สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ลิฟต์ต้นแบบเคลื่อนที่ด้วยถุงลมควบคุมด้วยพีแอลซี

PROTOTYPE OF AIR PRESSURE ELEVATOR CONTROLLED BY PLC

T049945

โดย

นายรณภูมิ แจ้งวิถี

นายรุ่งโรจน์ ปริตรมงคล

นายวัฒนะ โรจนวิทูร

นายวัลลภ สีดอกบวบ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.วิจิตร กิณแรศ

อ.วรกัลป์ ลิ้มเจริญ

อ.เฉลิมชาติ มานพ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49945
วัน,เดือน,ปี 2 ก.ค. 2547
b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ลิฟต์ต้นแบบเคลื่อนที่ด้วยถุงลมควบคุมด้วยพีแอลซี

PROTOTYPE OF AIR PRESSURE ELEVATOR CONTROLLED BY PLC

ผู้จัดทำ

1. นาย รณภูมิ แจ้งวิถี รหัสประจำตัว 42010288
2. นาย รุ่งโรจน์ ปริตรมงคล รหัสประจำตัว 42010299
3. นาย วัฒนะ โรจนวิทูร รหัสประจำตัว 42010320
4. นาย วัลลภ สีดอกบวบ รหัสประจำตัว 42010323

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.วรกัลป์ ลิ้มเจริญ)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.เฉลิมชาติ มานพ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิฟต์ต้นแบบเคลื่อนที่ด้วยถุงลมควบคุมด้วยพีแอลซี

นายรณภูมิ แจ้งวิถี 42010288
นายรุ่งโรจน์ ปริตรมงคล 42010299
นายวัฒนะ โรจนวิทูร 42010320
นายวัลลภ สีดอกบวบ 42010323
ผศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.วรกัลป์ ลิ้มเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.เฉลิมชาติ มานพ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอลิฟต์ต้นแบบที่สามารถเลื่อนขึ้นและลงได้โดยใช้แรงดันลม และมีพีแอลซี (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER)เป็นตัวควบคุมการทำงานของลิฟต์ ลิฟต์ที่ได้จัดสร้างขึ้นเป็นต้นแบบนี้มี 4 ชั้น ใช้ลิมิตสวิชต์เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์ของแต่ละชั้นสำหรับเป็นอินพุตให้กับพีแอลซี พีแอลซีเป็นตัวประมวลผลส่งสัญญาณเอาท์พุตไปยังสวิชต์ลม 3 ตัว ที่มีหน้าที่เปิดและปิดวาว์ลลม ลิฟต์จะสามารถเลื่อนขึ้นได้โดยใช้แรงดันลมจากปั๊มลม และเลื่อนลงโดยการเปิดวาว์ลให้ลมออก ชุดลิฟต์ต้นแบบดังกล่าวได้ถูกนำไปทดสอบที่การรับน้ำหนักต่าง ๆ และรวมถึงการเปรียบเทียบในด้านการใช้พลังงานกับลิฟต์ที่ใช้มอเตอร์มีอินเวอร์เตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน โดยพบว่าลิฟต์ที่เคลื่อนที่โดยใช้ลมดังกล่าวสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าลิฟต์ที่ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ 40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Prototype of Air Pressure Elevator Controlled by PLC

Ronnapoom Jeangwithee
Rungrot Paritmongkol
Wattana Rojanavitoon
Wanlop Sridokbuap
Assist.Prof.Dr.Vijit Kinnaret Advisor
Worakan Limchalearn Advisor
Chalermchat Manop Advisor

ABSTRACT

This thesis presents the prototype elevator moving up and down by air pressure. PLC is used to control the operation of elevator. This prototype elevator has 4 floors which limit switch is used as a sensor for each floor and sending input signal to PLC. PLC works as the processor unit sending output signal to the 3 switches of air valve for open and close valve. The elevator can move up by air pressure from air pump and move down by open air valve for releasing air pressure out of airbag. This prototype elevator was tested at various weight of load. The input energy of the prototype was compared with that of motor drive elevator using inverter. It is found that the prototype elevator is more energy saving than motor drive elevator about 40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและร่วมมือจากหลายฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ก็คือ ผศ.ดร. วิจิตร กิณเรศ อาจารย์วรกัลป์ ลิ้มเจริญ และ อาจารย์ เฉลิมชาติ มานพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก รวมทั้งพี่นักศึกษาปริญญาโทของผศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ ทุกท่านที่ช่วยให้คำปรึกษาและเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ต่างๆในการทดลอง และขอบคุณนายนิสิต รจิตวัฒนา ที่ให้คำปรึกษาด้านการเขียนโปรแกรม

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นาย รณภูมิ แจ้งวิถี
นาย รุ่งโรจน์ ปริตรมงคล
นาย วัฒนะ โรจนวิทูร
นาย วัลลภ สีดอกบวบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ลิฟต์	3
2.2 พีแอลซี	7
2.3 กฎเบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์	13
บทที่ 3 การคำนวณ การสร้าง และการออกแบบ	17
3.1 การออกแบบและสร้างลิฟต์จำลอง	17
3.2 การคำนวณหาแรงดันที่ใช้	21
3.3 การเขียนโปรแกรมควบคุมพีแอลซี	21
3.4 การทดสอบการทำงานของโปรแกรมควบคุมกับลิฟต์ต้นแบบ	27
3.5 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของลิฟต์ต้นแบบกับมอเตอร์	27
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	29
4.1 ผลการทดสอบการเรียกลิฟต์ขึ้นและลง	29
4.2 ทดสอบฟังก์ชันการเลือกชั้น	35
4.3 ผลการทดสอบการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของลิฟต์ต้นแบบกับมอเตอร์	37
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุปผล	43
บรรณานุกรม	45
ภาคผนวก	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 2-1 เปรียบเทียบระบบรีเลย์กับพีแอลซี 12
ตารางที่ 2-2 เปรียบเทียบหน่วยวัดความดัน 14
ตารางที่ 2-3 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบนิวแมติกส์กับระบบอื่นๆ 16
ตารางที่ 3-1 หมายเลขแสดงตำแหน่งอินพุต OMRON 'S PLC 23
ตารางที่ 3-2 หมายเลขแสดงตำแหน่งเอาท์พุต OMRON 'S PLC 23
ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น1 29
ตารางที่ 4-2 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 2 29
ตารางที่ 4-3 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 3 30
ตารางที่ 4-4 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 4 30
ตารางที่ 4-5 ผลการทดสอบการเรียกลงเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 4 31
ตารางที่ 4-6 ผลการทดสอบการเรียกลงเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 3 31
ตารางที่ 4-7 ผลการทดสอบการเรียกลงเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 2 32
ตารางที่ 4-8 ผลการทดสอบการเรียกลงเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 1 32
ตารางที่ 4-9 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นและลงรวมกันเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์อยู่ที่ชั้น 1 33
ตารางที่ 4-10 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นและลงรวมกันเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์อยู่ที่ชั้น 2 33
ตารางที่ 4-11 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นและลงรวมกันเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์อยู่ที่ชั้น 3 34
ตารางที่ 4-12 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นและลงรวมกันเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์อยู่ที่ชั้น 4 34
ตารางที่ 4-13 ผลการทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 1 35
ตารางที่ 4-14 ผลการทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 2 35
ตารางที่ 4-15 ผลการทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 3 36
ตารางที่ 4-16 ผลการทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 4 36
ตารางที่ 4-17 การหาค่าผลเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการปั๊มลมเต็ม 1 ครั้ง 37
ตารางที่ 4-18 แสดงจำนวนครั้งที่ลิฟต์ขึ้นถึงชั้นต่างๆได้ต่อการปั๊มลมเต็ม 1 ครั้ง 37
ตารางที่ 4-19 พลังงานไฟฟ้าที่ปั๊มลมใช้เมื่อลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 4 ที่น้ำหนักขนาดต่างๆ 38
ตารางที่ 4-20 พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการยกน้ำหนักขนาดต่างๆขึ้นสูงเท่ากับที่ลิฟต์ต้นแบบเลื่อนขึ้น 39
ตารางที่ 4-21 แสดงผลการคำนวณหาค่า%ผลต่างของพลังงานไฟฟ้าระหว่างมอเตอร์กับปั๊มลม 41
ตารางที่ 4-22 การคำนวณหาผลเฉลี่ยของ % ผลต่างพลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับพลังงานที่ปั๊มลมใช้ 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้าที่

รูปภาพที่ 2-1 โฟลชาร์ตแสดงการทำงานของลิฟต์ 5
รูปภาพที่ 2-2 โครงสร้างของพีแอลซี 9
รูปภาพที่ 2-3 โครงสร้างของ CPU 9
รูปภาพที่ 2-4 การทำงานของพีแอลซี 10
รูปภาพที่ 2-5 โครงสร้างของพีแอลซี 10
รูปภาพที่ 3-1 ยางในรถยนต์ที่ใช้เป็นถุงลม 18
รูปภาพที่ 3-2 การต่อวาล์วเข้ากับแท่งอลูมิเนียม 19
รูปภาพที่ 3-3 แท่งอลูมิเนียมเจาะรูที่เป็นตัวจ่ายลม 19
รูปภาพที่ 3-4 แสดงการออกแบบโครงสร้างลิฟต์ 20
รูปภาพที่ 3-5 PLC OMRON รุ่น SYSMAC C28H 22
รูปภาพที่ 3-6 โปรแกรม SYSWIN version 3.4 22
รูปภาพที่ 3-7 ลิฟต์ต้นแบบที่ประกอบสำเร็จแล้ว 24
รูปภาพที่ 3-8 การทดสอบยกน้ำหนักจากชั้นที่ 1 ถึง 2 25
รูปภาพที่ 3-9 การทดสอบยกน้ำหนักจากชั้นที่ 1 ถึง 3 26
รูปภาพที่ 3-10 การต่อเครื่องวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมงเพื่อวัดพลังงานไฟฟ้าของปั๊มลม 28
รูปภาพที่ 3-11 การต่อเครื่องวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมงเพื่อวัดพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ 28
รูปภาพที่ 4-1 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างปั๊มลมกับมอเตอร์ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันเรื่องการอนุรักษ์พลังงานได้เข้ามามีความสำคัญ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากสถิติการใช้พลังงานต่างๆได้เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากรวมถึงการใช้พลังงานอย่างไม่รู้คุณค่า การรณรงค์การใช้พลังงานอย่างประหยัดได้เริ่มเข้ามามีบทบาทเพื่อที่จะสามารถใช้พลังงานได้อย่างคุ้มค่า จนถึงเครื่องอำนวยความสะดวกที่ได้ผลิตออกมาในระยะหลังได้เน้นถึงการประหยัดพลังงานเป็นสำคัญ วิธีการประหยัดพลังงานก็มีหลายวิธีด้วยกันแล้วแต่ความเหมาะสม บางวิธีอาจจะเปลี่ยนวัสดุที่นำมาใช้หรือบางวิธีอาจจะใช้วิธีการทำงานที่แตกต่างไปจากเดิมหรือการเปลี่ยนไปใช้ต้นกำลังเป็นอย่างอื่น เช่นการเพิ่มความหนาของฉนวนกันความร้อนในตู้เย็น การเปลี่ยนชนิดของเหล็กที่ใช้ทำมอเตอร์ การประยุกต์ใช้อินเวอร์เตอร์ในเครื่องปรับอากาศ ฯลฯ ทั้งหมดนี้จะเป็นมาตรการสำหรับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ด้วยกันทั้งสิ้น ซึ่งในปริญญานิพนธ์นี้จะได้เป็นส่วนหนึ่งในการนำเสนอลิฟต์ต้นแบบที่ใช้ลมเป็นตัวขับเคลื่อนแทนการใช้มอเตอร์ซึ่งลิฟต์ต้นแบบดังกล่าวคาดว่าน่าจะประหยัดพลังงานได้มากกว่าการใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน ทั้งนี้เนื่องจากว่าสามารถลดการสตาร์ทและสต๊อปของมอเตอร์ลงได้ และอีกกรณีหนึ่งคือการไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าในขณะที่ลิฟต์เลื่อนลงโดยสามารถทำได้โดยการปล่อยลมออก

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการออกแบบและจัดสร้างชุดลิฟต์จำลองต้นแบบเคลื่อนที่ด้วยแรงดันลมควบคุมด้วยพีแอลซี

1.2.2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริงและแนวทางในการพัฒนาต่อไป

1.2.3 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของลิฟต์ต้นแบบกับการใช้มอเตอร์ไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะออกแบบและจัดสร้างชุดลิฟต์จำลองต้นแบบที่เคลื่อนที่ด้วยถุงลมและควบคุมด้วยพีแอลซีโดยให้ชุดลิฟต์จำลองมีขนาด 4 ชั้นและสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้จริง เพื่อใช้ทดสอบการทำงานจริงของระบบควบคุมโดยจะออกแบบระบบการทำงานและโครงสร้างตัวลิฟต์ขึ้นใหม่ทั้งหมดเพื่อใช้กับลิฟต์ที่ใช้แรงดันลมให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ประมาณ 40 กิโลกรัม โดยมีสวิตช์กดเรียกลิฟต์ สวิตช์กดเลือกชั้นและไฟสัญญาณแสดงการกดสวิตช์ และใช้พีแอลซีในการควบคุมการทำงานทั้งการรับสัญญาณการกดเรียกลิฟต์ สัญญาณการกดเลือกชั้นที่ต้องการ และการสั่งงานให้เปิด-ปิดวาล์วลมเพื่อให้แรงดันลมจากปั๊มลมเข้าสู่ถุงลมเพื่อให้ลิฟต์ขึ้นหรือเปิด-ปิดวาล์วที่ทำหน้าที่ปล่อยลมออกจากถุงลมเพื่อให้ลิฟต์เคลื่อนที่ลงตามคำสั่ง โดยเขียนโปรแกรมให้พีแอลซีสำหรับควบคุมการทำงานของลิฟต์ให้มีการทำงานเหมือนลิฟต์โดยสารจริงมากที่สุด แล้วจึงทดสอบการทำงานของชุดลิฟต์จำลองทั้งเงื่อนไขการเรียกลิฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการเลือกชั้น จากนั้นจึงทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานของลิฟต์ต้นแบบที่ใช้ปั๊มลมที่น้ำหนักบรรทุกขนาดต่างๆกับการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับภาระทางกลขนาดเดียวกับลิฟต์ต้นแบบ

