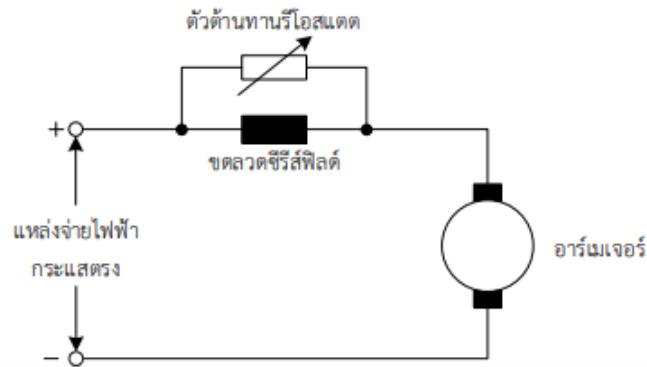


รูปที่ 2.20 การควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยการแบ่งขดลวด

ที่มา : <http://rms.pktc.ac.th>

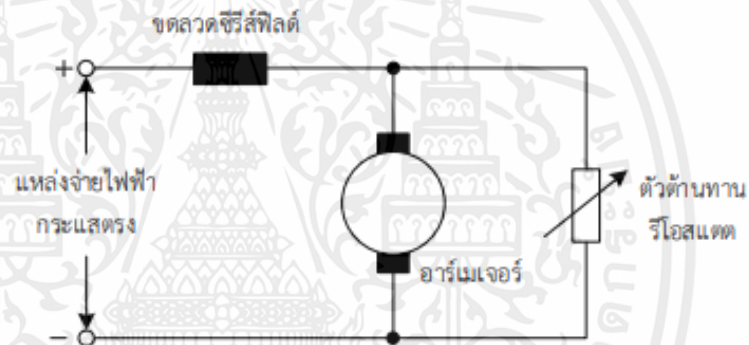
สำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่มีกระแสสูงจะมีการควบคุมความเร็ว โดยการต่อตัวความต้านทาน ส่วนเรื่องของการปรับค่าความต้านทานหรือการเลื่อนปุ่มอาจจะทำให้เกิดประกายไฟและเกิดความร้อนสูงจึงใช้วิธีแบ่งกระแสไฟฟ้าในขดลวดขั้วแม่เหล็ก (Field diverter) โดยนำความต้านทานปรับค่าได้ต่อขนานกับตัวขดลวดสนามแม่เหล็ก จะใช้ปรับความเร็วเมื่อต้องการความเร็วสูงกว่าความเร็วปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 การควบคุมความเร็วมอเตอร์อนุกรมให้สูงกว่าความเร็วปกติ

เมื่อต้องการควบคุมความเร็วต่ำกว่าความเร็วปกติสามารถใช้ตัวความต้านทานปรับค่าได้ (Rheostat) ต่อขนานกับขดลวดอาร์เมเจอร์



รูปที่ 2.22 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้ต่ำกว่าความเร็วปกติ

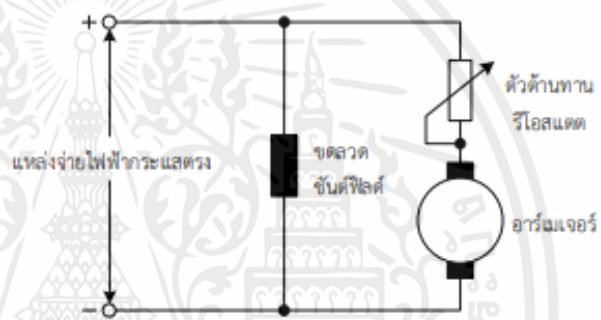
#### 2.4.4.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

วิธีการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Speed-Control of Shunt Motor) มีวิธีการควบคุม 2 วิธี

- 1) การควบคุมความเร็วโดยการต่อความต้านทานอนุกรมกับอาร์เมเจอร์ หรือการควบคุมแบบรีโอสแตต (Speed control by Armature series resistance or Rheostat control method) คือ วิธีการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ (Variable rheostat) ต่ออนุกรมเข้ากับอาร์เมเจอร์ ความต้านทานที่ต่ออนุกรมนั้นจะแตกต่างกับความต้านทานเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า เพราะเกิดจากความต้านทานเริ่มเดินจะต่อในช่วงเวลาที่สั้นและจะถูกตัดออกจากวงจรไฟฟ้า แต่ความต้านทานที่ใช้ควบคุมความเร็วของตัวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

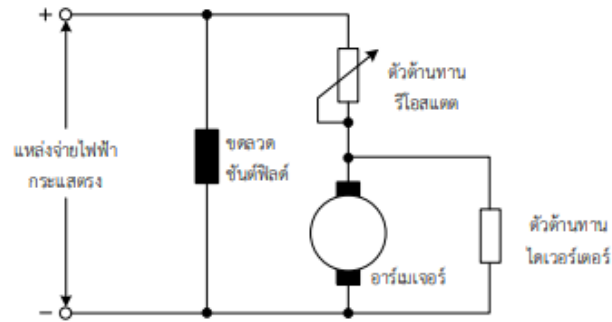
ไฟฟ้าจะต่ออยู่ในวงจรไฟฟ้าตลอดเวลาการสูญเสียของตัวต้านทานของรีโอสแตตจะมีค่ามากที่ความเร็วต่ำทำให้ประสิทธิภาพตัวมอเตอร์ไฟฟ้าลดลง จึงไม่เหมาะสมกับการควบคุมความเร็วต่ำในช่วงเวลานาน การควบคุมความเร็ววิธีนี้ จะทำให้เกิดความเร็วของตัวมอเตอร์ไฟฟ้าต่ำกว่าความเร็วเมื่อไม่มีโหลด เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์มีค่าคงที่ การปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานรีโอสแตต จะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอาร์เมเจอร์เปลี่ยนแปลงไปตามค่าความต้านทานรีโอสแตต เป็นผลทำให้ความเร็วรอบตัวอาร์เมเจอร์มีการเปลี่ยนแปลงด้วย ในกรณีที่เกิดแรงบิดของตัวโหลดที่นั่นมีความเร็วรอบ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอาร์เมเจอร์



รูปที่ 2.23 วงจรการควบคุมแบบรีโอสแตต

ที่มา : <http://rms.pktc.ac.th>

ถ้าโหลดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จะทำให้ความเร็วรอบมอเตอร์เปลี่ยนแปลงตามโหลดด้วยจะสามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มตัวต้านทานไดเวอร์เตอร์ (Diverter) โดยที่จะทำการต่อขนานกับอาร์เมเจอร์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของตัวกระแสไฟฟ้าในอาร์เมเจอร์นั้น จะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ตกคร่อมอาร์เมเจอร์รวมทั้งความเร็วของอาร์เมเจอร์ด้วย



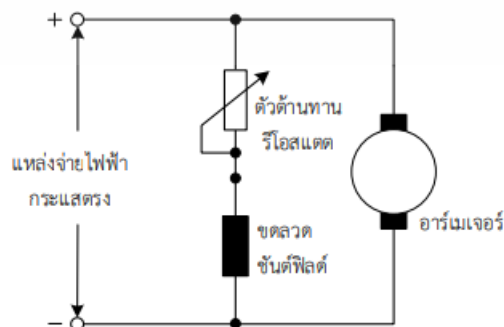
รูปที่ 2.24 แสดงการต่อไดเวอร์เตอร์

ที่มา : <http://rms.pktc.ac.th>

## 2) การควบคุมความเร็วโดยการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็ก หรือการควบคุมเส้นแรงแม่เหล็ก (Speed control by variation of flux or Flux control method)

คือ การใช้ความต้านทานรีโอสแตตต่ออนุกรมเข้ากับขดลวดชันต์ฟิลด์เพื่อควบคุมเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้น จากกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดชันต์ฟิลด์ เมื่อจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กมีการลดลงนั้นจะทำให้ความเร็วของมอเตอร์เพิ่มขึ้นและถ้าจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ความเร็วของมอเตอร์เร็วเพิ่มขึ้น และถ้าเส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ความเร็วลดลงการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้าแบบนี้ จะเป็นการควบคุมความเร็วที่ประหยัดที่สุด และสามารถเพิ่มความเร็วให้สูงกว่าพิกัดได้ในอัตราส่วน 2 : 1 สำหรับมอเตอร์ที่ไม่มีอินเตอร์โพล

การลดลงจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กมากกว่าปกติ นั้น จะทำให้ยากต่อการลดการอาร์กในขณะหมุนชัโพลด ดังนั้นเครื่องที่มีอินเตอร์โพลจึงสามารถเพิ่มความเร็วให้สูงกว่าพิกัดเดิมได้มากกว่าปกติในหลายๆเท่า มีอัตราส่วนของความเร็วสูงสุดถึงต่ำสุดจะอยู่ระหว่าง 6 : 1

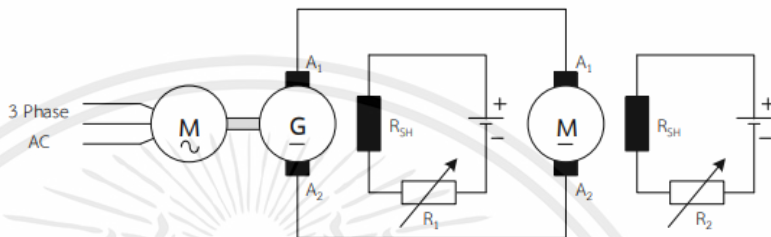


รูปที่ 2.25 วงจรการต่อตัวต้านทานรีโอสแตตควบคุมเส้นแรงแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.4.3 การควบคุมความเร็วโดยการปรับขนาดของแรงดันอาร์อาเมเจอร์ด้วยวิธี วาร์ด-ลีโอนาร์ด (Speed control by Ward Leonard)

สามารถควบคุมความเร็วได้โดยง่าย นุ่มนวล มีย่านของการปรับความเร็วได้กว้าง ใช้ในวงจรที่ต้องการความแน่นอน เช่น ลิฟท์ เครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์ เครื่องมือทางการแพทย์ แต่การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยวิธีนี้จะต้องทำการปรับค่าของเส้นแรงแม่เหล็กและแรงดันป้อนอาร์อาเมเจอร์วิธีนี้จะประกอบด้วยเครื่องกลไฟฟ้าสามเครื่อง



รูปที่ 2.26 วงจรการควบคุมความเร็วโดยการปรับขนาดของแรงดันอาร์อาเมเจอร์ด้วยวิธีวาร์ด-ลีโอนาร์ด

ที่มา : <http://rms.pktc.ac.th>

จากรูปที่ 2.23 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกวงจรกระแสกระตุ้นขดลวดสนามแม่เหล็ก (Separately excited generator) ถูกขับให้หมุนโดยมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสหรือซิงโครนัสมอเตอร์ จะมีหน้าที่ควบคุมความเร็วของตัวเครื่องกำเนิดให้คงที่ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในอาร์อาเมเจอร์ของตัวเครื่องกำเนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงตามค่าของความต้านทาน  $R_L$  ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้อาร์อาเมเจอร์ของตัวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเปลี่ยนแปลง เป็นผลทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

เพื่อให้ได้ย่านของการปรับความเร็วกว้างที่สุดของ วิธีวาร์ด-ลีโอนาร์ด จะใช้วิธีปรับแต่งแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อต้องการความเร็วสูงกว่าความเร็วปกติจะสามารถทำได้โดยเพิ่มค่าความต้านทาน  $R_2$  ในวงจรขั้วฟิลด์ของตัวมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อลดค่าของเส้นแรงแม่เหล็กให้น้อยลง ทำให้ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าสูงขึ้น จึงเป็นผลทำให้แรงดันไฟฟ้าต้านกลับมีค่าคงที่และทำให้กระแสอาร์อาเมเจอร์มีค่าคงที่ จะส่งผลทำให้ตัวมอเตอร์ไฟฟ้ามักกำลังเอาต์พุตคงที่

และเมื่อต้องการย่านที่มีความเร็วต่ำกว่าความเร็วปกติ ทำได้โดยเส้นแรงแม่เหล็กจะมีค่าคงที่และลดแรงดันที่ป้อนอาร์อาเมเจอร์ทำให้แรงดันไฟฟ้าต้านกลับลดลงเป็นสัดส่วนกับการลดลงของแรงดันที่จ่ายให้ขดลวดอาร์อาเมเจอร์ จะส่งผลให้ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าลดลงด้วย ดังนั้นการปรับแต่งค่าแรงดันที่จ่ายให้กับขดลวดอาร์อาเมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าจึงทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ามีความเร็วต่ำกว่าความเร็วปกติและแรงบิดคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

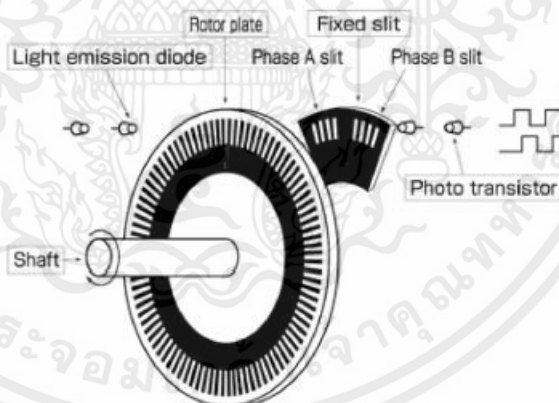
## 2.5 เอ็นโค้ดเดอร์แบบแกนหมุน (Rotary Encoder)

เนื่องจากระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติใช้แบบแกนหมุน (Rotary Encoder) ในควบคุมตำแหน่งในการเคลื่อนที่ขึ้น และการเคลื่อนที่ลงของการเก็บโลหะแผ่นจึงต้องศึกษาการทำงาน

เอ็นโค้ดเดอร์แบบแกนหมุน (Rotary Encoder) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเข้ารหัสจากระยะทางจากการหมุนรอบตัวเองและแปลงค่าเป็นรหัสในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าหลังจากนั้นจะนำรหัสนั้นมาแปลงกลับเพื่อหาค่าต่างๆ เช่น ระยะทางการหมุน องศาการเคลื่อนที่ และความเร็วรอบ ได้ตามต้องการ ซึ่งลักษณะของการเข้ารหัสนั้นจะมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ Incremental และ Absolute

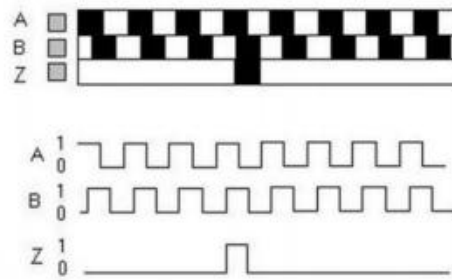
### 2.5.1 เอ็นโค้ดเดอร์แบบหมุน (Incremental Rotary Encoder)

หลักการทำงานของเอ็นโค้ดเดอร์ที่รูปแบบสัญญาณเอาต์พุตที่ออกมาเป็นลักษณะของสัญญาณพัลส์ที่เป็นลักษณะคลื่นรูปสี่เหลี่ยม แถบเส้นเล็กๆจะถูกวางในแนวตั้งฉากกับทิศทางการหมุน โดนมี่หัวข่ออ่านสร้างขึ้นจากเซ็นเซอร์แสง 2 ตัว วางทำมุมกันทำให้ในขณะที่จานหมุน (Rotary plate) หมุนไปจะทำให้สัญญาณที่ออกมาทางเอาต์พุตในรูปแบบของพัลส์ (Pulse) จะมีเฟสเยื้องกันทำมุมที่ 90 องศา ซึ่งมีไว้สำหรับตรวจสอบทิศทางการหมุนที่เพลาของเอ็นโค้ดเดอร์ ดังนั้นความละเอียดและแม่นยำจะขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นตรงเล็กๆที่ถูกวางในแนวตั้งฉากกับทิศทางการหมุนของเอ็นโค้ดเดอร์ ซึ่งมักจะบอกในรูปแบบของจำนวนพัลส์ (Pulse) ที่ได้ต่อระยะการเคลื่อนที่ เช่น 100 Pulse/rev



รูปที่ 2.27 โครงสร้างของเอ็นโค้ดเดอร์แบบหมุนชนิดเอ็นโค้ดเดอร์แบบหมุน

ที่มา : <https://www.kbmeng.com/media/wysiwyg>



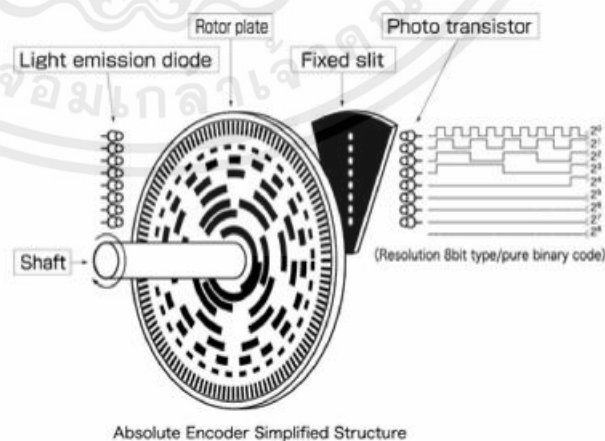
รูปที่ 2.28 สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม

ที่มา : <https://www.kbmeng.com/media/wysiwyg>

เอ็นโค้ดเดอร์แบบนี้มีข้อเสียตรงที่ไม่สามารถจดจำตำแหน่งแกนหมุนของตัวเองได้ว่าอยู่ที่จุดใด ด้วยเหตุนี้การหมุนกลับไปยังตำแหน่งเริ่มต้น Homing Point นั้นจะทำได้ยากจึงต้องอาศัยการเก็บข้อมูลพัลส์ตั้งแต่เริ่มต้น เพื่อหาค่าตำแหน่ง ซึ่งในบางครั้งอาจจะอ้างอิงจากจุด Zero Point ซึ่งสัญญาณพัลส์ที่เกิดขึ้นทุกการหมุน 1 รอบ แล้วค่อยดูว่าหมุนไปทิศทางใด ระยะทางเท่าไร จากจุดนี้

### 2.5.2 เอ็นโค้ดเดอร์แบบสัมบูรณ์ (Absolute Rotary Encoder)

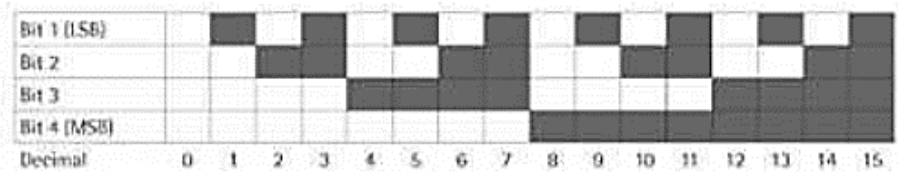
หลักการการทำงานของตัวเอ็นโค้ดเดอร์ จะออกแบบมาให้มีรูปแบบสัญญาณเอาต์พุตที่เป็นลักษณะของการเข้ารหัส โดยจำนวนแฉกหรือรหัส (Digital bits coding) จะถูกกำหนดให้รอบซ้อนกันในแนวของการหมุนโดยมีหัวข้อม่านที่สร้างขึ้นจากเซ็นเซอร์แสง (Digital bits coding) เท่ากับจำนวนแฉกหรือรหัส ทำการอ่านรหัสในขณะที่เคลื่อนที่ไป โดยรหัสเหล่านี้ ก็จะมีหลากหลายรูปแบบ เช่น BCD Binary Gray Code ซึ่งจะสามารถแทนค่าตำแหน่งองศาที่แกนของเอ็นโค้ดเดอร์หยุดอยู่ได้



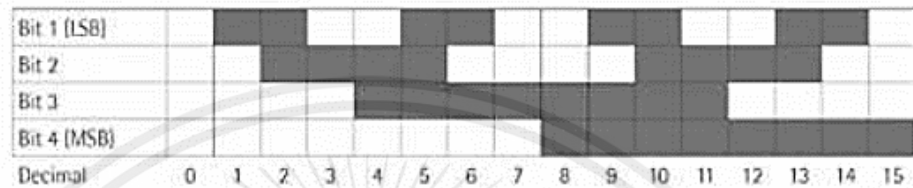
รูปที่ 2.29 โครงสร้างของเอ็นโค้ดเดอร์แบบหมุนชนิดเอ็นโค้ดเดอร์แบบสัมบูรณ์

ที่มา : <https://www.kbmeng.com/media/wysiwyg>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



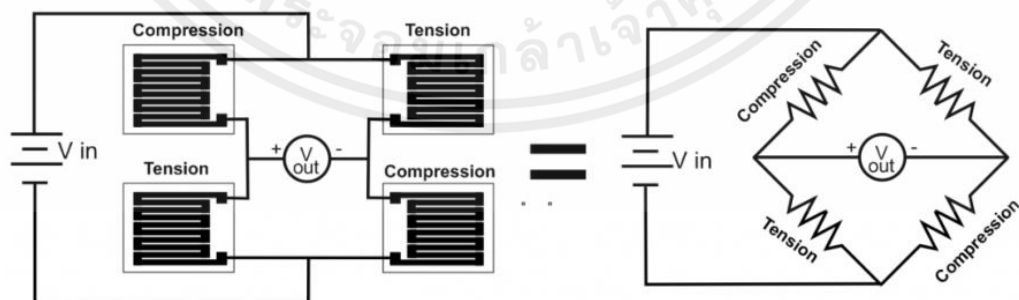
รูปที่ 2.30 แสดงสัญญาณเอาต์พุตแบบรหัส Binary จำนวน 4 บิต



รูปที่ 2.31 แสดงสัญญาณเอาต์พุตแบบรหัส Gray จำนวน 4 บิต  
ที่มา : <https://www.kbmeng.com/media/wysiwyg>

## 2.6 อุปกรณ์วัดค่าน้ำหนักหรือโหลดเซลล์ (Load Cell)

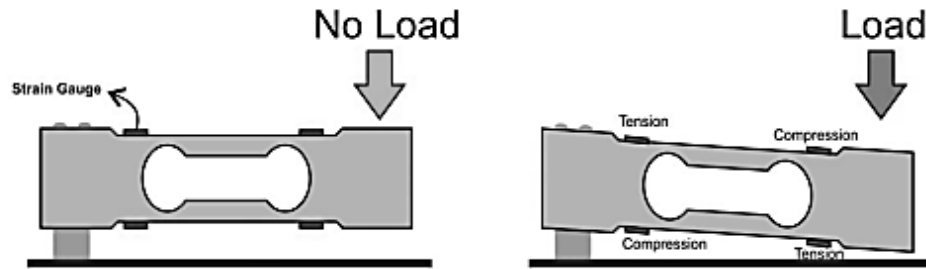
คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนจากแรงหรือน้ำหนักที่มากระทำต่อตัวโหลดเซลล์ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า (mV/V) ภายในโหลดเซลล์ (Load Cell) นั้นจะมีตัว Strain-gauge จำนวน 4 ตัวแบบ Straight Bar จะถูกต่ออยู่ด้วยกันในลักษณะของวงจร Wheatstone Bridge อยู่ภายใน ซึ่งเป็นความต้านทานที่จะเปลี่ยนแปลงค่าไปตามแรงกดหรือแรงดึง โดยจัดเรียงในรูปแบบของวงจรบริดจ์ (Bridge Circuit) เมื่อมีแรงมากระทำกับตัว Load Cell จะทำให้ Strain Gauge ที่ติดอยู่ในบริเวณที่มีการเปลี่ยนรูปทรง ยืด หรือ หดตัวทำให้ค่าความต้านทานที่ตัว Strain Gauge เปลี่ยนไป



รูปที่ 2.32 วงจร Wheatstone Bridge

ที่มา : <https://blog.thaieasyelec.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



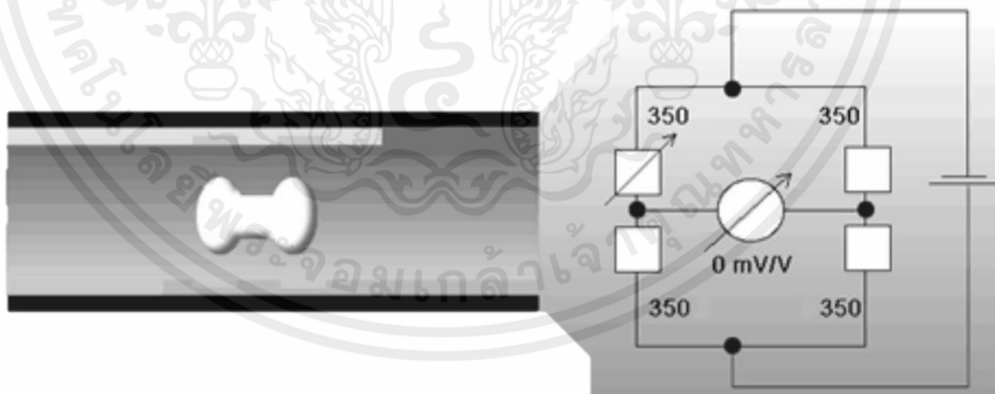
รูปที่ 2.33 ตำแหน่งการทำงาน

ที่มา : <https://blog.thaieasyelec.com>

สมการ

$$V_0 = \left( \frac{R3}{R3 + R4} - \frac{R2}{R1 + R2} \right) V_{EX} \quad (2.1)$$

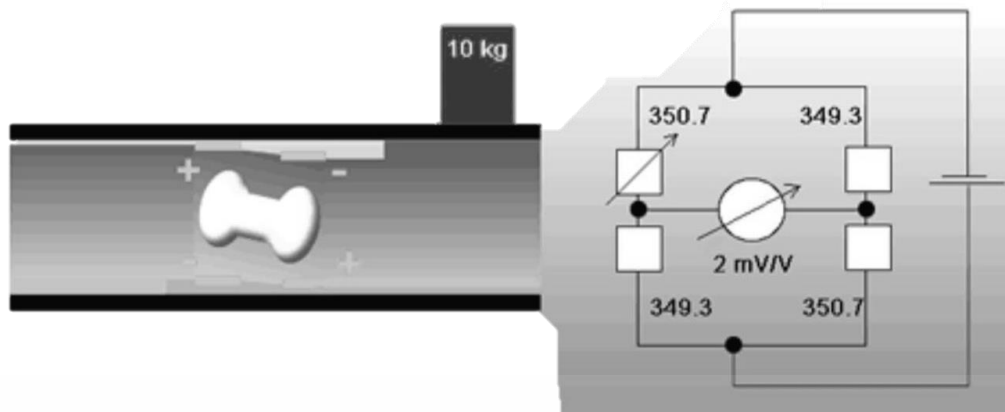
จากสมการข้างต้น  $V_{ex}$  หรือ excitation voltage จะมีค่าคงที่ เนื่องจากเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามาเลี้ยงวงจร wheat stone bridge หรือวงจรของ load cell นั้นเอง และหากค่าความต้านทานของ strain gauge มีค่าเท่ากันทั้งหมด  $V_0$  หรือ Output voltage จะเปลี่ยนไปในระดับมิลลิโวลต์ หมายความว่าไม่มีโหลดใดๆ มากดทับบนโหลดเซลล์เลย ในทางตรงกันข้าม หากมีวัตถุมาวางบนโหลดเซลล์ ค่าความต้านทานของ strain gauge ในวงจร wheat stone bridge แต่ละตัวจะไม่เท่ากัน ส่งผลให้ output voltage เปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของ strain gauge



รูปที่ 2.34 Load Cell สภาวะปกติ

ที่มา : <https://www.linkedin.com/pulse/load-cell->

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.35 Load Cell สถานะเมื่อมีแรงมากระทำ

ที่มา : <https://www.linkedin.com/pulse/load-cell->

การนำประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท ได้แก่ การชั่งน้ำหนัก การทดสอบแรงกดของชิ้นงาน การทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงาน เป็นต้น

## 2.7 อุปกรณ์ตรวจจับวัตถุแบบไม่สัมผัส (Proximity Sensor)

เป็นเซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการตรวจจับและวัดระยะห่างของสิ่งของ วัตถุ หรือวัสดุ ที่อยู่ใกล้พื้นผิวของเซ็นเซอร์โดยไม่ต้องมีการสัมผัสกัน ลักษณะการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ สونาร์แม่เหล็ก สونาร์ไฟฟ้า แสง เสียง และสัญญาณลม ส่วนการนำเซนเซอร์ประเภทนี้ไปใช้งานนั้น ส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับ ตำแหน่ง ระดับ และขนาด จึงสามารถนำมาใช้แทนลิมิตสวิตช์ได้ สาเหตุนี้ของอายุการใช้งานและความเร็วในการตรวจจับวัตถุเป้าหมาย ทำได้ดีกว่าอุปกรณ์ประเภทสวิตช์ซึ่งอาศัยหน้าสัมผัสทางกล

**หลักการของเซนเซอร์แบบตรวจจับแบบไม่สัมผัส (Proximity Sensor) ที่ใช้ในปริยญาณิพนธ์**

เซนเซอร์แบบตรวจจับแบบไม่สัมผัส (Proximity Sensor) ที่นำมาใช้ในปริยญาณิพนธ์ฉบับนี้จะนำมาถูกใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนที่เข้า และการเคลื่อนที่ออกของถาดพาเลทใส่โลหะแผ่น โดยปริยญาณิพนธ์จะใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับ 2 แบบ ได้แก่

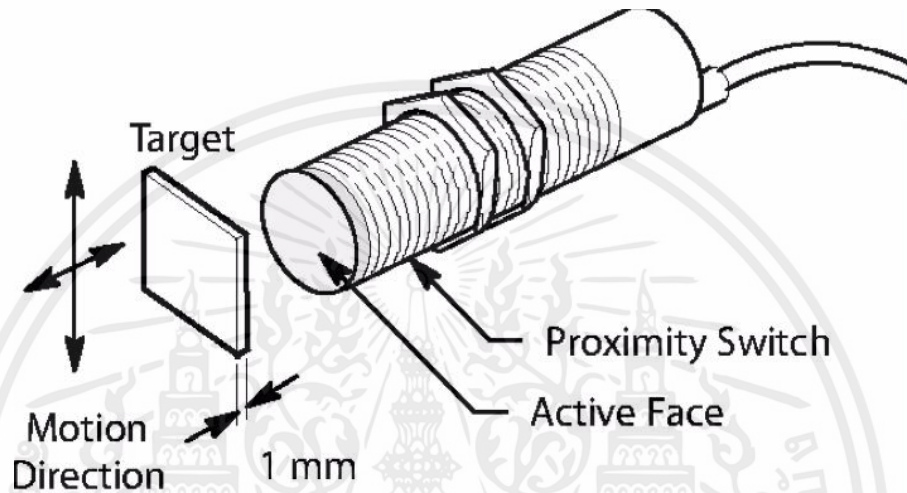
### 2.7.1 Inductive Proximity Sensor

คือ เป็นเซนเซอร์ตรวจจับแบบไม่สัมผัสจะใช้วัสดุที่มีความนำไฟฟ้ามาผ่านหน้าสัมผัสของเซ็นเซอร์ หลักการทำงานจะทำการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าในวงจรเมื่อมีวัตถุหรือวัสดุที่มีความนำไฟฟ้าใกล้เคียงเข้ามาใกล้เซ็นเซอร์ โดยส่วนใหญ่เซ็นเซอร์ชนิดนี้มีการใช้งานในการตรวจจับวัตถุและวัสดุที่มีลักษณะมีความนำไฟฟ้า เช่น การเคลื่อนที่เข้า และการเคลื่อนที่ออก ของถาดพาเลทใส่โลหะเคลื่อนที่ผ่านหน้าสัมผัสของตัวอุปกรณ์เซ็นเซอร์แล้วมีการตรวจจับ เพราะพาเลทเป็นวัสดุที่เป็นเหล็กกล้าที่มีความนำไฟฟ้า ตัวของเซ็นเซอร์มีลักษณะการต่อแบบ NPN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