1.4 วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยในโครงงานนี้จะเริ่มด้วยการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งก็มีเรื่องหลัก ๆ อยู่ 3 เรื่องด้วยกัน คือ ลิฟต์ ระบบนิวแมติกส์ และพีแอลซี ซึ่งมีรายละเอียดดังในบทที่ 2 ในหัวข้อ 2.1 ถึง 2.3 จากนั้นก็จะนำเอาความรู้ที่ได้ศึกษาทั้งหมดมาออกแบบและจัดสร้างโครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆของลิฟต์และระบบควบคุม ซึ่งมีรายละเอียดในบทที่ 3 ในหัวข้อ 3.1 ถึง 3.3 ส่วนในหัวข้อ 3.4 เป็นขั้นตอนการทดสอบการทำงานของลิฟต์และโปรแกรมระบบควบคุมการทำงานของลิฟต์โดยทดสอบทั้งการเรียกลิฟต์และการเลือกชั้นที่ต้องการตามเงื่อนไขต่างๆ และหัวข้อ 3.5 เป็นการวัดกำลังไฟฟ้าของปั๊มลมและการวัดกำลังไฟฟ้าเมื่อทดสอบการทำงานของลิฟต์ขณะมีน้ำหนักขนาดต่างๆรวมทั้งหากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์เพื่อเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ด้วย

สำหรับบทที่ 4 จะเป็นผลการทดสอบเงื่อนไขต่างๆทั้งหมดในบทที่ 3 และตารางเปรียบเทียบการใช้พลังงานของลิฟต์ต้นแบบกับมอเตอร์ไฟฟ้า และบทที่ 5 ซึ่งเป็นบทสุดท้ายก็จะเป็นการสรุปการทำงานผลที่ได้รับจากงานวิจัยชิ้นนี้ แนวทางในการพัฒนางานวิจัยนี้เพิ่มเติม และแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ ส่วนตัวอย่างโปรแกรมควบคุมการทำงานของลิฟต์ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข และ ค โดยในภาคผนวก ข เป็นโปรแกรมที่เป็น นีโมนิคโค้ด ส่วนภาคผนวก ค เป็นโปรแกรมแบบ แลดเดอร์

วิธีการดำเนินงานทั้งหมดสามารถสรุปเป็นข้อๆได้ดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานระบบนิวแมติกส์ การใช้พีแอลซีทำงานและ การออกแบบลิฟต์
2. ทำการออกแบบลิฟต์จำลองที่ใช้แรงดันลมอัด
3. ทำการสร้างโครงลิฟต์ ตัวลิฟต์ วงจรและอุปกรณ์อื่นๆตามที่ออกแบบไว้
4. เขียนโปรแกรมพีแอลซีเพื่อควบคุมการทำงานของลิฟต์จำลอง
5. ทดสอบการทำงานจริงของลิฟต์กับโปรแกรมควบคุมรวมทั้งปรับปรุงแก้ไขให้ลิฟต์ทำงานได้ดี
6. เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ปั๊มลมใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้า
7. สรุปผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้คือทำให้ทราบถึงความเป็นไปได้ของการพัฒนาและนำลิฟต์ที่เคลื่อนที่โดยใช้แรงดันลมมาประยุกต์ใช้งานจริงรวมทั้งข้อดีและข้อเสียของลิฟต์ระบบนี้ และแนวทางการพัฒนาลิฟต์ที่ใช้แรงดันลม ประโยชน์อีกข้อหนึ่งคือทำให้ได้โปรแกรมควบคุมการทำงานของลิฟต์ที่ใช้พีแอลซีในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลิฟต์ (Elevator)

ลิฟต์(Elevator)เป็นเครื่องกลในการผ่อนแรงของมนุษย์เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เราใช้ลิฟต์เพื่อการขนส่งคนและสิ่งของเคลื่อนที่ ขึ้น - ลงภายในอาคาร ปัจจุบันได้มีการผลิตลิฟต์ออกมาหลายแบบเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ เช่น ลิฟต์โดยสาร ลิฟต์ส่งของ ลิฟต์ส่งเอกสารหรือ ลิฟต์ขนส่งผู้ป่วยภายในโรงพยาบาล เป็นต้น ลิฟต์แต่ละแบบจะมีโครงสร้างคล้ายกัน ส่วนการทำงานขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน

2.1.1 ประเภทของลิฟต์ สามารถแบ่งได้เป็นประเภทต่างๆ ทั่วๆไปตามลักษณะและสถานที่ใช้งาน ดังนี้

1. ใช้ทั่วไปหรือใช้เพื่อการค้า
2. ใช้ในอาคารที่อยู่อาศัย
3. ใช้ในอุตสาหกรรม
4. ใช้ในร้านค้า

2.1.2 คุณสมบัติขั้นพื้นฐานของลิฟต์ (Basic concept of Elevator)

คุณสมบัติขั้นพื้นฐานของลิฟต์ มีดังนี้

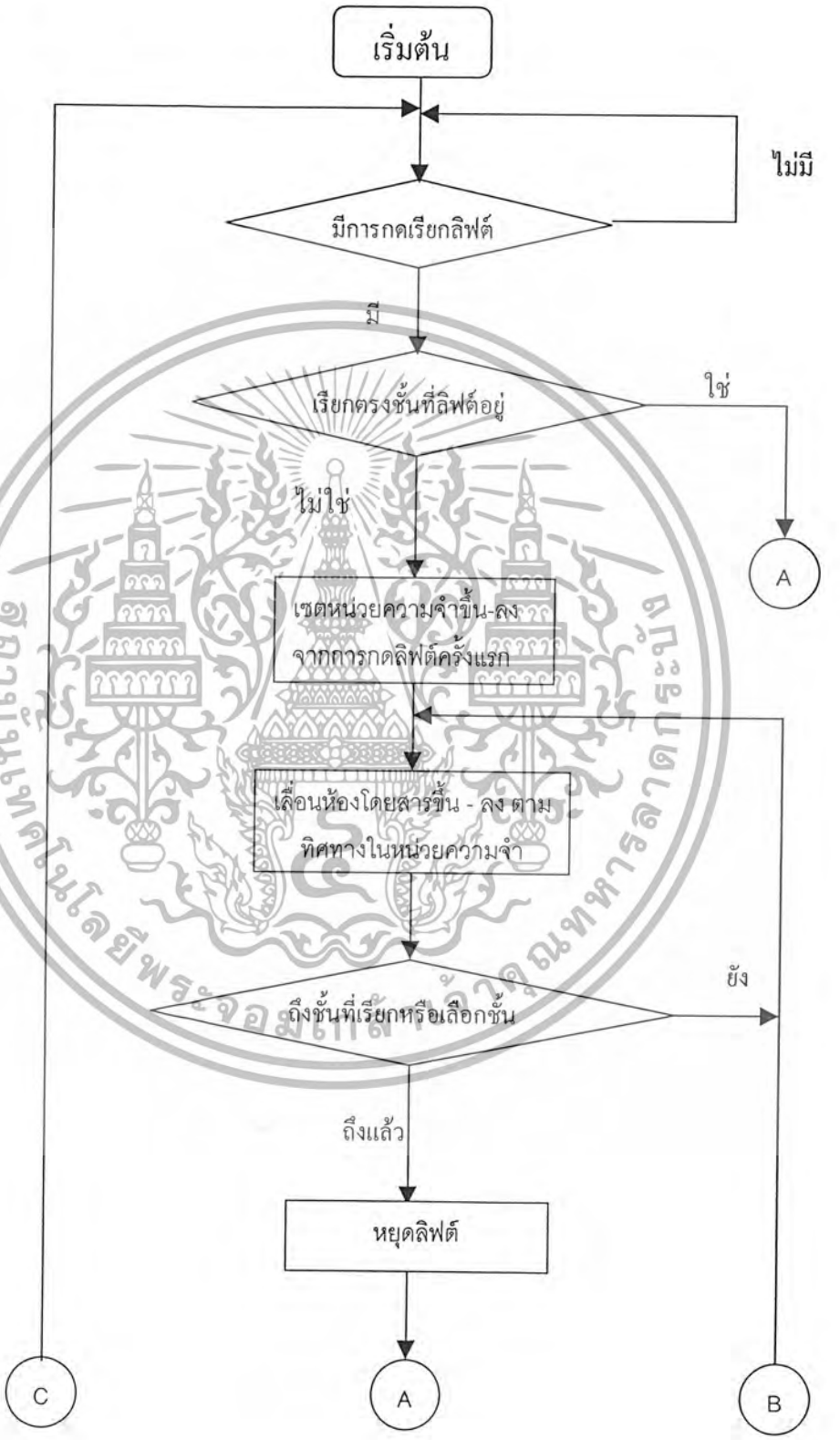
1. ใช้เวลาน้อยในการรอลิฟต์ขึ้น ไม่ว่าผู้โดยสารจะขึ้นที่ชั้นไหนก็ตาม
2. การเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง เป็นไปอย่างนุ่มนวล
3. การขนส่งทำได้อย่างรวดเร็ว
4. การขึ้นหรือลงลิฟต์ทำได้สะดวก รวดเร็ว เมื่อลิฟต์หยุด
5. ระบบควบคุมต้องทำงานอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ
6. มีสัญลักษณ์แสดงชั้นทั้งภายนอก ภายในอย่างชัดเจน
7. สามารถใช้งานได้ง่าย
8. ลิฟต์ต้องทำงานอย่างนุ่มนวล เงียบ และมีระบบป้องกันอันตรายทุกสถานการณ์ และทุกชนิดของโหลด
9. มีระบบถ่ายเทอากาศ และระบบแสงสว่างที่เหมาะสม
10. ไม่มีเสียงดังขณะประตูทำงาน

2.1.3 การทำงานของลิฟต์

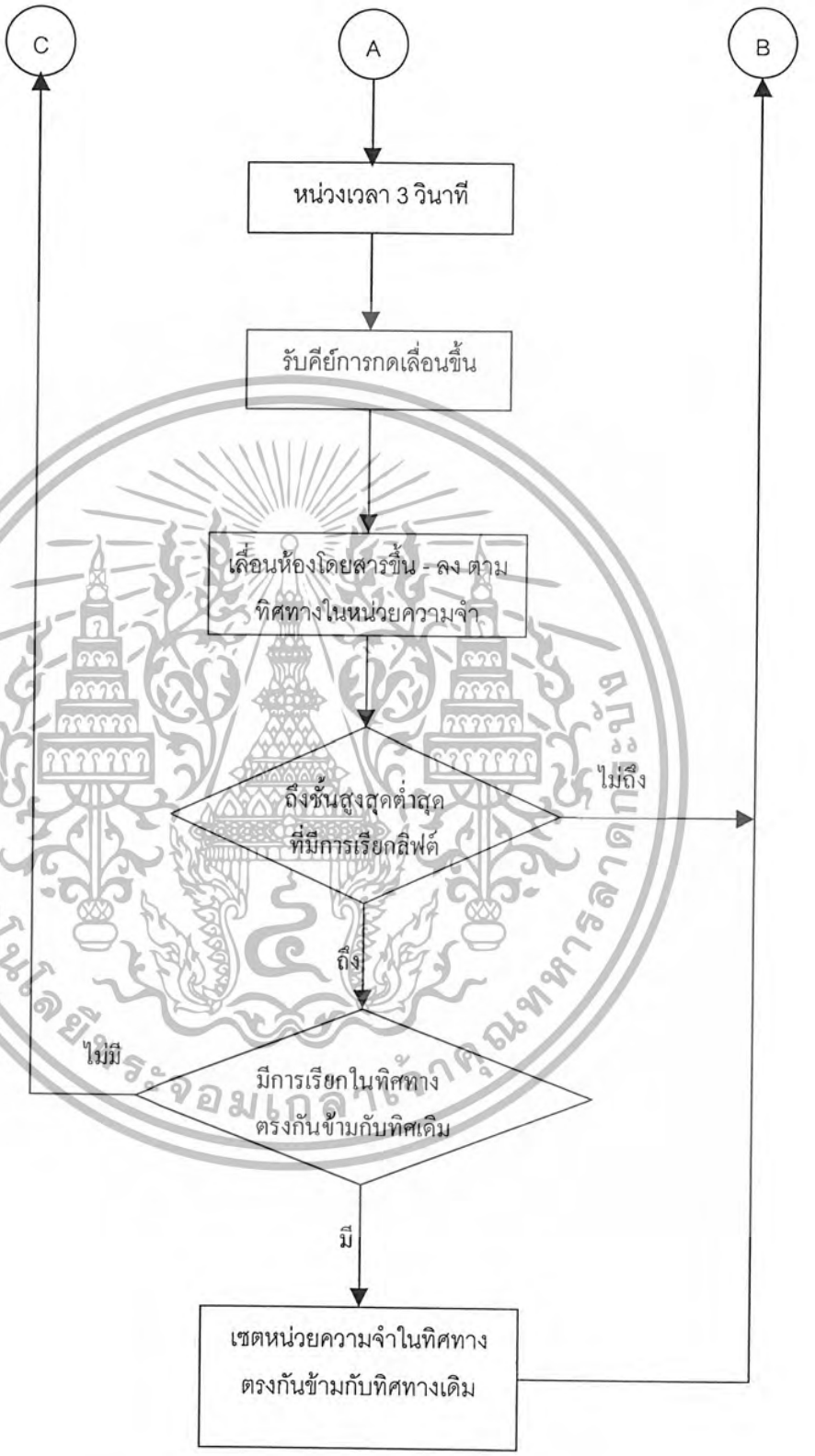
การทำงานของลิฟต์นั้น เมื่อถูกเรียกใช้งาน จะต้องทำงานโดยอัตโนมัติ ไม่ว่าจะเป็นลิฟต์เดี่ยวหรือลิฟต์หลายตัวก็ตาม ซึ่งการทำงานของลิฟต์แต่ละตัวนั้น จะถูกคำนวณมาจากคำสั่งของ สวิตช์ทั้งภาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในและภายนอกของลิฟต์ ซึ่งคำสั่งเหล่านี้จะเป็นผลทำให้ลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้น-ลงหรือตัวที่อยู่ใกล้กับผู้เรียกมากที่สุด จะเป็นตัวที่ทำงานตามคำสั่งของผู้เรียก แต่การทำงานนั้น ต้องคำนึงถึง ลำดับการ ขึ้น-ลงของลิฟต์ตัวอื่นๆด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-1 โฟลชาร์ตแสดงการทำงานของลิฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ประเภทของระบบควบคุมที่ใช้กับลิฟต์เดี่ยว (Single Lift)

2.1.4.1 Single Automatic Pushbutton Control ระบบนี้จะเป็นระบบที่ง่ายที่สุดคือ จะมีสวิตช์เพียงตัวเดียวเท่านั้น โดยที่ลิฟต์จะรับคำสั่งที่ผู้ใช้งานเรียกเพียงครั้งเดียวเท่านั้น และจะรับคำสั่งเฉพาะขณะที่ลิฟต์หยุดนิ่ง ถ้าลิฟต์กำลังทำงานอยู่จะมี indicator แสดงคำว่า In use เพื่อบอกให้ผู้โดยสารที่รออยู่ภายนอกทราบว่าลิฟต์กำลังถูกใช้งานอยู่ และจะไม่รับคำสั่งจากภายนอก

2.1.4.2 Collective Control ระบบนี้จะมีการเก็บค่าคำสั่งจากภายนอกลิฟต์ ซึ่งผลที่ตามมาทำให้ใช้เวลาในการรอลิฟต์นานขึ้น การทำงานของระบบนี้เมื่อลิฟต์หยุดจะมีการอ่านและเก็บค่าคำสั่งจากสวิตช์ภายนอก และทำงานตามลำดับ ซึ่งระบบนี้มีข้อเสียคือ ลิฟต์จะไม่แยกความแตกต่างระหว่างการเคลื่อนที่ขึ้นกับการเคลื่อนที่ลง เนื่องจากมีสวิตช์ภายนอกเพียงตัวเดียวเท่านั้น ผลทำให้ผู้โดยสารเสียเวลาในการใช้

2.1.4.3 Selective Collective Operation ระบบนี้นิยมใช้มากที่สุด เพราะลิฟต์สามารถเก็บค่าคำสั่งและยังสามารถเลือกทิศทางการขึ้นหรือลงได้ คือถ้ากดสวิตช์ต้องการขึ้นและลิฟต์กำลังเคลื่อนที่ขึ้น ลิฟต์ก็จะหยุดรับผู้โดยสารตรงชั้นที่กดสวิตช์เรียก แต่ถ้าลิฟต์กำลังเคลื่อนที่ลงอยู่ ก็จะไม่เปิดประตูรับผู้โดยสารในทำนองเดียวกัน ถ้ากดสวิตช์ต้องการลงและลิฟต์กำลังเคลื่อนที่ลงอยู่ ลิฟต์ก็จะหยุดและเปิดประตูรับผู้โดยสาร แต่ถ้าลิฟต์กำลังเคลื่อนที่ขึ้นอยู่ ก็จะไม่เปิดประตูรับ ซึ่งทำให้ผู้โดยสารไม่เสียเวลาในการเดินทางและเป็นการประหยัดพลังงาน ตลอดจนทำให้การใช้ลิฟต์เป็นไปอย่างมีระเบียบและรวดเร็ว

2.1.5 ส่วนประกอบของการสร้างชุดจำลองการทำงานลิฟต์โดยสาร

ในการสร้างชุดจำลองลิฟต์โดยสาร จะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้คือ

2.1.5.1 สัญญาณบอกตำแหน่งห้องโดยสาร (Car Position Signal)

เป็นส่วนที่มีความสำคัญที่สุดในการออกโปรแกรมควบคุมเนื่องจากเป็นส่วนที่ทำให้โปรแกรมสามารถรู้ตำแหน่งในปัจจุบันของห้องโดยสาร เพราะในการเริ่มต้นทำงานของโปรแกรมควบคุม จะต้องนำตำแหน่งปัจจุบันของห้องโดยสารไปประมวลผลกับคำสั่งในการเรียกลิฟต์ เพื่อที่จะสั่งให้ลิฟต์เลื่อนขึ้น-ลงได้ถูกต้อง การออกแบบจะใช้ลิมิตสวิตช์เป็นตัวตรวจจับตำแหน่งของห้องโดยสารในแต่ละชั้นและส่งสัญญาณบอกตำแหน่งไปยังพีแอลซีโดยจะเป็นอินพุตให้กับพีแอลซี

2.1.5.2 สวิตช์สั่งงาน (Switches Operation)

คือ สวิตช์ที่ผู้ใช้ลิฟต์จะใช้ในการสั่งงานให้ลิฟต์ทำงานตามความต้องการของผู้ใช้ลิฟต์ สวิตช์สั่งงานของลิฟต์โดยสารจำลองซึ่งจะเป็นสวิตช์ปุ่มกด (Push button Switch) จะเป็นอินพุตให้กับพีแอลซี สวิตช์สั่งงานสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้ดังนี้คือ

1. สวิตช์เรียก (Call Switch) ได้แก่ สวิตช์สำหรับกดเรียกลิฟต์ขึ้น-ลง
2. สวิตช์เลือก (Select Switch) ได้แก่ สวิตช์กดสำหรับเลือกชั้นที่ต้องการจะไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.3 สัญญาณหลอดไฟ (Signal Lamp)

คือหลอดไฟสัญญาณซึ่งทำหน้าที่แสดงแทนการกดสวิตช์สั่งงานของผู้ใช้ลิฟต์ สัญญาณแทนหลอดไฟติดจะแสดงอยู่ที่ข้างสวิตช์สั่งงานและได้รับสัญญาณทางเอาต์พุตของพีแอลซีเมื่อมีการกดสวิตช์สั่งงานทุกๆครั้งสัญญาณแสดงหลอดไฟติดก็จะปรากฏขึ้น และจะดับลงเมื่อลิฟต์ได้ทำงานตามฟังก์ชันที่มีการกดเลือกเสร็จเรียบร้อยแล้ว

2.1.5.4 ห้องโดยสาร (Car)

คือห้องโดยสารที่ใช้โดยสารหรือบรรทุกของขึ้นหรือลง ห้องโดยสารสามารถเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงตามที่ได้รับสัญญาณควบคุมสั่งการ โดยทั่วไปแล้วห้องโดยสารจะมีน้ำหนักมากกว่าน้ำหนักบรรทุก

2.1.5.5 โปรแกรมควบคุม (Program Control)

คือโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของลิฟต์ซึ่งสั่งงานโดยพีแอลซี

2.2 พีแอลซี (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER)

พีแอลซี คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกคิดค้นและพัฒนามาเพื่อทดแทนระบบควบคุมแบบเก่า ซึ่งประกอบด้วยรีเลย์จำนวนมาก การควบคุมทำได้โดยการโยงสายไปมาระหว่าง อินพุต–รีเลย์-เอาต์พุต ให้สัมพันธ์กันกับการควบคุมที่ต้องการ มาเป็นเพียงการป้อนโปรแกรมเข้าไปเท่านั้น ซึ่งพบว่ามีความสะดวกกว่ามาก ทั้งทางด้านการควบคุมและการแก้ไขระบบ ถ้าเป็นระบบเก่าเมื่อต้องการจะแก้ไขเปลี่ยนแปลงทำได้โดยการแก้สายเก่าออกแล้วทำการโยงสายใหม่ แต่ถ้าใช้พีแอลซีจะมีกลไกโยงสายและสับเปลี่ยน Contact ภายในพีแอลซี โดยอัตโนมัติ นอกจากนี้ยังสามารถตรวจดูวงจรได้ง่ายกว่าเพียงแค่เรียกโปรแกรมมาดูเท่านั้น การทำงานโดยรวมก็มีความน่าเชื่อถือมากกว่า เนื้อที่ใช้เพียงเล็กน้อย และมีการเก็บข้อมูลการทำงาน การผลิต เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลการทำงานได้อีกด้วย

2.2.1 โครงสร้างของพีแอลซี

พีแอลซีเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องจักรหรือควบคุมกระบวนการผลิตสำหรับใช้งานในงานอุตสาหกรรม โดยใช้โปรแกรมในหน่วยความจำ กำหนดเงื่อนไขในการควบคุมผ่านทางอินพุต-เอาต์พุตพีแอลซีขนาดเล็กส่วนประกอบทั้งหมดของพีแอลซีจะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆได้ โครงสร้างของพีแอลซีประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยรับและส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 2

2.2.1.1หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit :CPU)

CPU ทำหน้าที่ตัดสินใจและควบคุมการทำงานทั้งหมดของพีแอลซี โดยทำการรับค่าสภาวะต่างๆของเครื่องจักรหรือจากกระบวนการผลิตผ่านทางหน่วยอินพุตแล้วนำมาประมวลผลตามที่ได้ตั้งโปรแกรมไว้ จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้ส่งออกไปควบคุมเครื่องจักรผ่านทางหน่วยเอาต์พุตโดยช่วงเวลาการทำงานทั้งหมดนี้เรียกว่า สแกน (scanning) หน่วยประมวลผลกลางประกอบด้วย หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ และหน่วยจ่ายพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 หน่วยความจำ (Memory)

พีแอลซีประกอบด้วยหน่วยความจำชนิด RAM และ ROM หน่วยความจำชนิด RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซีส่วนROMทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซีตามโปรแกรมของผู้ใช้ สามารถโปรแกรมได้แต่ลบไม่ได้ ถ้าชำรุดแล้วซ่อมไม่ได้

2.2.1.2.1 RAM (Random Access Memory)

หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้ เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและเขียนโปรแกรมลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก จึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมบ่อยๆ

2.2.1.2.2 EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)

หน่วยความจำชนิด EPROM นี้จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเลตหรือตากแดดร้อนๆนานๆมีข้อดีตรงที่ว่าข้อมูลจะไม่สูญหายแม้ไฟดับ

2.2.1.2.3 EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory)

หน่วยความจำชนิดนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม โดยใช้วิธีทางไฟฟ้าเหมือน RAM นอกจากนี้ก็ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟเมื่อไฟดับ ราคาจะแพงกว่า แต่รวมคุณสมบัติที่ดีของทั้ง RAM และ EPROM เอาไว้ด้วยกัน

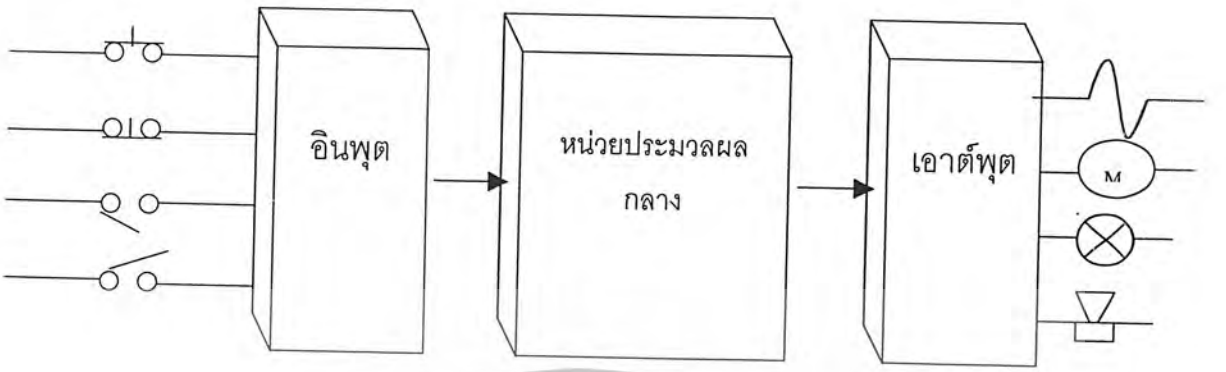
2.2.1.3 หน่วยรับข้อมูลและหน่วยส่งข้อมูล (INPUT/OUTPUT : I/O)

อินพุต/เอาต์พุตทำหน้าที่ติดต่อระหว่างพีแอลซีกับเครื่องจักร โดยหน่วยอินพุตทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตแบบต่างๆจากภายนอก เช่น สวิตช์, เซนเซอร์, สัญญาณอนาลอก แล้วนำสัญญาณที่ได้มาปรับให้เหมาะสมกับพีแอลซีส่วนหน่วยเอาต์พุตทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกไปควบคุมเครื่องจักรแบบต่างๆ เช่น หลอดไฟ, มอเตอร์, วาล์ว เป็นต้น

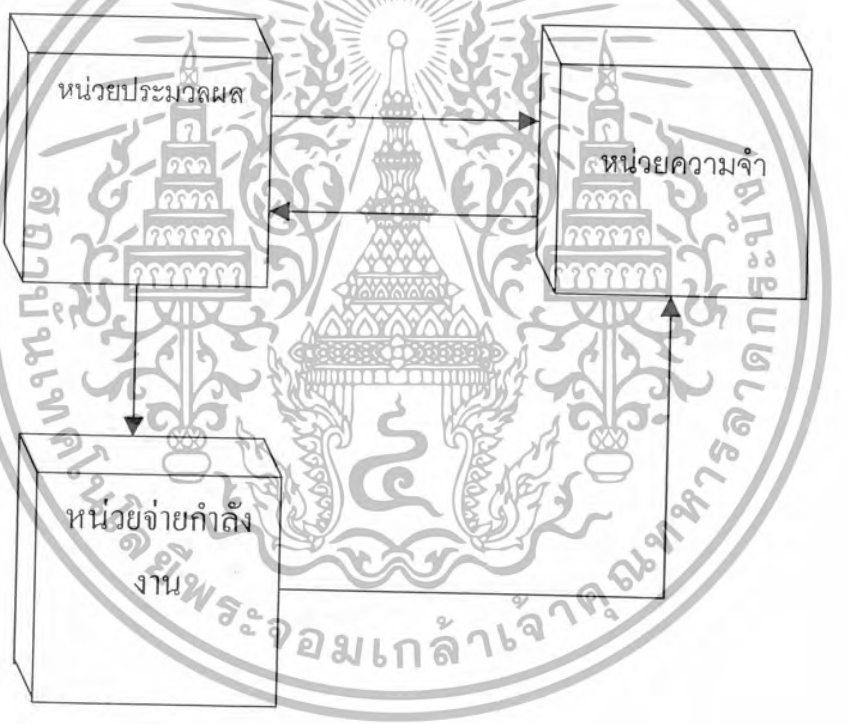
2.2.1.4 หน่วยป้อนโปรแกรม (Programming Device)