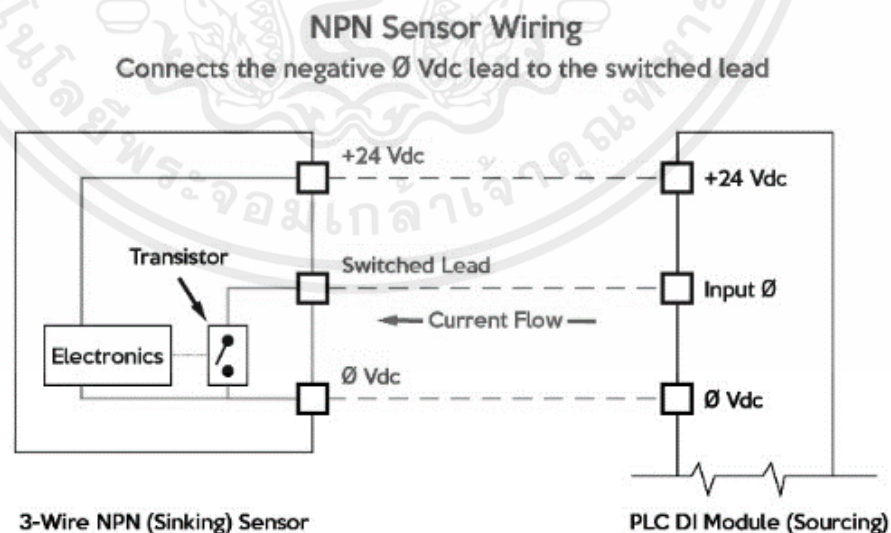
### 2.7.2 IR Proximity Sensor

คือ เซนเซอร์ที่ใช้งานโดยการส่งและตรวจจับสัญญาณลำแสงอินฟราเรดเพื่อตรวจจับวัตถุหรือวัสดุที่อยู่ใกล้พื้นผิวของเซนเซอร์โดยไม่ต้องมีการสัมผัสกัน สัญญาณลำแสงอินฟราเรดเป็นรังสีที่สายตาของมนุษย์จะไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่สามารถตรวจจับได้ด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับแบบไม่สัมผัสชนิดที่กล่าวมา จะถูกออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อตรวจจับลำแสงอินฟราเรด ซึ่งมีลักษณะการต่อแบบ NPN



รูปที่ 2.36 หลักการทำงาน

ที่มา : [www.infiniteinformationtechnology.com](http://www.infiniteinformationtechnology.com)



รูปที่ 2.37 การต่อ Proximity Sensor แบบ NPN

ที่มา : <http://jwtech.co.th/activity/?p=695>

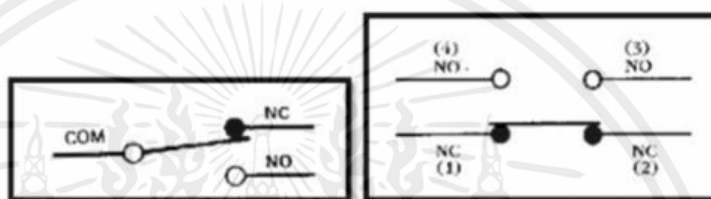
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch)

คือ อุปกรณ์เปิด/ปิดวงจรไฟฟ้า ใช้สำหรับจำกัดระยะทาง ตรวจสอบตำแหน่ง ส่งสัญญาณควบคุมการทำงานในระบบอัตโนมัติ การทำงานนั้นจะอาศัยแรงกดภายนอกมากกระทำเช่น วางของทับที่ปุ่มกดหรือลูกเบี้ยวมาชนที่ปุ่มกดและเป็นผลทำให้หน้าสัมผัสที่ต่ออยู่กับก้านชน ทำการเปิด/ปิด ตามจังหวะของการชน

มีลักษณะการทำงาน แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

- 1) NO ( NORMAL OPEN)
- 2) NC ( NORMAL CLOSE)



รูปที่ 2.38 โครงสร้างของลิมิตสวิตช์

ที่มา : <https://www.sumipol.com/knowledge/what-is-limit-switch-omron/>

ชนิดของสวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch) ที่ใช้ในปริิณญาณินพณ์ จะเป็นชนิดก้านบานพับ ประกอบด้วยก้านบานพับแบนเรียบอยู่ที่ด้านข้าง จะมีลักษณะที่เป็นหัวลูกกล้อและไม่มีหัวลูกกล้อ และกลไกเปิด/ปิดสวิตช์ มีทั้งแบบกดและแบบสปริง โดยจะอาศัยแรงกดภายนอกในทิศทางเดียวเมื่อก้านบานพับมีแรงกดทับที่หน้าสัมผัสจะทำให้เกิดสภาวะทำงาน จะถูกหยุดทำงานเมื่อมีการปล่อยก้านบานพับถ้าไม่มีแรงกดทับที่หน้าสัมผัสแล้วจะมีสภาวะหยุดทำงานทันที ซึ่งเหมาะสมกับงานที่ต้องการความแข็งแรงเชิงกลสูง



รูปที่ 2.39 สวิตช์จำกัดระยะชนิดก้านบานพับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

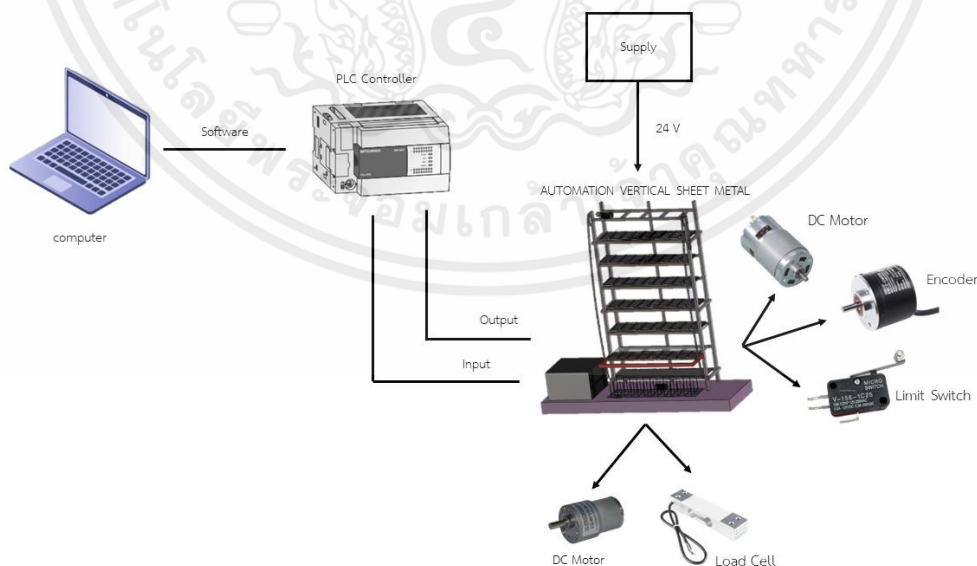
## วิธีการดำเนินการ

บทนี้จะกล่าววิธีการดำเนินงานในการจัดทำปริญญาบัตรซึ่งจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงาน  
ขั้นตอน วิธีการในการจัดทำ การประยุกต์ใช้หลักการที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีต่างๆ เพื่อให้สามารถจัดทำ  
ปริญญาบัตรระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ ตามวัตถุประสงค์ตามที่ได้กล่าวไว้ โดยจำแนก  
ขั้นตอนในการดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้

- 3.1 องค์ประกอบภาพรวมของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
- 3.2 การออกแบบโครงสร้างระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
- 3.3 การออกแบบและติดตั้งตู้ควบคุมของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
- 3.4 ออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
- 3.5 การเขียนโปรแกรม PLC ควบคุมการทำงานระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
- 3.6 การคำนวณความเร็วของกลไกการเคลื่อนที่ของพาเลทในทิศทาง ขึ้น-ลง

### 3.1 องค์ประกอบภาพรวมของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

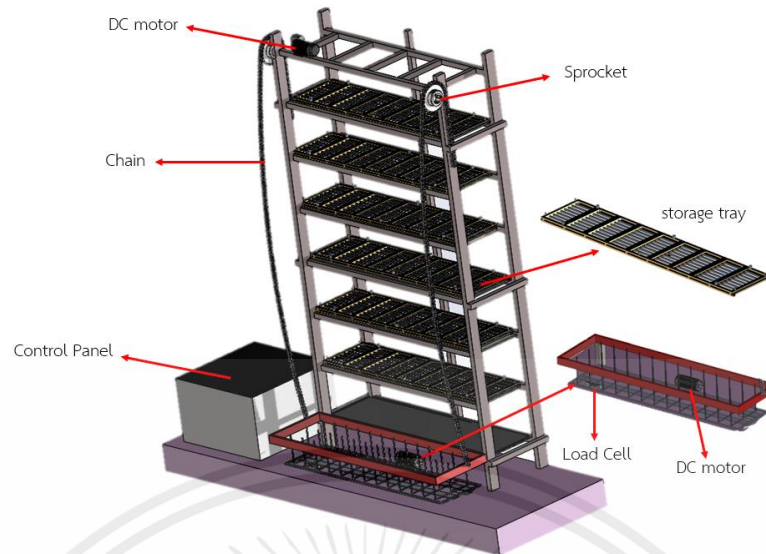
หัวข้อนี้จะกล่าวถึงภาพรวมของการทำงานและการควบคุมทั้งหมดภายในระบบจัดเก็บโลหะ  
แผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 องค์ประกอบภาพรวมของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

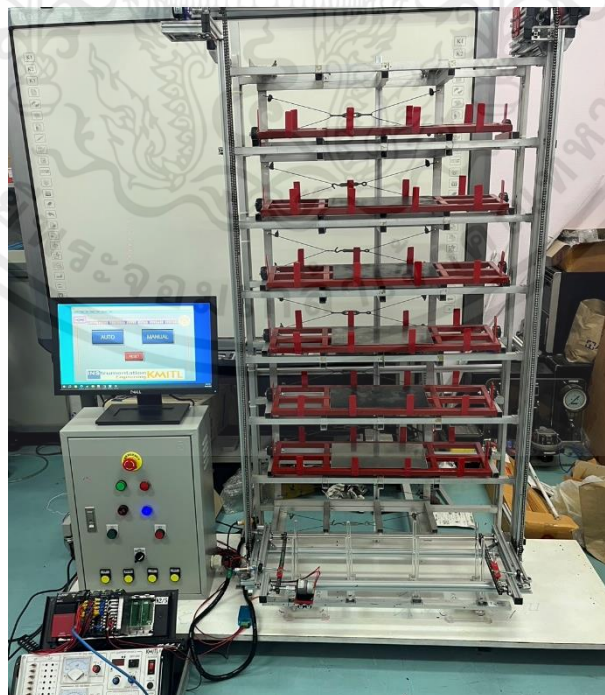
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 3.3 การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ใส่โครงสร้าง

หลังจากเสร็จสิ้นได้ออกแบบโครงสร้างและออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแล้ว ผู้จัดทำได้ริเริ่มสร้างโครงสร้างตามแบบโดยใช้อะลูมิเนียมกล่องอะลูมิเนียมโปรไฟล์เป็นโครงสร้างหลัก โดยในส่วนของภาคใช้เหล็กกล่องนำมาเชื่อมกันและพ่นสีแดง ส่วนด้านล่างที่เป็นตัวชั่งน้ำหนักจะใช้เป็นอะลูมิเนียมกล่องเจาะรูแล้วนำแท่งอะคลิลิกมาทำเป็นที่รองโลหะแผ่น และโครงสร้างทั้งหมดจะถูกนำมาติดตั้งกับอุปกรณ์ตามที่ออกแบบ ดังรูปที่ 3.4

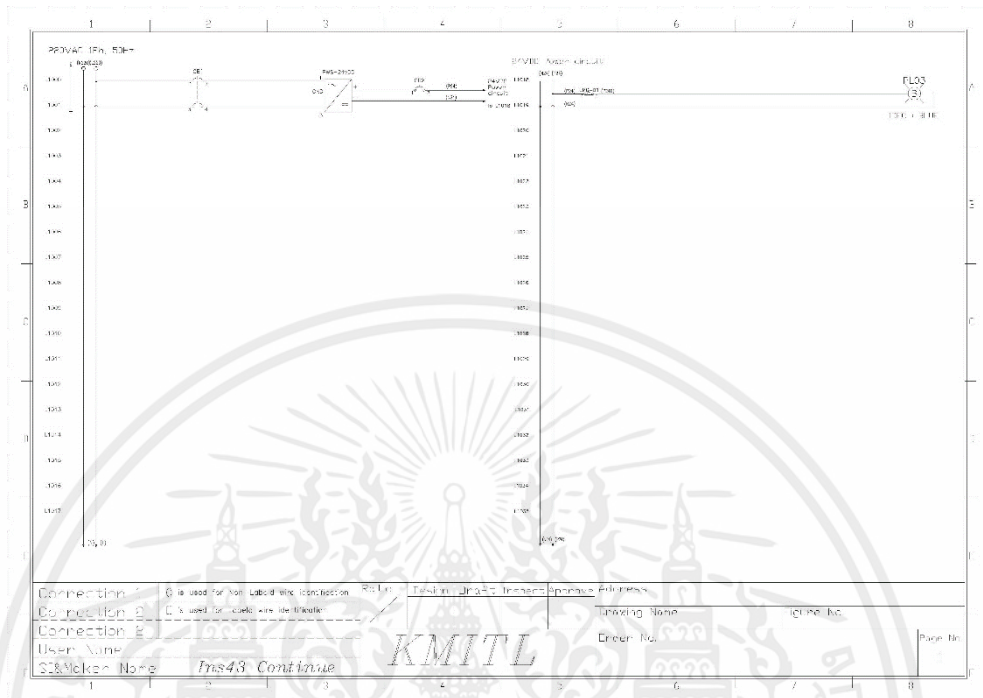


รูปที่ 3.4 โครงสร้างจริงของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

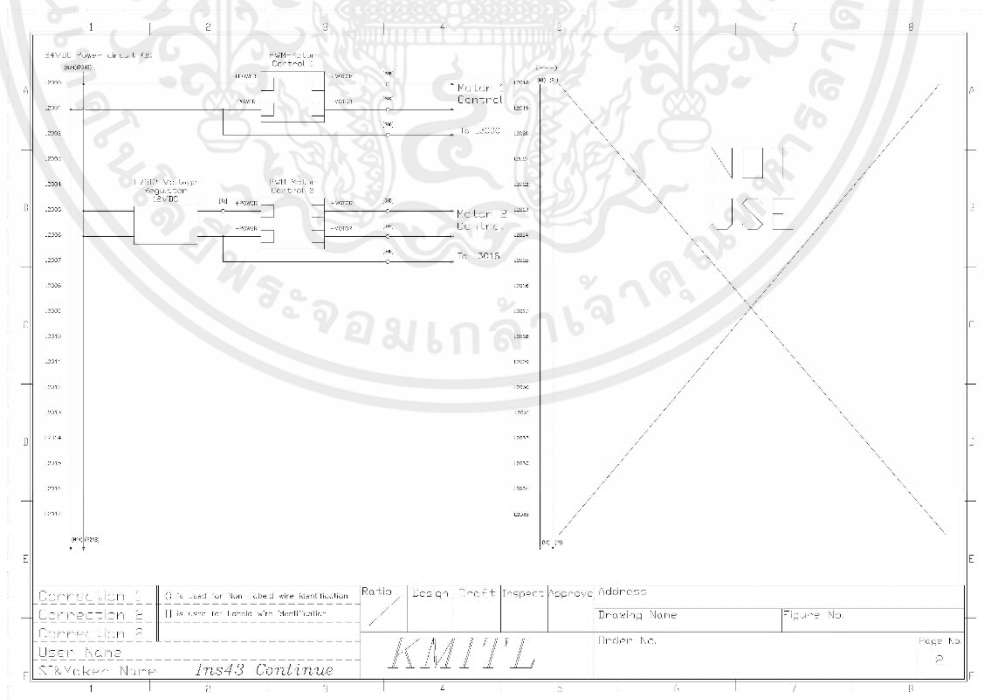
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การออกแบบและติดตั้งตู้ควบคุมของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงเรื่องการออกแบบและติดตั้งตู้ควบคุมของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ โดยมีการออกแบบวงจรรภายในตู้ควบคุม

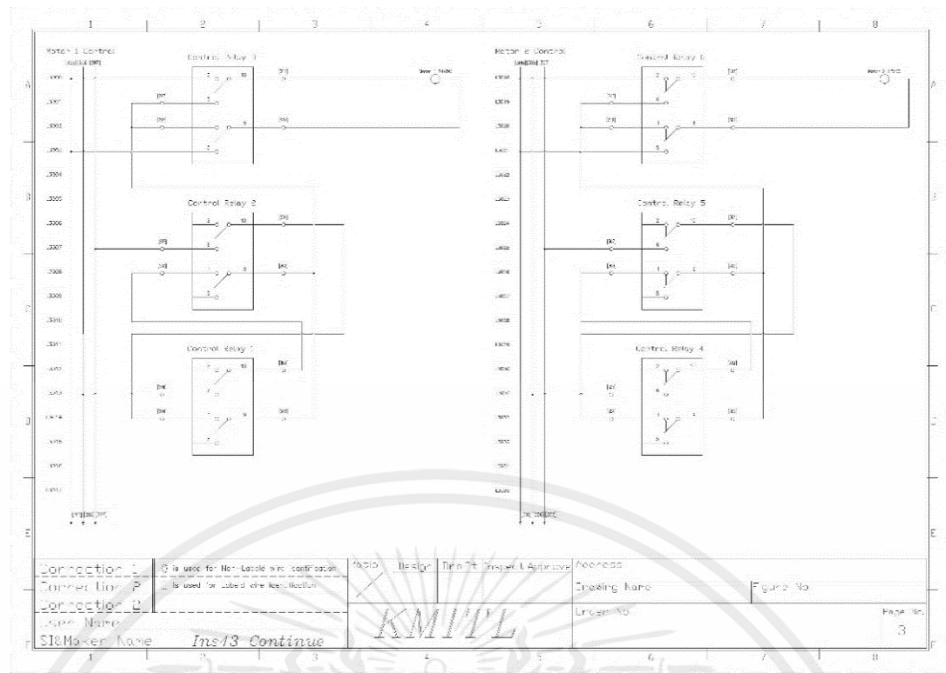


รูปที่ 3.5 วงจรรภายในตู้ควบคุมหน้าที่ 1

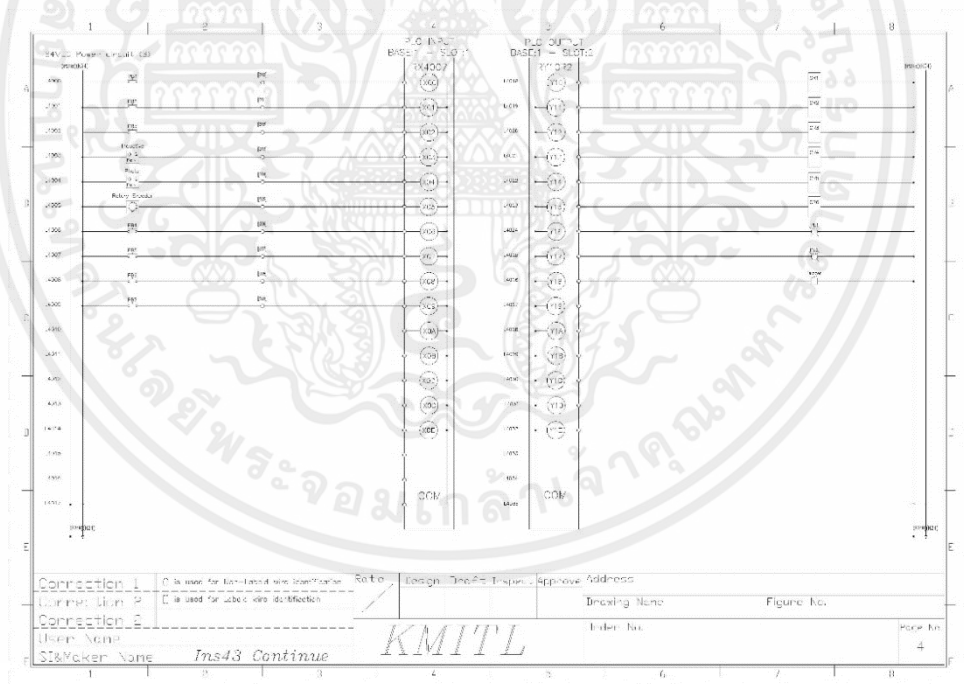


รูปที่ 3.6 วงจรรภายในตู้ควบคุมหน้าที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



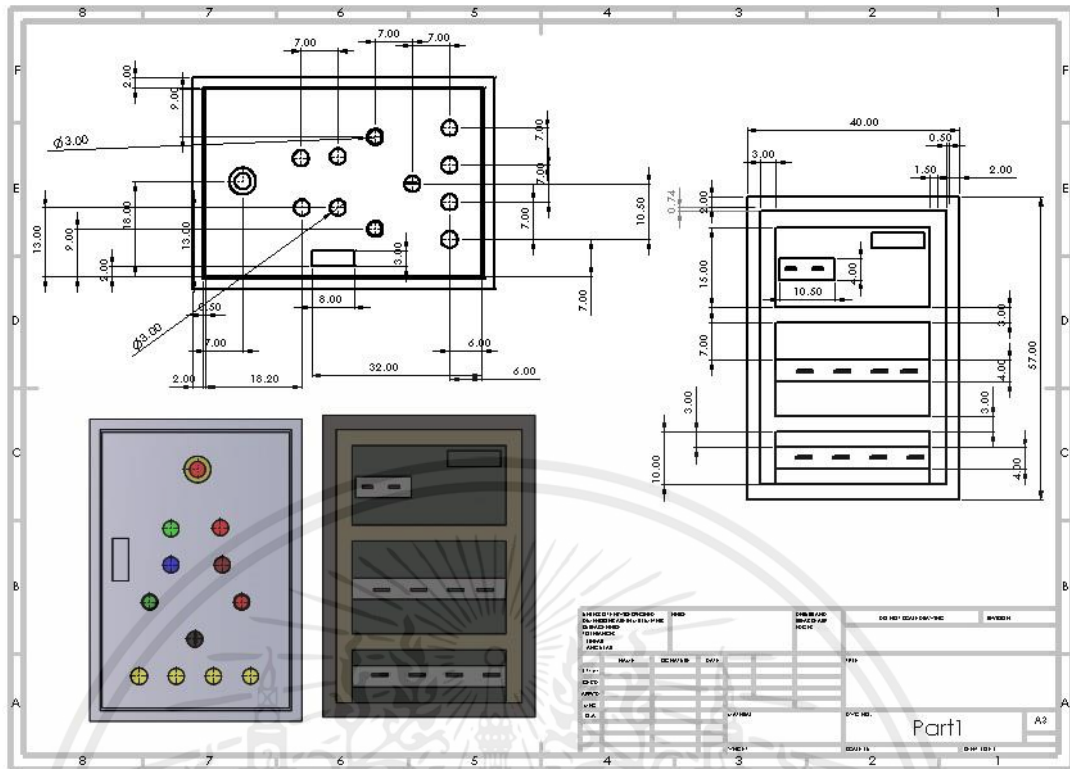
รูปที่ 3.7 วงจรภายในตู้ควบคุมหน้าที่ 3



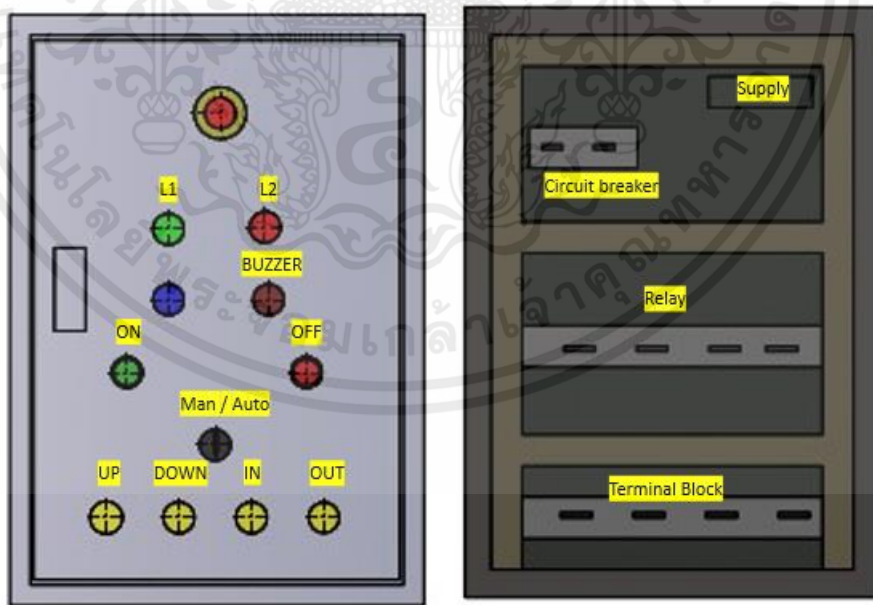
รูปที่ 3.8 วงจรภายในตู้ควบคุมหน้าที่ 4

เมื่อออกแบบตู้ควบคุมของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติเสร็จสิ้นแล้วด้วยโปรแกรม AutoCAD Electrical 2024 จึงมีดำเนินการวางแผนที่จะติดตั้งอุปกรณ์ภายนอกและภายในตู้ควบคุม ซึ่งทำการออกแบบด้วยโปรแกรม SOLIDWORK 2022 ดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ภายนอกและภายในตู้ควบคุมด้วยโปรแกรม SOLIDWORK 2022



รูปที่ 3.10 ออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ภายนอกและภายในตู้ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากเสร็จสิ้นออกแบบตู้ควบคุมและออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมไฟฟ้าของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแล้ว จึงเริ่มติดตั้งตู้อุปกรณ์ควบคุมที่ได้วางแผนไว้ โดยได้ทำการเดินสายไฟตามแบบที่ได้ออกแบบและมีการทดสอบการใช้งานว่าสามารถใช้งานหลอดไฟได้จริงหรือไม่



รูปที่ 3.11 ภายในตู้ควบคุม



รูปที่ 3.12 ภายในตู้ควบคุมด้านฝาเปิด-ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ภายนอกตู้ควบคุม

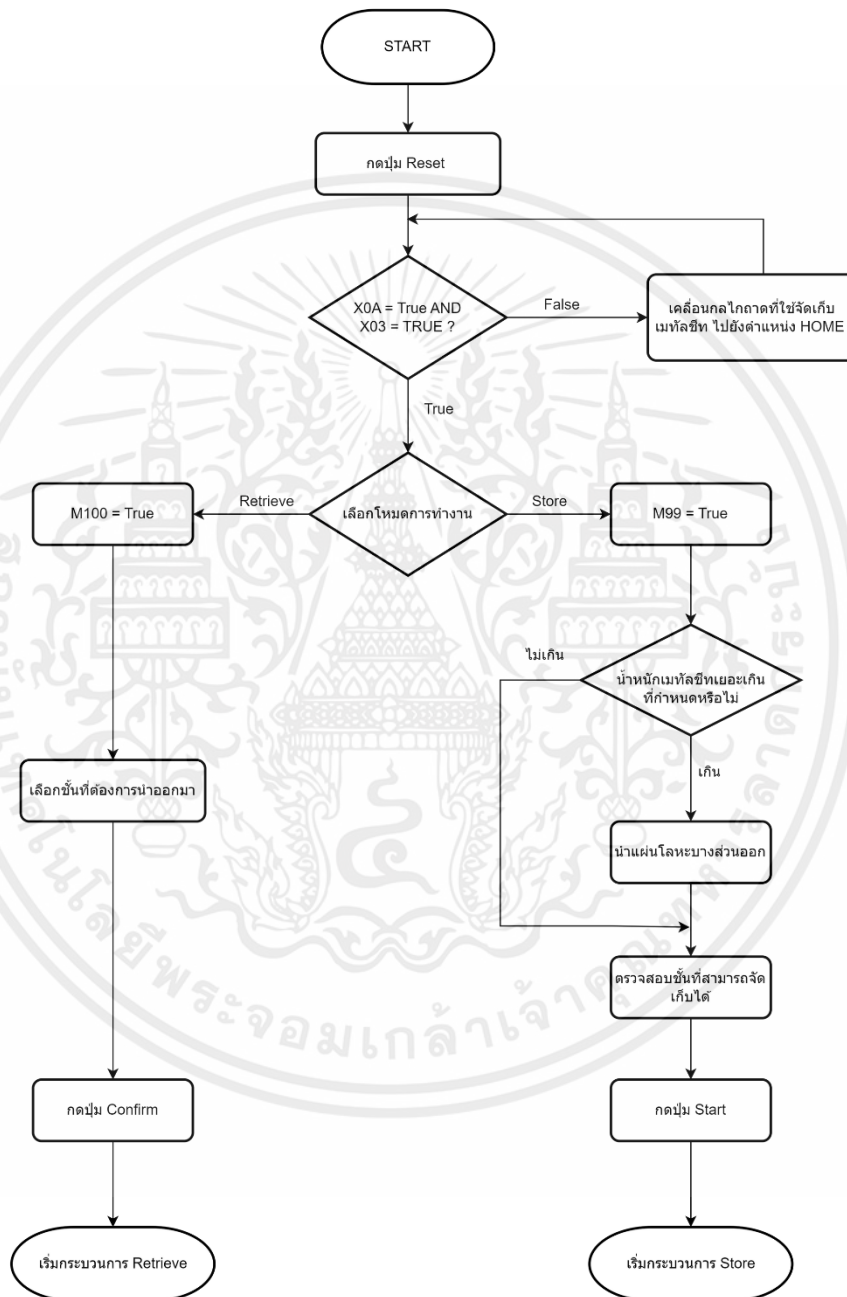


รูปที่ 3.14 ทดสอบการใช้งานตู้ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 ออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงการออกแบบในส่วนของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมระบบด้วย GX Works3 ของ Mitsubishi PLC โดยจะเริ่มต้นโดยการกำหนดเงื่อนไขต่างๆ และเขียนโปรแกรมควบคุม PLC ของการทำงานของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ



รูปที่ 3.15 แผนภาพการออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนที่จะเริ่มการทำงานทุกครั้ง ผู้ใช้งานควรที่จะกดปุ่มรีเซ็ตก่อน เพื่อทำการรีเซ็ตข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากผู้ใช้งานก่อนหน้านี้ และหากกดปุ่มรีเซ็ตแล้วยังคงมีข้อผิดพลาดอยู่ ระบบจะไม่สามารถใช้งานได้จนกว่าจะแก้ไขหรือกำจัดข้อผิดพลาดนั้นไป หลังจากนั้นให้ตรวจสอบว่า X0A หรือ สวิตช์จำกัดระยะในตำแหน่งเริ่มต้นนั้น มีค่าเป็น True หรือไม่ หากไม่ ให้เราทำการเลื่อนแท่นรองถาดจัดเก็บโลหะแผ่นด้วยมือหรือ Manually control ไปยังตำแหน่งที่หน้าสัมผัสของ X0A นั้นปิด ซึ่งแสดงถึงการมีอยู่ของแท่นรองถาดในตำแหน่งเริ่มต้น ซึ่งจะทำให้กระบวนการสามารถดำเนินต่อไปได้ และหาก X0A มีค่าเป็น True แล้ว ผู้ใช้งานจึงสามารถเลือกโหมดการทำงานของระบบได้ โดยโหมดการทำงานจะมีให้เลือกอยู่คร่าวๆ ทั้งหมด 2 โหมด คือ Retrieve และ Store