ทำหน้าที่ควบคุมโปรแกรมของผู้ใช้ลงในหน่วยความจำของพีแอลซี นอกจากนั้นแล้วยังทำหน้าที่ติดต่อระหว่างผู้ใช้กับพีแอลซีเพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจการปฏิบัติงานของพีแอลซีและผลการควบคุมเครื่องจักรและกระบวนการตามโปรแกรมควบคุมที่ผู้ใช้เขียนขึ้นได้อีกด้วย ได้แก่ คอมพิวเตอร์ที่ใช้ป้อนโปรแกรมและตรวจดูการทำงานของโปรแรม และแผงป้อนโปรแกรม (Programming Console)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-2 โครงสร้างของพีแอลซี

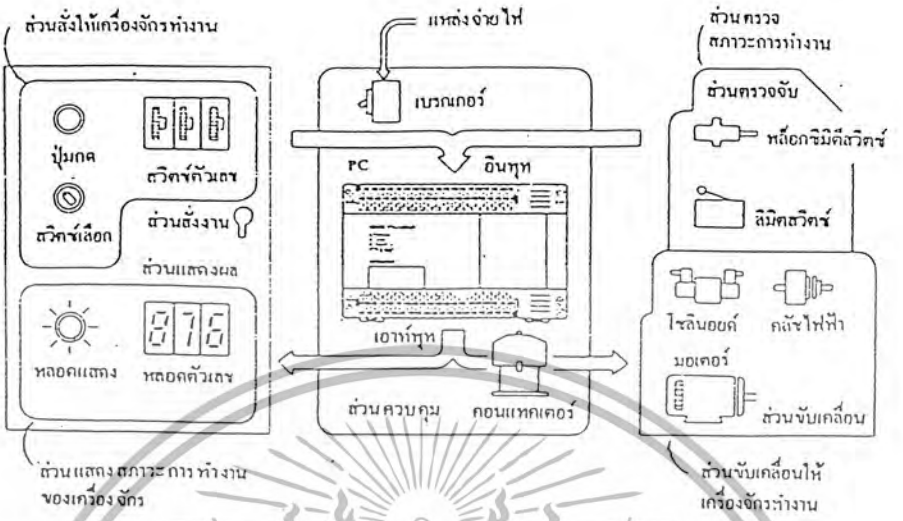


รูปที่ 2-3 โครงสร้างของ CPU

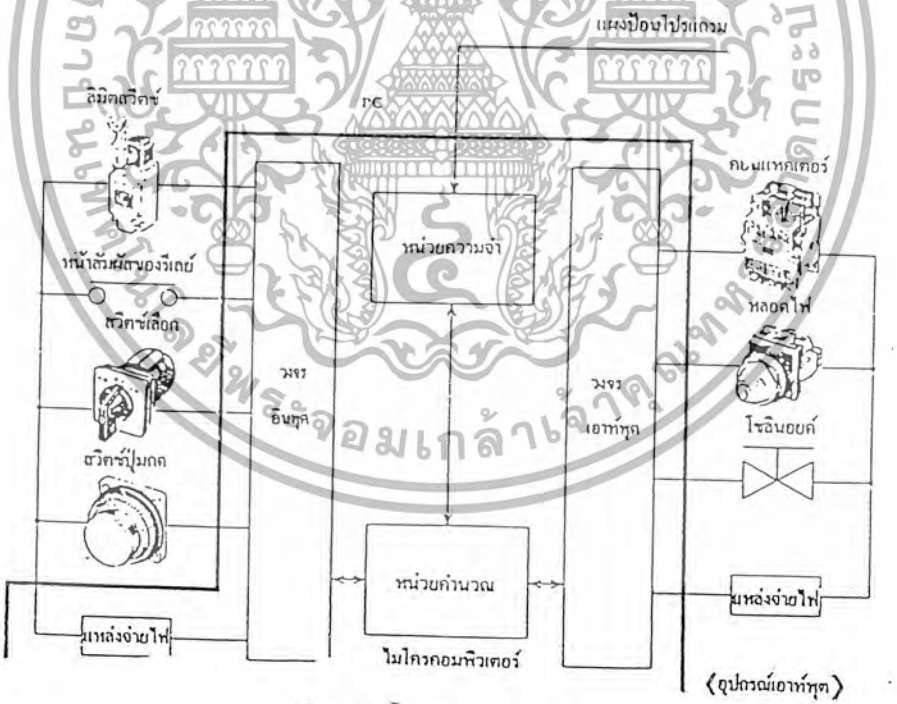
2.2.2 การทำงานของพีแอลซี

พีแอลซีจะรับสัญญาณที่เป็นคำสั่งจากสวิตช์ปุ่มกด และสวิตช์เลือก ซึ่งอยู่ที่แผงควบคุมเครื่องจักร นอกจากนั้นยังรับสัญญาณที่มาจากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพการทำงานของเครื่องจักร เช่น ลิมิตสวิตช์ สวิตช์แสงและสวิตช์ตรวจจับชนิดต่างๆ จากนั้นพีแอลซีจะส่งสัญญาณออกไปที่เอาต์พุต เพื่อขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-4 การทำงานของพีแอลซี



รูปที่ 2-5 โครงสร้างของพีแอลซี

2.2.3 การเขียนโปรแกรม

การเขียนโปรแกรม(ลำดับขั้นการทำงาน)ให้กับพีแอลซีนั้นจะเขียนด้วยภาษา 4 ภาษา คือ ภาษาแลดเดอร์ ภาษาบูลลีน ภาษาบล็อคและคำสั่งข้อความภาษาอังกฤษ ซึ่งใช้แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.1 ภาษาแลดเดอร์

เป็นภาษาที่ประกอบด้วยสัญลักษณ์หน้าสัมผัส ซึ่งมีลักษณะคล้ายวงจรรีเลย์ การเขียนจึงทำได้ง่าย ระดับงานที่สามารถควบคุมมีทั้งจากวงจรธรรมดา จนถึงแบบ ซีเควันซ์ในลักษณะเปิด-ปิด

2.2.3.2 ภาษาบูลลีน

เป็นภาษาพื้นฐานของพีแอลซีเช่นเดียวกับภาษาแลดเดอร์ คำสั่งในภาษาบูลลีน มีลักษณะคล้ายกับสัญลักษณ์ของพีชคณิตบูลลีน ปัจจุบันนี้คำสั่งในภาษาบูลลีน ประกอบด้วยกลุ่มคำสั่งเช่นเดียวกับภาษาแลดเดอร์ คือวงจรรีเลย์และปฏิบัติลอจิก การหน่วงเวลาและนับจำนวน การคำนวณทางคณิตศาสตร์ การจัดการข้อมูล การเคลื่อนย้ายข้อมูลและคำสั่งควบคุมโปรแกรม

2.2.3.3 ภาษาบล็อค

ภาษาคำสั่งในรูปบล็อคเป็นการเขียนโปรแกรมคำสั่งของพีแอลซีโดยใช้ชื่อสัญลักษณ์ต่างๆคล้ายกับภาษาแลดเดอร์ แต่จัดไว้ในบล็อครูปสี่เหลี่ยม ภาษาบล็อคนี้จะใช้กับคำสั่งหรือการควบคุมที่ค่อนข้างซับซ้อนหรือมีข้อมูลที่เป็นตัวเลขเกี่ยวข้อง เช่นการควบคุมที่มีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และการควบคุมตำแหน่งเครื่องจักร โดยปกติภาษาบล็อคมักใช้ร่วมกับภาษาแลดเดอร์ คำสั่งในภาษาบล็อคแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคือ

1. คำสั่งหน่วงเวลาและนับจำนวน
2. คำสั่งการคำนวณทางคณิตศาสตร์
3. คำสั่งการเคลื่อนย้ายข้อมูล
4. คำสั่งการจัดการข้อมูล
5. คำสั่งควบคุมโปรแกรมหรือโปรแกรมย่อย

2.2.3.4 คำสั่งข้อความภาษาอังกฤษ

คำสั่งข้อความภาษาอังกฤษที่ใช้กับพีแอลซีถูกดัดแปลงมาจากภาษาระดับสูงของคอมพิวเตอร์ เช่น ภาษา BASIC และภาษา PASCAL ทำให้การเขียนโปรแกรมมีความคล่องตัวและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถอ่านและเข้าใจง่ายเหมาะสำหรับการตรวจสอบและแก้ไขในภายหลัง พีแอลซีที่ใช้คำสั่งข้อความภาษาอังกฤษมักเป็นพีแอลซีขนาดใหญ่ที่มีการคำนวณซับซ้อนและการจัดการข้อมูลจำนวนมาก

ปัจจุบันภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมพีแอลซี มีลักษณะดังนี้

1. ภาษาแลดเดอร์เพียงอย่างเดียว
2. ภาษาบูลลีนเพียงอย่างเดียว
3. ภาษาแลดเดอร์และภาษาบล็อค
4. ภาษาแลดเดอร์และคำสั่งข้อความภาษาอังกฤษ
5. ภาษาบูลลีนและภาษาบล็อค
6. ภาษาบูลลีนและคำสั่งข้อความภาษาอังกฤษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ข้อดีของพีแอลซี

	รีเลย์	พีแอลซี
ฟังก์ชัน	ใช้ในการควบคุมซับซ้อนได้ถ้าใช้รีเลย์จำนวนมาก	การควบคุมซับซ้อนเพียงใดก็สามารถโปรแกรมได้
การเปลี่ยนแปลง-การควบคุม	เปลี่ยนได้โดยการเดินสายใหม่	เปลี่ยนโดยเปลี่ยนโปรแกรม
ความเชื่อถือได้	ปกติเชื่อถือได้แต่มีปัญหาเรื่องการต่อสายหลวมและอายุการใช้งานของรีเลย์	องค์ประกอบหลักคือสารกึ่งตัวนำจึงไม่มีปัญหาจากจุดต่อสายหลวม
ใช้งานได้เอนกประสงค์	ใช้ได้กับงานที่ออกแบบมาเฉพาะเท่านั้น	ใช้งานได้เอนกประสงค์โดยการโปรแกรม
การขยายระบบ	ทำได้ยากต้องเพิ่มอุปกรณ์หรือเปลี่ยนแปลงแก้ไขใหม่	ขยายได้เรื่อยๆจนเต็มขีดความสามารถ
บำรุงรักษาง่าย	ต้องตรวจเช็คบ่อยๆและต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีอายุจำกัด	ซ่อมโดยการเปลี่ยนประกอบ
การเข้าใจเทคนิค	มีใช้กันแพร่หลาย คนส่วนมากเข้าใจเทคนิคการใช้รีเลย์	ยังไม่แพร่หลายเท่ารีเลย์
ขนาด	ค่อนข้างใหญ่	เล็กและไม่ใหญ่ตามความซับซ้อนของการควบคุม
เวลาในการออกแบบ	ต้องเขียนแบบจำนวนมากและต้องใช้เวลาในการประกอบและการทดสอบ	ออกแบบง่ายแม้จะเป็นการควบคุมที่ซับซ้อน การประกอบวงจรควบคุมทำได้ง่าย
จุดคุ้มทุน	ถ้าใช้จำนวนมากไม่คุ้ม	ระบบใหญ่ยิ่งคุ้ม

ตารางที่ 2-1 เปรียบเทียบระบบรีเลย์กับพีแอลซี

1. ขนาดของระบบเล็กลง ภายในของพีแอลซีจะใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์และซอฟแวร์แทนรีเลย์ ตัวตั้งเวลา ตัวนับ และองค์ประกอบของวงจรซีเควนซ์อื่นๆ

2. ใช้โปรแกรมแทนการเดินสาย วงจรรีเลย์ต้องการการเดินสายระหว่างรีเลย์และอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อประกอบวงจรควบคุม แต่พีแอลซีใช้โปรแกรมรูปวงจรในหน่วยความจำจึงไม่มีการเดินสายระหว่างอุปกรณ์จริงให้ยุ่งยาก

3. เปลี่ยนแปลงวงจรและขยายระบบทำได้ง่าย โปรแกรมในพีแอลซีสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้โดยง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ลดเวลาในการออกแบบและสร้าง อุปกรณ์ของพีแอลซีเป็นมาตรฐาน สามารถประกอบใส่ตู้ควบคุมได้รวดเร็ว การออกแบบวงจรและการโปรแกรมสามารถทำได้รวดเร็ว นอกจากนั้นยังสามารถทดลองวงจรโดยทดลองในพีแอลซีได้ด้วยทำให้การตรวจสอบวงจรเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว

5. พีแอลซีมีเสถียรภาพดีกว่าวงจรควบคุมแบบรีเลย์ ชิ้นส่วนภายในของพีแอลซีเป็นอุปกรณ์โซลิดสเตต วงจรควบคุมไม่มีการเดินสายและไม่มีปัญหาเกี่ยวกับหน้าสัมผัส นอกจากนั้นในพีแอลซียังมีโปรแกรมที่สามารถทดสอบตัวเองได้อีกด้วย

6. มีหน่วยอินพุต/เอาต์พุตหลายแบบ ในปัจจุบันพีแอลซีมีหน่วยอินพุต/เอาต์พุตหลายแบบสามารถเลือกใช้ได้เหมาะสมกับสภาพของงาน

7. มีราคาถูกและสามารถทำงานได้เร็วกว่าระบบควบคุมแบบรีเลย์ ข้อเปรียบเทียบของระบบรีเลย์กับระบบพีแอลซีดังแสดงในตารางที่ 2-1