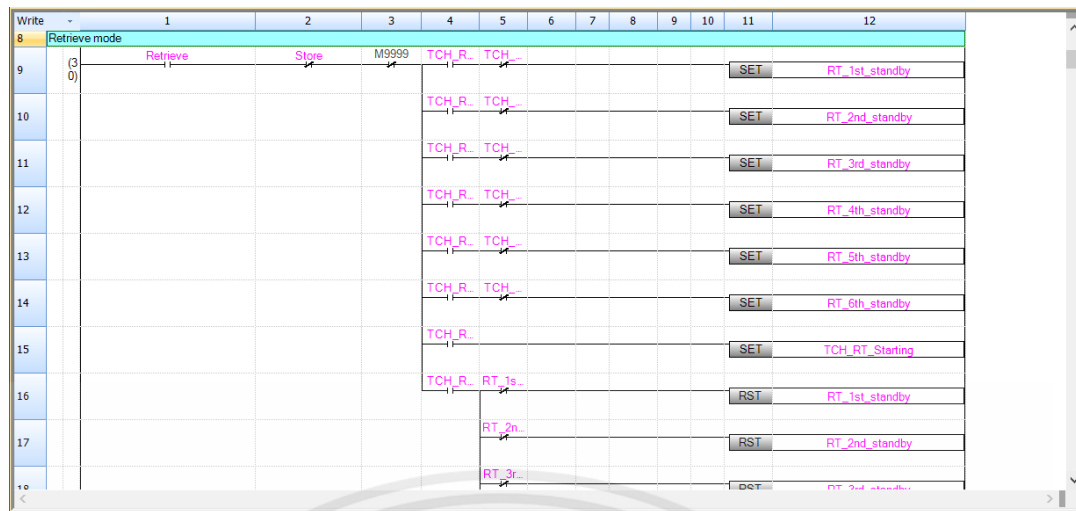
ในกรณี que เลือกโหมด Retrieve mode หรือโหมดที่ต้องการนำโลหะแผ่นออกมาใช้งาน เราจะใช้ M100 เป็นปุ่มบนหน้าจอสัมผัสสำหรับเลือกโหมดนี้ หาก M100 มีค่าเป็น True หมายความว่าเราได้เลือกโหมด Retrieve mode เป็นที่เรียบร้อยแล้วระบบจะยังไม่เริ่มกระบวนการ Retrieve ในทันทีหลังจากกด จนกว่าผู้ใช้งานจะกดปุ่ม Confirm ซึ่งก่อนที่จะกดปุ่ม Confirm นั้น ผู้ใช้งานควรที่จะเช็คสภาพแวดล้อมของเครื่องจักรก่อนที่จะตัดสินใจกด เพื่อเพิ่มความปลอดภัยก่อนการทำงาน หากกดปุ่ม Confirm แล้วจะเริ่มกระบวนการทันที

ส่วนกระบวนการในโหมด Store mode หรือโหมดจัดเก็บโลหะแผ่นนั้น มีความคล้ายคลึงกันกับโหมด Retrieve หากเพียงแต่ก่อนที่เราจะสามารถเลือกขึ้นที่ต้องการจัดเก็บโลหะแผ่นได้ ระบบจะทำการตรวจสอบก่อนว่า น้ำหนักรวมของแผ่นโลหะที่กำลังจะถูกจัดเก็บนั้น มีค่าเกินที่กำหนดไว้หรือไม่ หากน้ำหนักเกิน ให้ผู้ใช้งานทำการจัดเรียงโลหะแผ่นใหม่ หรือทำการนำโลหะแผ่นบางส่วนออก เพื่อให้มีน้ำหนักอยู่ในช่วงที่เครื่องจักรรองรับได้ หากน้ำหนักโลหะแผ่นที่ต้องการจัดเก็บอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ แล้ว จึงจะสามารถเลือกขึ้นที่ต้องการเก็บได้ และหลังจากเลือกขึ้นที่ต้องการจัดเก็บแล้ว เงื่อนไขก่อนที่จะเริ่มทำงานจะเหมือนกับโหมด Retrieve นั่นก็คือกระบวนการจะยังไม่เริ่มจนกว่าจะกดปุ่ม Confirm

Write		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
77	Store												
78	(3/2/2)	Stop	Retrieve	M9999	Motor_R	RT_1st				MO_K1210		D2	
79												TCH_ST_Lamp_1st	
80						RT_2nd				MO_K2760		D2	
81												TCH_ST_Lamp_2nd	
82						RT_3rd				MO_K4330		D2	
83												TCH_ST_Lamp_3rd	
84						RT_4th				MO_K5900		D2	
85												TCH_ST_Lamp_4th	
86						RT_5th				MO_K7480		D2	
87												TCH_ST_Lamp_5th	

รูปที่ 3.16 หน้าต่างแสดงคำสั่งที่ใช้ใน STORE MODE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 หน้าต่างแสดงคำสั่งที่ใช้ใน RETRIEVE MODE

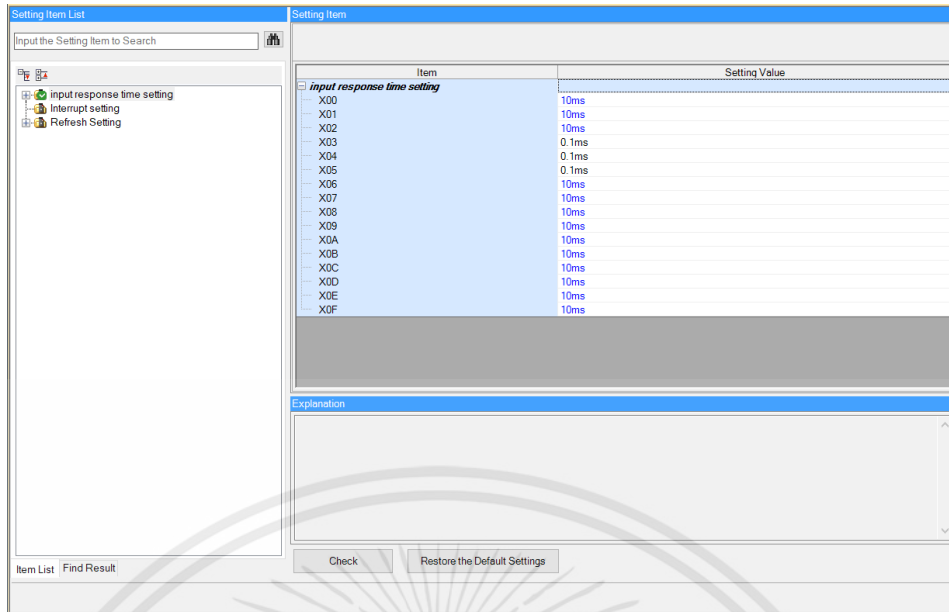
ในรูปที่ 3.16 และรูปที่ 3.17 นั้นจะเป็นการนำตัวอย่างคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมโมเมนต์ Store และ Retrieve ตามลำดับ ซึ่งรูปที่ได้นำมาแสดงนั้น เป็นเพียงส่วนหนึ่งของโปรแกรมทั้งหมด โดยภาษาที่ผู้จัดทำเลือกใช้คือภาษา Ladder ที่มีการเขียนโปรแกรมแบบลำดับขั้น (Sequential control) โดยใช้ Falling pulse เป็นคำสั่งหลักในการควบคุม

### 3.5 การเขียนโปรแกรม PLC ควบคุมการทำงานระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

การออกแบบโปรแกรมของการควบคุม Automated vertical sheet metal storage system ได้มีการกำหนดเงื่อนไขในการทำงานและเขียนโปรแกรมควบคุมให้กับระบบควบคุม PLC ซึ่งจะรวมถึงการออกแบบส่วนเชื่อมต่อกับ ผู้ใช้งาน (HMI) ซึ่งสามารถอธิบายวิธีการดำเนินการได้ดังนี้

#### 3.5.1 การตั้งค่าการตอบสนองของโมดูล RX40C7

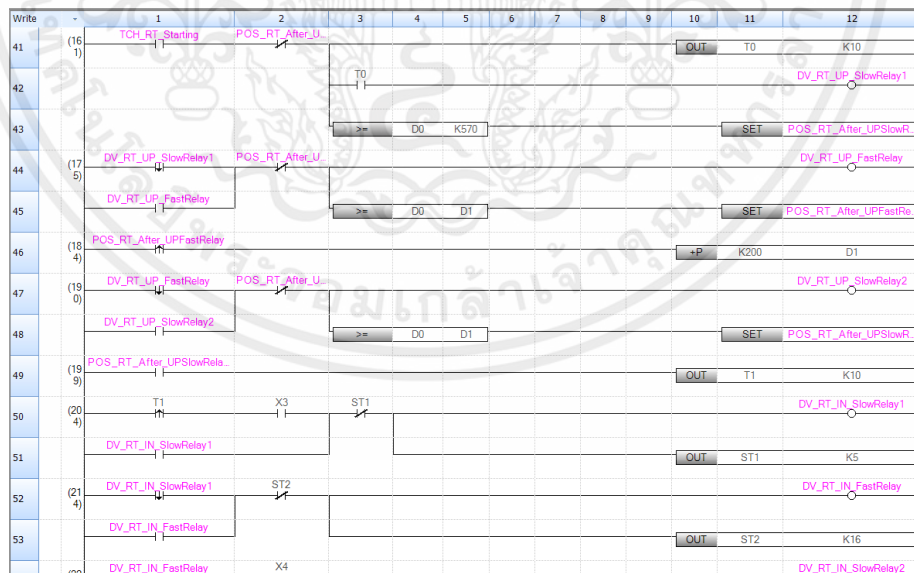
เนื่องด้วยโมดูล RX40C7 ที่ทางคณะผู้จัดทำสามารถหามาได้นั้นมีลักษณะเป็นรีเลย์อินพุต ทำให้ความไวในการตอบสนองช้ากว่าที่ควรจะเป็น โดยการออกแบบโปรแกรมเพื่อที่จะเป็นเงื่อนไขในการทำงานของมอเตอร์กระแสดตรงนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องตั้งค่าความไวในการตอบสนองของอินพุต เพื่อให้มีความไวที่ 0.1 มิลลิวินาที เพื่อเป็นการดึงประสิทธิภาพของการอ่านค่าจาก เอ็นโค้ดเดอร์แบบแกนหมุน ออกมาให้ได้มากที่สุด



รูปที่ 3.18 หน้าต่างการตั้งค่าความไวในการตอบสนองของโมดูล RX40C7

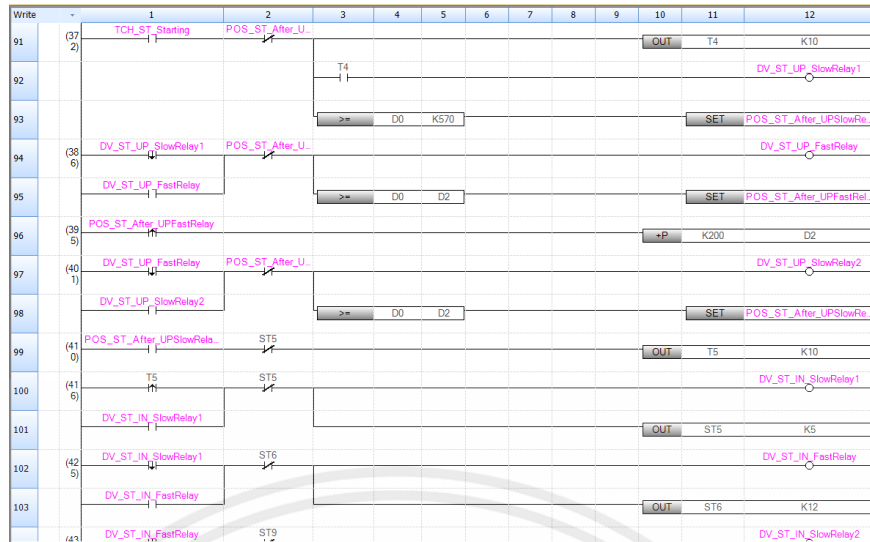
### 3.5.2 โปรแกรม PLC Ladder ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

การควบคุมการทิศทางและความเร็วของมอเตอร์นั้นจะดำเนินการควบคุมผ่านรีเลย์ ซึ่งสามารถออกแบบโปรแกรมการเปิด-ปิดรีเลย์ได้จากการใช้ภาษา Ladder ซึ่งหน้าสัมผัสในโปรแกรมที่สำคัญต่อการเขียนการควบคุมการทำงานแบบลำดับขั้น คือการใช้หน้าสัมผัส Falling Pulse



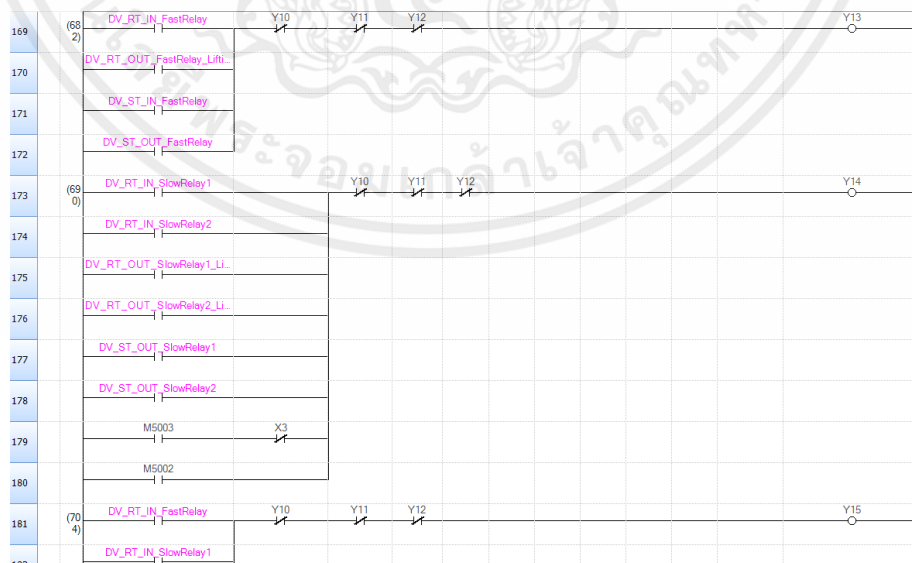
รูปที่ 3.19 โปรแกรมการควบคุมการทำงานแบบลำดับขั้นของโหมด Retrieve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 โปรแกรมการควบคุมการทำงานแบบลำดับขั้นของโหมด Store

จากรูปที่ 3.19 และรูปที่ 3.20 จะเห็นได้ว่า ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบโปรแกรมให้มีการใช้หน้าสัมผัสช่วยทั้งอินพุตและเอาต์พุต เพื่อให้ง่ายต่อการสร้างและแก้ไขโปรแกรมในอนาคต ทั้งนี้การออกแบบโปรแกรมโดยใช้เอาต์พุตเป็นหน้าสัมผัสช่วยนั้น สามารถลดปัญหาการใช้เอาต์พุตซ้ำกันได้อีกด้วย ซึ่งหากมีการใช้เอาต์พุตที่ซ้ำกัน การ Scan ของ PLC จะทำการ Scan หรือเลือกแสดงเอาต์พุตในบรรทัดที่ใกล้ (END) มากที่สุด ทำให้โปรแกรมไม่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบโปรแกรมแยกเอาต์พุตจริง (Y10 – Y1F) ไว้ต่างหาก แล้วนำเอาต์พุตที่เป็นหน้าสัมผัสช่วยมาเชื่อมต่อกันแบบ OR และจึงออกมาเป็นเอาต์พุตจริง (Y10 – Y1F)

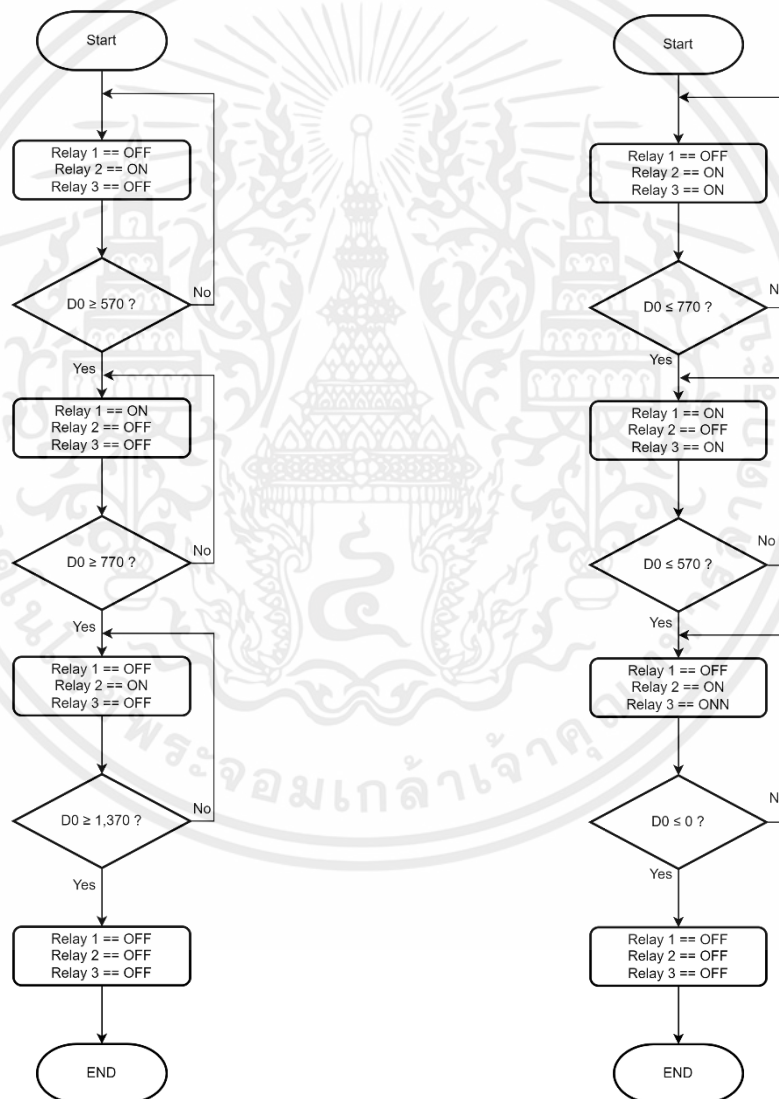


รูปที่ 3.21 การแยกเอาต์พุตจริงออกจากการทำงานแบบลำดับขั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.3 การออกแบบโปรแกรมสำหรับเปลี่ยนความเร็วมอเตอร์ผ่านวงจรรีเลย์

ในการควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ 1 ตัวนั้น จำเป็นต้องมีรีเลย์ที่ใช้สำหรับควบคุมอย่างน้อย 3 ตัวสำหรับรีเลย์ตัวที่ 1 จะทำหน้าที่เชื่อมต่อหน้าสัมผัสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 24VDC ไปยังขั้วของมอเตอร์ ซึ่งทำให้สามารถกำหนดให้รีเลย์ตัวที่ 1 เป็นรีเลย์ที่ทำให้มอเตอร์หมุนเร็วขึ้นมาในระดับหนึ่งเมื่อมีการจ่ายไฟไปที่ขดลวดของรีเลย์ และในส่วนของรีเลย์ตัวที่ 2 จะทำหน้าที่เชื่อมต่อหน้าสัมผัสจากบอร์ดขับมอเตอร์ที่มีการลดความเร็วหรือปรับแรงดันลงแล้วไปยังขั้วของมอเตอร์ ทำให้สามารถกำหนดให้รีเลย์ตัวที่ 2 นั้นเป็นรีเลย์ที่ทำให้มอเตอร์หมุนช้าลงเมื่อมีการจ่ายไฟไปที่ขดลวดของรีเลย์และรีเลย์ตัวที่ 3 นั้นจะทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไปในทิศทางตรงกันข้ามจากเดิมก่อนที่จะมีการจ่ายไฟให้รีเลย์ตัวที่ 3



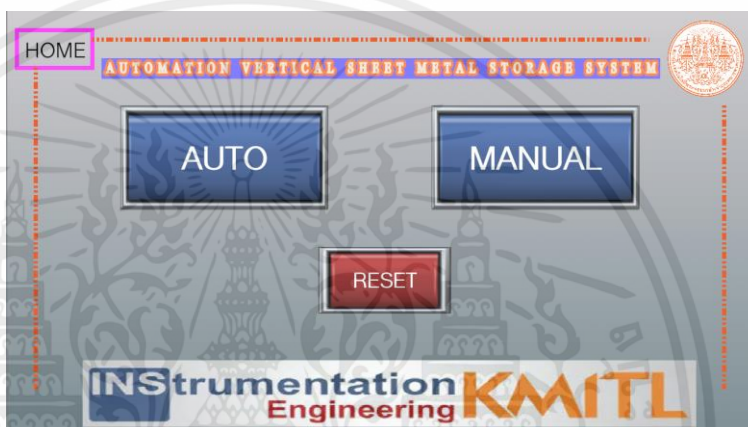
รูปที่ 3.22 Flow chart แสดงการทำงานของรีเลย์ควบคุมเคลื่อนที่ของมอเตอร์ในขาขึ้น-ลงตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.4 การออกแบบส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (GOT2000)

การออกแบบโปรแกรมที่ใช้การแสดงผลผ่านหน้าจอแบบสัมผัสผ่านทางคณะผู้จัดทำ ได้เลือกใช้หน้าจอรุ่น GOT2000 และได้ใช้ GT-Designer 3 สำหรับแพลตฟอร์มการออกแบบ หน้าจอสัมผัสซึ่งได้มีการออกแบบเพื่อให้ผู้ใช้งานทำการป้อนค่าอินพุตเป็นหมายเลขพาเลทที่ต้องการจัดเก็บหรือนำออกมาแบ่งออกมาได้ 6 หน้าต่างหลักดังนี้

- 1) Main menu เป็นหน้าต่างสำหรับใช้เลือกโหมดการทำงานระหว่างโหมดอัตโนมัติและแมนนวล และปุ่ม Reset สำหรับรีเซ็ตหรือคืนค่าทุกค่าของระบบ



รูปที่ 3.23 Main menu

- 2) Retrieve & Store selection เป็นหน้าต่างใช้สำหรับการเลือกกระหว่างการทำงานในโหมด Retrieve หรือโหมด Store ซึ่งจะแสดงเมื่อมีการกดเลือก "AUTO" จากหน้าต่าง Main menu



รูปที่ 3.24 Retrieve – Store selection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) Retrieve Pallet selection เป็นหน้าต่างสำหรับใช้เลือกชั้นที่ต้องการนำออกมา โดยจะมีตารางแสดงข้อมูลประเภท จำนวน น้ำหนักของแผ่น โลหะและหมายเลขของพาเลทในแต่ละชั้นอยู่ทางด้านซ้ายมือของจอ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกพาเลทที่ต้องการนำออกมาโดยการป้อนหมายเลขของพาเลทที่ช่องอินพุตตัวเลขทางด้านขวามือ.

Description	Quantity	Weight	Pallet
		0.00 kg	6
		0.00 kg	5
		0.00 kg	4
		0.00 kg	3
		0.00 kg	2
		0.00 kg	1

Type your Retrieving pallet in the box ( 1 - 6 )

0

Current pallet on the elevator

0

Current weight on load cell

0.00 kg

BACK
HOME

รูปที่ 3.25 Retrieve Pallet Selection

- 4) Store Level Selection เป็นหน้าต่างสำหรับเลือกชั้นที่ต้องการเก็บพาเลท ซึ่งจะสามารถเก็บได้เฉพาะชั้นที่มีการเบิกพาเลทออกมาแล้วเท่านั้น โดยเลขชั้นที่จะสามารถเก็บพาเลทที่นำออกมาได้นั้นจะถูกแสดงอยู่ด้านขวามือของจอ อีกทั้งยังมีตารางที่ใช้ในการแสดงข้อมูลแต่ละชั้นทางด้านซ้ายมือของจอสัมพันธ์เช่นเดียวกับรูปที่ 3.25

Description	Quantity	Weight	Pallet
		0.00 kg	6
		0.00 kg	5
		0.00 kg	4
		0.00 kg	3
		0.00 kg	2
		0.00 kg	1

Available store level

0

Start

Current pallet on the elevator

0

Current weight on load cell

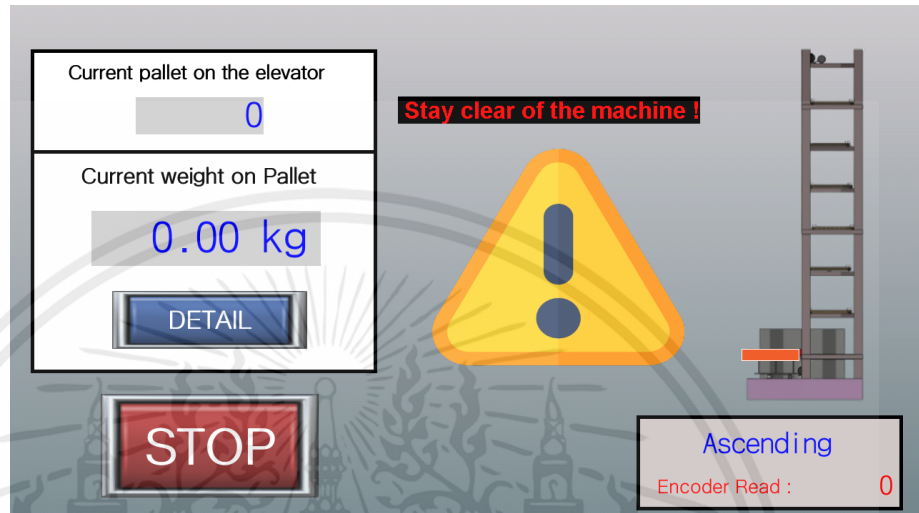
0.00 kg

BACK
HOME

รูปที่ 3.26 Store level Selection

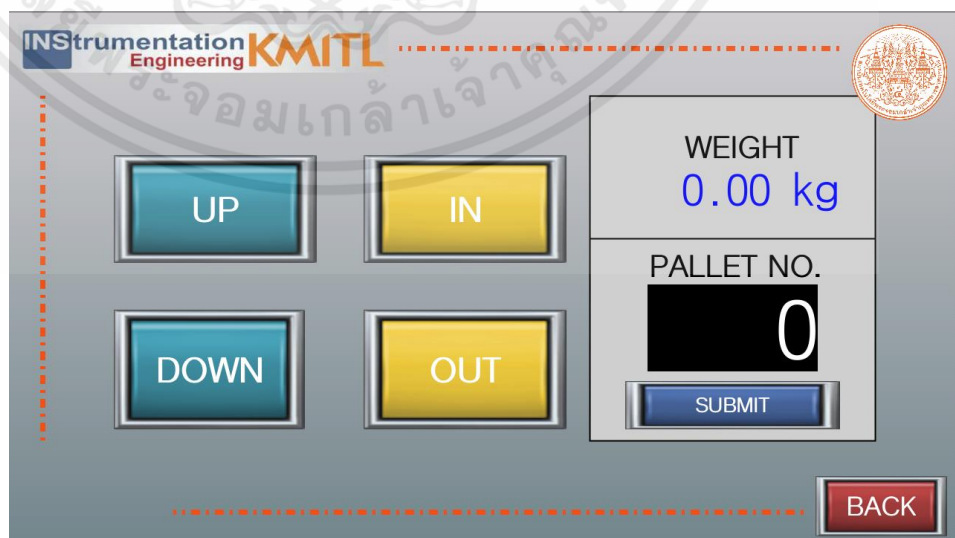
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5) Operating Screen เป็นหน้าต่างที่ใช้เพื่อแสดงข้อมูลขณะทำงาน มีการแสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของชั้นวาง และมีค่าที่อ่านได้จากเอ็นโค้ดเดอร์ในด้านขวาล่างของจอสัมผัส และมีปุ่ม Detail สำหรับแสดงตารางข้อมูลของพาเลทในแต่ละชั้นอีกด้วย



รูปที่ 3.27 Operating Screen

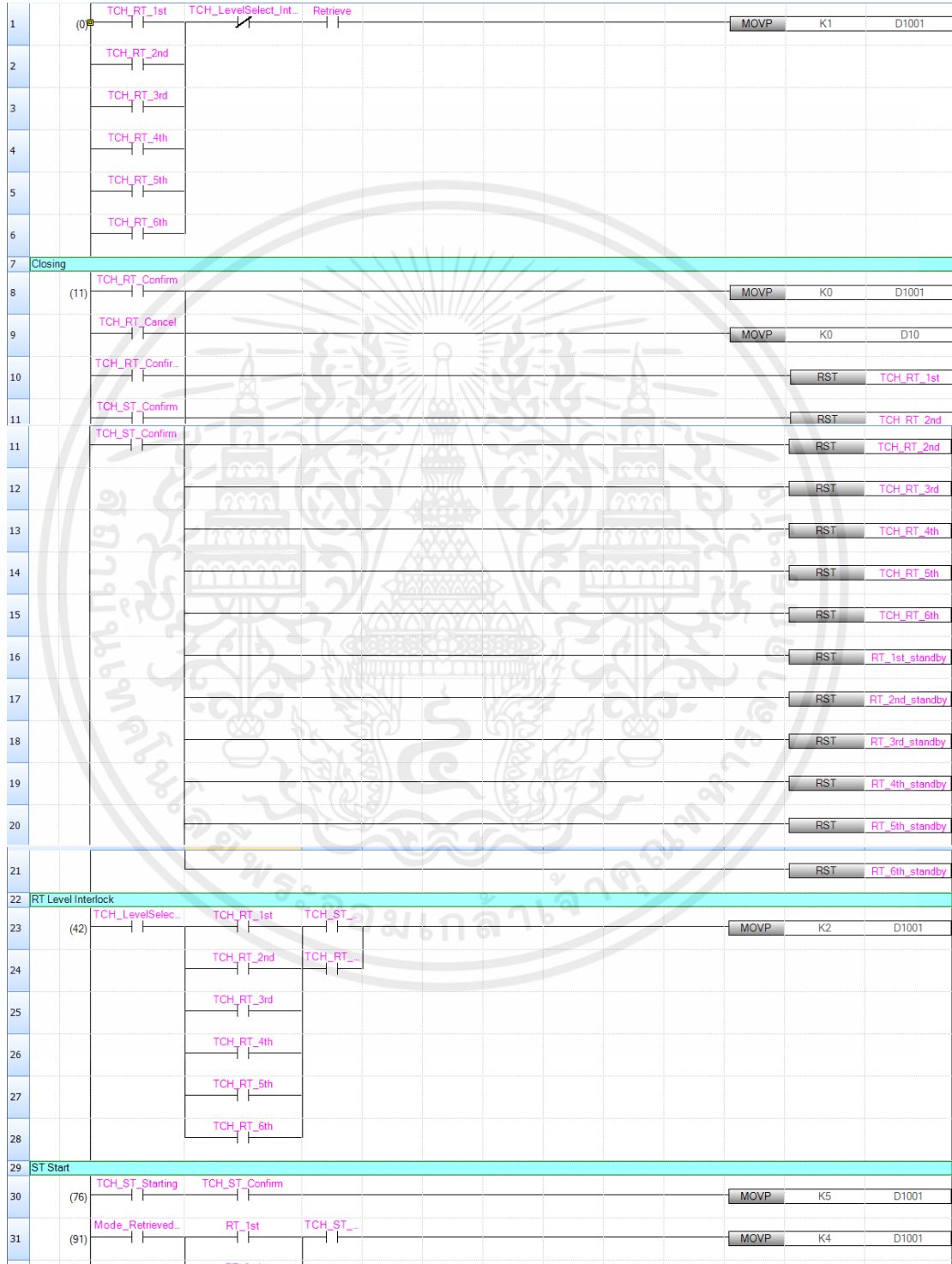
- 6) Manual เป็นหน้าต่างที่มีไว้สำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของวงมอเตอร์ทั้ง 2 มอเตอร์แบบ Manual และอีกทั้งยังสามารถป้อนน้ำหนักของแผ่นโลหะในชั้นหรือพาเลทที่ต้องการจัดเก็บได้อีกด้วย



รูปที่ 3.28 Manual

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม การออกแบบหน้าจอสําหรับผู้ใช้งานในโปรแกรม GT-Designer 3 นั้น ยังไม่สามารถเขียนเงื่อนไขในการทำงานได้อย่างครอบคลุม ซึ่งทางคณะผู้จัดทำจึงได้ออกแบบโปรแกรมและเงื่อนไขการทำงานของหน้าจอเชื่อมต่อผู้ใช้งานในภาษา Ladder ไว้อีกด้วย ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่เรียกหน้าต่างวินโดว์ ออกมา



รูปที่ 3.29 โปรแกรม Ladder สำหรับเงื่อนไขการทำงานของหน้าจอสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 การคำนวณความเร็วของกลไกการเคลื่อนที่ของพาเลทในทิศทาง ขึ้น-ลง

เนื่องด้วยความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงที่แรงดัน 24VDC นั้น มีความเร็วที่ 6,000 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วที่ค่อนข้างสูง อาจทำให้ส่วนที่ทำหน้าที่เป็นกลไกการยกพาเลท ขึ้น-ลง มีการกระชาก และอาจเกิดอันตรายได้ และถึงแม้จะปรับลดแรงดันลงมาแล้วก็ตาม แต่แรงบิดที่ได้ ณ พิกัดแรงดันที่ต่ำกว่า 12VDC นั้น มีไม่มากพอที่จะยกพาเลทขึ้นมาด้วยโซ่ ทางคณะผู้จัดทำจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทดรอบมอเตอร์ด้วย Worm gear และ Spur gear โดยมีอัตราส่วนของจำนวนฟันเฟืองที่ 1:50 และ 13:49 ตามลำดับ