2.3 กฎเบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์

ในระบบนิวแมติกส์ที่กล่าวถึงนี้จะมีความสัมพันธ์กันอยู่ระหว่าง แรง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ดังนั้นกฎเบื้องต้นของนิวแมติกส์จึงได้แก่ กฎการถ่ายความดันของปาสคาล (Pascal's Law) กฎปริมาตรและกฎความดันของบอยส์ (Boyle's Law) ก่อนที่จะกล่าวถึงกฎต่างๆ จะกล่าวถึงพื้นฐานทางฟิสิกส์ของระบบนิวแมติกส์เสียก่อน

2.3.1 ความดัน

ความดันในบรรยากาศในแต่ละแห่งของพื้นผิวโลก มีค่าแตกต่างกันตามสภาพของระดับความสูงและสภาพภูมิอากาศ แต่ปกติทั่วไปถือว่าความดันที่ระดับน้ำทะเลเป็นความดันบรรยากาศ การหาค่าความดันบรรยากาศเราสามารถหาได้จากเครื่องมือหลายชนิด เช่นเกจวัดความดัน บาโรมิเตอร์ หรือแมนโนมิเตอร์ หน่วยวัดความดันในทางเทคนิคโดยทั่วไปคือ กิโลปอนด์/ตารางเซนติเมตรหรือวัดเป็นบรรยากาศทางเทคนิค (atm)

$1\ atm = 1\ kp/cm^2 = 10\ m$ ความสูงของน้ำ

แต่หน่วยความดันที่นิยมใช้ในระบบ SI มีหน่วยดังนี้

$1\ Pa\ (Pascal) = 1\ N/m^2 = 10^5\ bar$

$1\ atm = 1\ kp/cm^2 = 1\ bar$

เนื่องจากความสูงของระดับพื้นโลกในแต่ละพื้นที่มีค่าไม่เท่ากัน หากวัดความดันจาก 0 atm ไปจนถึงระดับความดันบรรยากาศ เรียกว่า ความดันสุญญากาศ (vacuum) และถ้าเหนือความดันบรรยากาศขึ้นไปเรียกว่า ความดันเกจ (gauge pressure) เราสามารถหาค่าความดันสมบูรณ์ได้จาก
ในกรณีที่ความดันที่อ่านจากเครื่องมือวัดสุญญากาศมีค่าเป็นบวก

ความดันสมบูรณ์ = ความดันบรรยากาศ + ความดันเกจ

และถ้ากรณีที่ความดันที่อ่านจากเครื่องมือวัดสุญญากาศมีค่าเป็นลบ

ความดันสมบูรณ์ = ความดันบรรยากาศ - ความดันเกจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ ความดันสมบูรณ์ คือความดันที่มีค่าเป็นศูนย์ที่สุญญากาศสัมบูรณ์ ใช้ตัวย่อ P_{abs}
ความดันบรรยากาศ คือ ค่าความดันที่บรรยากาศมีค่า 1.013 บาร์ (ระบบเอสไอ) 1.003 กิโลกรัม แรงต่อตารางเซนติเมตร (ระบบเมตริก) และ 14.7 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว(ระบบอังกฤษ) ใช้ตัวย่อ P_{atm}
ความดันเกจ คือ ค่าความดันที่มีค่าเป็นศูนย์ที่ความดันบรรยากาศ ใช้ตัวย่อ P_g
การเปรียบเทียบหน่วยวัดความดันแสดงได้ดังตารางที่ 2-2

P_a	Bar	Kgf/cm^2	atm	mm : H_2O	mm : Hg
1	1×10^5	1.01972×10^5	9.86923×10^6	1.01972×10^4	7.50062×10^3
1×10^5	1	1.01972	9.86923×10^4	1.01972×10^4	7.50062×10^2
9.80665×10^4	9080655×10^4	1	9.6784×10^4	1.0000×10^4	7.35559×10^2
1.01325×10^5	1.01325	1.03323	1	1.03323×10^4	7.60000×10^2
9.80665	9.80665×10^5	1×10^4	9.67841×10^5	1	7.35559×10^5
1.33222×10^2	1.33222×10^5	1.35951×10^3	1.31579×10^3	1.35951 x10	1

ตารางที่ 2-2 เปรียบเทียบหน่วยวัดความดัน

หมายเหตุ หน่วยวัดความดัน ไม่ว่าจะเป็นค่าอะไรก็ตาม หน่วยวัดจะมีค่าเป็นแรงต่อพื้นที่เสมอ.

2.3.2 อุณหภูมิ

เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความร้อนของสารตัวกลางที่สภาวะต่างๆ หน่วยของอุณหภูมิที่ใช้กันทั่วไปคือ ในระบบ SI อุณหภูมิสัมบูรณ์มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน (Kelvin: K)

$$K = {}^{o}C + 273$$

2.3.3 กฎเบื้องต้นของลมอัด

กฎเบื้องต้นของลมอัดได้แก่ กฎการถ่ายความดันของปาสคาล และกฎปริมาตรและความดันลมของบอยส์

กฎของปาสคาลที่กล่าวถึงการถ่ายเทความดันแบบไม่เคลื่อนที่ ซึ่งปาสคาลได้ทดลองพิสูจน์ให้เห็นจริงและได้สรุปเป็นกฎว่า เมื่อทำให้เกิดความดันต่อของไหลที่อยู่ภายในภาชนะปิดจะเกิดแรงกระทำจากของไหลต่อทุกๆส่วนของผิวภาชนะในแนวตั้งฉาก

$$P = F/A$$

เมื่อ P = แรงดัน มีหน่วยเป็น N/m^2 หรือ Pa (Pascal)
F = น้ำหนักวัตถุ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)
A = พื้นที่หน้าตัดที่รับแรง มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ข้อดีของลมอัด

1. ทนต่อการระเบิด ลมอัดไม่มีอันตรายจากการระเบิดหรือติดไฟ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ราคาแพงสำหรับป้องกันการระเบิด

2. รวดเร็ว ลมอัดมีความรวดเร็วในการทำงานสูง

3. การส่งถ่ายง่าย การส่งลมอัดไปตามท่อในระยะไกลๆสามารถทำได้ง่าย และลมอัดที่ใช้แล้วไม่ต้องนำกลับ ปล่อยทิ้งออกสู่บรรยากาศได้เลย

4. เก็บรักษาได้ง่าย ลมอัดสามารถเก็บกักไว้ในถังเก็บลม ดังนั้นอุปกรณ์ทำงานสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องจากการใช้ลมอัดนี้

5. ความปลอดภัยจากงานเกินกำลัง อุปกรณ์ที่ใช้กับระบบลมอัดจะไม่เกิดการเสียหายถึงแม้ว่างานจะเกินกำลัง(overload)

6. ควบคุมอัตราความเร็ว ได้ตามความต้องการโดยใช้ลิ้นควบคุมอัตราการไหลของลม

7. การควบคุมความดัน ความดันของลมอัดที่ต้องการสามารถควบคุมได้ง่ายโดยใช้ลิ้นควบคุมความดัน

8. สะอาด ลมอัดมีความสะอาดทำให้อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้สะอาดหมดจด

9. อุณหภูมิขณะใช้งานลมอัดที่สะอาด(ปราศจากความชื้น)สามารถทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง

10. ไม่ต้องใช้ท่อลมกลับ ลมอัดที่ใช้แล้วสามารถปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศได้เลย

11. ขนาดกระทัดรัด ทนทาน น้ำหนักเบา และซ่อมแซมบำรุงรักษาง่าย

2.3.5 ข้อเสียของลมอัด

1. ลมอัดอัดตัวได้ เหตุที่อากาศสามารถอัดตัวได้ทำให้การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงานไม่สม่ำเสมอ

2. ลมอัดมีความชื้น ลมอัดถูกทำให้เย็นลงหลังจากการถูกอัดเข้าในถังเก็บ ซึ่งทำให้เกิดการกลั่นตัวของหยดน้ำภายในถังเก็บและท่อลมในวงจร

3. ลมอัดต้องการเนื้อที่มาก เนื่องจากความดันที่ใช้ในวงจรนิวแมติกส์ไม่สูงมาก ทำให้กระบอกสูบลมต้องมีขนาดใหญ่มาก ถ้าต้องการใช้แรงมากๆ

4. ลมอัดมีเสียงดัง เมื่อลมอัดระบายออกจากอุปกรณ์ทำงาน จะทำให้เกิดเสียงดังมากดังนั้นจึงต้องใช้ตัวเก็บเสียง

5. ความดันของลมอัดเปลี่ยนแปลง ความดันของลมอัดจะเพิ่มขึ้นถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นและความดันจะลดลง ถ้าอุณหภูมิลดลง

ข้อเปรียบเทียบระบบนิวแมติกส์กับระบบอื่นๆแสดงดังตารางที่ 2-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ / ลักษณะ	เครื่องกล	ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิคส์	ไฮดรอลิกส์	นิวแมติกส์
การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง	ง่าย	ยาก	ง่าย	ง่าย
การหมุน	ง่าย	ง่าย	ค่อนข้างยาก	ค่อนข้างยาก
แรงขับ	เล็ก-ใหญ่	เล็ก-ใหญ่	กลาง-มาก	เล็ก-กลาง
การปรับแรงขับ	ยาก	ยาก	ง่าย	ง่าย
อัตราขับ	ต่ำ-สูง	กลาง-เล็ก	ต่ำ-กลาง	ต่ำ-สูง
ความคงที่เมื่อมีความเร็ว	ดีมาก	ดี	ดี	ไม่คงที่
การสร้าง	ค่อนข้างยาก	ค่อนข้างยาก	ค่อนข้างยาก	ง่าย
การปฏิบัติเมื่อน้ำหนักเกิน	ค่อนข้างยาก	ยาก	ค่อนข้างยาก	ง่าย
ความรับผิดชอบ	ดีมาก	ดีมาก	ดี	ดี
อิสระในการติดตั้ง	เล็ก	กลาง	ใหญ่	ใหญ่มาก
ขาดกระแสไฟใช้อุปกรณ์ช่วย	เล็กน้อย	ยาก	เป็นไปได้	เป็นไปได้
การบำรุงรักษา	ง่าย	ต้องมีความรู้เฉพาะ	ค่อนข้างยาก	ง่าย
ความแปรเปลี่ยนการคำนวณ	น้อย	มาก	กลาง	กลาง
คำนวณความเร็ว	สูง	สูงมาก	กลาง	กลาง
วิธีคำนวณ	ตัวเลข	ตัวเลข	ตัวเลข	ตัวเลข
ไวต่ออุณหภูมิ	น้อย	มาก	กลาง	น้อย
ไวต่อความชื้น	น้อย	มาก	น้อย	ต้องถ่ายน้ำ
การสั่นสะเทือน	ปกติ	ไม่ดี	ปกติ	ปกติ
อิสระในการควบคุม	เล็ก	ใหญ่มาก	เล็ก	ใหญ่
มีการแปรเปลี่ยนเมื่อผิดพลาด	เล็ก	ใหญ่มาก	เล็ก	กลาง
การส่งสัญญาณ	ยาก	ง่ายมาก	ค่อนข้างยาก	ง่าย
การป้องกันการติดไฟ	ดี	ต้องใช้อุปกรณ์ช่วย	ดี	ดีมาก
ความรู้สึกไวต่อความชื้น	น้อย	มาก	น้อย	ต้องระบาย
ความรู้สึกไวต่ออุณหภูมิ	น้อย	มาก	กลาง	น้อย
การเลือกวิธีการบังคับ	น้อย	มากกว่า	น้อย	มาก
ข้อเสียเมื่อเกิดการสั่นสะเทือน	ปกติ	มีผลเสีย	ปกติ	ปกติ
การคำนวณความเร็ว	สูง	สูงมาก	กลาง	กลาง
การคำนวณการบังคับ	อนาลอก	ดิจิตอล	อนาลอก	ดิจิตอล

ตารางที่ 2-3 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบนิวแมติกส์กับระบบอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3
การคำนวณ การสร้าง และการออกแบบ

3.1 การออกแบบและสร้างลิฟต์จำลอง

3.1.1 การออกแบบและเลือกวัสดุที่นำมาทำถุงลม

ศึกษาและออกแบบลิฟต์และโครงสร้างลิฟต์ที่เคลื่อนที่ด้วยถุงลมรวมทั้งเลือกวัสดุที่จะนำมาทำถุงลมซึ่งต้องสามารถยืดหดและยืดหยุ่นได้ดีและต้องสามารถรับแรงดันลมและแรงกดของน้ำหนักได้มากเพียงพอ โดยในตอนแรกเลือกใช้ผ้าใบนำมาเย็บเป็นรูปร่างที่ยืดหดได้แล้วทดลองนำมาอัดลมเข้าไป ปรากฏว่าไม่สามารถใช้งานได้เพราะผ้าใบไม่สามารถยืดหยุ่นได้มากเพียงพอ และไม่สามารถรับแรงดันได้เกิดการฉีกขาดขึ้น เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติที่ต้องการพบว่า วัสดุที่เหมาะสม คือ ยาง แต่ปัญหาที่พบคือ ไม่สามารถหายางที่มีรูปร่างแบบยืดหดได้ตามต้องการ จึงได้เลือกใช้ยางในรถยนต์ เนื่องจากสามารถรับแรงดันลมได้มาก ยืดหยุ่นได้ดี และทนต่อแรงกดน้ำหนักได้มาก โดยได้เลือกใช้ยางในรถสามล้อเครื่อง (รถตุ๊กตุ๊ก) เบอร์ 500-10 เพราะมีหน้ายางกว้างพอสมควร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุด เพื่อให้ขนาดของลิฟต์ไม่ใหญ่มากเกินไป นำมาถอดไส้ในที่ใช้สูบออกเพื่อให้ลมผ่านเข้าออกได้ตลอดแล้วนำมาซ้อนกัน และยึดแต่ละเส้นติดกันด้วยกาวยาง จากการทดสอบอัดลมเข้าไปในยางก่อนนำมาซ้อนกันปรากฏว่ายางขยายตัวขึ้นโดยความสูงของยางแต่ละเส้นเมื่ออัดลมเต็มที่ประมาณ 15 ซม. และเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 55 ซม. ดังนั้นจึงออกแบบลิฟต์ให้มี 4 ชั้น แต่ละชั้นมีความสูง 30 ซม.ใช้ยางซ้อนกัน 11 เส้น แล้วใช้สาย PU ซึ่งเป็นสายสำหรับลมหรือนิวแมติกส์ต่อเข้ากับหัวสำหรับสูบลมที่ถอดเอาไส้ในออกไปแล้ว ของยางทั้ง 11 เส้น ซึ่งความยาวของสาย PU ทั้ง 11 เส้นนั้นมีความยาวไม่เท่ากัน โดยสายที่ต่อกับยางชั้นบนสุดจะยาวที่สุดเท่ากับ 200 ซม. สายของยางชั้นถัดลงมาความยาวลดลงชั้นละ 10 ซม. เพื่อให้ความยาวลดหลั่นกันลงมาเมื่อยางยืดขึ้นลง ส่วนปลายของสาย PU ทั้ง 11 เส้น ต่อเข้ากับแท่งอลูมิเนียมที่ทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายลมให้กับยางทั้ง 11 เส้น รูปที่ 3-1 แสดงถุงลมที่ทำจากยางในรถยนต์นำมาซ้อนกัน

3.1.2 หัวจ่ายลม

ทำจากแท่งอลูมิเนียม ตัวแท่งอลูมิเนียมเจาะรู 12 รู ทะลุถึงกันหมด เพื่อต่อเข้ากับสาย PU ไปยังยางทั้ง 11 เส้น ส่วนอีก 2 รู ที่เหลือเพื่อต่อเข้ากับวาล์วลม เปิด-ปิดด้วยไฟฟ้า 3 ตัว ตัวหนึ่งทำหน้าที่เปิด-ปิดให้ลมจากปั๊มลมเข้าสู่ยางทั้ง 11 เส้น เพื่อดันลิฟต์ขึ้น ส่วนอีก 2 ตัวที่เหลือตัว(CKD รุ่นAB21-02-2 24V. DC)ทำหน้าที่เปิด-ปิดให้ลมจากยางทั้ง 11 เส้น ระบายออก เพื่อให้ลิฟต์ยุบลง ซึ่งวาล์วทั้ง 2 ตัวนี้ควบคุมการปิด-เปิดด้วย พีแอลซี เนื่องจากยางในรถยนต์มีลักษณะเป็นวงกลมมีรูตรงกลาง และหัวสูบลมที่ต่อกับกับสาย PU อยู่ด้านในวงกลมดั้งนั้นสาย PU ทั้ง 11 เส้นจึงร้อยผ่านรูตรงกลางของยางลงมาเข้ากับแท่งอลูมิเนียมที่เป็นตัวจ่ายลมซึ่งอยู่ด้านล่าง รูปที่ 3-2 และ 3-3 แสดงหัวจ่ายลมที่เจาะรูและการต่อวาล์วลมเข้ากับหัวจ่ายลม

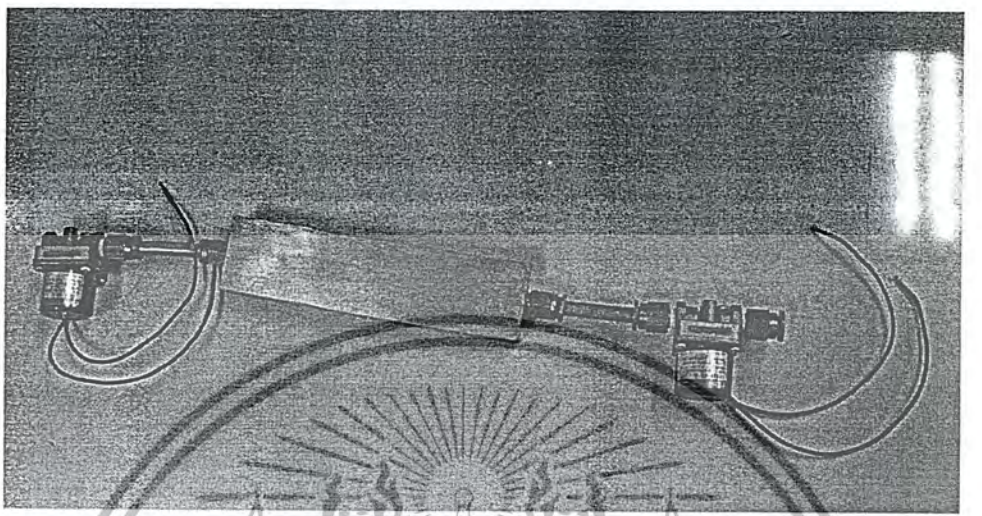
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
49945

3.1.3 โครงลิฟต์

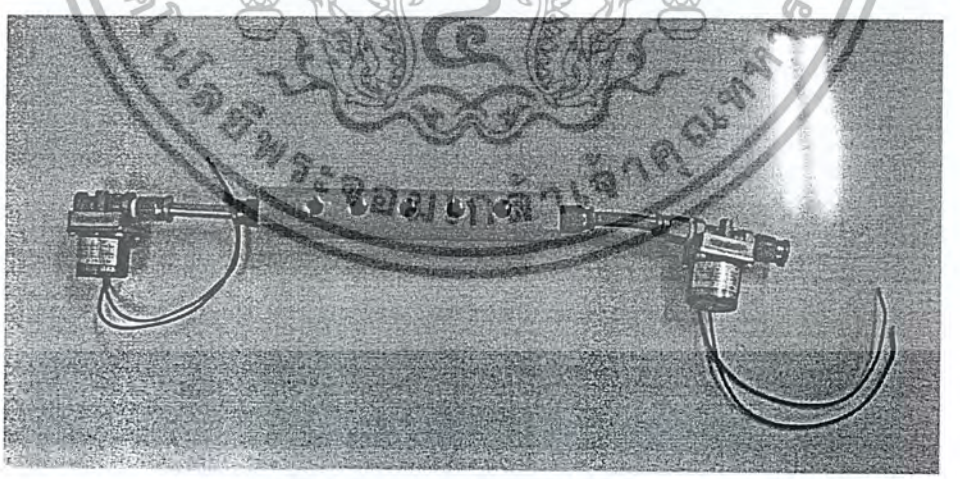
โครงลิฟต์ทำจากอลูมิเนียม ขนาดสูง 180 ซม. กว้าง 65 ซม. ยาว 65 ซม. โดยแบ่งความสูงออกเป็น 6 ส่วน ส่วนล่างสุดสูงจากพื้น 35 ซม. เป็นส่วนที่ใช้เก็บสาย PU ทั้ง 11 เส้น ที่ห้อยลงมาเมื่อยางยุบลงมา ส่วนที่ 2 ช่วงสูงขึ้นมาจากส่วนล่าง 25 ซม.เป็นส่วนที่ใช้เก็บยางเมื่อยุบลงและมีแผ่นไม้หนา 16 มม. สำหรับรองรับยางที่ซ้อนกันและเป็นตัวรับน้ำหนักด้วย โดยเจาะรูเป็นวงกลมตรงกลาง เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 ซม.เพื่อให้สาย PU ทั้ง 11 เส้นลอดผ่านลงไปส่วนล่างสุด เพื่อต่อเข้ากับแท่งอลูมิเนียมที่จ่ายลม ในส่วนที่ 3 ถึงส่วนที่ 6 เป็นส่วนของลิฟต์ชั้น 1 ถึงชั้นที่ 4 ตามลำดับ สูงชั้นละ 30 ซม. ติดตั้งลิมิตสวิตช์ด้านในทั้ง 4 ชั้น เพื่อเป็นตัวบอกว่าตอนนี้ลิฟต์อยู่ชั้นไหน ทำหน้าที่เป็นอินพุตส่งสัญญาณไปยังพีแอลซี ที่บริเวณด้านข้างของโครงลิฟต์ติดตั้งสวิตช์กดเรียกลิฟต์ โดยชั้น 1 ติดตั้งสวิตช์กดเรียกขึ้น 1 ตัว ชั้น 2 และชั้น 3 ติดตั้ง สวิตช์กดเรียกขึ้นและสวิตช์กดเรียกลงชั้นละ 2 ตัวและชั้น 4 ติดตั้งสวิตช์กดเรียกลง 1 ตัว ซึ่งสวิตช์ทั้ง 6 ตัวจะส่งสัญญาณไปเข้าอินพุตของพีแอลซี นอกจากนี้ยังมีสวิตช์กดเลือกชั้นอีก 4 ตัว โดยจะติดตั้งไว้ที่แผงกดด้านนอกของโครงลิฟต์ แล้วต่อไปเข้าสัญญาณอินพุตของพีแอลซี ซึ่งที่สวิตช์เรียกลิฟต์และสวิตช์เลือกชั้นทั้ง 10 ตัวจะมีไฟจากหลอด LED แสดงการกดติดตั้งที่ข้างสวิตช์แต่ละตัวด้วย โดยต่อจากสัญญาณเอาต์พุตของพีแอลซี ในส่วนของแผ่นไม้พื้นตัวลิฟต์ที่ใช้รับน้ำหนักใช้ไม้หนา 16 มม. ตัดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 56 ซม. X 56 ซม. ทากาวยึดติดกับยางและใช้เหล็กเส้นขนาด 3 หุนยาว 145 ซม. 4 เส้นยึดด้านบนและล่างเข้ากับแผ่นไม้ที่บริเวณมุมทั้ง 4 ด้านในของลิฟต์แล้วใช้เหล็กกลวงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 ซม.ยาว 10 ซม.4 อันยึดกับด้านข้างของแผ่นพื้นห้องโดยสารลิฟต์โดยสวมเข้ากับเหล็กเส้นทั้ง 4 เส้น เพื่อเป็นตัวประคองไม่ให้ตัวลิฟต์เอียงและเลื่อนขึ้นลงได้ดีไม่ติดขัดส่วนด้านนอกโครงลิฟต์ ปิดด้วยอลูมิเนียมแผ่น รูปที่ 3-4 แสดงโครงลิฟต์

รูปที่ 3-1 ยางในรถยนต์ที่ใช้เป็นถุงลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

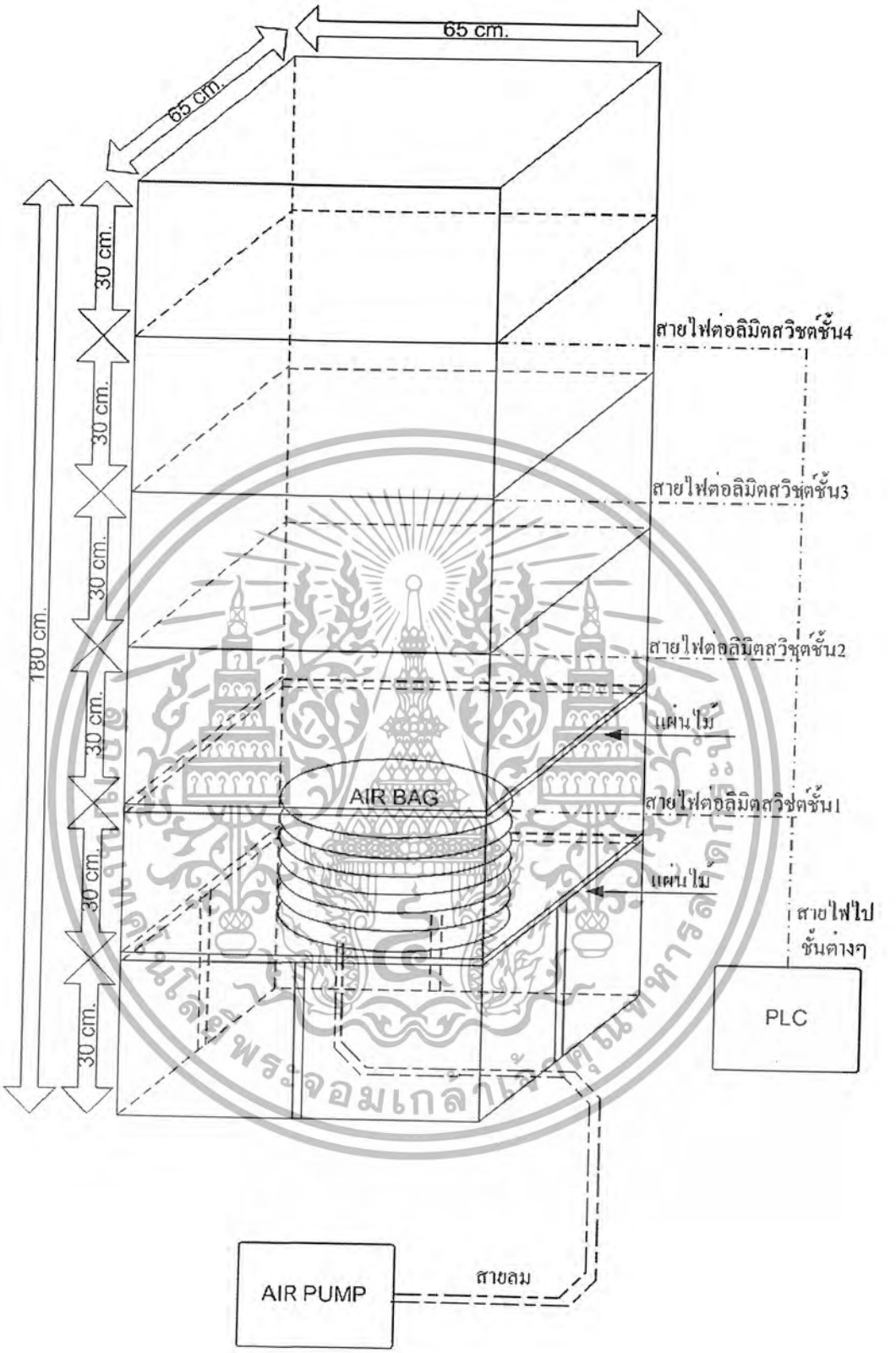


รูปที่ 3-2 การต่อวาล์วเข้ากับแท่งอลูมิเนียม



รูปที่ 3-3 แท่งอลูมิเนียมเจาะรูที่เป็นตัวจ่ายลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-4 แสดงการออกแบบโครงสร้างลิฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การคำนวณหาแรงดันที่ใช้ในโครงงานนี้

จากการออกแบบโดยประมาณว่าให้ลิฟต์รับน้ำหนักได้มากที่สุด 40 กิโลกรัม โยอาศัยกฎปาสคาล

$$P = F / A$$

F = แรงที่น้ำหนักกดลงบนถุงลม(N.) = m x g

เมื่อ m = มวลของวัตถุ (kg.)

g = ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.98 m/s^2

ดังนั้น $F = 40x9.98$

$= 399.2$ N.