รูปที่ 3.30 Worm gear และ Spur gear ที่ใช้ในการทดรอบ

ที่มา : <https://th.nc-net.com/error.html>

ซึ่งวิธีการหาความเร็วเชิงมุมที่ออกมาหลังจากที่มีการทดรอบนั้นจำเป็นต้องทราบถึงความเร็วรอบของมอเตอร์ก่อน ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จากรายละเอียดใน Datasheet ของมอเตอร์ ซึ่งมีความเร็วรอบที่ 6,000 รอบต่อนาที ที่ พิกัดแรงดัน 24VDC และเลือกใช้พิกัดแรงดัน 21VDC โดยมีความเร็วรอบ 5,250 รอบต่อนาที ซึ่งจะได้ความเร็วรอบสุดท้ายหลังจากการทดเกียร์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งมีความเร็วที่ 27.86 รอบต่อนาที

โดยสมการที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (3.1)$$

แทนค่า  $\omega_1 = 5,250$ ,  $T_1 = 1$  และ  $T_2 = 50$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 T_1}{T_2} \quad (3.2)$$

และแทนที่  $\omega_2$  จากการคำนวณรอบของ Worm gear ที่  $\omega_1$  ของการคำนวณความเร็ว Spur gear

$$\omega_2 = \frac{(105)(13)}{49} \quad (3.3)$$

$$\omega_2 = 27.85 \text{ RPM} \quad (3.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และนำความเร็วรอบที่ได้ มาเทียบกับอัตราการตอบสนองที่เร็วที่สุดของโมดูล RX40C7 ที่ซึ่งเป็นโมดูลดิจิทัลอินพุต ที่จะมาทำหน้าที่เป็นตัวอ่านค่าอินพุตที่มาจาก เอ็นโค้ดเดอร์แบบหมุน เป็นพัลส์ที่มีความละเอียดในการอ่านที่ 600 พัลส์ต่อรอบ ( 600 PPR ) ซึ่งความเร็วรอบที่ได้มาจากการทดลองด้วยเฟืองเกียร์นั้น จะต่อด้วยเพลลาเดียวกัน ทำให้ความเร็วรอบของ เอ็นโค้ดเดอร์แบบหมุนมีความเร็วที่เท่ากันกับที่ได้จากการทดลองที่ 27.85 รอบต่อวินาที สามารถนำมาเทียบกับอัตราการตอบสนองของโมดูล RX40C7 ที่ 0.1 มิลลิวินาทีได้ โดยการนำค่าของพัลส์ที่ได้จาก เอ็นโค้ดเดอร์แบบหมุนมาเทียบกันจากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Encoder frequency} = \frac{\text{Encoder PPR} \times \text{Encoder Speed}}{60} \quad (3.5)$$

และจะให้ความถี่ในการอ่านของ เอ็นโค้ดเดอร์แบบหมุนที่ 278.5 พัลส์ต่อวินาที และซึ่งความถี่ในการตอบสนองของอินพุตโมดูล RX40C7 ที่สามารถอ่านได้ทันนั้นมีค่าเท่ากับ 10,000 พัลส์ต่อวินาทีจะเห็นได้ว่าความเร็วในการส่งพัลส์ของ เอ็นโค้ดเดอร์แบบหมุนไปยังโมดูลอินพุต RX40C7 นั้นยังอยู่ในขอบเขตที่สามารถรับได้หรือโมดูลสามารถอ่านค่าได้ทันและยังสามารถเพิ่มความเร็วได้กว่า 30 เท่า อย่างไรก็ตามใน อัตราการตอบสนองของ RX40C7 ที่ 10,000 พัลส์ต่อวินาทีที่ระบุใน Datasheet ของโมดูลนั้นอาจมีความคลาดเคลื่อนในความถี่สูง เนื่องจากไม่ใช่โมดูลอินพุตแบบไฮสปีดโดยตรง

ความเร็วเชิงเส้นในการเคลื่อนที่ของกลไกที่ไชยกถาดในทิศทาง ขึ้น-ลง นั้น สามารถหาได้จากการนำเส้นรอบวงของเฟืองโซ่และความเร็วรอบของเฟืองโซ่ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 2.186 เมตรต่อวินาทีหรือ 3.643 เซนติเมตรต่อวินาที

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

ในบทนี้จะเป็นการทดลองและการหาประสิทธิภาพของปัญญาประดิษฐ์ระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้มีการกำหนดไว้ จึงต้องอาศัยความแม่นยำ ความถูกต้องจากการทดลองซึ่งสามารถแบ่งผลการทดลองออกเป็น 6 หัวข้อดังนี้

- 4.1 การทดลองควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่ขึ้นของการเก็บโลหะแผ่นตามขั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ขึ้นของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
- 4.2 การทดลองควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่ลงของการเก็บโลหะแผ่นตามขั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ลงของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
- 4.3 การทดลองควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่เข้าของการเก็บโลหะแผ่นตามขั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่เข้าของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
- 4.4 การทดลองควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่ออกของการเก็บโลหะแผ่นตามขั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ออกของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ
- 4.5 การสอบเทียบอุปกรณ์ซึ่งน้ำหนักด้วยตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน
- 4.6 การทดลองชั่งน้ำหนักของโลหะแผ่นของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

#### 4.1 การทดลองควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่ขึ้นของการเก็บโลหะแผ่นตามขั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ขึ้นของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

การทดลองนี้จะเป็นการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ขึ้น และเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ขึ้นของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติโดยที่จะมีการกำหนดอินพุตซึ่งเป็นค่าเป้าหมายของขั้นเก็บโลหะแผ่นที่ต้องการให้มีการเคลื่อนที่ขึ้นไปให้มีการเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (HMI) จากนั้นจะนำผลของการเคลื่อนที่ ที่ผ่านผู้ใช้งานที่เป็นค่าจริง ซึ่งเป็นค่านับจำนวนระยะของเอ็นโค้ดเดอร์ (Pulse) ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ขึ้นมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริงมาเปรียบเทียบ เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลที่ถูกต้องในการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ และการทดลองในการเคลื่อนที่ขึ้นในแต่ละ

ขั้นจะทดลองทั้งหมด 5 ครั้งเพื่อหาความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability) โดยเงื่อนไขการทดลองจะกำหนดอินพุตเป็นจำนวนชั้นมีชั้นอยู่ 1, 2, 3, 4, 5, และ 6 ซึ่งจะให้ผลการทดลองเป็นดังนี้

**ตารางที่ 4.1** การทดลองควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่ขึ้นของการเก็บโลหะแผ่นตามชั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ขึ้นของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

จำนวนชั้นที่เคลื่อนที่ไป	ครั้งที่ 1 จำนวนของ ระยะของเอ็น โค้ดเดอร์ (Pulse)	ครั้งที่ 2 จำนวนของ ระยะของเอ็น โค้ดเดอร์ (Pulse)	ครั้งที่ 3 จำนวนของ ระยะของเอ็น โค้ดเดอร์ (Pulse)	ครั้งที่ 4 จำนวนของ ระยะของเอ็น โค้ดเดอร์ (Pulse)	ครั้งที่ 5 จำนวนของ ระยะของเอ็น โค้ดเดอร์ (Pulse)	การเคลื่อนที่ขึ้น
1 ไป 2	1550	1550	1550	1550	1550	ถูกต้อง
2 ไป 3	1570	1570	1570	1570	1570	ถูกต้อง
3 ไป 4	1570	1570	1569	1570	1569	ถูกต้อง
4 ไป 5	1579	1580	1580	1580	1579	ถูกต้อง
5 ไป 6	1550	1550	1550	1550	1550	ถูกต้อง
ค่าเฉลี่ย	1563.8	1564	1563.8	1564	1563.6	

หมายเหตุ : การเคลื่อนที่ คือลักษณะของการเคลื่อนที่ในการเคลื่อนที่จริงของการเก็บโลหะแผ่นในแต่ละชั้นเปรียบเทียบกับกัน

จากผลการทดลองพบว่าการทดลองเปรียบเทียบทั้งหมด 5 ครั้งของแต่ละชั้นการเคลื่อนที่ขึ้นของการเคลื่อนที่เก็บโลหะแผ่นนั้นมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันทุกชั้น ค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ที่ 1564 Pulse ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้นมีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพที่ดีมากในการเคลื่อนที่ขึ้นของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

**4.2 การทดลองควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ลงของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่ลงของการเก็บโลหะแผ่นตามชั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ลงของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ**

การทดลองนี้จะเป็นการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ลง และเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ลงของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติโดยที่จะมีการกำหนดอินพุตซึ่งเป็นค่าเป้าหมายของชั้นเก็บโลหะแผ่นที่ต้องการให้มีการเคลื่อนที่ลงไปให้มีการเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (HMI) จากนั้นจะนำผลของการเคลื่อนที่ที่ผ่านผู้ใช้งานที่เป็นค่าจริง ซึ่งเป็นค่านับจำนวนระยะของเอ็นโค้ดเดอร์ (Pulse) ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ลงมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริงมาเปรียบเทียบ เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลที่ถูกต้องในการเคลื่อนที่ลงของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ และการทดลองในการเคลื่อนที่ขึ้นในแต่ละชั้นจะ

ทดลองทั้งหมด 5 ครั้งเพื่อหาความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability) โดยเงื่อนไขการทดลองจะกำหนดอินพุตเป็นจำนวนชั้นมีชั้นอยู่ 1, 2, 3, 4, 5, และ 6 ซึ่งจะให้ผลการทดลองเป็นดังนี้

**ตารางที่ 4.2** การทดลองควบคุมทิศทางรถเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่ลงของการเก็บโลหะแผ่นตามชั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางของรถเคลื่อนที่ลงของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

จำนวนชั้นที่เคลื่อนที่ไป	ครั้งที่ 1 จำนวนของ ระยะของเอ็น โค้ดเดอร์ (Pulse)	ครั้งที่ 2 จำนวนของ ระยะของเอ็น โค้ดเดอร์ (Pulse)	ครั้งที่ 3 จำนวนของ ระยะของเอ็น โค้ดเดอร์ (Pulse)	ครั้งที่ 4 จำนวนของ ระยะของเอ็น โค้ดเดอร์ (Pulse)	ครั้งที่ 5 จำนวนของ ระยะของเอ็น โค้ดเดอร์ (Pulse)	การเคลื่อนที่ลง
1 ไป 2	1548	1550	1550	1549	1550	ถูกต้อง
2 ไป 3	1570	1570	1570	1570	1570	ถูกต้อง
3 ไป 4	1570	1568	1570	1570	1570	ถูกต้อง
4 ไป 5	1580	1580	1580	1580	1580	ถูกต้อง
5 ไป 6	1550	1550	1550	1550	1550	ถูกต้อง
ค่าเฉลี่ย	1563.6	1563.6	1564	1563.8	1564	

หมายเหตุ : การเคลื่อนที่ คือลักษณะของการเคลื่อนที่ในการเคลื่อนที่จริงของการเก็บโลหะแผ่นในแต่ละชั้นเปรียบเทียบกับกัน

จากผลการทดลองพบว่าผลการทดลองเปรียบเทียบทั้งหมด 5 ครั้งของแต่ละชั้นการเคลื่อนที่ลงของการเคลื่อนที่เก็บโลหะแผ่นนั้นมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันทุกชั้น ค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ที่ 1564 Pulse ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้นมีความถูกต้อง และมีประสิทธิภาพที่ดีมากในการเคลื่อนที่ลงของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

**4.3 การทดลองควบคุมทิศทางรถเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่เข้าของการเก็บโลหะแผ่นตามชั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางของการเคลื่อนที่เข้าของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ**

การทดลองนี้จะเป็นการควบคุมทิศทางรถเคลื่อนที่เข้า และเปรียบเทียบทิศทางรถเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติโดยกำหนดอินพุต ซึ่งเป็นตัวอุปกรณ์ตรวจจับแบบไม่สัมผัส (Proximity Sensor) ในการที่พาเลทมีการเคลื่อนเข้า เมื่อมีการเคลื่อนเข้าชนในตำแหน่งที่ตั้งของเซนเซอร์จะทำงานไฟติด เป็นเป้าหมายของชั้นเก็บโลหะแผ่นที่ต้องการให้มีการเคลื่อนที่ไปให้เชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (HMI) จากนั้นจะนำผลของการเคลื่อนที่ที่ผ่านผู้ใช้งานที่เป็นค่าจริง ซึ่งจะกำหนดว่าไฟที่เซนเซอร์ไฟติดหรือไฟไม่ติด เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลที่ถูกต้องในการเคลื่อนที่เข้าของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ และการทดลองในการเคลื่อนที่ขึ้นในแต่ละชั้นจะทดลองทั้งหมด 5 ครั้งเพื่อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability) โดยเงื่อนไขการทดลองจะกำหนดอินพุตเป็นจำนวนชั้นมีชั้นอยู่ 1, 2, 3, 4, 5, และ 6 ซึ่งจะให้ผลการทดลองเป็นดังนี้

**ตารางที่ 4.3** การทดลองควบคุมทิศทางของการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่เข้าของการเก็บโลหะแผ่นตามชั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางของการเคลื่อนที่เข้าของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

จำนวนชั้นที่เคลื่อนที่ไป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	การเคลื่อนที่เข้า
1 ไป 2	○	○	○	○	○	ถูกต้อง
2 ไป 3	○	○	○	○	○	ถูกต้อง
3 ไป 4	X	○	X	X	○	ถูกต้อง
4 ไป 5	○	○	○	○	○	ถูกต้อง
5 ไป 6	○	X	○	○	○	ถูกต้อง

หมายเหตุ : ○ แทนความถูกต้องตรวจจับของเซ็นเซอร์ในการเคลื่อนที่เข้า

X แทนความผิดพลาดตรวจจับของเซ็นเซอร์ในการเคลื่อนที่เข้า

จากผลการทดลองพบว่าการทดลองและทำการเปรียบเทียบทั้งหมด 5 ครั้งของแต่ละชั้นการเคลื่อนที่เข้าลาดพาเลทที่ตรวจจับด้วยเซ็นเซอร์ในการเคลื่อนที่เก็บโลหะแผ่นนั้นมีความถูกต้อง ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้นมีความถูกต้อง มีความแม่นยำ และมีประสิทธิภาพที่ดีมากในการเคลื่อนที่เข้าของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

#### 4.4 การทดลองควบคุมทิศทางของการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่ออกของการเก็บโลหะแผ่นตามชั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางในการเคลื่อนที่ออกของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

การทดลองนี้จะเป็นการควบคุมทิศทางของการเคลื่อนที่ออก และเปรียบเทียบทิศทางของการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติโดยกำหนดอินพุตซึ่งเป็นตัวอุปกรณ์ตรวจจับแบบไม่สัมผัส (Proximity Sensor) ในการที่พาเลทมีการเคลื่อนออก เมื่อมีการเคลื่อนออกจนตำแหน่งที่ติดตั้งของเซ็นเซอร์จะไฟติด เป็นเป้าหมายของชั้นเก็บโลหะแผ่นที่ต้องการให้มีการเคลื่อนที่ไปให้เชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (HMI) จากนั้นจะนำผลของการเคลื่อนที่ที่ผ่านผู้ใช้งานที่เป็นค่าจริง ซึ่งจะกำหนดว่าไฟที่เซ็นเซอร์ไฟติดหรือไฟไม่ติด เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลที่ต้องการในการเคลื่อนที่เข้าของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ และการทดลองในการเคลื่อนที่ขึ้นในแต่ละชั้นจะทดลองทั้งหมด 5 ครั้งเพื่อหาความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability) โดยเงื่อนไขการทดลองจะกำหนดอินพุตเป็นจำนวนชั้นมีชั้นอยู่ 1, 2, 3, 4, 5, และ 6 ซึ่งจะให้ผลการทดลองเป็นดังนี้

**ตารางที่ 4.4** การทดลองควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่ออกของการเก็บโลหะแผ่นตามขั้นที่กำหนด และเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ออกของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

จำนวนขั้นที่เคลื่อนที่ไป	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	การเคลื่อนที่ออก
1 ไป 2	○	○	○	○	○	ถูกต้อง
2 ไป 3	○	○	○	○	○	ถูกต้อง
3 ไป 4	X	○	X	X	○	ถูกต้อง
4 ไป 5	○	○	○	○	○	ถูกต้อง
5 ไป 6	○	X	○	○	○	ถูกต้อง

หมายเหตุ : ○ แทนความถูกต้องตรวจจับของเซ็นเซอร์ในการเคลื่อนที่ออก

X แทนความผิดพลาดตรวจจับของเซ็นเซอร์ในการเคลื่อนที่ออก

จากผลการทดลองพบว่าการทดลองและทำการเปรียบเทียบทั้งหมด 5 ครั้งของแต่ละขั้นการเคลื่อนที่ออกของสภาพาเลทที่ตรวจจับด้วยเซ็นเซอร์แบบไม่สัมผัส ในการเคลื่อนที่ออกเก็บโลหะแผ่นนั้นมีความถูกต้อง ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้นมีความถูกต้อง มีความแม่นยำ และมีประสิทธิภาพที่ดีมากในการเคลื่อนที่ออกของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

#### 4.5 การสอบเทียบอุปกรณ์ชั่งน้ำหนักด้วยตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

การสอบเทียบอุปกรณ์ชั่งน้ำหนัก เป็นการชั่งน้ำหนักด้วยตุ้มน้ำหนักมาตรฐานน้ำหนักทั้งหมด 10 ค่าด้วยกันคือ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 กิโลกรัม เพื่อทำการปรับ Zero-Span ของตัวทรานสมิตเตอร์ของอุปกรณ์ชั่งน้ำหนัก ซึ่งผลลัพธ์ที่ออกมานั้นมีค่าผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.171 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ ทั้งนี้ผู้จัดทำได้ดำเนินการสอบเทียบอุปกรณ์ชั่งน้ำหนักด้วยกันทั้งหมด 2 ในครั้งแรกจะเป็นการชั่งโดยที่ยังไม่มีการปรับ Zero-Span และครั้งที่ 2 เป็นการสอบเทียบหลังจากที่มีการปรับ Zero-Span เรียบร้อยแล้ว ซึ่งมีผลลัพธ์การสอบเทียบออกมาดังตารางดังต่อไปนี้

**ตารางที่ 4.5** การทดลองสอบเทียบอุปกรณ์ชั่งน้ำหนักน้ำและตุ้มน้ำหนักมาตรฐานครั้งที่ 1

น้ำหนัก (กิโลกรัม.)	ค่าสัญญาณจริง (mA)	ค่าที่อุปกรณ์อ่านได้ (mA)		ค่าสัญญาณที่อ่านได้ เฉลี่ย (mA)	%Error
		เพิ่มน้ำหนัก	นำน้ำหนักออก		
0	4.00	4.01	4.01	4.01	0.25%
1	5.60	5.66	5.63	5.65	0.80%
2	7.20	7.22	7.21	7.22	0.21%
3	8.80	8.82	8.81	8.82	0.17%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนัก (กิโลกรัม.)	ค่าสัญญาณจริง (mA)	ค่าที่อุปกรณ์อ่านได้ (mA)		ค่าสัญญาณที่อ่านได้ เฉลี่ย (mA)	%Error
		เพิ่มน้ำหนัก	นำน้ำหนักออก		
4	10.40	10.43	10.42	10.43	0.24%
5	12.00	12.11	12.08	12.10	0.79%
6	13.60	13.74	13.71	13.73	0.92%
7	15.20	15.35	15.32	15.34	0.89%
8	16.80	16.97	16.95	16.96	0.95%
9	18.40	18.60	18.58	18.59	1.03%
10	20.00	20.22	20.21	20.22	1.08%

ตารางที่ 4.6 การทดลองสอบเทียบอุปกรณ์ชั่งน้ำหนักน้ำและตุ้มน้ำหนักมาตรฐานครั้งที่ 2

น้ำหนัก (กิโลกรัม.)	ค่าสัญญาณจริง (mA)	ค่าที่อุปกรณ์อ่านได้ (mA)		ค่าสัญญาณที่อ่านได้ เฉลี่ย (mA)	%Error
		เพิ่มน้ำหนัก	นำน้ำหนักออก		
0	4.00	4.00	4.01	4.01	0.12%
1	5.60	5.60	5.60	5.60	0.00%
2	7.20	7.23	7.21	7.22	0.28%
3	8.80	8.82	8.81	8.82	0.17%
4	10.40	10.44	10.44	10.44	0.38%
5	12.00	11.97	11.95	11.96	0.33%
6	13.60	13.57	13.55	13.56	0.29%
7	15.20	15.18	15.17	15.18	0.16%
8	16.80	16.80	16.78	16.79	0.06%
9	18.40	18.41	18.41	18.41	0.05%
10	20.00	20.01	20.01	20.01	0.05%

จากการทดลองพบว่า ร้อยละของค่าความผิดพลาดในการอ่านของอุปกรณ์ชั่งน้ำหนักน้ำหนักของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานหลังจากมีการปรับ Zero-Span นั้น อยู่ในเกณฑ์ที่บอกรับได้ ซึ่งสามารถนำอุปกรณ์ชั่งน้ำหนักหรือโหลดเซลล์ทรานสมิตเตอร์นี้ ไปใช้เพื่อชั่งน้ำหนักของเมทัลชีทสำหรับโครงการนี้ได้

#### 4.6 การทดลองชั่งน้ำของโลหะแผ่นของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

การทดลองนี้จะเป็นการชั่งน้ำหนักของโลหะแผ่นด้วยตัวอุปกรณ์โหลดเซลล์ที่อยู่ในระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ จะมีชนิดวัสดุ 2 ชนิดคือ โลหะแผ่นและแผ่นสแตนเลส จะถูกชั่งน้ำหนักด้วยเซนเซอร์โหลดเซลล์ที่มีค่าพิคัดความเผื่อ (Tolerance)  $\pm 0.010$  ในแต่ละชั้นจะทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง เพื่อหาความสามารถในการทำซ้ำได้ (Repeatability) โดยเงื่อนไขการทดลองจะกำหนดอินพุตเป็นจำนวนชั้นมีชั้นอยู่ 1, 2, 3, 4, 5, และ 6 ซึ่งจะให้ผลการทดลองเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 การทดลองชั่งน้ำของโลหะแผ่นของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

ชนิด	ค่าที่วัด ครั้งที่ 1 (kg)	ค่าที่วัด ครั้งที่ 2 (kg)	ค่าที่วัด ครั้งที่ 3 (kg)	ค่าที่วัด ครั้งที่ 4 (kg)	ค่าที่วัด ครั้งที่ 5 (kg)	ค่าเฉลี่ย	uncertainty
ชั้นที่ 1							
โลหะ	0.75	0.74	0.75	0.76	0.75	0.75	±0.007
สแตนเลส	0.75	0.75	0.75	0.75	0.76	0.752	±0.004
ชั้นที่ 2							
โลหะ	0.75	0.75	0.75	0.76	0.75	0.752	±0.004
สแตนเลส	0.76	0.75	0.75	0.75	0.76	0.754	±0.005
ชั้นที่ 3							
โลหะ	0.75	0.75	0.76	0.75	0.75	0.752	±0.004
ชั้นที่ 3							
สแตนเลส	0.76	0.75	0.76	0.75	0.75	0.754	±0.005
ชั้นที่ 4							
โลหะ	0.76	0.75	0.76	0.75	0.75	0.754	±0.005
สแตนเลส	0.75	0.75	0.76	0.75	0.75	0.752	±0.004
ชั้นที่ 5							
โลหะ	0.76	0.74	0.75	0.76	0.75	0.752	±0.008
สแตนเลส	0.75	0.75	0.76	0.76	0.75	0.754	±0.005
ชั้นที่ 6							
โลหะ	0.75	0.75	0.76	0.75	0.76	0.754	±0.005
สแตนเลส	0.74	0.75	0.76	0.75	0.76	0.752	±0.008
รวมค่าเฉลี่ยโลหะ						0.752	±0.010
รวมค่าเฉลี่ยสแตนเลส						0.753	

จากผลการทดลองพบว่า การเปรียบเทียบทดลองการชั่งน้ำสภาพาเลทของแต่ละชั้นชั่งน้ำหนักด้วยตัวอุปกรณ์โหลดเซลล์ มีวัสดุที่ชั่งน้ำหนัก 2 ชนิด โลหะแผ่นและแผ่นสแตนเลส ทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยของโลหะแผ่นอยู่ที่ 0.752 ค่าเฉลี่ยแผ่นสแตนเลสอยู่ที่ 0.753 ใกล้เคียงกันทุกชั้นที่ชั่งน้ำหนักด้วยเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ และค่าความไม่แน่นอน (uncertainty) ไม่เกิน ±0.010 ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้นมีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพที่ดีมากในการชั่งน้ำหนักของโลหะแผ่น

## บทที่ 5

# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการออกแบบระบบ สร้างระบบและควบคุมระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ ซึ่งได้มีการออกแบบโปรแกรมการทำงานมีการรับค่าข้อมูลอินพุตจากผู้ใช้งาน ในการควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้น การเคลื่อนที่ลง การเคลื่อนที่เข้า การเคลื่อนที่ออกของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ และชั่งน้ำโลหะแผ่นก่อนเก็บและหลังการเก็บในแต่ละชั้น จากนั้นมาคำนวณเพื่อหาตำแหน่งที่ถูกต้องตามเป้าหมายที่กำหนด และจากการทดลองในบทที่ 4 ได้มีการทำการทดลองและหาประสิทธิภาพของการทำงานระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ โดยที่จะใช้วิธีวัดระยะจากตัวของเอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) ในการเคลื่อนที่ขึ้น และการเคลื่อนที่ลง ซึ่งอยู่ในตารางการทดลองที่ 4.1 ถึง ตารางการทดลองที่ 4.2 ส่วนตารางการทดลองที่ 4.3 ถึงตารางการทดลองที่ 4.4 จะใช้วิธีตรวจจับจากเซนเซอร์แบบไม่สัมผัสในการเคลื่อนที่เข้า และการเคลื่อนที่ออก และตารางการทดลองที่ 4.5 จะเป็นการทดลองการชั่งน้ำหนักโลหะแผ่นของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ จะมีชนิดวัสดุ 2 ชนิด คือ โลหะแผ่นและแผ่นสแตนเลส โดยจากการทดลองทั้งหมดนั้นได้มีการทำการทดลองซ้ำๆ ในแต่ละการทดลองพบว่าเอาต์พุตที่ได้มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงทุกครั้งที่ทดลอง ทำให้สามารถสรุปได้ว่าระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติมีความถูกต้อง มีความแม่นยำ และมีประสิทธิภาพที่ดีสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

### 5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

1) ปัญหาเกี่ยวกับระบบกลไกของการทรอบมอเตอร์ที่ทำให้รอบของมอเตอร์ลดลง ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นเพียงตัวหนอนไม่ขบกันเมื่อทำงานไปได้ระยะหนึ่งทำให้เสียงดังและชั้นวางที่เคลื่อนที่ขึ้นลงมีการรุดตกลงมา เกิดความอันตรายต่อผู้ใช้งานอย่างมาก

2) ปัญหาเกี่ยวกับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ PLC ตัวโมดูล RX40C7 อ่านค่าจากเอ็นโค้ดเดอร์ไม่มีความประสิทธิภาพ ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นขณะปรับความเร็วในการเคลื่อนที่ขึ้น การเคลื่อนที่ลง ต้องมีการวัดระยะ Pulse Input แต่ตัวโมดูลไม่สามารถจับค่าการวัดระยะของแต่ละชั้นได้ทันที จึงต้องปรับตั้งให้มีการเคลื่อนที่ขึ้น การเคลื่อนที่ลงที่ช้าอยู่ตลอดเวลา

3) ปัญหาเกี่ยวกับด้านขนาดโครงสร้างเดิมของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ ซึ่งเกิดปัญหาที่ตัวโครงสร้างเดิมมีขนาดใหญ่มากและมีความลึกที่น้อยมาก ทำให้พบปัญหาในการต่อเติมยังทำเพิ่มทั้งน้ำหนักและความใหญ่จึงไม่สะดวกต่อการขนย้ายจากเดิมที่ ทางคณะผู้จัดทำอยากนำไปเป็นชุดฝึกสอนที่สามารถเคลื่อนที่ได้ง่ายให้แก่ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

แนวทางการพัฒนาของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ ทางผู้จัดทำเล็งเห็นว่าสามารถเพิ่มในส่วนของคุณภาพความปลอดภัยสำหรับตัวผู้ใช้งานในเรื่องของการทำอุปกรณ์สร้างเขตปกป้องด้านความปลอดภัย (Safety Barrier) ที่จะเข้ามาเพิ่มเติมในส่วนด้านนอกเพื่อปกป้องผู้ใช้งานหรือสิ่งมีชีวิตเข้ามาใกล้ในขณะที่ตัวระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติทำงานอยู่ จะทำให้เกิดการหยุดทำงานทันทีจะทำให้ปัญหานี้ใกล้เคียงกับระบบจัดเก็บแผ่นโลหะแผ่นในงานอุตสาหกรรมมากขึ้น และสามารถเพิ่มในส่วนของคุณภาพที่เพิ่มของระบบในขณะที่ทำงานสามารถสลับพาเลทกันได้ สามารถทำงานได้หลากหลายมากขึ้น นอกจากนั้นในปัญหานี้ยังสามารถพัฒนาต่อยอดไปเป็นระบบอินเทอร์เนตในทุกสิ่ง IOT (Internet of Things) ในการควบคุมการทำงานหรือทวนสินค้าได้ทุกสถานที่ เพื่อทำให้ระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น เช่น สามารถเปิดดูจำนวนข้อมูลของโลหะแผ่นในการเก็บแผ่นโลหะแผ่นและจำนวนการยกแผ่นโลหะผ่านมือถือได้

## บรรณานุกรม

- [1] Kush Desai, “Automated storage and retrieval system”, [online], Search : <https://grabcad.com/library/automated-storage-and-retrieval-system>, 2012.
- [2] M. R. Vasili, Sai Hong Tang and Mehdi Vasili, “Automated Storage and Retrieval Systems: A Review on Travel Time Models and Control Policies”, pp.163-168, 2012.
- [3] AsaadMusaab Ali Yousif and Jiang DeningAutomatic, “Control for Storage and Retrieval System Based On PLC”, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Vol. 3, pp.1-6, 2014.
- [4] A.Abinaya, B.Padmanabhan and Ashna Joy, “Automated Storage and Retrieval System of Raw Materials Using PLC and SCADA”, International Journal of Electrical Engineering, Vol. 7, pp.85-89, 2014.
- [5] Bachelor’s thesis, “AUTOMATED STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM (AS/RS)”, hamk häme university of applied sciences, pp.3-55, 2020.
- [6] ดร.นรา สมัตถภาพงศ์, “การพัฒนาต้นแบบระบบจัดเก็บและค้นหาอัตโนมัติสำหรับห้องฉายยา”, รายงานวิจัย, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, วิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2561.
- [7] เพชรฟ้า ชาตสมบุรณ์, ภาณุวัฒน์ พลงาม และอภิวัฒน์ คำเชื่อน, “การประยุกต์ PLC ควบคุม SCARA Robot 4DOF ตามจลนศาสตร์การเคลื่อนที่ของแขนกลแบบไปข้างหน้าและแบบย้อนกลับ”, ปรินุญยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการวัดและควบคุม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2565.
- [8] ภาณุพงศ์ กลัดเงิน, เจษฎากร สกูลหรั่ง, และชนาธิป หงส์ทอง, “รถ AGV ควบคุมแบบ 2 ล้อนำทางด้วยเทปแม่เหล็กและ RFID”, ปรินุญยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการวัดและควบคุม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2565.
- [9] ปารณัท รัตนธรรมสกุล, เอกชัย อยู่ประเสริฐชัย, วงศา วรารักษ์สัจจะ, สุทัศน์ ลีลาทวิวัฒน์ และชัยณรงค์ อธิสกุล, “พฤติกรรมโครงสร้างชั้นวางสินค้าสำหรับระบบ ASRS ภายใต้แรงสลับทิศ”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2566.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

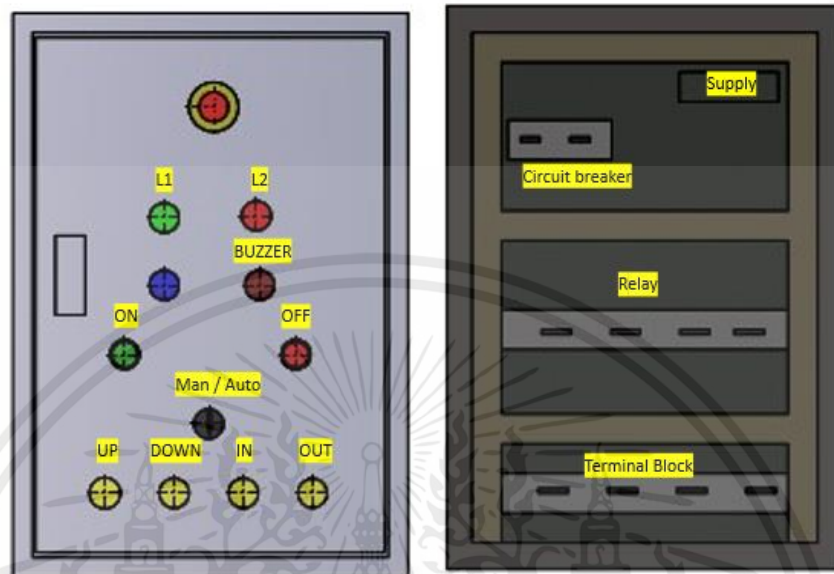
ภาคผนวก ก

แสดงคู่มือการใช้งานระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ก.1 คู่มือการใช้งานในส่วนของผู้ควบคุมไฟฟ้า (Control Cabinet)

### ก.1.1 องค์ประกอบที่ควรทราบด้านหน้าตู้คอนโทรลไฟฟ้า



รูปที่ ก-1 องค์ประกอบเบื้องต้นของผู้ควบคุมไฟฟ้า

ในส่วนของผู้ควบคุมไฟฟ้านั้นจะมี เอาท์พุท ที่ซึ่งส่งสัญญาณไฟฟ้าไปหา PLC เป็น สวิตช์ปุ่มกด ทั้งหมด 6 สวิตช์และ ซีเล็คเตอร์สวิตช์ 1 ปุ่มยกเว้น สวิตช์หยุดฉุกเฉินที่ทำหน้าที่ เป็นตัวตัดวงจรไฟฟ้ากระแสตรงภายในตู้ ดังนั้นจะไม่มีกระแสไฟไปที่ PLC และในส่วน อินพุท ของตู้คอนโทรลนั้นจะเป็นการรับสัญญาณไฟฟ้าจาก PLC ยกเว้น L3 หรือ ไฟลัดแลมป์ สีฟ้า ที่จะเป็นตัวระบุว่าไฟกระแสตรงเลี้ยงตู้คอนโทรลนี้หรือไม่ หากไม่ ไฟลัดแลมป์ สี ฟ้านี้จะไม่ติด ดังนั้นจะไม่มีกระแสไฟจาก PLC

### ก.1.2 วิธีการใช้งานตู้คอนโทรลไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้งาน

ในส่วนตู้คอนโทรลไฟฟ้าของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ นั้นจะแบ่งเป็น 2 โหมดหลักๆคือ Auto และ Manual โดยโหมด Auto ของตู้คอนโทรลไฟฟ้านั้นจะบ่งบอกถึงการย้าย การควบคุมทั้งหมดไปที่หน้าจอสัมผัสหรือหมายความว่าถ้าเลือกโหมดนี้แล้ว ผู้ใช้งานจะไม่สามารถคุม มอเตอร์ผ่านหน้าตู้คอนโทรลได้เลย และในทางกลับกัน โหมด Manual ของตู้คอนโทรลนั้นจะเป็นการ ย้ายการควบคุมมอเตอร์ทั้งหมด มาไว้ที่หน้าตู้คอนโทรลหรือมีความหมายว่า ผู้ใช้งานนั้นจะไม่สามารถ ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ผ่าน SOFTGOT2000 ได้เลย อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้งานจำเป็นต้องกดปุ่ม ON ทุกครั้งที่เปลี่ยนเป็นโหมดใดโหมดหนึ่ง และรายละเอียดการทำงานทั้งโหมด Auto และ Manual ของตู้คอนโทรลจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.) Auto MODE



รูปที่ ก-2 Auto Mode สภาวะที่ 1 ของตู้คอนโทรลไฟฟ้า

### 1.1) สภาวะที่ 1 (สภาวะก่อนเริ่มทำงาน)

เมื่อผู้ใช้งานปรับ ซีเล็คเตอร์สวิตช์ ไปที่ตำแหน่ง Auto ระบบจะทำการคือค่าการทำงานทั้งหมด เช่น หากมีมอเตอร์ที่กำลังทำงานอยู่จะหยุดทำงานทันที และหลังจากผู้ใช้งานกดปุ่ม ON แล้ว L1 จะติดตลอดสภาวะ, L2 จะดับตลอดสภาวะและ Buzzer จะดังด้วยความถี่ 1 เฮิร์ต เมื่อ มีน้ำหนักแผ่นโลหะบน Loadcell เกิน 2.5 กิโลกรัม และจะไม่สามารถทำงานต่อได้หากน้ำหนักยังคงเกินอยู่

### 1.2) สภาวะที่ 2 (สภาวะกำลังทำงาน)

เมื่อระบบจับเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ ได้เริ่มทำงานโดยการสั่งการจาก จอสัมผัสหรือ SOFTGOT2000 แล้วนั้น L1 จะเริ่มกะพริบด้วยความถี่ 1 Hz ตลอดสภาวะ, L2 จะดับตลอดสภาวะและ Buzzer จะไม่ดัง หากจบการทำงานแล้วระบบจะกลับไปอยู่ที่สภาวะที่ 1 หรือสภาวะก่อนเริ่มทำงาน

### 1.3) สถานะที่ 3 (สถานะที่โดนขัดการทำงาน)

เมื่อมีการกดปุ่ม OFF ที่หน้าตู้คอนโทรลหรือปุ่ม STOP ที่หน้า Operating Screen ของ SOFTGOT2000 หรือมีการหมุน Selector switch หน้าตู้คอนโทรลไปอีกโหมดหนึ่ง ระบบจะเข้าสู่สถานะที่ 3 ทันที ซึ่งในสถานะนี้ L1 จะดับตลอดสถานะ, L2 จะติดตลอดสถานะและBuzzer จะดังเมื่อมีน้ำหนักเกิน 2.5 กิโลกรัม ระบบจะไม่สามารถทำงานต่อได้จนกว่าผู้ใช้งานจะทำการปรับตำแหน่งของ Elevator หรือกลไกที่ใช้ในการยกพาเลทมาที่ตำแหน่ง HOME ด้วยมือหรือด้วยระบบ Manual

## 2.) Manual MODE



รูปที่ ก-3 Manual Mode สถานะที่ 1 ของตู้คอนโทรลไฟฟ้า

### 2.1) สถานะที่ 1 (สถานะก่อนทำงาน)

เมื่อผู้ใช้งานปรับซีล็คเตอร์สวิตช์ ไปที่ตำแหน่ง Manual ระบบจะทำการรีเซ็ตการทำงานทั้งหมด หากมีมอเตอร์ที่กำลังทำงานอยู่ ก็จะหยุดทำงานทันที และหลังจากผู้ใช้งานกดปุ่ม ON แล้ว L1 จะดับตลอดสถานะ, L2 จะติดตลอดสถานะและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Buzzer จะดังด้วยความถี่ 1 เฮิร์ต หากมีน้ำหนักแผ่นโลหะบน Loadcell เกิน 2.5 กิโลกรัม และจะไม่สามารถทำงานต่อได้หากน้ำหนักยังคงเกินอยู่

## 2.2) สถานะที่ 2 (สถานะกำลังทำงาน)

ระบบจะเข้าสู่สถานะที่ 2 เมื่อมีการกดปุ่ม UP, DOWN, IN หรือ OUT และจะทำให้ L1 ดับตลอดสถานะ, L2 จะกระพริบด้วยความถี่ 1 Hz และ Buzzer จะดังด้วยความถี่ 1 Hz เมื่อมีน้ำหนักแผ่นโลหะบน Loadcell เกิน 2.5 กิโลกรัม และจะไม่สามารถทำงานต่อได้หากน้ำหนักยังคงเกินอยู่

## ก.2 วิธีการใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้งาน (Human Machine Interface หรือ HMI)

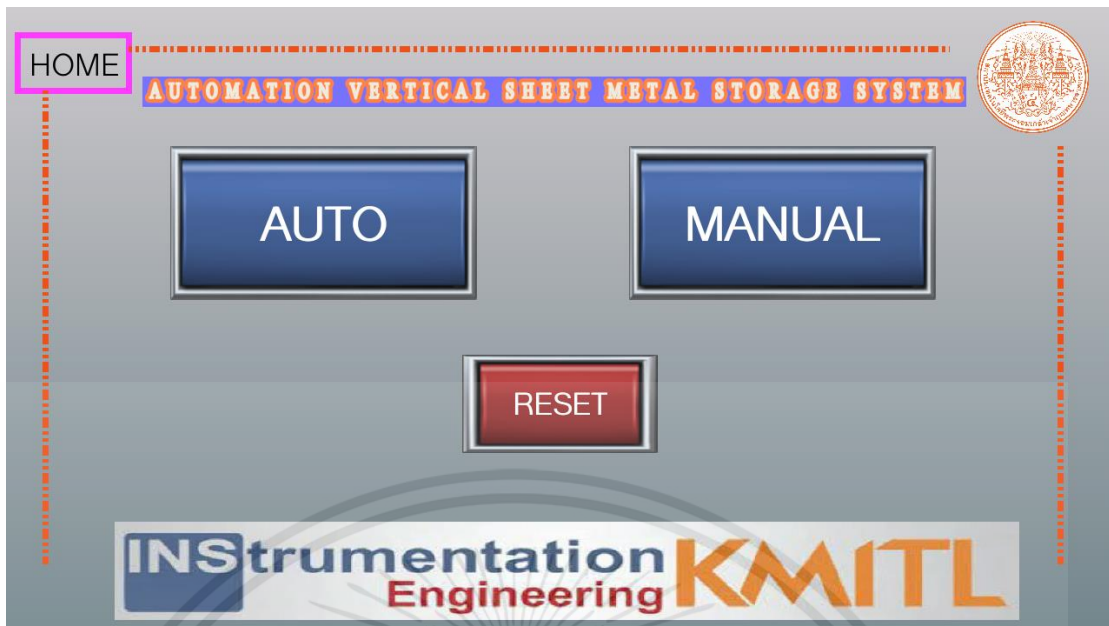
ในการที่จะควบคุมการทำงานของระบบผ่านจอสัมผัสหรือ SOFTGOT2000 ได้นั้น ผู้ใช้งานจำเป็นต้องปรับ Selector switch หน้าตู้คอนโทรลไปที่ตำแหน่ง AUTO แล้วกดปุ่ม ON 1 ครั้ง จากนั้นให้สังเกตที่หลอดไฟ L1 ว่าติดหรือไม่ หากไม่ ให้ผู้ใช้งานปรับ Selector switch หน้าตู้คอนโทรลไปที่ตำแหน่ง Manual แล้วกด ON หลังจากนั้นให้ควบคุม Elevator หรือกลไกที่ใช้ในการยกพาเลทให้กลับไปยังตำแหน่ง HOME (X0A == ON, X3 == ON) ก่อนจึงจะสามารถปรับกลับไปยังโหมด AUTO ได้ ซึ่งสถานะของ L1 จะเป็นตัวบ่งบอกว่า ระบบเข้าได้สู่โหมด AUTO หรือโหมดที่ย้ายการควบคุมไปยังจอสัมผัสได้แล้ว หากเข้าสู่โหมด AUTO เรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้งานสามารถเริ่มใช้งานจอสัมผัสได้ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

**ก.2.1 Main menu** จะมีปุ่มให้เลือกอยู่ 3 ปุ่มคือ AUTO, MANUAL และ RESET

**ก.2.1.1 ปุ่ม AUTO** : เมื่อกดไปที่ AUTO แล้ว หน้าจอจะเข้าสู่หน้าที่ให้เลือกระหว่าง Retrieve หรือ Store

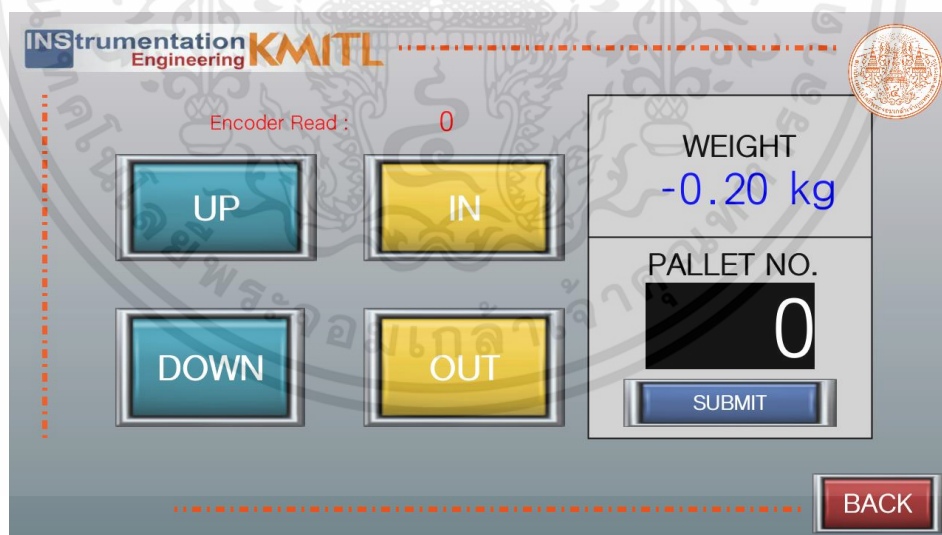
**ก.2.1.2 ปุ่ม MANUAL** : เมื่อกด MANUAL จะเป็นการเข้าสู่โหมด Auto-Manual หรือเป็นโหมดที่สามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์ด้วยมือผ่านจอทัชสกรีน และสามารถบันทึกน้ำหนักไปยังแต่ละชั้นได้อีกด้วย

**ก.2.1.3 ปุ่ม RESET** : จะทำการรีเซ็ตหรือคืนค่าต่างๆในระบบ



รูปที่ ก-4 หน้าต่าง Main menu

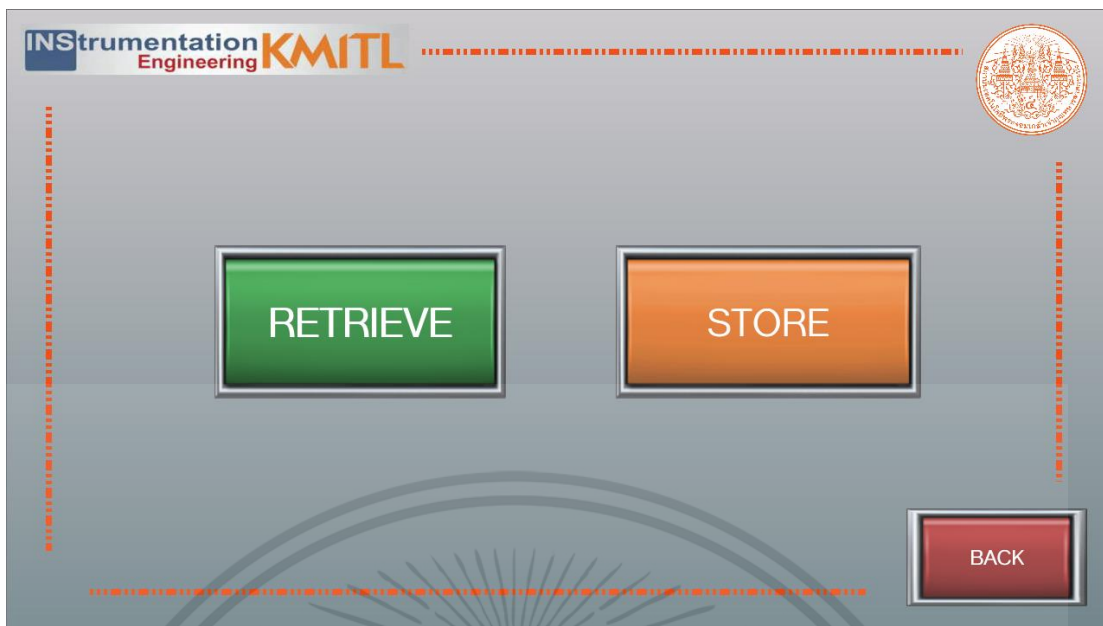
ก.2.2 Manual หรือหน้าต่างสำหรับการทำงานในโหมด Auto-Manual ซึ่งจะมีปุ่มที่สามารถบังคับการทำงานของมอเตอร์ได้ด้วยมือผ่านจอทัชสกรีน นั่นคือปุ่ม UP, DOWN, IN และ OUT อีกทั้งยังมีปุ่ม SUBMIT หรือปุ่มที่ใช้สำหรับการบันทึกน้ำหนักในแต่ละชั้นที่ทำการเลือก ซึ่งสามารถเลือกได้โดยการป้อนค่าเข้าไปที่ช่อง PALLET NO. และยังมีปุ่ม BACK สำหรับย้อนกลับไปหน้า Main menu



รูปที่ ก-5 หน้าต่าง Manual mode

ก.2.3 Retrieve / Store Selection หรือหน้าต่างที่ใช้ในการเลือกรูปแบบการทำงานระหว่าง Retrieve และ Store ซึ่งหน้านี้จะปรากฏขึ้นเมื่อผู้ใช้งานกดปุ่ม AUTO ในหน้าต่าง Main menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-6 หน้าต่าง Retrieve / Store selection

ก.2.4 Retrieve Screen หรือหน้าต่างของการทำงานในโหมด Retrieve ในหน้าต่างนี้ ผู้ใช้งานสามารถเลือกชั้นหรือพาเลทที่ต้องการเบิกออกมาได้จากการป้อนหมายเลขพาเลทที่ต้องการ ในช่อง “Type your Retrieving pallet in the box (1-6)” สีดำทางขวามือของหน้าจอและกดปุ่ม Confirm เพื่อยืนยันการเริ่มทำงาน ในส่วนของช่อง “Current pallet on the elevator” จะเป็นช่องที่แสดงหมายเลขของพาเลทที่อยู่บน elevator และช่อง “Current Weight on load cell” จะเป็นช่องที่แสดงค่าน้ำหนักของโลหะแผ่นที่วางอยู่บนโหลดเซลล์ ณ ตอนนั้น และจะมีข้อมูลต่างๆของระบบจัดเก็บ แสดงอยู่ทางซ้ายมือของหน้าต่างในรูปแบบของตาราง โดยในคอลัมน์แรกจะเป็นคำอธิบายหรือชนิดของโลหะแผ่นในแต่ละชั้น ส่วนคอลัมน์ที่สองจะแสดงจำนวนโลหะแผ่นในแต่ละชั้น คอลัมน์ที่สามจะเป็นน้ำหนักของโลหะแผ่นที่ถูกจัดเก็บในแต่ละชั้น และคอลัมน์สุดท้ายจะแสดงถึงหมายเลขหรือชั้นของพาเลทที่มีอยู่ในระบบ อีกทั้งในหน้าต่างนี้จะมีปุ่ม BACK สำหรับกลับไปยังหน้าต่าง Retrieve / Store Selection และปุ่ม HOME ที่จะกลับไปยังหน้าต่าง Main menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Description	Quantity	Weight	Pallet
Metal sheet 4 mm. (B)	0	0.00 kg	6
Metal sheet 3 mm. (B)	0	0.00 kg	5
Metal sheet 2 mm. (B)	0	0.00 kg	4
Stainless 4 mm. (W)	0	0.00 kg	3
Stainless 3 mm. (W)	0	0.00 kg	2
Stainless 2 mm. (W)	0	0.00 kg	1

Type your Retrieving pallet  
in the box ( 1 - 6 )

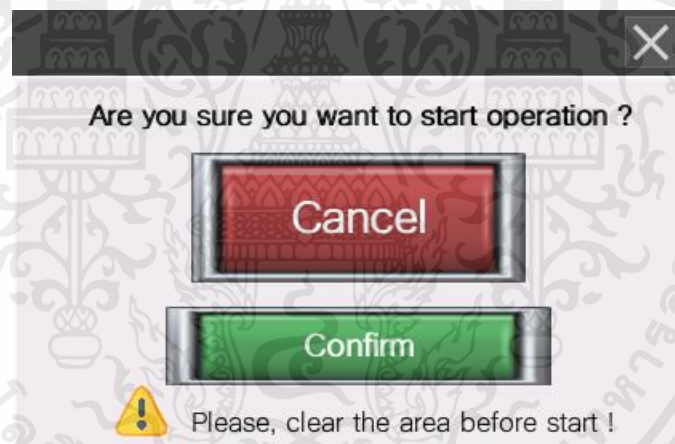
0

Current pallet on the elevator  
0

Current weight on load cell  
-0.20 kg

BACK
HOME

รูปที่ ก-7 หน้าต่าง Retrieve Screen



รูปที่ ก-8 หน้าจอวินโดว์ยืนยันการเริ่มทำงาน

**ก.2.5 Store Screen** หรือหน้าต่างการทำงานในโหมด Store โดยในหน้าต่างนี้ ผู้ใช้งานจะสามารถดำเนินการจัดเก็บโลหะแผ่นได้ก็ต่อเมื่อมีการ Retrieve หรือเบิกโลหะแผ่นออกมาจากชั้นวางมาก่อนแล้วเท่านั้น หากต้องการ Store หรือจัดเก็บโลหะแผ่นโดยที่ยังไม่มีการเบิกออกมาจากชั้นวางก่อน ผู้ใช้งานจำเป็นที่จะต้องดำเนินการด้วยวิธีการ Manual เท่านั้น และจะไม่สามารถดำเนินการต่อได้หากมีการกดปุ่ม Start ในช่อง “Available store level” ทางด้านขวามือของจอ ซึ่งในช่องนี้จะแสดงถึงหมายเลขของชั้นวางพาเลทที่สามารถทำการจัดเก็บได้ หากมีค่าเท่ากับ 0 นั้นหมายความว่าผู้ใช้งานยังไม่ได้ทำการเบิกพาเลทออกมาจากชั้นวางนั่นเอง และหากกดปุ่ม Start ขณะที่ตัวเลขในช่องสีดามีค่าระหว่าง 1 ถึง 6 ระบบจะเริ่มขั้นตอนการยืนยันการเริ่มทำงานจากหน้าจอวินโดว์ที่แสดงปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Confirm แบบเดียวกับการยืนยันการเริ่มทำงานของโหมด Retrieve และจะเริ่มจัดเก็บตามหมายเลข ชั้นวางที่ปรากฏในช่องนั้นหลังจากกดปุ่ม Confirm ส่วนช่อง “Current pallet on the elevator” จะเป็นช่องที่แสดงหมายเลขของพาเลทที่อยู่บน elevator และช่อง “Current Weight on load cell” จะเป็นช่องที่แสดงค่าน้ำหนักของโลหะแผ่นที่วางอยู่บนโหลดเซลล์ ณ ขณะนั้น และข้อมูลต่างๆ ในระบบจัดเก็บจะแสดงเป็นตารางทางด้านซ้ายมือของจอเช่นเดียวกับหน้าต่าง Retrieve Screen

Description	Quantity	Weight	Pallet
Metal sheet 4 mm. (B)	0	0.00 kg	6
Metal sheet 3 mm. (B)	0	0.00 kg	5
Metal sheet 2 mm. (B)	0	0.00 kg	4
Stainless 4 mm. (W)	0	0.00 kg	3
Stainless 3 mm. (W)	0	0.00 kg	2
Stainless 2 mm. (W)	0	0.00 kg	1

**Available store level**

0

Start

---

Current pallet on the elevator

0

---

Current weight on load cell

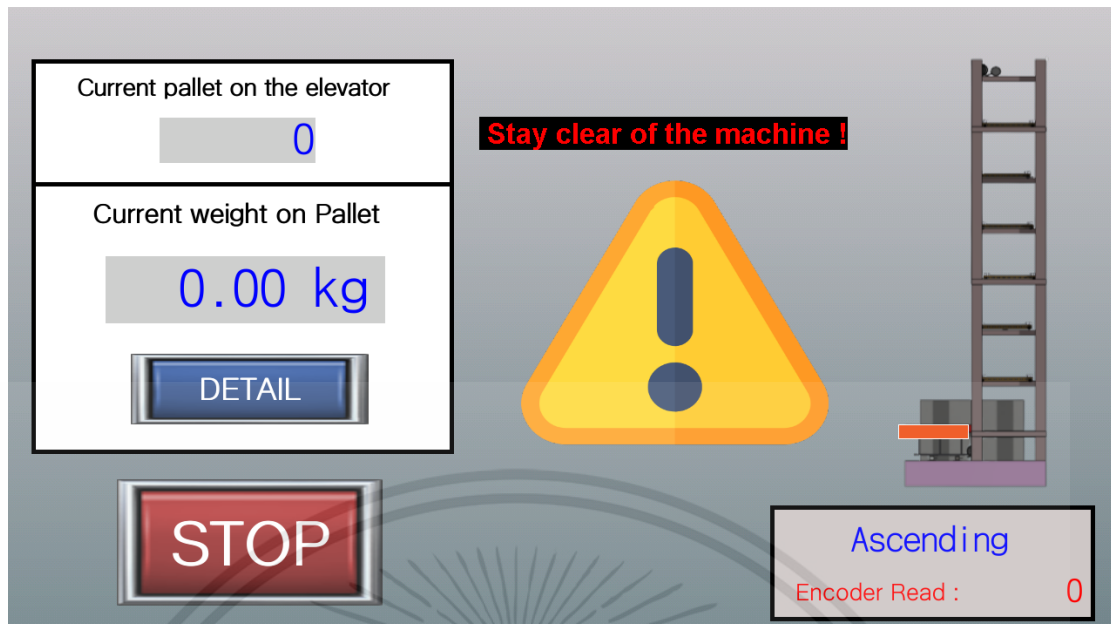
-0.20 kg

BACK
HOME

รูปที่ ก-9 หน้าต่าง Store Screen

**ก.2.6 Operating Screen** หรือหน้าต่างที่แสดงการทำงานของระบบ หน้าต่างนี้จะปรากฏขึ้นเมื่อผู้ใช้งานได้เริ่มทำงานในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งระหว่าง Retrieve และ Store ซึ่งช่อง “Current pallet on elevator” จะแสดงหมายเลขของพาเลทที่อยู่บน Elevator ส่วนช่อง “Current weight on pallet” จะเป็นการแสดงถึงค่าน้ำหนักของโลหะแผ่นที่วางอยู่บนพาเลท ณ ขณะนั้น ถัดลงมาจะเป็นปุ่ม “Detail” เมื่อกดปุ่มนี้แล้ว หน้าจอวินโดว์จะปรากฏขึ้นมา ซึ่งในหน้าจอวินโดว์ที่กล่าวถึงนี้ จะแสดงข้อมูลต่างๆในระบบจัดเก็บโลหะแผ่น ในรูปแบบของตาราง เช่นเดียวกับที่ปรากฏในหน้าต่าง Retrieve screen และ Store screen ถัดลงมาจะเป็นปุ่ม STOP ซึ่งจะทำงานในลักษณะเดียวกันกับปุ่ม RESET ที่ปรากฏบนหน้าต่าง Main menu ซึ่งหากกดปุ่ม STOP ขณะทำงาน ระบบจะหยุดการทำงานทันที และกลับยังหน้าต่าง Main menu อีกทั้งยังไม่สามารถทำงานต่อได้จนกว่า Elevator จะกลับไปยังตำแหน่ง HOME และในส่วนทางด้านขวามือของจอจะมีนิเมชันการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของ Elevator และถัดลงมาจะมีการ Display ลักษณะการเคลื่อนที่ของ Elevator ณ ตอนนั้นๆ รวมไปถึงการแสดงผลค่าพัลส์ที่อ่านได้จากการหมุนของ เอ็นโค้ดเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-10 หน้าต่าง Operating Screen

Description	Quantity	Weight	Pallet
Metal sheet 4 mm. (B)	0	0.00 kg	6
Metal sheet 3 mm. (B)	0	0.00 kg	5
Metal sheet 2 mm. (B)	0	0.00 kg	4
Stainless 4 mm. (W)	0	0.00 kg	3
Stainless 3 mm. (W)	0	0.00 kg	2
Stainless 2 mm. (W)	0	0.00 kg	1

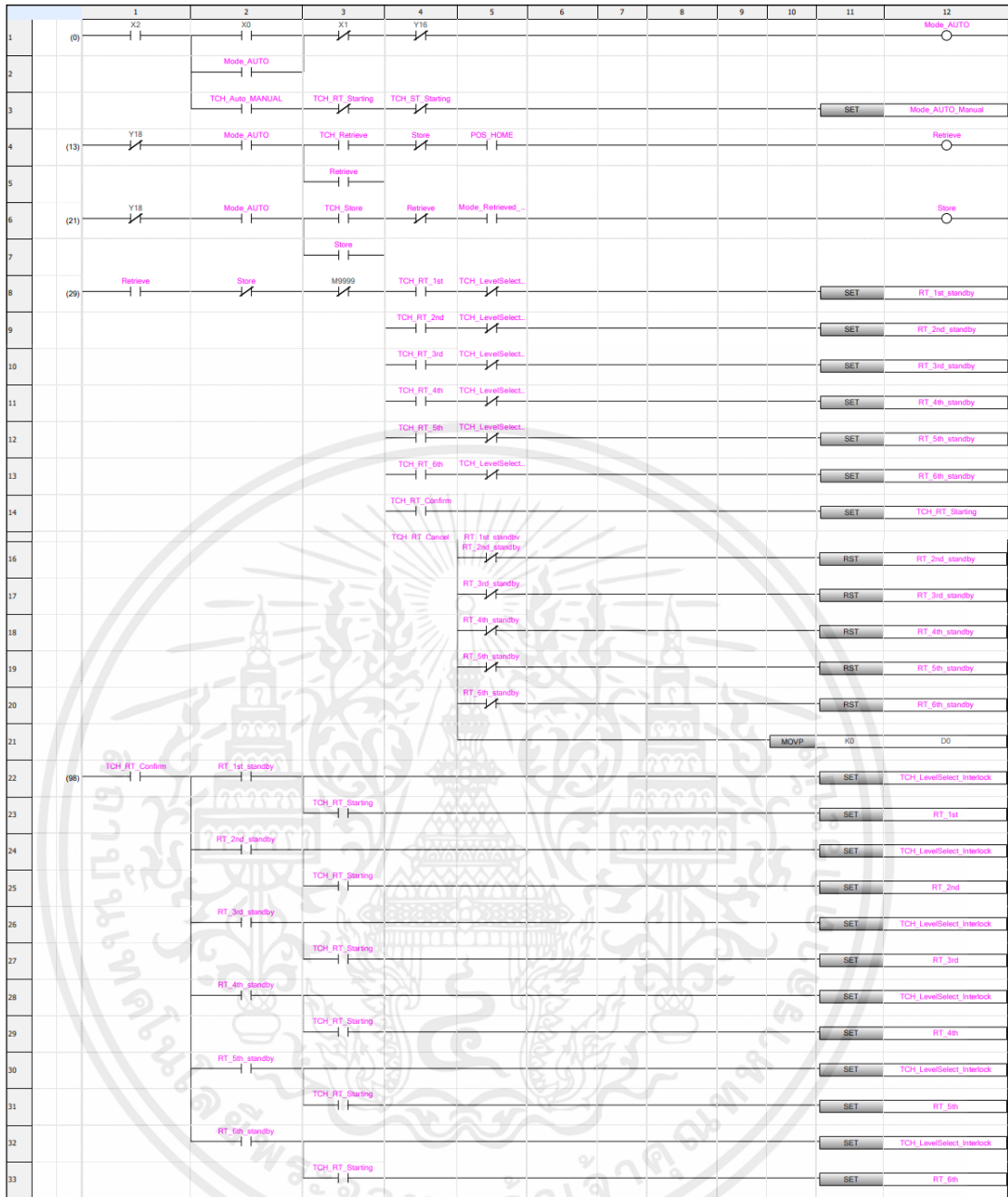
รูปที่ ก-11 หน้าจอวินโดว์แสดงข้อมูลในระบบจากการกดปุ่ม Detail