A = พื้นที่หน้าตัดที่รับแรง(m^2)

เส้นผ่านศูนย์กลางวงนอกของถุงลม = 0.5 เมตร

เส้นผ่านศูนย์กลางวงใน = 0.25 เมตร

ดังนั้น $A = \P(R^2 - r^2)$

$A = \P[(0.5/2)^2 - (0.25/2)^2]$

$= 0.147\ m^2$

เพราะฉะนั้น แรงดันที่ต้องใช้ $P = F/A$

$= 399.2 / 0.147$

$= 2710\ N/m^2$

จากการคำนวณแรงดันลมที่ต้องใช้ จึงเลือกใช้ปั๊มลมขนาดที่ให้แรงดันลมมากกว่า 2710 N/m^2

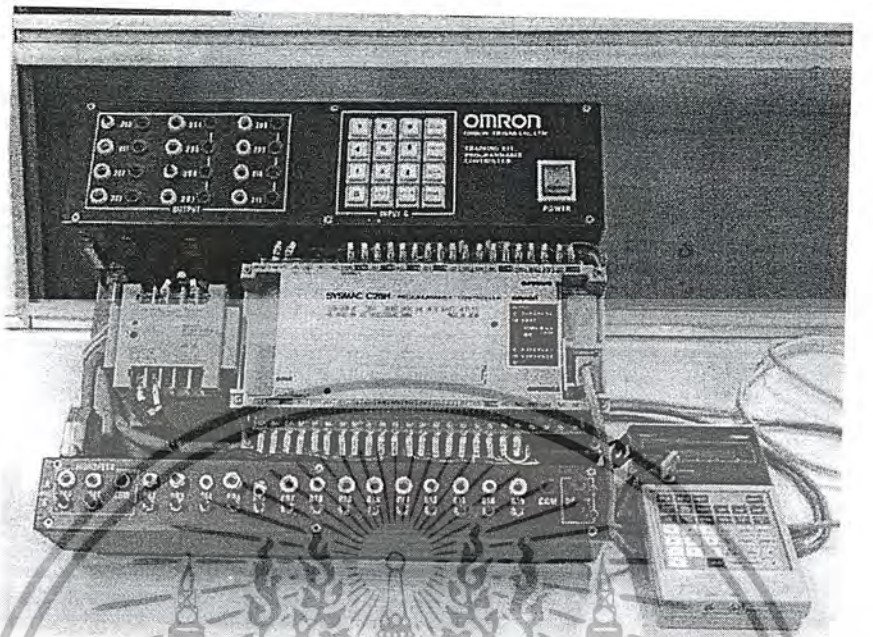
3.3 การเขียนโปรแกรมควบคุมพีแอลซี

การเขียนโปรแกรมควบคุมลิฟต์นั้นใช้การเขียน ภาษา Ladder ทางเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม SYSWIN VERSION 3.4 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับเขียน Ladder และสามารถป้อนข้อมูลที่เขียนแล้วเข้าสู่เครื่องพีแอลซีได้เลยโดยผ่านทาง Port RS 232C หรือแปลงเป็นนีโมนิกโค้ดแล้วป้อนผ่าน แผงป้อนโปรแกรม(Programming Console) ก็ได้ และโปรแกรม SYSWIN ยังสามารถดูขั้นตอนการทำงานและสั่งให้พีแอลซีทำงานหรือหยุดทำงานได้จากคอมพิวเตอร์โดยตรง สำหรับพีแอลซีที่ใช้ควบคุมลิฟต์นั้นใช้พีแอลซี OMRON รุ่น SYSMAC C28H มี 16 อินพุต 12 เอาต์พุต เป็นรุ่น Training Kit โดยมีปุ่มจำลองการป้อนอินพุตมาให้ด้วยดังรูปที่ 3-5 โดยแบ่งอินพุตและเอาต์พุตใช้งานดังตารางที่ 3-1 และ 3-2 ส่วนรูปที่ 3-6 แสดงโปรแกรม SYSWIN

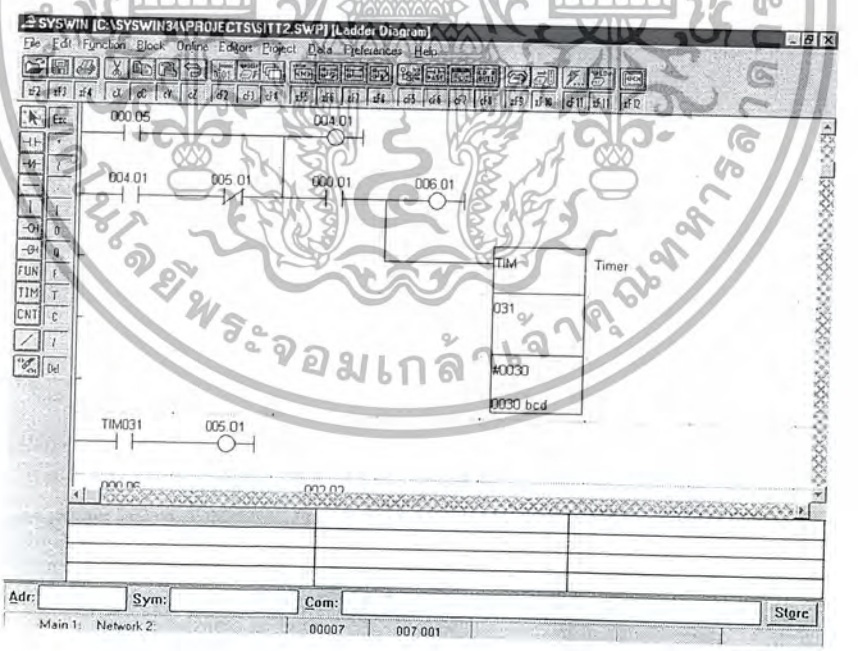
ส่วนโปรแกรมที่เขียนออกแบบให้มีขั้นตอนการทำงานเหมือนลิฟต์โดยสารของจริงมากที่สุดโดยออกแบบให้ทำงานแบบ Selective Collective Operation เพราะลิฟต์สามารถเก็บค่าคำสั่งและยังสามารถเลือกทิศทางการขึ้นหรือลงได้ คือถ้ากดสวิตช์ต้องการขึ้นและลิฟต์กำลังเคลื่อนที่ขึ้น ลิฟต์ก็จะหยุดรับผู้โดยสาร ตรงชั้นที่กดสวิตช์เรียก แต่ถ้าลิฟต์กำลังเคลื่อนที่ลงอยู่ ก็จะไม่เปิดประตูรับผู้โดยสาร ในทำนองเดียวกัน ถ้ากดสวิตช์ต้องการลงและลิฟต์กำลังเคลื่อนที่ลงอยู่ ลิฟต์ก็จะหยุดและเปิดประตูรับผู้โดยสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าลิฟต์กำลังเคลื่อนที่ขึ้นอยู่ ก็จะไม่เปิดประตูรับ ซึ่งทำให้ผู้โดยสารไม่เสียเวลาในการเดินทางและเป็นการประหยัดพลังงาน ตลอดจนทำให้การใช้ลิฟต์เป็นไปอย่างมีระเบียบและรวดเร็ว



รูปที่ 3-5 PLC OMRON รุ่น SYSMAC C28H



รูปที่ 3-6 โปรแกรม SYSWIN version 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

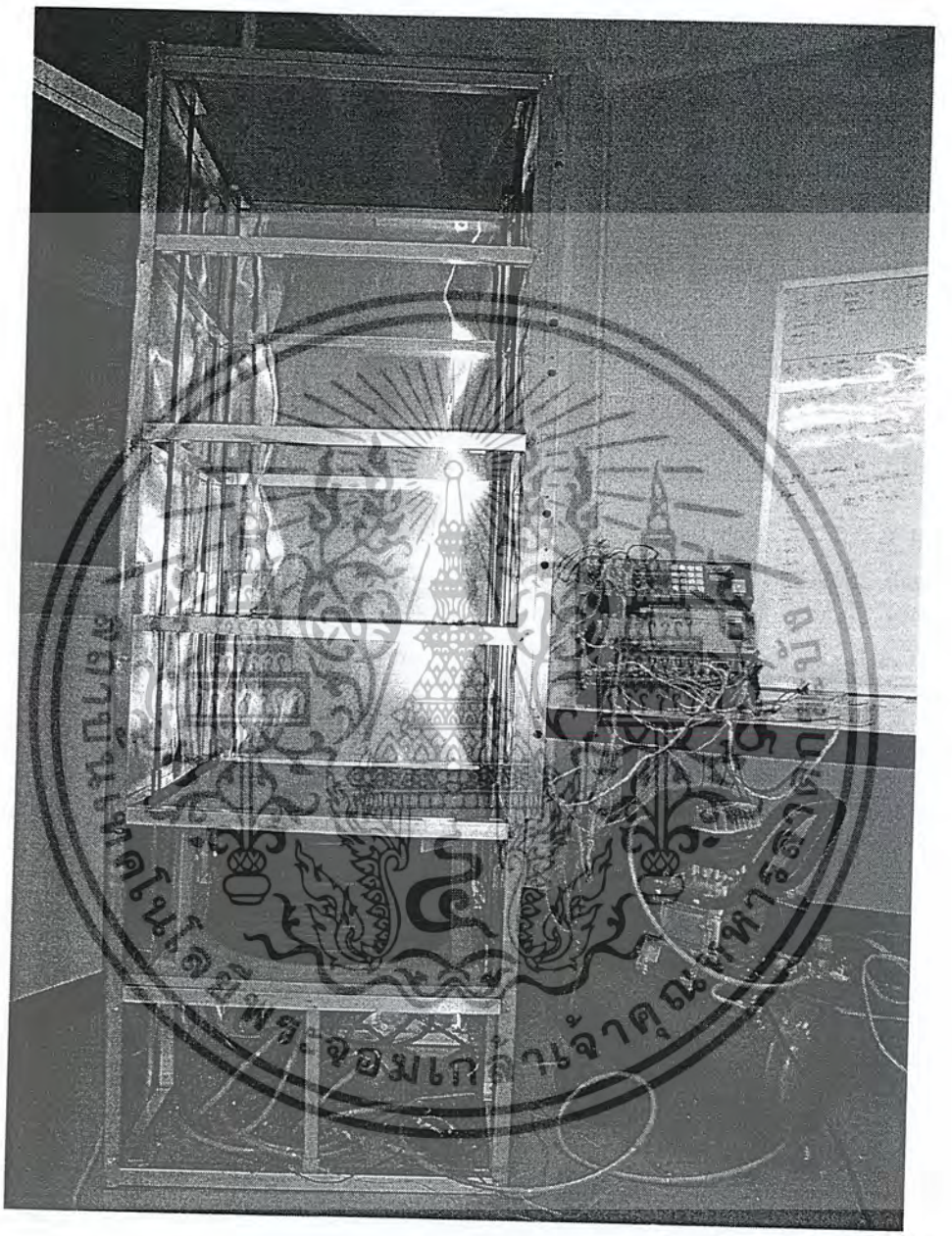
หมายเลข	หน้าที่ (Function)
000	-
001	ลิมิตสวิตช์ตำแหน่งลิฟต์ชั้น1
002	ลิมิตสวิตช์ตำแหน่งลิฟต์ชั้น2
003	ลิมิตสวิตช์ตำแหน่งลิฟต์ชั้น3
004	ลิมิตสวิตช์ตำแหน่งลิฟต์ชั้น4
005	สวิตช์กดเรียกขึ้นชั้นที่ 1
006	สวิตช์กดเรียกขึ้นชั้นที่ 2
007	สวิตช์กดเรียกลงชั้นที่ 2
008	สวิตช์กดเรียกขึ้นชั้นที่ 3
009	สวิตช์กดเรียกลงชั้นที่ 3
010	สวิตช์กดเรียกลงชั้นที่ 4
011	สวิตช์กดเลือกชั้นที่ 1
012	สวิตช์กดเลือกชั้นที่ 2
013	สวิตช์กดเลือกชั้นที่ 3
014	สวิตช์กดเลือกชั้นที่ 4
015	-

ตารางที่ 3-1 หมายเลขแสดงตำแหน่งอินพุต OMRON 'S PLC

หมายเลขเอาท์พุต	หน้าที่ (Function)
200	ควบคุมการเปิด-ปิดของวาล์วปล่อยลมเข้า
201	หลอดไฟสวิตช์กดเรียกขึ้นชั้น 1
202	หลอดไฟสวิตช์กดเรียกขึ้นชั้น 2
203	หลอดไฟสวิตช์กดเรียกลงชั้น 2
204	หลอดไฟสวิตช์กดเรียกขึ้นชั้น 3
205	หลอดไฟสวิตช์กดเรียกลงชั้น 3
206	หลอดไฟสวิตช์กดเรียกลงชั้น 4
207	หลอดไฟสวิตช์กดชั้นเลือกชั้น 1
208	หลอดไฟสวิตช์กดชั้นเลือกชั้น 2
209	หลอดไฟสวิตช์กดชั้นเลือกชั้น 3
210	หลอดไฟสวิตช์กดชั้นเลือกชั้น 4
211	ควบคุมการเปิด-ปิดของวาล์วปล่อยลมออก

ตารางที่ 3-2 หมายเลขแสดงตำแหน่งเอาท์พุต OMRON 'S PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