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข  
โปรแกรม PLC ควบคุมการทำงานของระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

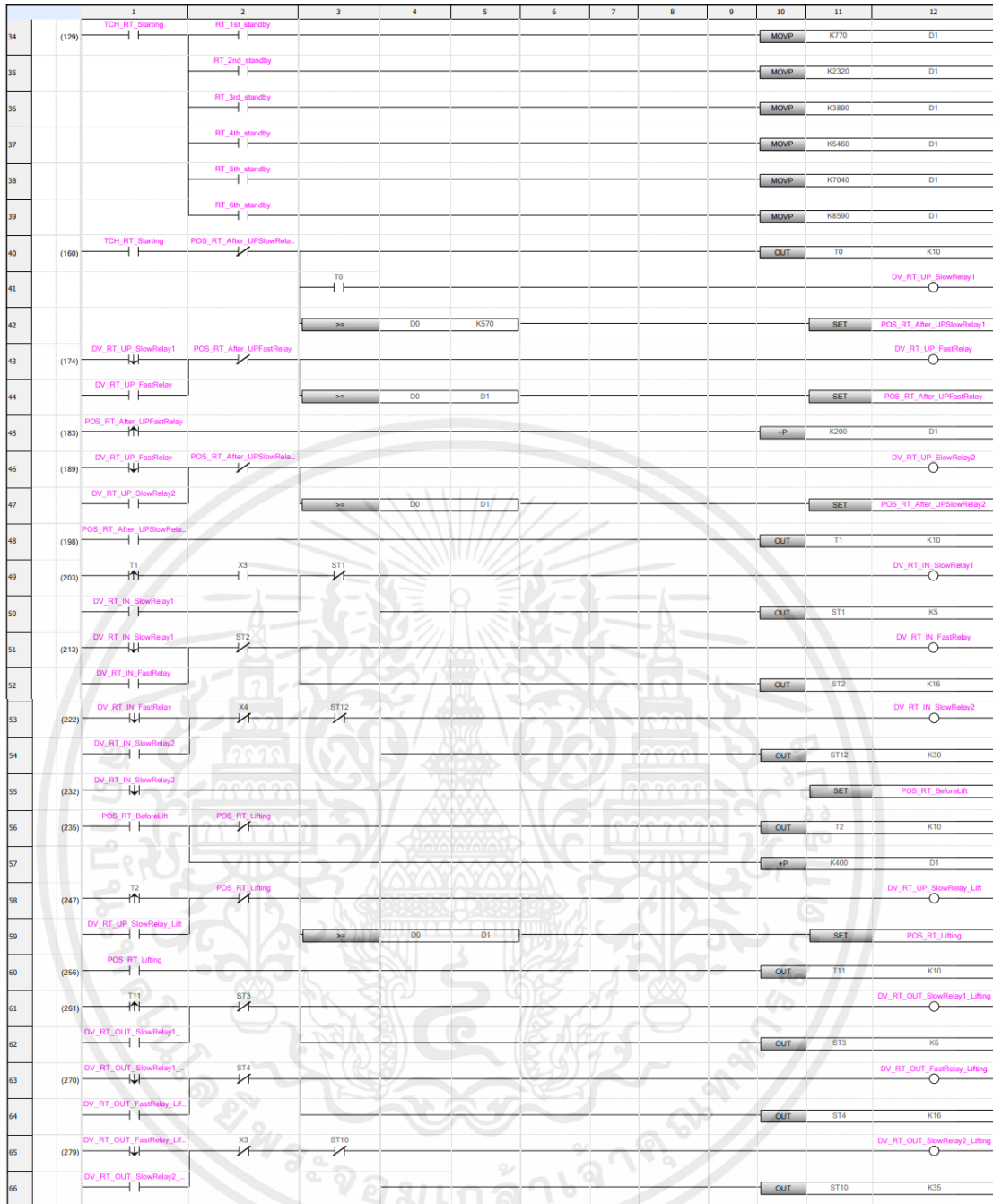


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



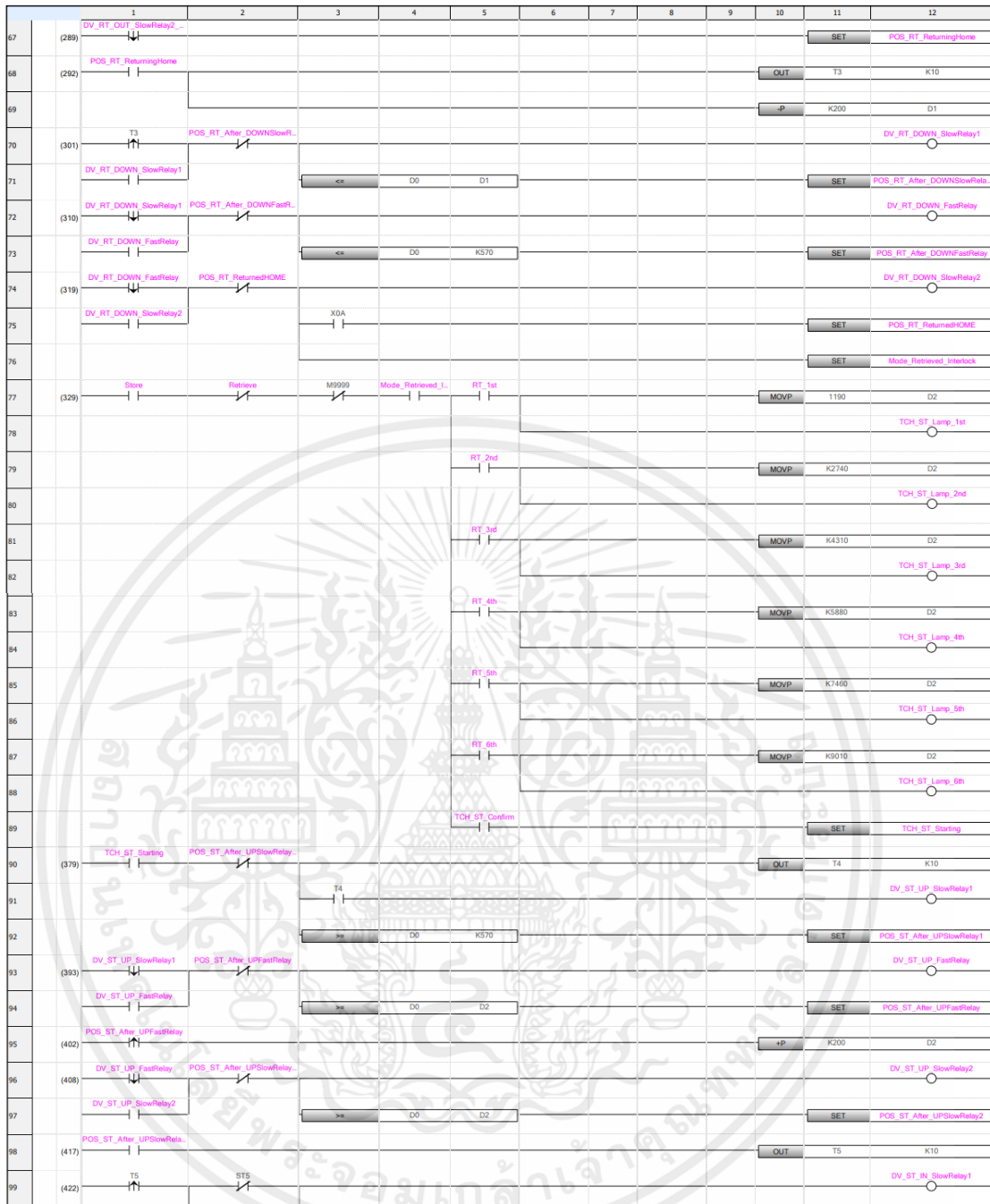
รูปที่ ข-1 โปรแกรม PLC การทำงานแบบลำดับขั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



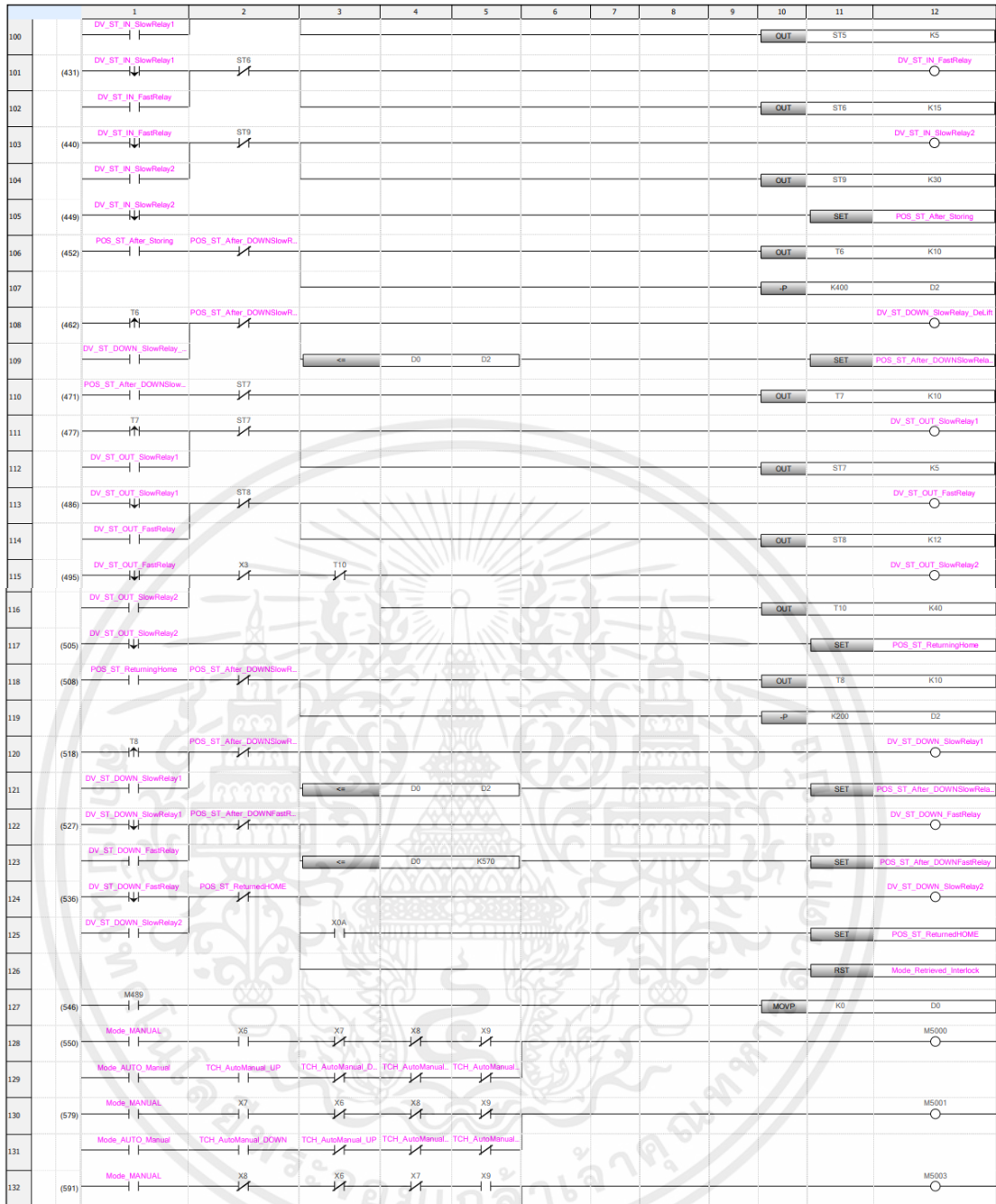
รูปที่ ข-2 โปรแกรม PLC การทำงานแบบลำดับขั้น (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



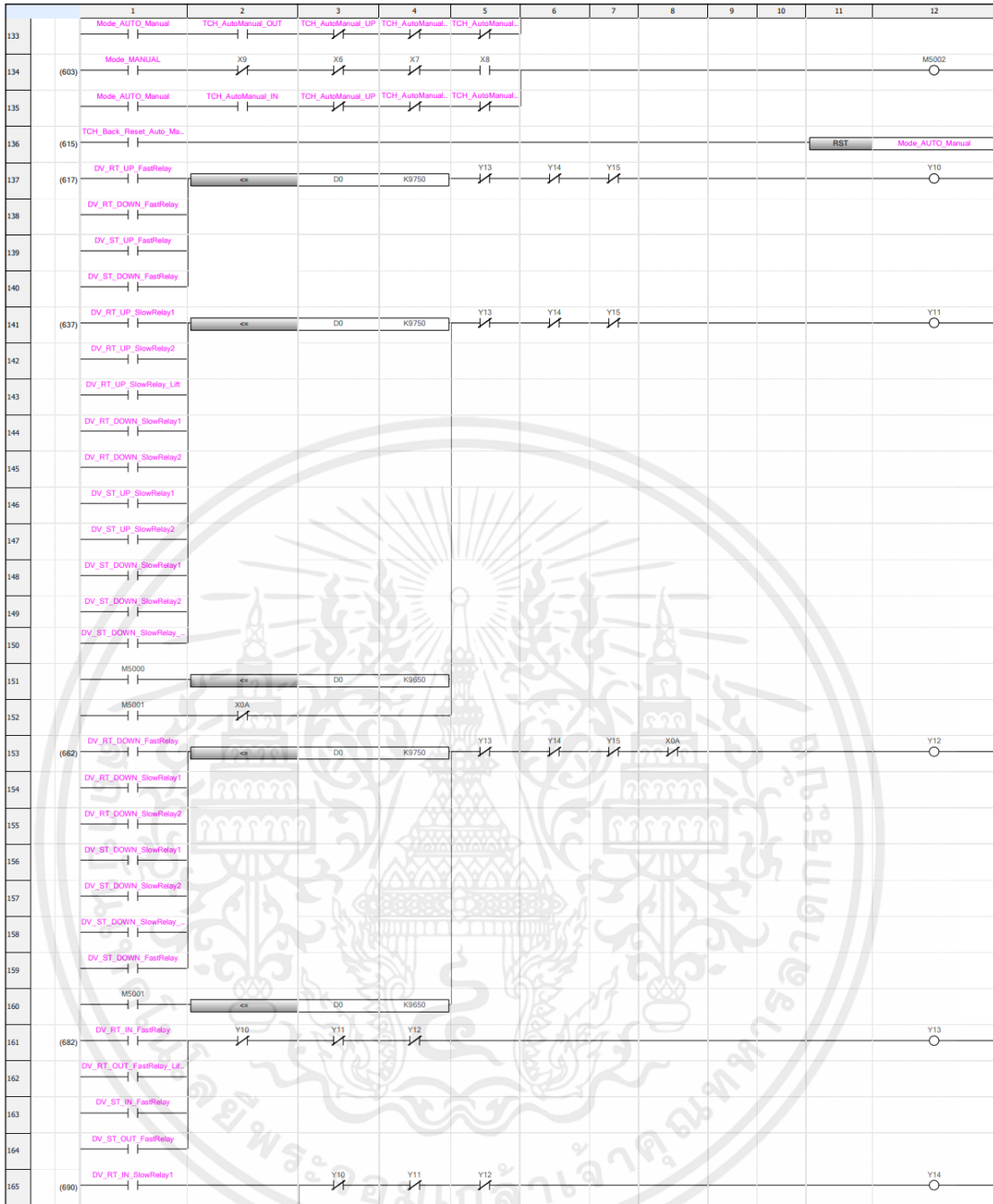
รูปที่ ข-3 โปรแกรม PLC การทำงานแบบลำดับขั้น (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



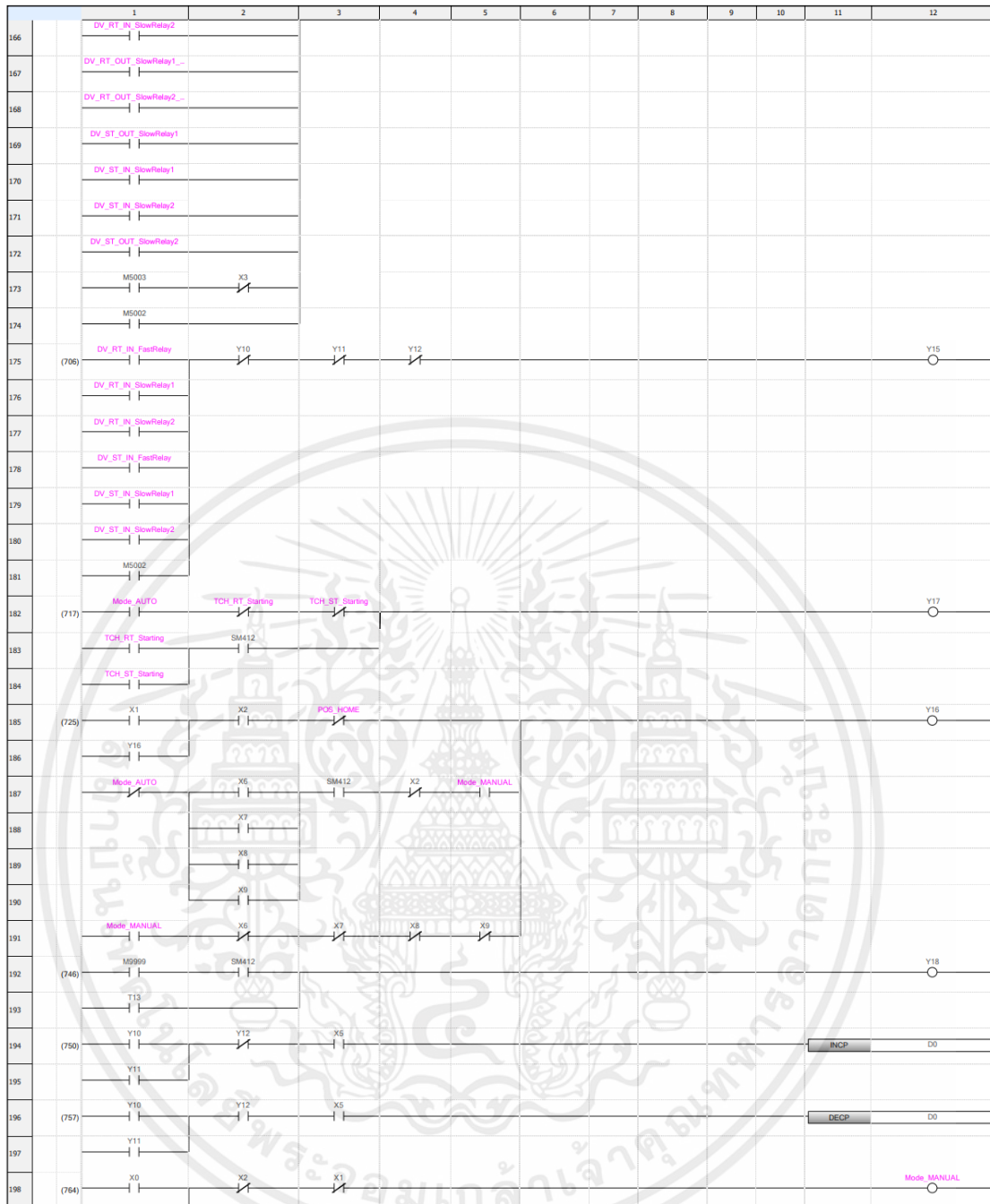
รูปที่ ข-4 โปรแกรม PLC การทำงานแบบลำดับขั้น (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-5 โปรแกรม PLC การทำงานแบบลำดับขั้น (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-6 โปรแกรม PLC การทำงานแบบลำดับขั้น (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	(0) DV_RT_DOWN SlowRelay2										RST	TCH_RT Starting
2											RST	Retrieve
3											RST	RT_1st_standby
4											RST	RT_2nd_standby
5											RST	RT_3rd_standby
6											RST	RT_4th_standby
7											RST	RT_5th_standby
8											RST	RT_6th_standby
9											RST	POS_RT_After_DOWNFastRelay
10											RST	POS_RT_After_DOWNSlowRelay1
11											RST	POS_RT_After_DOWNSlowRelay2
12											RST	POS_RT_After_UPFastRelay
13											RST	POS_RT_After_UPSlowRelay1
14											RST	POS_RT_After_UPSlowRelay2
15											RST	POS_RT_BeforeLift
16											RST	POS_RT_Lifting
17											RST	POS_RT_ReturnedHOME
18											RST	POS_RT_ReturningHome
19								FMOVP	K0	ST0		K11
20											RST	ST0
21											RST	ST1
22											RST	ST2
23											RST	ST3
24											RST	ST4
25											RST	ST5
26											RST	ST6
27											RST	ST7
28											RST	ST8

รูปที่ ข-8 โปรแกรม PLC การรีเซ็ตการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
29											RST	ST9	
30											RST	ST10	
31											RST	ST11	
32											RST	ST12	
33										MOV	K0	D10	
34										MOV	K6	D1000	
35	(99)	DV_ST_DOWN_SlowRelay2									RST	RT_1st	
36											RST	RT_2nd	
37											RST	RT_3rd	
38											RST	RT_4th	
39											RST	RT_5th	
40											RST	RT_6th	
41											RST	TCH_ST_Starting	
42											RST	POS_ST_After_DOWNFastRelay	
43											RST	POS_ST_After_DOWNSlowRelay1	
44											RST	POS_ST_After_DOWNSlowRelay_Death	
45											RST	POS_ST_After Storing	
46											RST	POS_ST_After_UPFastRelay	
47											RST	POS_ST_After_UPSlowRelay1	
48											RST	POS_ST_After_UPSlowRelay2	
49											RST	POS_ST_ReturnedHOME	
50											RST	POS_ST_Returninghome	
51											RST	Store	
52											RST	Mode_Retrieved_Interlock	
53										FMOV	K0	ST5	K6
54											RST	ST0	
55											RST	ST1	
56											RST	ST2	

รูปที่ ข-9 โปรแกรม PLC การรีเซ็ตการทำงาน (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
57											RST	ST3
58											RST	ST4
59											RST	ST5
60											RST	ST6
61											RST	ST7
62											RST	ST8
63											RST	ST9
64											RST	ST10
65											RST	ST11
66											RST	ST12
67										MOV	K7	D1000
68	(192)	X1									RST	TCH_RT_Starting
69		X2									RST	Retrieve
70		TCH_Reset									RST	DV_RT_UP_SlowRelay1
71		X2									RST	DV_RT_UP_FastRelay
72											RST	DV_RT_UP_SlowRelay2
73											RST	DV_RT_IN_SlowRelay1
74											RST	DV_RT_IN_FastRelay
75											RST	DV_RT_IN_SlowRelay2
76											RST	DV_RT_UP_SlowRelay_Lift
77											RST	DV_RT_OUT_SlowRelay1_Lifting
78											RST	DV_RT_OUT_FastRelay_Lifting
79											RST	DV_RT_OUT_SlowRelay2_Lifting
80											RST	DV_RT_DOWN_SlowRelay1
81											RST	DV_RT_DOWN_FastRelay
82											RST	DV_RT_DOWN_SlowRelay2
83											RST	POS_RT_After_DOWNFastRelay
84											RST	POS_RT_After_DOWNSlowRelay1

รูปที่ ข-10 โปรแกรม PLC การรีเซ็ตการทำงาน (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
85											RST	POS_RT_After_DOWNSlowRelay2
86											RST	POS_RT_After_UPFastRelay
87											RST	POS_RT_After_UPSlowRelay1
88											RST	POS_RT_After_UPSlowRelay2
89											RST	POS_RT_BeforeLift
90											RST	POS_RT_Lifting
91											RST	POS_RT_ReturnedHOME
92											RST	POS_RT_ReturningHome
93											RST	Mode_AUTO_Manual
94											RST	RT_1st
95											RST	RT_2nd
96											RST	RT_3rd
97											RST	RT_4th
98											RST	RT_5th
99											RST	RT_6th
100											RST	TCH_ST_Starting
101											RST	POS_ST_After_DOWNFastRelay
102											RST	POS_ST_After_DOWNSlowRelay1
103											RST	POS_ST_After_DOWNSlowRelay_Delta
104											RST	POS_ST_After_Storing
105											RST	POS_ST_After_UPFastRelay
106											RST	POS_ST_After_UPSlowRelay1
107											RST	POS_ST_After_UPSlowRelay2
108											RST	POS_ST_ReturnedHOME
109											RST	POS_ST_ReturningHome
110											RST	Store
111									FMOV	K0	S0	K12
112									RST		S0	

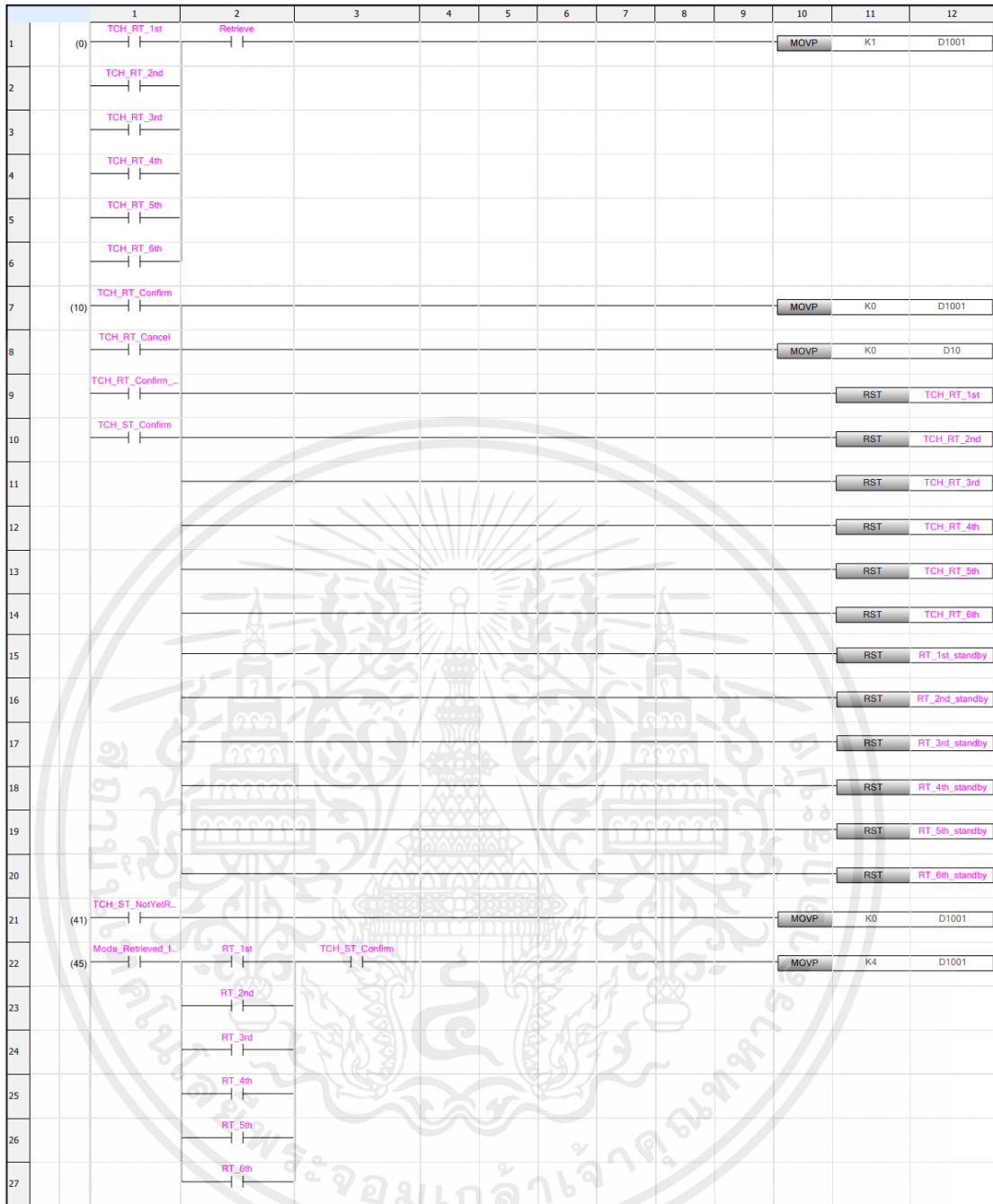
รูปที่ ข-11 โปรแกรม PLC การรีเซ็ตการทำงาน (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
113											RST	ST1
114											RST	ST2
115											RST	ST3
116											RST	ST4
117											RST	ST5
118											RST	ST6
119											RST	ST7
120											RST	ST8
121											RST	ST9
122											RST	ST10
123											RST	ST11
124											RST	ST12
125											RST	TCH_LevelSelect_Interlock
126											RST	DV_ST_DOWN_FastRelay
127											RST	DV_ST_DOWN_SlowRelay1
128											RST	DV_ST_DOWN_SlowRelay2
129											RST	DV_ST_DOWN_SlowRelay_DeL#
130											RST	DV_ST_IN_FastRelay
131											RST	DV_ST_IN_SlowRelay1
132											RST	DV_ST_IN_SlowRelay2
133											RST	DV_ST_OUT_FastRelay
134											RST	DV_ST_OUT_SlowRelay1
135											RST	DV_ST_OUT_SlowRelay2
136											RST	DV_ST_UP_FastRelay
137											RST	DV_ST_UP_SlowRelay1
138											RST	DV_ST_UP_SlowRelay2
139									FMOV	K0	D10	K2
140											RST	Made_Retrieved_Interlock
141	(332)											[END ]

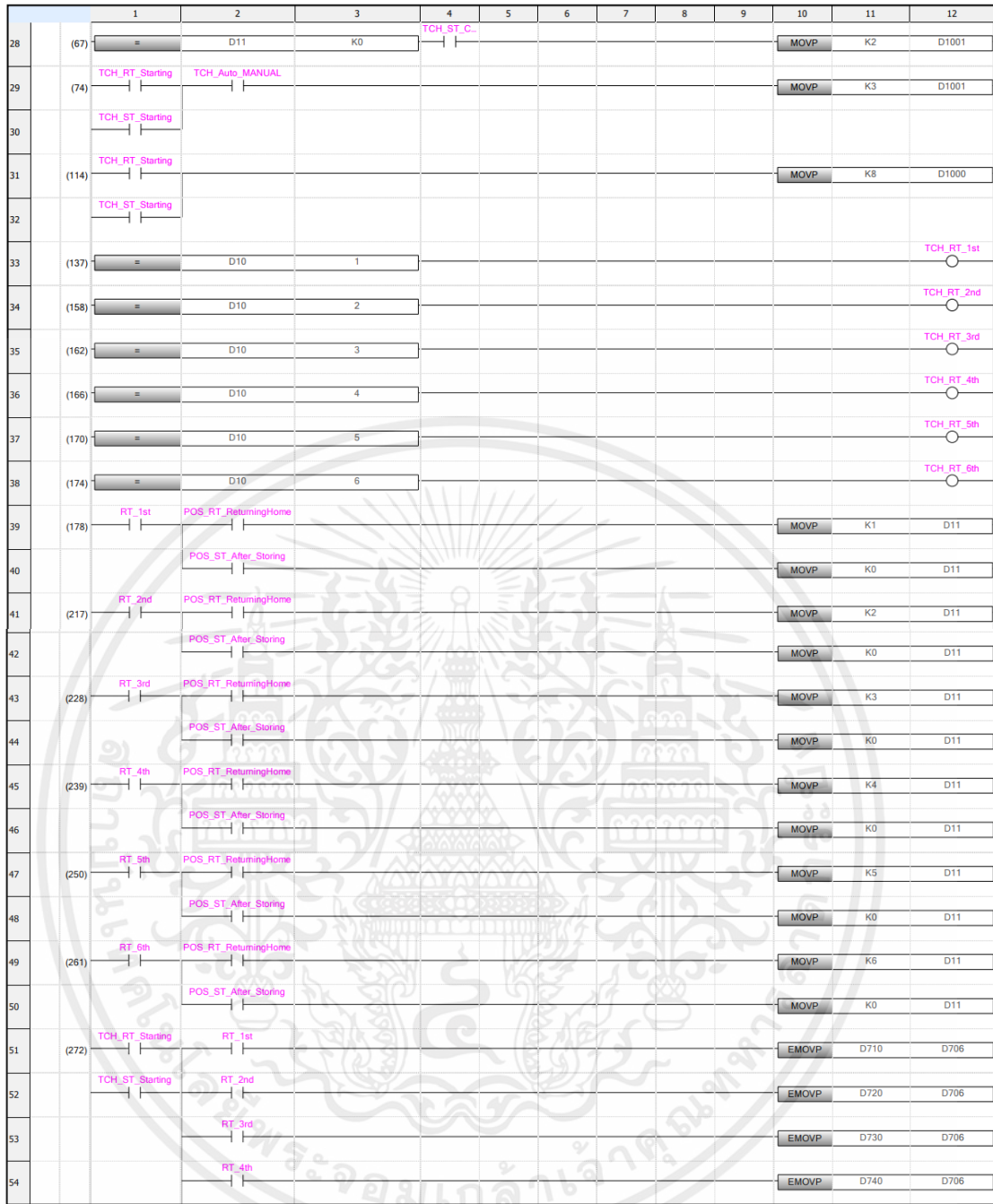
รูปที่ ข-12 โปรแกรม PLC การรีเซ็ตการทำงาน (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



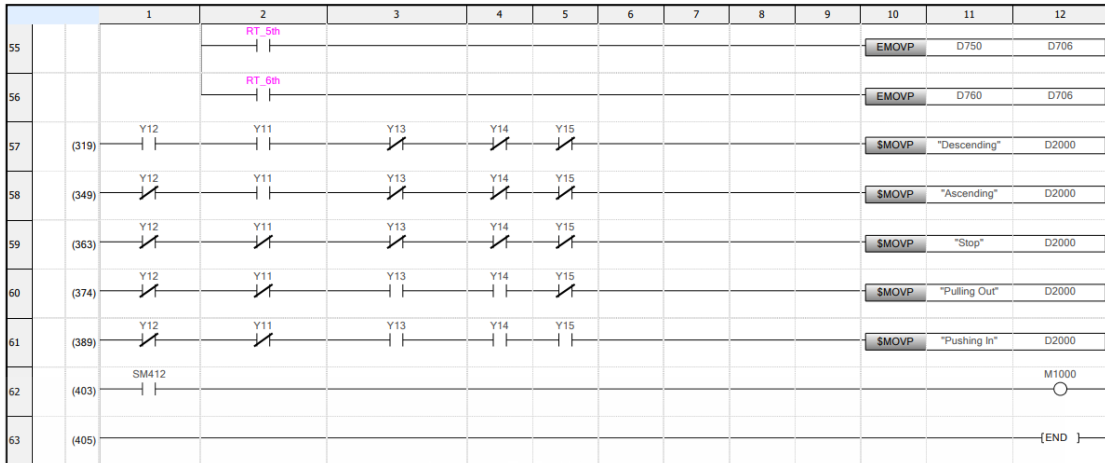
รูปที่ ข-13 โปรแกรม PLC เงื่อนไขการแสดงผลของจอทัชสกรีน SOFTGOT2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-14 โปรแกรม PLC เงื่อนไขการแสดงผลของจอทัชสกรีน SOFTGOT2000 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-15 โปรแกรม PLC เงื่อนไขการแสดงผลของจอทัชสกรีน SOFTGOT2000 (ต่อ)

Slot	Module Name	Module Status Setting	Points	Start XY	Control PLC Settings	CPU Module Operation Setting at Error Detection
Main						
CPU	R04CPU(Host Station)			3E00		
0(0-0)	RX40C7	No Setting	16 Points	0000		
1(0-1)	RY10R2	No Setting	16 Points	0010		
2(0-2)	R60AD4	No Setting	16 Points	0020		Critical: Stop, Moderate: Continue
3(0-3)						
4(0-4)						

รูปที่ ข-16 โมดูลที่ใช้ในระบบ

Item	Setting Value
input response time setting	
X00	10ms
X01	10ms
X02	10ms
X03	0.1ms
X04	0.1ms
X05	0.1ms
X06	10ms
X07	10ms
X08	10ms
X09	10ms
X0A	10ms
X0B	10ms
X0C	10ms
X0D	10ms
X0E	10ms
X0F	10ms

รูปที่ ข-17 การตั้งพารามิเตอร์ของโมดูล RX40C7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Label Name		Data Type	Class	Assign (Device/Label)	Initial Value
1	Retrieve	Bit	VAR_GLOBAL		
2	RT_1st_standby	Bit	VAR_GLOBAL		
3	RT_2nd_standby	Bit	VAR_GLOBAL		
4	RT_3rd_standby	Bit	VAR_GLOBAL		
5	RT_4th_standby	Bit	VAR_GLOBAL		
6	RT_5th_standby	Bit	VAR_GLOBAL		
7	RT_6th_standby	Bit	VAR_GLOBAL		
8	DV_RT_UP_FastRelay	Bit	VAR_GLOBAL		
9	DV_RT_IN_FastRelay	Bit	VAR_GLOBAL		
10	POS_RT_After_UPFastRelay	Bit	VAR_GLOBAL		
11	POS_RT_Lifting	Bit	VAR_GLOBAL		
12	POS_RT_ReturningHome	Bit	VAR_GLOBAL		
13	TCH_Retrieve	Bit	VAR_GLOBAL	M100	
14	TCH_RT_1st	Bit	VAR_GLOBAL	M101	
15	TCH_RT_2nd	Bit	VAR_GLOBAL	M102	
16	TCH_RT_3rd	Bit	VAR_GLOBAL	M103	
17	TCH_RT_4th	Bit	VAR_GLOBAL	M104	
18	TCH_RT_5th	Bit	VAR_GLOBAL	M105	
19	TCH_RT_6th	Bit	VAR_GLOBAL	M106	
20	TCH_RT_Confirm	Bit	VAR_GLOBAL	M107	
21	TCH_RT_Starting	Bit	VAR_GLOBAL	M108	
22	TCH_RT_Cancel	Bit	VAR_GLOBAL	M109	
23	Store	Bit	VAR_GLOBAL		
24	TCH_Reset	Bit	VAR_GLOBAL	M110	
25	TCH_LevelSelect_Interlock	Bit	VAR_GLOBAL	M117	
26	TCH_RT_Confirm_Interlock	Bit	VAR_GLOBAL	M118	
27	RT_1st	Bit	VAR_GLOBAL	M111	
28	RT_2nd	Bit	VAR_GLOBAL	M112	
29	RT_3rd	Bit	VAR_GLOBAL	M113	
30	RT_4th	Bit	VAR_GLOBAL	M114	
31	RT_5th	Bit	VAR_GLOBAL	M115	
32	RT_6th	Bit	VAR_GLOBAL	M116	
33	Test_OUT	Bit	VAR_GLOBAL		
34	Test_IN	Bit	VAR_GLOBAL		
35	Test_UP	Bit	VAR_GLOBAL		
36	Test_DOWN	Bit	VAR_GLOBAL		
37	DV_RT_UP_SlowRelay1	Bit	VAR_GLOBAL		
38	DV_RT_UP_SlowRelay2	Bit	VAR_GLOBAL		
39	DV_RT_UP_SlowRelay_Lift	Bit	VAR_GLOBAL		
40	POS_RT_After_UPSlowRelay1	Bit	VAR_GLOBAL		
41	POS_RT_After_UPSlowRelay2	Bit	VAR_GLOBAL		
42	DV_RT_IN_SlowRelay1	Bit	VAR_GLOBAL		
43	DV_RT_IN_SlowRelay2	Bit	VAR_GLOBAL		
44	POS_RT_BeforeLift	Bit	VAR_GLOBAL		
45	DV_RT_OUT_SlowRelay1_Lifting	Bit	VAR_GLOBAL		
46	DV_RT_OUT_SlowRelay2_Lifting	Bit	VAR_GLOBAL		
47	DV_RT_OUT_FastRelay_Lifting	Bit	VAR_GLOBAL		
48	DV_RT_DOWN_SlowRelay1	Bit	VAR_GLOBAL		
49	DV_RT_DOWN_SlowRelay2	Bit	VAR_GLOBAL		
50	DV_RT_DOWN_FastRelay	Bit	VAR_GLOBAL		
51	POS_RT_After_DOWNSlowRelay1	Bit	VAR_GLOBAL		
52	POS_RT_After_DOWNSlowRelay2	Bit	VAR_GLOBAL		
53	POS_RT_After_DOWNFastRelay	Bit	VAR_GLOBAL		
54	POS_RT_ReturnedHOME	Bit	VAR_GLOBAL		
55	TCH_ST_Confirm	Bit	VAR_GLOBAL	M120	
56	TCH_ST_Starting	Bit	VAR_GLOBAL		
57	DV_ST_UP_SlowRelay1	Bit	VAR_GLOBAL		
58	DV_ST_UP_SlowRelay2	Bit	VAR_GLOBAL		
59	DV_ST_UP_FastRelay	Bit	VAR_GLOBAL		
60	POS_ST_After_UPSlowRelay1	Bit	VAR_GLOBAL		
61	POS_ST_After_UPSlowRelay2	Bit	VAR_GLOBAL		
64	DV_ST_IN_SlowRelay2	Bit	VAR_GLOBAL		
65	DV_ST_IN_FastRelay	Bit	VAR_GLOBAL		
66	POS_ST_After_Storing	Bit	VAR_GLOBAL		
67	DV_ST_DOWN_SlowRelay_DeLift	Bit	VAR_GLOBAL		
68	POS_ST_After_DOWNSlowRelay_DeLift	Bit	VAR_GLOBAL		
69	DV_ST_OUT_SlowRelay1	Bit	VAR_GLOBAL		
70	DV_ST_OUT_SlowRelay2	Bit	VAR_GLOBAL		
71	DV_ST_OUT_FastRelay	Bit	VAR_GLOBAL		
72	POS_ST_ReturningHome	Bit	VAR_GLOBAL		
73	DV_ST_DOWN_SlowRelay1	Bit	VAR_GLOBAL		
74	DV_ST_DOWN_SlowRelay2	Bit	VAR_GLOBAL		
75	DV_ST_DOWN_FastRelay	Bit	VAR_GLOBAL		
76	POS_ST_After_DOWNSlowRelay1	Bit	VAR_GLOBAL		
77	POS_ST_After_DOWNFastRelay	Bit	VAR_GLOBAL		
78	POS_ST_ReturnedHOME	Bit	VAR_GLOBAL		
79	TCH_Store	Bit	VAR_GLOBAL	M99	
80	Mode_AUTO	Bit	VAR_GLOBAL		
81	POS_HOME	Bit	VAR_GLOBAL		
82	Mode_AUTO_Manual	Bit	VAR_GLOBAL		
83	TCH_Auto_MANUAL	Bit	VAR_GLOBAL	M119	
84	Mode_MANUAL	Bit	VAR_GLOBAL		
85	Mode_Retrieved_Interlock	Bit	VAR_GLOBAL		
86	TCH_AutoManual_UP	Bit	VAR_GLOBAL	M121	
87	TCH_AutoManual_DOWN	Bit	VAR_GLOBAL	M122	
88	TCH_AutoManual_IN	Bit	VAR_GLOBAL	M123	
89	TCH_AutoManual_OUT	Bit	VAR_GLOBAL	M124	
90	TCH_Back_Reset_Auto_Manual	Bit	VAR_GLOBAL	M125	
91	TCH_ST_Lamp_6th	Bit	VAR_GLOBAL	M136	
92	TCH_ST_Lamp_5th	Bit	VAR_GLOBAL	M135	
93	TCH_ST_Lamp_4th	Bit	VAR_GLOBAL	M134	
94	TCH_ST_Lamp_3rd	Bit	VAR_GLOBAL	M133	
95	TCH_ST_Lamp_2nd	Bit	VAR_GLOBAL	M132	
96	TCH_ST_Lamp_1st	Bit	VAR_GLOBAL	M131	
97	TCH_ST_Start	Bit	VAR_GLOBAL	M126	
98	TCH_Auto_Manual_Submit	Bit	VAR_GLOBAL	M137	
99	TCH_ST_NotYetRetrieved	Bit	VAR_GLOBAL	M138	
100					

รูปที่ ข-18 การกำหนด Label ที่ใช้ในโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

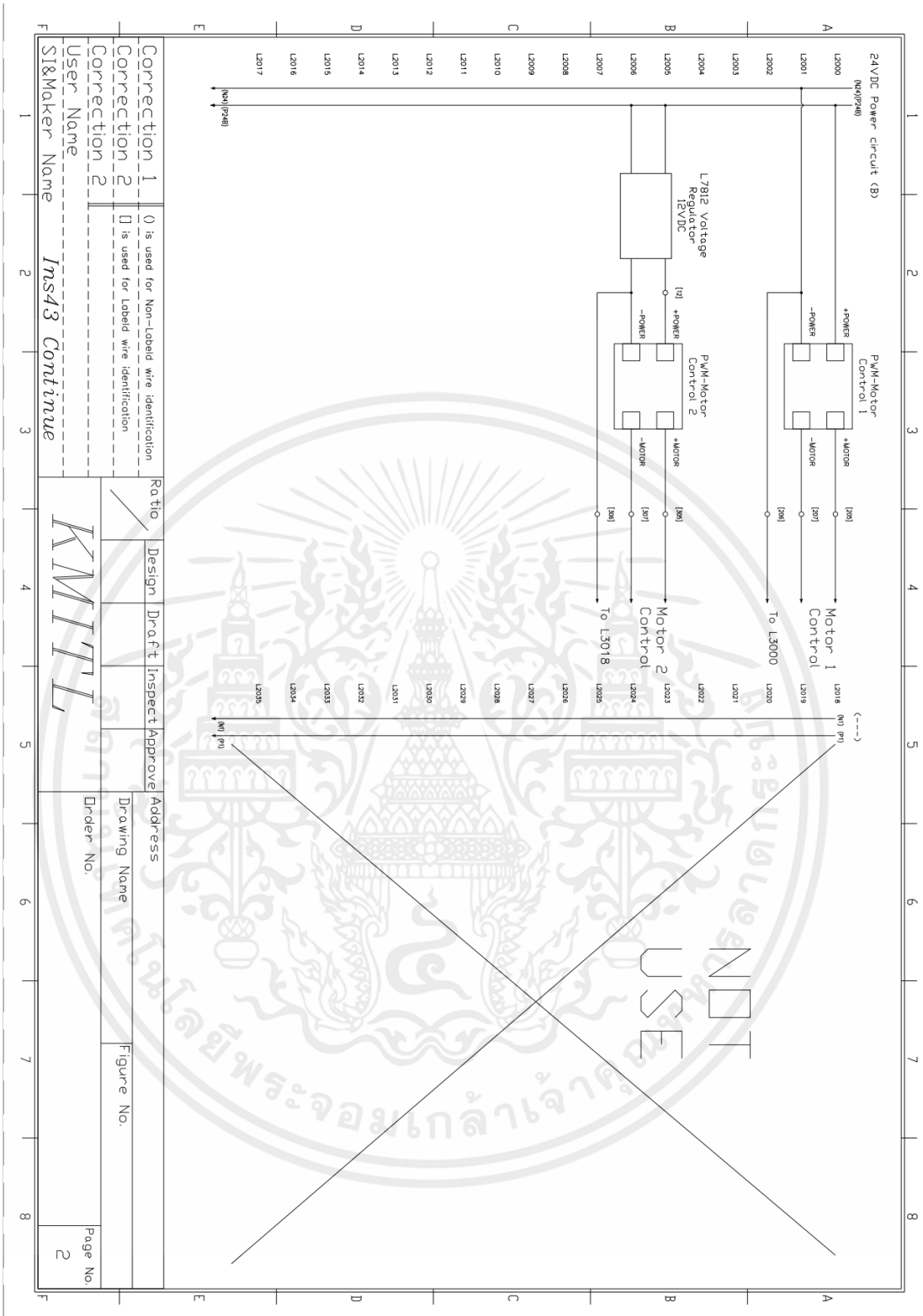


ภาคผนวก ค

แบบวงจรควบคุมระบบไฟฟ้าภายในตู้คอนโทรล

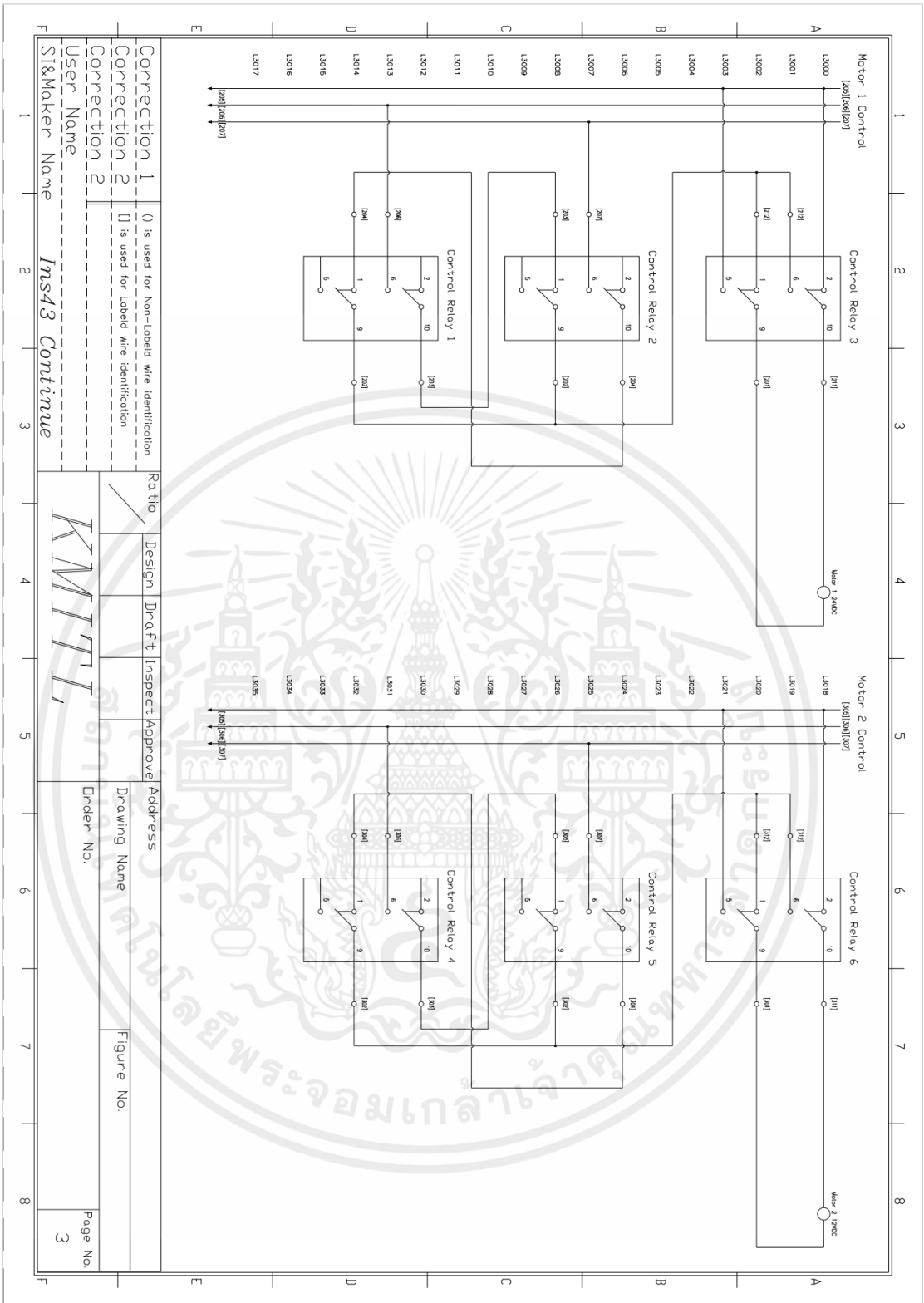
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





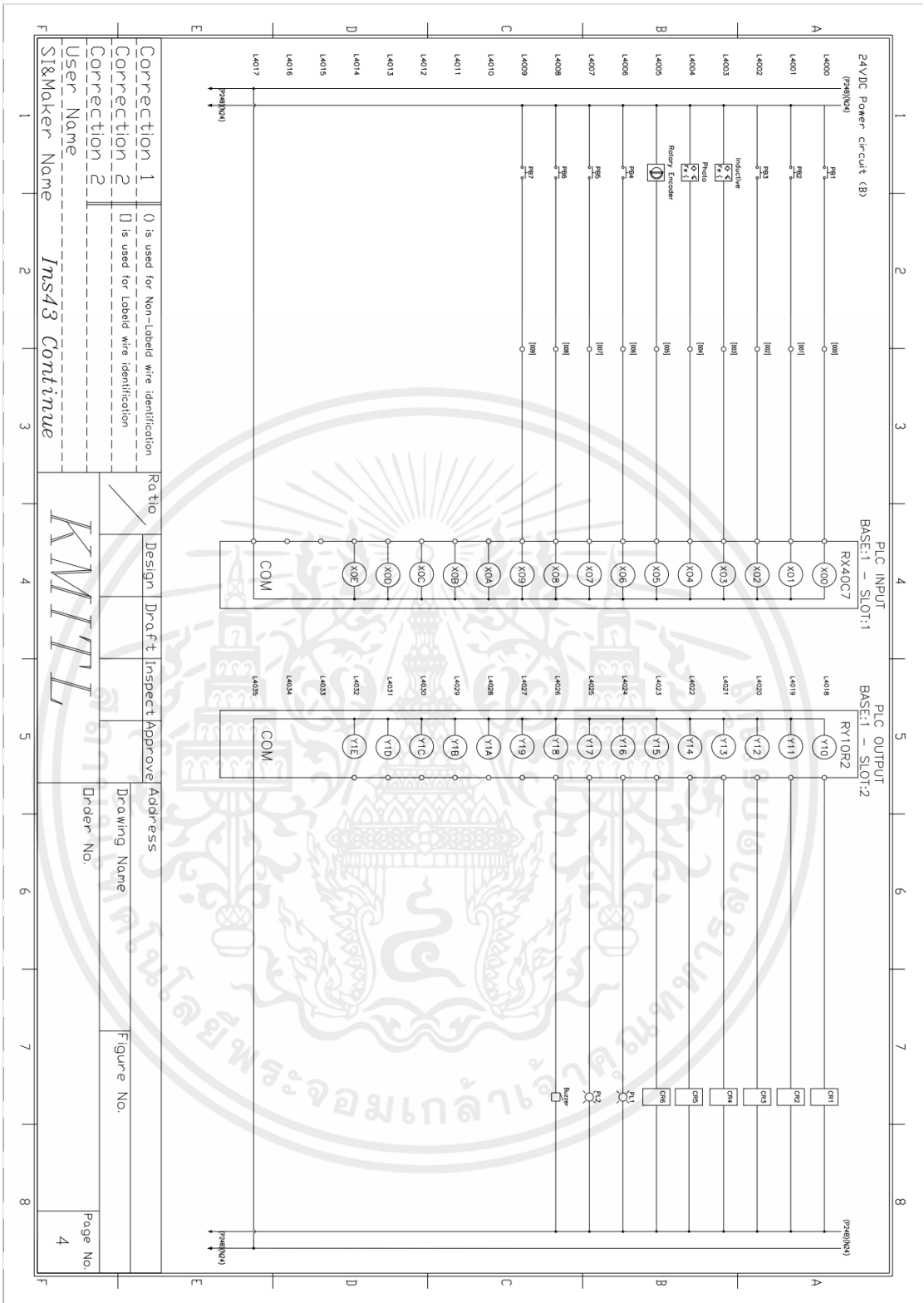
รูปที่ ค-2 แบบไฟฟ้าภายในตู้คอนโทรล (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-3 แบบไฟฟ้าภายในตู้คอนโทรล (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-4 แบบไฟฟ้าภายในตู้คอนโทรล (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## แบบฟอร์มรายงานความก้าวหน้าโครงการ (Progress Report) ครั้งที่ 1

### ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) ระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

(ภาษาอังกฤษ) Automation vertical sheet metal storage system

### สมาชิก

1. หัวหน้าโครงการ นางสาวมุกมณี โสตามุข รหัสนักศึกษา 64015114
2. ผู้ร่วมโครงการ นายณัฐวุฒิ ศรีสองเมือง รหัสนักศึกษา 64015042
3. ผู้ร่วมโครงการ นายฤทธิกานต์ รวมทรัพย์ รหัสนักศึกษา 64015123

### อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ชื่อ - นามสกุล ผศ.สาท คำมูล

ชื่อ - นามสกุล ผศ.ดร.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒน์

สังกัด / สถาบัน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

### รายงานความก้าวหน้าโครงการ

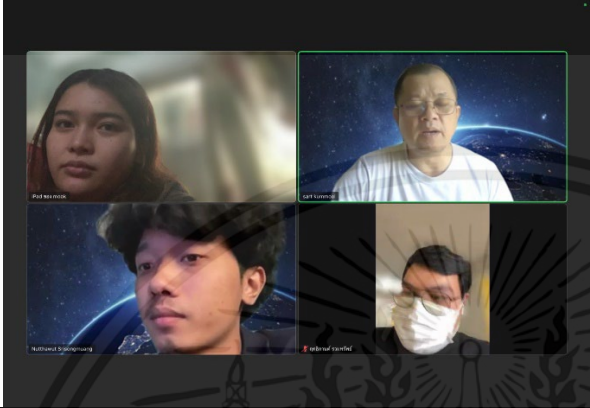
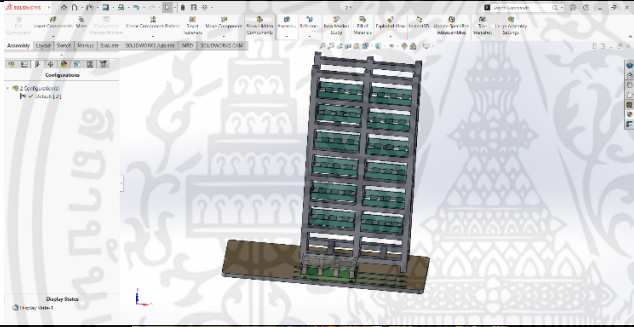

สัปดาห์	วัน/เดือน/ปี	สิ่งที่ได้ศึกษาหรือลงมือปฏิบัติ
สัปดาห์ที่ 3	23/01/2566 ถึง 29/01/2566	1. พูดคุยสรุปเกี่ยวกับการทำงานต่างๆร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษา 2. ศึกษาหลักการทำงานของ ระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ 3. ได้รับความอนุเคราะห์โมเดลโครงสร้างพื้นฐานจาก รศ.ดร.สุพรรณ กุลพาณิชย์
สัปดาห์ที่ 4	30/01/2566 ถึง 05/02/2566	1. ออกแบบและแก้ไขโครงสร้างเพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดของผู้จัดทำโครงการ 2. จัดซื้ออุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทำโครงสร้าง 3. ศึกษาเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม PLC Mitsubishi โดยใช้ R04CPU

สัปดาห์	วัน/เดือน/ปี	สิ่งที่ได้ศึกษาหรือลงมือปฏิบัติ
สัปดาห์ที่ 5	06/02/2566 ถึง 12/02/2566	1. ศึกษาเกี่ยวกับระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อลดความเร็วมอเตอร์ในขณะจัดเก็บแผ่นโลหะ 2. ศึกษาและออกแบบวงจรควบคุมทิศทางและความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
สัปดาห์ที่ 6	13/01/2566 ถึง 19/02/2566	1. พบข้อผิดพลาดของโครงสร้างและเริ่มลงมือแก้ไข 2. ทดลองเขียนโปรแกรม GX Works 3 สำหรับควบคุมการขึ้นลงของถาดจัดเก็บโลหะแผ่น
สัปดาห์ที่ 7	20/02/2566 ถึง 26/02/2566	1. เดินทางไปดูเครื่องต้นแบบในโรงงานกับอาจารย์ที่ปรึกษา จังหวัดสมุทรปราการ 2. แก้ไขแบบโมเดลจำลองของถาดให้สอดคล้องกับเครื่องต้นแบบ 3. สรุปผลความก้าวหน้าครั้งที่ 1 และทำสื่อการนำเสนอในรูปแบบของ Canva


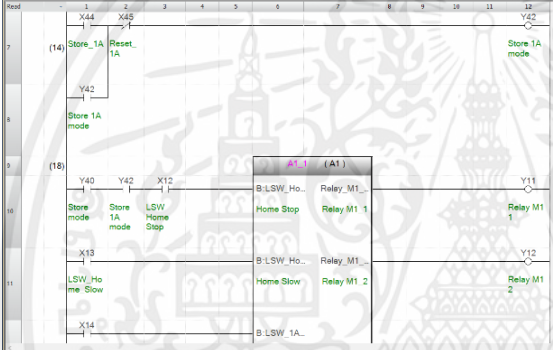

งานหรือกิจกรรมที่กำลังปฏิบัติในตอนนี้	1. ออกแบบการจัดวางเซนเซอร์ให้เข้ากับรูปแบบของโครงสร้าง 2. วางแผนการทำโมเดลอะคริลิกสำหรับจัดเก็บโลหะแผ่น
สามารถดำเนินการตามแผนที่วางไว้หรือไม่	เป็นไปตามแผนที่วางไว้
ปัญหาและอุปสรรคที่พบ	1. ยังขาดความรู้เกี่ยวกับโปรแกรม GX Works 3 อยู่ทำให้ใช้เวลาในการออกแบบโปรแกรม
วิธีการแก้ปัญหา	1. ศึกษาและฝึกเขียนโปรแกรมตามสื่อการสอนเพื่อให้เกิดความคุ้นชิน และรู้จักกับคำสั่งใหม่ๆ ที่จำเป็นต่อโครงการ
ความคิดเห็นอื่นๆ หรือความช่วยเหลือที่ต้องการ	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รูปภาพประกอบการรายงานความก้าวหน้าโครงการ

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อรายงานข้อมูลรายสัปดาห์</p>
	<p>ออกแบบโมเดลโครงสร้างและติดตั้งอุปกรณ์บน SolidWorks ตามขนาดจริงเพื่อทำไปสร้างโครงสร้าง</p>
	<p>ซื้ออะลูมิเนียมโปรไฟล์เพื่อมาตัดแปลงโครงสร้างและเริ่มซื้ออุปกรณ์บางส่วนเพื่อนำมาติดตั้งบนโครงสร้าง</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>ปรับปรุงแก้ไขโครงสร้างเพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดของผู้จัดทำโครงการ</p>
	<p>ศึกษาการเขียนโปรแกรม GX Works 3 จากสื่อการเรียนรู้และได้เริ่มทดลองเขียนคำสั่งให้ภาคมีการเคลื่อนที่ขึ้นไปยังชั้นที่ 1</p>
	<p>เริ่มสร้างภาคใส่โลหะแผ่นตามขนาดบน SolidWorks ที่ได้ออกแบบ</p>
	<p>ไปดูเครื่องต้นแบบในโรงงาน จังหวัดสมุทรปราการ</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## แบบฟอร์มรายงานความก้าวหน้าโครงการ (Progress Report) ครั้งที่ 2

### ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) ระบบจัดเก็บโลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

(ภาษาอังกฤษ) Automation vertical sheet metal storage system

### สมาชิก

1. หัวหน้าโครงการ นางสาวมุกฉวี โสตามุข รหัสนักศึกษา 64015114
2. ผู้ร่วมโครงการ นายณัฐวุฒิ ศรีสองเมือง รหัสนักศึกษา 64015042
3. ผู้ร่วมโครงการ นายฤทธิกานต์ รวมทรัพย์ รหัสนักศึกษา 64015123

### อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ชื่อ - นามสกุล ผศ.สาท คำมูล

ชื่อ - นามสกุล ผศ.ดร.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒน์

สังกัด / สถาบัน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

### รายงานความก้าวหน้าโครงการ

สัปดาห์	วัน/เดือน/ปี	สิ่งที่ได้ศึกษาหรือลงมือปฏิบัติ
สัปดาห์ที่ 8	27/02/2566 ถึง 05/03/2566	1.สั่งอุปกรณ์เพิ่มเติมที่จะใช้ในโครงการ 2.แก้ไขตัวโครงต้นแบบให้มั่นคงต่อการใช้งาน 3.ศึกษาเกี่ยวกับวงจรขับมอเตอร์
สัปดาห์ที่ 9	06/03/2566 ถึง 12/03/2566	อยู่ในช่วงสอบ Midterm

สัปดาห์	วัน/เดือน/ปี	สิ่งที่ได้ศึกษาหรือลงมือปฏิบัติ
สัปดาห์ที่ 10	13/03/2566 ถึง 19/03/2566	1. ศึกษาการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ เช่น Encoder 2. ประกอบโครงสร้างตัวเคลื่อนที่ขึ้นลง
สัปดาห์ที่ 11	20/03/2566 ถึง 26/03/2566	1. เก็บรายละเอียดงานลบบคมของอูมิเนียมโปรไฟล์ที่ได้ทำการตัด 2. สรุปผลความก้าวหน้าครั้งที่ 2 และทำสื่อการนำเสนอในรูปแบบ Canva

งานหรือกิจกรรมที่กำลังปฏิบัติในตอนนี	1. ประกอบ โครงขุดเคลื่อนที่ขึ้นลง 2. ศึกษาวิธีใช้ Encoder
สามารถดำเนินการตามแผนที่วางไว้หรือไม่	เป็นไปตามแผนที่วางไว้
ปัญหาและอุปสรรคที่พบ	1. ความยาวของโซ่ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน
วิธีการแก้ปัญหา	1. ซื่อโซ่เพิ่มและทำการต่อโซ่เข้าด้วยกัน
ความคิดเห็นอื่นๆ หรือความช่วยเหลือที่ ต้องการ	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพประกอบการรายงานความก้าวหน้าโครงการ

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>ศึกษาวิธีการใช้ Encoder เพื่อใช้ควบคุมมอเตอร์</p>
	<p>ตัดแผ่นอลูมิเนียมเพื่อทำการยึดโครงสร้าง</p>
	<p>ตัดอลูมิเนียม profile เพื่อทำเป็นเสาใส่ล้อเคลื่อนที่ขึ้นลง</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>ต่อโซ่ให้ได้ขนาดตามที่เราต้องการ</p>
	<p>ประกอบชุดเคลื่อนที่ขึ้นลงเข้ากับ โครงสร้างหลัก</p>
	<p>การนำเสนอความก้าวหน้าครั้งที่ 2 ในรูปแบบออนไลน์</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## แบบฟอร์มรายงานความก้าวหน้าโครงการ (Progress Report) ครั้งที่ 3

### ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) ระบบจัดเก็บ โลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

(ภาษาอังกฤษ) Automation vertical sheet metal storage system

### สมาชิก

1. หัวหน้าโครงการ นางสาวมุกกณี โสคามุข รหัสนักศึกษา 64015114
2. ผู้ร่วมโครงการ นายณัฐวุฒิ ศรีสองเมือง รหัสนักศึกษา 64015042
3. ผู้ร่วมโครงการ นายฤทธิกานต์ รวมทรัพย์ รหัสนักศึกษา 64015123

### อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ชื่อ - นามสกุล ผศ.สาท คำมูล

ชื่อ - นามสกุล ผศ.ดร.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒน์

สังกัด / สถาบัน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

### รายงานความก้าวหน้าโครงการ

ลำดับ	วัน/เดือน/ปี	สิ่งที่ได้ศึกษาหรือลงมือปฏิบัติ
ลำดับที่ 12	27/03/2566 ถึง 02/04/2566	ออกแบบฐานของการวางซึ่งน้ำหนักโลหะแผ่นสร้างจากอลูมิเนียมและอะคริลิค
ลำดับที่ 13	03/04/2566 ถึง 09/04/2566	1.สั่งทำถาดการเคลื่อนที่เข้า-ออกโดยใช้วัสดุเป็นโลหะ 2.พินส์กันสนิมที่ถาดเคลื่อนที่เข้า-ออก

สัปดาห์	วัน/เดือน/ปี	สิ่งที่ได้ศึกษาหรือลงมือปฏิบัติ
สัปดาห์ที่ 14	10/04/2566 ถึง 16/04/2566	1.ติดตั้งมอเตอร์เคลื่อนที่ขึ้น-ลง พร้อมกับเฟือง 2.ติดตั้งมอเตอร์เคลื่อนที่เข้า-ออกพร้อมกับไซ้
สัปดาห์ที่ 15	17/04/2566 ถึง 23/04/2566	1.ทดลองเขียนโปรแกรมการใช้ Load Cell 2.ทดสอบการทำงานการทดสอบของมอเตอร์เคลื่อนที่ขึ้น-ลง
สัปดาห์ที่ 16	24/04/2566 ถึง 30/04/2566	1.เขียนโปรแกรมการทำงานในขั้นต้นและ ไฟร์ชาร์ต 2.พบอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจความก้าวหน้าของโครงสร้างและตัวโปรแกรม
สัปดาห์ที่ 17	1/05/2566 ถึง 07/05/2566	1.เก็บรายละเอียดเล็กน้อยตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา 2.เริ่มทำสื่อการนำเสนอในรูปแบบ Canva 3.ทำแผ่นกันลื่นของถาดเคลื่อนที่เข้า-ออก
สัปดาห์ที่ 18	08/05/2566 ถึง 19/05/2566	อยู่ในช่วงสอบ Final
สัปดาห์ที่ 19	20/05/2566 ถึง 21/05/2566	1.ตรวจสอบความถูกต้องของสื่อการนำเสนอ 2.นำเสนอความก้าวหน้าครั้ง สุดท้าย ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



งานหรือกิจกรรมที่กำลังปฏิบัติในตอนนี้	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ประกอบโครงชุดเคลื่อนที่ขึ้นลง</li> <li>2. ศึกษาวิธีใช้ Lodecell</li> </ol>
สามารถดำเนินการตามแผนที่วางไว้หรือไม่	เป็นไปตามแผนที่วางไว้
ปัญหาและอุปสรรคที่พบ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การเคลื่อนที่ขึ้น-ลง มีเสียงการทำงานที่ดัง</li> <li>2. Lodecell ได้ค่าที่ออกมาไม่ตรงตามจริง</li> </ol>
วิธีการแก้ปัญหา	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทำการต่อตัวยึดเพลลาเพื่อให้เกิดความแน่นมากยิ่งขึ้น</li> <li>2. ใช้บอร์ดทรานสมิตเตอร์ในการทำงานของ Lodecell เพื่อให้ค่าออกมาตรงตามจริง</li> </ol>
ความคิดเห็นอื่นๆ หรือความช่วยเหลือที่ต้องการ	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพประกอบการรายงานความก้าวหน้าโครงการ

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>ออกแบบฐานการวางชั้นน้ำหนัก</p>
	<p>ออกแบบฐานการวางชั้นน้ำหนัก</p>
	<p>ฐานที่ใช้ในการชั่งน้ำหนักโลหะแผ่นที่ประกอบเสร็จ</p>


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>สิ่งทำถาดการเคลื่อนที่เข้า-ออกโดยใช้วัสดุเป็นโลหะ</p>
	<p>พ่นสีกันสนิมที่ถาดเคลื่อนที่เข้า-ออก</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>ติดตั้งมอเตอร์เคลื่อนที่ขึ้น-ลง พร้อมกับเฟือง</p>
	<p>ติดตั้งมอเตอร์เคลื่อนที่เข้า-ออกพร้อมกับโซ่</p>
	<p>พบอาจารย์ที่ปรึกษาอัปเดตความก้าวหน้า ของโครงสร้างและตัวโปรแกรม</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>นำเสนอความก้าวหน้าครั้ง ึ่งสุดท้าย ปี การศึกษา 2565</p>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## แบบฟอร์มรายงานความก้าวหน้าโครงการ (Progress Report) ครั้งที่ 4

### ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) ระบบจัดเก็บ โลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

(ภาษาอังกฤษ) Automation vertical sheet metal storage system

### สมาชิก

1. หัวหน้าโครงการ นางสาวมุกกมล โสตามุข รหัสนักศึกษา 64015114
2. ผู้ร่วมโครงการ นายณัฐวุฒิ ศรีสองเมือง รหัสนักศึกษา 64015042
3. ผู้ร่วมโครงการ นายฤทธิกานต์ รวมทรัพย์ รหัสนักศึกษา 64015123

### อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ชื่อ - นามสกุล ผศ.สาท คำมูล

ชื่อ - นามสกุล ผศ.ดร.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒน์

สังกัด / สถาบัน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

### รายงานความก้าวหน้าโครงการ


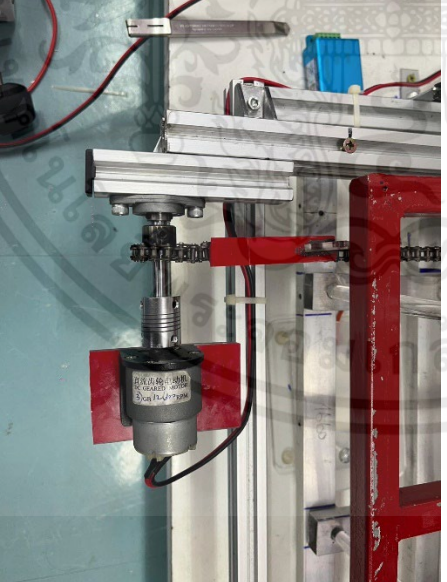
ลำดับ	วัน/เดือน/ปี	สิ่งที่ได้ศึกษาหรือลงมือปฏิบัติ
ลำดับที่ 20	26/06/2566 ถึง 02/07/2566	1. สร้างตะขอเกี่ยวที่ใช้ในการดึงถาดเข้า - ออก 2. ติดตั้งตะขอเกี่ยวเข้ากับไซ้ 3. ทดลองใช้ตะขอเกี่ยวในการดึงถาดเข้า - ออก
ลำดับที่ 21	03/07/2566 ถึง 09/07/2566	1. สั่งล้อที่ติดถาดให้ใหญ่ขึ้น เนื่องจากล้อเดิมเล็กเกินไป 2. เดินสายไฟที่ใช้ในโครงการ

สัปดาห์	วัน/เดือน/ปี	สิ่งที่ได้ศึกษาหรือลงมือปฏิบัติ
สัปดาห์ที่ 22	10/07/2566 ถึง 16/07/2566	1. ติดตั้งล้ออันใหม่ที่สั่งมา 2. ทดสอบการดึง เข้า - ออก ของถาด 3. ทดลองเขียนโปรแกรมจอตัสกรีน
สัปดาห์ที่ 23	17/07/2566 ถึง 23/07/2566	1. ติดตั้ง Encoder 2. ทดลองเขียนโปรแกรมการใช้ Encoder 3. ทดสอบการทำงานการทศเกียรของมอเตอร์เคลื่อนที่ขึ้น-ลง ที่ทำการยึดเพิ่ม
สัปดาห์ที่ 24	24/07/2566 ถึง 30/07/2566	1. เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ 2. ตรวจสอบความถูกต้องของสื่อการนำเสนอ 3. นำเสนอความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ปีการศึกษา 2566

งานหรือกิจกรรมที่กำลังปฏิบัติในตอนนี้	1. ประกอบ โครงชุดเคลื่อนที่เข้า – ออก 2. ทดลองเขียนโปรแกรมจอตัสกรีน 3. ทดลองเขียนโปรแกรม Encoder
สามารถดำเนินการตามแผนที่วางไว้หรือไม่	เป็นไปตามแผนที่วางไว้
ปัญหาและอุปสรรคที่พบ	1. การเคลื่อนที่เข้า - ออก ล้อตกร่อง 2. Encoder PLC อ่านค่าที่ออกมาไม่ตรงตามจริง
วิธีการแก้ปัญหา	1. ทำการเปลี่ยนล้อที่เข้า - ออก ให้ใหญ่กว่าเดิม 2. ทำการเคลื่อนที่ช้าลงให้ PCL อ่านได้ทัน
ความคิดเห็นอื่นๆ หรือความช่วยเหลือที่ต้องการ	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


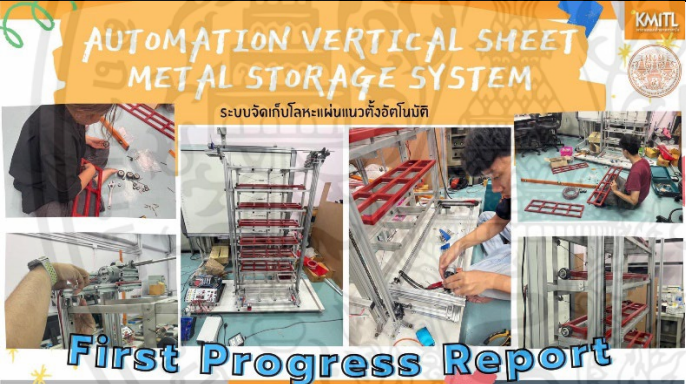
รูปภาพประกอบการรายงานความก้าวหน้าโครงการ

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>สร้างตะขอเกี่ยวที่ใช้ในการดึงถาด เข้า - ออก</p>
	<p>ติดตั้งตะขอเกี่ยวเข้ากับไซ้</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>ติดตั้งล้ออันใหม่ให้ขนาดใหญ่กว่าเดิม</p>
	<p>เดินสายไฟที่ใช้ในโครงการ</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>ติดตั้ง Encoder</p>
	<p>นำเสนอความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ปีการศึกษา 2566</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## แบบฟอร์มรายงานความก้าวหน้าโครงการ (Progress Report) ครั้งที่ 5

### ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) ระบบจัดเก็บ โลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

(ภาษาอังกฤษ) Automation vertical sheet metal storage system

### สมาชิก

1. หัวหน้าโครงการ นางสาวมุกกณี โสตามุข รหัสนักศึกษา 64015114
2. ผู้ร่วมโครงการ นายณัฐวุฒิ ศรีสองเมือง รหัสนักศึกษา 64015042
3. ผู้ร่วมโครงการ นายฤทธิกานต์ รวมทรัพย์ รหัสนักศึกษา 64015123

### อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ชื่อ - นามสกุล ผศ.สาท คำมูล

ชื่อ - นามสกุล ผศ.ดร.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒน์

สังกัด / สถาบัน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

### รายงานความก้าวหน้าโครงการ

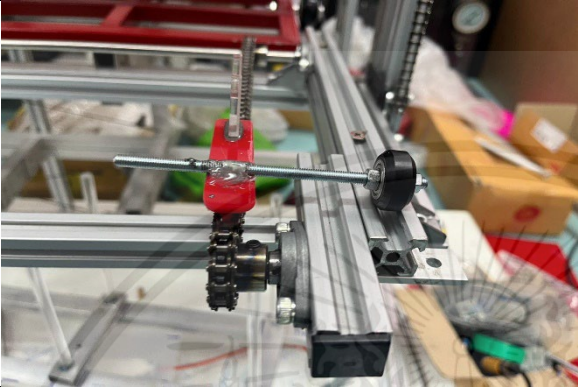
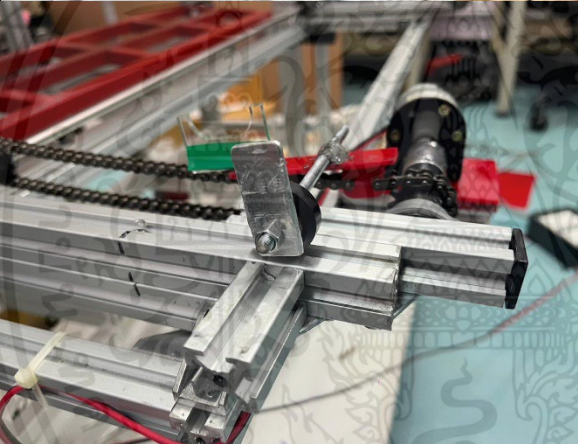

ลำดับ	วัน/เดือน/ปี	สิ่งที่ได้ศึกษาหรือลงมือปฏิบัติ
ลำดับที่ 25	31/07/2566 ถึง 06/08/2566	1. ออกแบบตัวติดตั้งเซนเซอร์ การเคลื่อนที่ เข้า - ออก 2. ติดตั้งตัวเซนเซอร์ เข้ากับตัวที่ได้ทำการออกแบบ
ลำดับที่ 26	07/08/2566 ถึง 13/08/2566	1. ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ เข้า- ออก 2. ออกแบบตัวกันแผ่นโลหะตกจากถาด

สัปดาห์	วัน/เดือน/ปี	สิ่งที่ได้ศึกษาหรือลงมือปฏิบัติ
สัปดาห์ที่ 27	14/08/2566 ถึง 20/08/2566	1. ตัดแผ่นกันตกตามที่ได้ออกแบบ และ ทำการติดตั้งเข้ากับตัวถาด 2. สั่ง รีเลย์ เพิ่ม ที่ต้องในกับโครงการ
สัปดาห์ที่ 28	21/08/2566 ถึง 27/08/2566	1. ทดลองการทำงานของ รีเลย์ โดยใช้โปรแกรม 2. เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ 3. เริ่มอ่านหนังสือ เตรียมตัวสอบ Midterm
สัปดาห์ที่ 29	28/08/2566 ถึง 03/09/2566	1. สัปดาห์สอบ Midterm 2. ตรวจสอบความถูกต้องของสื่อการนำเสนอ 3. นำเสนอความก้าวหน้าครั้งที่ 2 ปีการศึกษา 2566


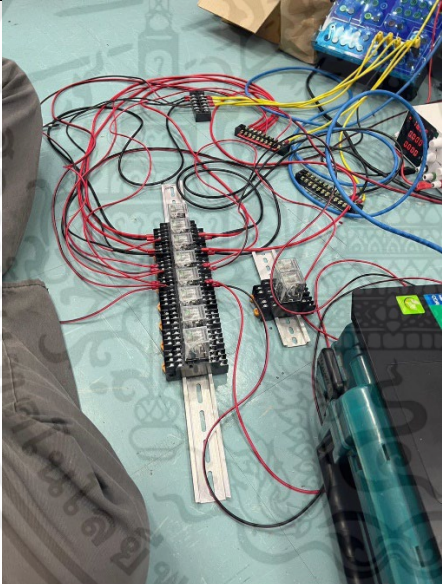
งานหรือกิจกรรมที่กำลังปฏิบัติในตอนนี้	1. ติดตั้งตัวเซนเซอร์ เข้ากับตัวที่ได้ทำการออกแบบ 2. ทดลองเขียน โปรแกรม สั่งการทำงาน รีเลย์
สามารถดำเนินการตามแผนที่วางไว้หรือไม่	เป็นไปตามแผนที่วางไว้
ปัญหาและอุปสรรคที่พบ	1. เซนเซอร์การเคลื่อนที่เข้า - ออก ไม่ทำการตรวจจับ
วิธีการแก้ปัญหา	1. ทำการขยับแผ่นโหะให้เข้าใกล้กับเซนเซอร์ มากขึ้น
ความคิดเห็นอื่นๆ หรือความช่วยเหลือที่ต้องการ	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

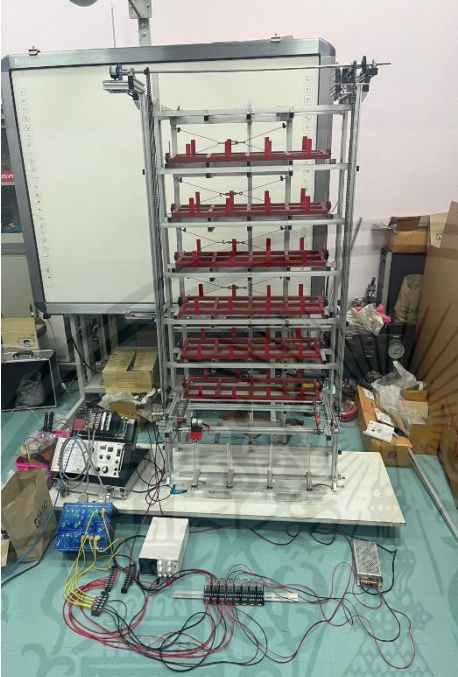

รูปภาพประกอบการรายงานความก้าวหน้าโครงการ

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>ออกแบบตัวติดตั้งเซนเซอร์ การเคลื่อนที่ เข้า - ออก</p>
	<p>ติดตั้งตัวแผ่นโลหะที่ใช้ในการอ่าน ของเซนเซอร์</p>
	<p>ทดสอบการทำงานของ เซนเซอร์ว่า สามารถตรวจจับได้</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>ติดตั้งแผ่นกันตกที่ถอดใส่ แผ่นโลหะ</p>
	<p>ต่อวงจรรีเลย์ เข้ากับ PLC</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>การทดสอบการทำงานของ รีเลย์</p>
	<p>นำเสนอความก้าวหน้าครั้งที่ 2 ปีการศึกษา 2566</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## แบบฟอร์มรายงานความก้าวหน้าโครงการ (Progress Report) ครั้งที่ 5

### ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) ระบบจัดเก็บ โลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

(ภาษาอังกฤษ) Automation vertical sheet metal storage system

### สมาชิก

1. หัวหน้าโครงการ นางสาวมุกกณี โสตามุข รหัสนักศึกษา 64015114
2. ผู้ร่วมโครงการ นายณัฐวุฒิ ศรีสองเมือง รหัสนักศึกษา 64015042
3. ผู้ร่วมโครงการ นายฤทธิกานต์ รวมทรัพย์ รหัสนักศึกษา 64015123

### อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ชื่อ - นามสกุล ผศ.สาท คำมูล

ชื่อ - นามสกุล ผศ.ดร.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒน์

สังกัด / สถาบัน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

### รายงานความก้าวหน้าโครงการ

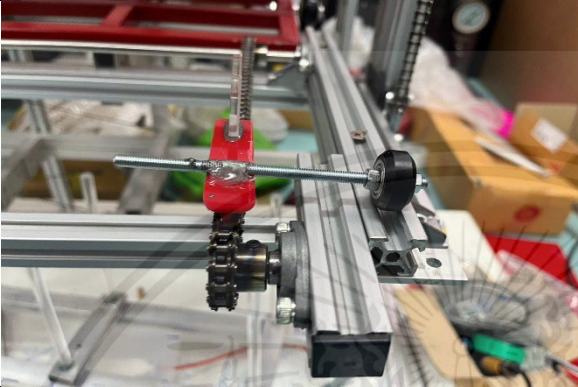
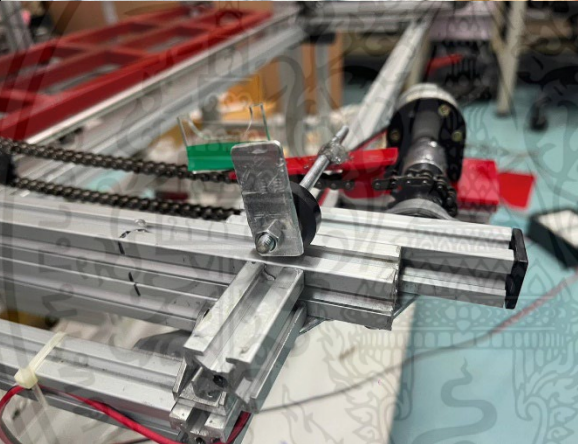

ลำดับ	วัน/เดือน/ปี	สิ่งที่ได้ศึกษาหรือลงมือปฏิบัติ
ลำดับที่ 25	31/07/2566 ถึง 06/08/2566	1. ออกแบบตัวติดตั้งเซนเซอร์ การเคลื่อนที่ เข้า - ออก 2. ติดตั้งตัวเซนเซอร์ เข้ากับตัวที่ได้ทำการออกแบบ
ลำดับที่ 26	07/08/2566 ถึง 13/08/2566	1. ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ เข้า- ออก 2. ออกแบบตัวกันแผ่นโลหะตกจากถาด

สัปดาห์	วัน/เดือน/ปี	สิ่งที่ได้ศึกษาหรือลงมือปฏิบัติ
สัปดาห์ที่ 27	14/08/2566 ถึง 20/08/2566	1. ตัดแผ่นกันตกตามที่ได้ออกแบบ และ ทำการติดตั้งเข้ากับตัวถาด 2. สั่ง รีเลย์ เพิ่ม ที่ต้องในกับโครงการ
สัปดาห์ที่ 28	21/08/2566 ถึง 27/08/2566	1. ทดลองการทำงานของ รีเลย์ โดยใช้โปรแกรม 2. เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ 3. เริ่มอ่านหนังสือ เตรียมตัวสอบ Midterm
สัปดาห์ที่ 29	28/08/2566 ถึง 03/09/2566	1. สัปดาห์สอบ Midterm 2. ตรวจสอบความถูกต้องของสื่อการนำเสนอ 3. นำเสนอความก้าวหน้าครั้งที่ 2 ปีการศึกษา 2566


งานหรือกิจกรรมที่กำลังปฏิบัติในตอนนี้	1. ติดตั้งตัวเซนเซอร์ เข้ากับตัวที่ได้ทำการออกแบบ 2. ทดลองเขียน โปรแกรม สั่งการทำงาน รีเลย์
สามารถดำเนินการตามแผนที่วางไว้หรือไม่	เป็นไปตามแผนที่วางไว้
ปัญหาและอุปสรรคที่พบ	1. เซนเซอร์การเคลื่อนที่เข้า - ออก ไม่ทำการตรวจจับ
วิธีการแก้ปัญหา	1. ทำการขยับแผ่นโหะให้เข้าใกล้กับเซนเซอร์ มากขึ้น
ความคิดเห็นอื่นๆ หรือความช่วยเหลือที่ต้องการ	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

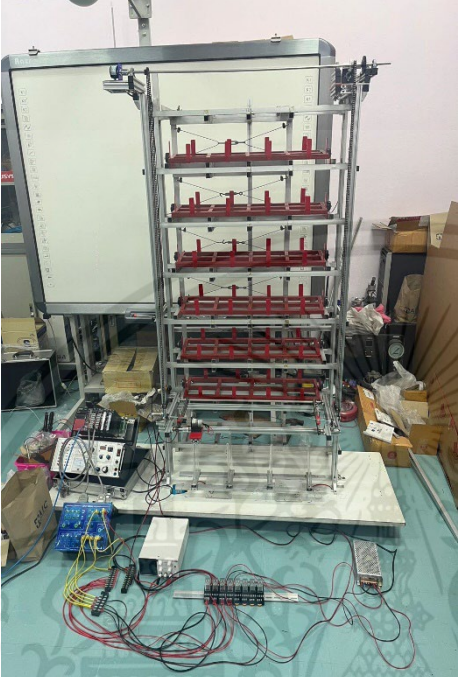

รูปภาพประกอบการรายงานความก้าวหน้าโครงการ

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>ออกแบบตัวติดตั้งเซนเซอร์ การเคลื่อนที่ เข้า - ออก</p>
	<p>ติดตั้งตัวแผ่นโลหะที่ใช้ในการอ่าน ของเซนเซอร์</p>
	<p>ทดสอบการทำงานของ เซนเซอร์ว่า สามารถตรวจจับได้</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>ติดตั้งแผ่นกันตกที่ถอดใส่ แผ่นโลหะ</p>
	<p>ต่อวงจรรีเลย์ เข้ากับ PLC</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>การทดสอบการทำงานของ รีเลย์</p>
	<p>นำเสนอความก้าวหน้าครั้งที่ 2 ปีการศึกษา 2566</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## แบบฟอร์มรายงานความก้าวหน้าโครงการ (Progress Report) ครั้งที่ 5

### ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) ระบบจัดเก็บ โลหะแผ่นแนวตั้งอัตโนมัติ

(ภาษาอังกฤษ) Automation vertical sheet metal storage system

### สมาชิก

1. หัวหน้าโครงการ นางสาวมุกกณี โสคามุข รหัสนักศึกษา 64015114
2. ผู้ร่วมโครงการ นายณัฐวุฒิ ศรีสองเมือง รหัสนักศึกษา 64015042
3. ผู้ร่วมโครงการ นายฤทธิกานต์ รวมทรัพย์ รหัสนักศึกษา 64015123

### อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ชื่อ - นามสกุล ผศ.สาท คำมูล

ชื่อ - นามสกุล ผศ.ดร.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒน์

สังกัด / สถาบัน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

### รายงานความก้าวหน้าโครงการ


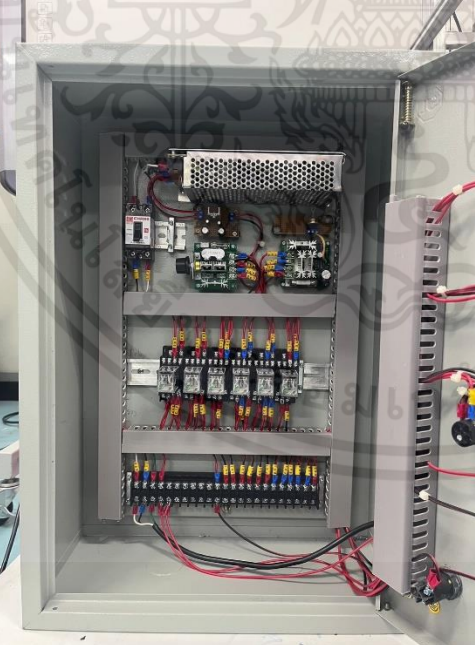
สัปดาห์	วัน/เดือน/ปี	สิ่งที่ได้ศึกษาหรือลงมือปฏิบัติ
สัปดาห์ที่ 30	04/09/2566 ถึง 10/09/2566	1. วัดขนาดของตู้ control ที่จะใช้ในการติดตั้งเดินสายไฟและอุปกรณ์ 2. ออกแบบและทำการสั่งตู้ control
สัปดาห์ที่ 31	11/09/2566 ถึง 17/09/2566	1. ติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับตู้ control ตามที่ได้ออกแบบ 2. ทำการเดินสายไฟภายในตู้ control

สัปดาห์	วัน/เดือน/ปี	สิ่งที่ได้ศึกษาหรือลงมือปฏิบัติ
สัปดาห์ที่ 32	18/09/2566 ถึง 24/09/2566	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทำวงจรถอดแรงดันไฟโดยใช้ LM7812 ในการลดแรงดัน</li> <li>2. ทดสอบระบบการทำงานโดยการใช้อัตโนมัติ control</li> </ol>
สัปดาห์ที่ 33	25/09/2566 ถึง 01/10/2566	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ</li> <li>2. ขอเยี่ยมดูมน้ำหนักมาตรฐานจากอาจารย์สุธรรม</li> <li>3. ทำการสอบเทียบ Load cell</li> <li>4. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3 ปีการศึกษา 2566</li> </ol>

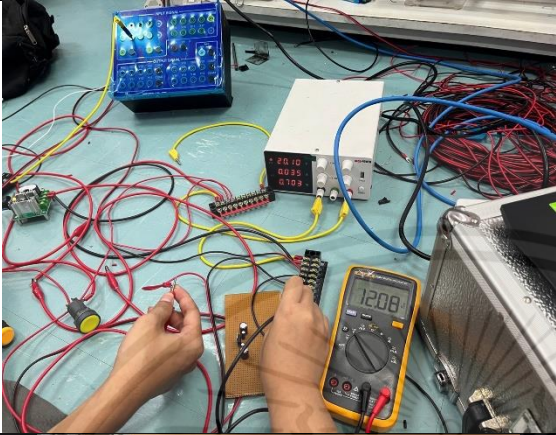

งานหรือกิจกรรมที่กำลังปฏิบัติในตอนนี้	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เดินสายไฟภายในตู้ control</li> <li>2. ทำการสอบเทียบ load cell</li> </ol>
สามารถดำเนินการตามแผนที่วางไว้หรือไม่	เป็นไปตามแผนที่วางไว้
ปัญหาและอุปสรรคที่พบ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ตัว Load cell ชั่งน้ำหนักที่ไม่ได้มาตรฐาน</li> </ol>
วิธีการแก้ปัญหา	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทำขอเยี่ยมดูมาตรฐานจากอาจารย์สุธรรม</li> </ol>
ความคิดเห็นอื่นๆ หรือความช่วยเหลือที่ต้องการ	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รูปภาพประกอบการรายงานความก้าวหน้าโครงการ

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>ติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับตู้ control ตามที่ได้ ออกแบบ</p>
	<p>ทำการเดินสายไฟภายในตู้ control</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>ทำวงจรลดแรงดันไฟโดยใช้ LM7812 ในการลดแรงดัน</p>
	<p>ทำการสอบเทียบ Load cell</p>
	<p>เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	คำอธิบาย
	<p>นำเสนอความก้าวหน้าครั้งที่ 3 ปีการศึกษา 2566</p>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้