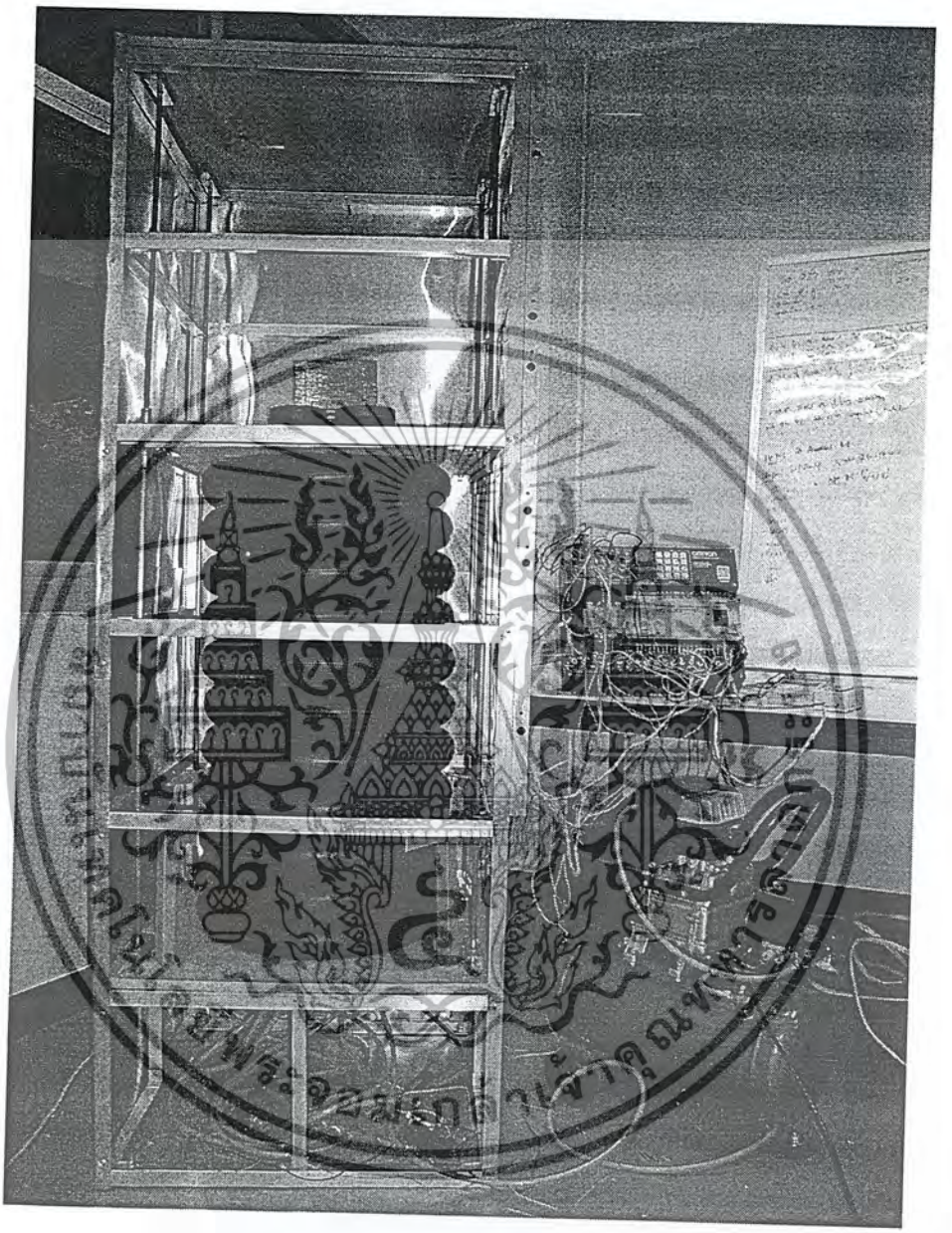


รูปภาพที่ 3-7 ลิฟต์ต้นแบบที่ประกอบสำเร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพที่ 3-8 การทดสอบยกน้ำหนักจากชั้นที่ 1 ถึง 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาพที่ 3-9 การทดสอบยกน้ำหนักจากชั้นที่ 1 ถึง 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทดสอบการทำงานของโปรแกรมควบคุมกับลิฟต์ต้นแบบ

การทดสอบฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรมควบคุมในการเรียกลิฟต์ขึ้น-ลงแบ่งเป็นข้อย่อยในการทดสอบได้ดังนี้คือ

1. ทดสอบการเรียกขึ้น
2. ทดสอบการเรียกลง
3. ทดสอบการเรียกขึ้นและลงรวมกัน

โดยมีขั้นตอนขั้นตอนการทดสอบเป็นดังนี้

1. เลื่อนห้องโดยสารไปยังชั้นที่กำหนดในตาราง
2. กดสวิตช์เรียกลิฟต์หรือเลือกชั้นตามเงื่อนไขต่างๆในตาราง
3. สังเกตการทำงานของลิฟต์และบันทึกผลลงในตาราง

3.5 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของลิฟต์ต้นแบบกับมอเตอร์

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของลิฟต์ต้นแบบกับมอเตอร์โดยจะวัดพลังงานไฟฟ้าที่ปั๊มลมใช้ในการปั๊มลมจนเต็มถัง 1 ครั้งแล้วทดสอบวัดจำนวนครั้งที่ลิฟต์สามารถเลื่อนขึ้นถึงชั้นต่างๆเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกขนาดต่างๆ จากนั้นจึงทดสอบกับมอเตอร์โดยวัดพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ยกน้ำหนักขนาดเท่ากับที่ทดสอบกับปั๊มลมให้เลื่อนขึ้นและลงเป็นระยะสูงเท่ากับที่ลิฟต์ต้นแบบเคลื่อนที่ได้แล้วนำมาเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ มอเตอร์ โดยใช้เครื่องวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมง (Watt-hour meter) ในการทดสอบหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น

3.5.1 ทดสอบหากำลังไฟฟ้าที่ปั๊มลมใช้เมื่อปั๊มลมเข้าถังจนเต็ม

โดยปล่อยลมออกจากปั๊มลมให้หมดแล้วใช้เครื่องวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมง วัดพลังงานไฟฟ้าที่ปั๊มลมใช้เมื่อเริ่มเปิดปั๊มลมให้ทำงานจนกระทั่งปั๊มตัดการทำงาน บันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ รูปที่ 3-10 แสดงการต่อเครื่องวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมงเพื่อวัดพลังงานไฟฟ้าของปั๊มลม

3.5.2 ทดสอบหาจำนวนครั้งที่ลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นถึงชั้นต่างๆที่น้ำหนักขนาดต่างๆ

โดยเปิดปั๊มลมจนเต็มถังแล้วทดสอบการเลื่อนขึ้นและลงของลิฟต์ วัดจำนวนครั้งที่ลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 2 ว่าได้กี่ครั้งจนแรงดันลมหมดถัง จากนั้นทำซ้ำโดยวัดจำนวนครั้งที่ลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 3 และ 4 ตามลำดับ จากนั้นทำซ้ำทั้งหมดอีกครั้งแต่เพิ่มน้ำหนักซึ่งเป็นลูกเหล็กเข้าไปครั้งละ 5 กิโลกรัมจนถึงน้ำหนัก 25 กิโลกรัม

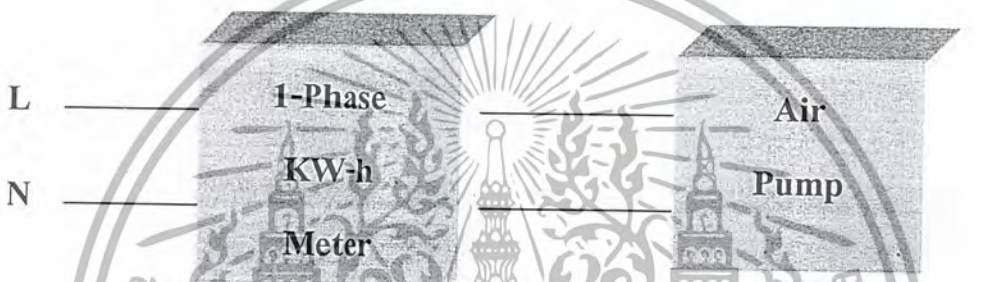
3.5.3 ทดสอบหากำลังไฟฟ้าที่ปั๊มลมใช้เมื่อลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 4 ที่น้ำหนักขนาดต่างๆ

โดยปล่อยลมออกจากปั๊มลมให้หมดใส่น้ำหนักบรรทุก 1 กิโลกรัมแล้วใช้เครื่องวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมง วัดพลังงานไฟฟ้าที่ปั๊มลมใช้เมื่อสั่งให้ลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นจากชั้นที่ 1 ไปที่ชั้น 4 บันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ จากนั้นทำซ้ำทั้งหมดอีกครั้งแต่เพิ่มน้ำหนักบรรทุกที่เป็นลูกเหล็กเข้าไปครั้งละ 2 กิโลกรัมจนถึง 25 กิโลกรัม

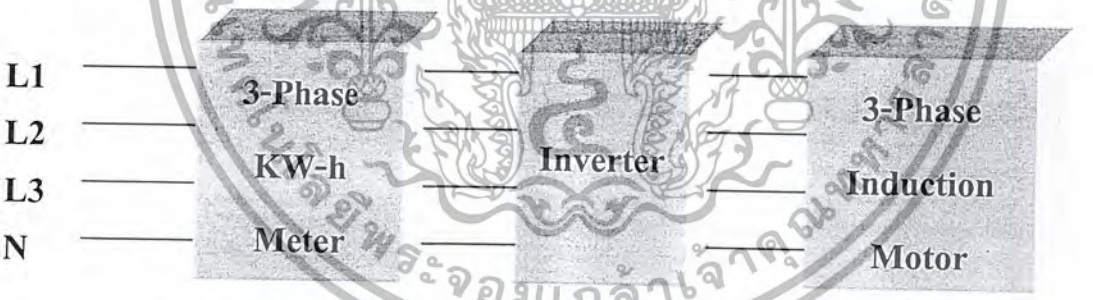
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ปั๊มลมใช้กับที่มอเตอร์ใช้ในการยกน้ำหนักเท่ากัน

โดยทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสขนาด 3 แรงม้าในการยกน้ำหนักที่เป็นลูกเหล็กที่ขนาดต่างๆ เริ่มตั้งแต่ 1 กิโลกรัมให้เลื่อนขึ้นเป็นระยะสูงเท่ากับที่ทดสอบกับลิฟต์ต้นแบบในข้อ 3.5.2 ทั้งขึ้นและลงโดยใช้อินเวอร์ตเตอร์เป็นตัวปรับความเร็วของมอเตอร์ให้ลดลงแล้วใช้เครื่องวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมง วัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์และอินเวอร์ตเตอร์ใช้จากนั้นทดลองซ้ำทั้งหมดอีกครั้งแต่เพิ่มน้ำหนักขึ้นครั้งละ 2 กิโลกรัมจนถึง 25 กิโลกรัม จากนั้นนำค่าพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์กับปั๊มลมใช้มาวาดกราฟเปรียบเทียบกันแล้วหาค่าผลต่างที่แต่ละค่าน้ำหนัก หาค่าเปอร์เซ็นต์ผลต่างที่แต่ละค่าน้ำหนักเมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ และหาค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์เซ็นต์ผลต่างทั้งหมด รูปภาพที่ 3-11 แสดงการต่อเครื่องวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมงเพื่อวัดพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์



รูปภาพที่ 3-10 การต่อเครื่องวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมงเพื่อวัดพลังงานไฟฟ้าของปั๊มลม



รูปภาพที่ 3-11 การต่อเครื่องวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมงเพื่อวัดพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 ทดสอบการเรียกลิฟต์ขึ้นและลง

4.1.1 ทดสอบการเรียกขึ้น

4.1.1.1 ทดสอบการเรียกขึ้น เมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น1

สวิตช์กดเรียก		ชั้นที่มีการเรียก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
ชั้น	ขึ้น-ลง		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
4	⇓				กดเรียกชั้น2 ก่อนกด เรียกชั้น3
3	⇑	@	@	2	
	⇓				
2	⇑	@	@	1	
	⇓				
1	⇑				

เมื่อ ⇑ แทนการเรียกขึ้น

⇓ แทนการเรียกลง

@ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเรียกขึ้น-ลง

ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น1

4.1.1.2 ทดสอบการเรียกขึ้น เมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น2

สวิตช์กดเรียก		ชั้นที่มีการเรียก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
ชั้น	ขึ้น-ลง		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
4	⇓				กดเรียกชั้น3 ก่อนกด เรียกชั้น1
3	⇑	@	@	1	
	⇓				
2	⇑				
	⇓				
1	⇑	@	@	2	

เมื่อ ⇑ แทนการเรียกขึ้น

⇓ แทนการเรียกลง

@ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเรียกขึ้น-ลง

ตารางที่ 4-2 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.3 ทดสอบการเรียกขึ้น เมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น3

สวิตช์กดเรียก		ชั้นที่มีการเรียก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
ชั้น	ขึ้น-ลง		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
4	⇓				กดเรียกชั้น1 ก่อนกด เรียกชั้น 2
3	⇑				
	⇓				
2	⇑	@	@	2	
	⇓				
1	⇑	@	@	1	

เมื่อ ⇑ แทนการเรียกขึ้น

⇓ แทนการเรียกลง

@ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเรียกขึ้น-ลง

ตารางที่ 4-3 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 3

4.1.1.4 ทดสอบการเรียกขึ้น เมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น4

สวิตช์กดเรียก		ชั้นที่มีการเรียก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
ชั้น	ขึ้น-ลง		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
4	⇓				กดเรียกชั้น1 ก่อนกด เรียกชั้น2,3
3	⇑	@	@	3	
	⇓				
2	⇑	@	@	2	
	⇓				
1	⇑	@	@	1	

เมื่อ ⇑ แทนการเรียกขึ้น

⇓ แทนการเรียกลง

@ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเรียกขึ้น-ลง

ตารางที่ 4-4 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ทดสอบการเรียกลง

4.1.2.1 ทดสอบการเรียกลง เมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น4

สวิตช์กดเรียก		ชั้นที่มีการเรียก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
ชั้น	ขึ้น-ลง		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
4	⇓				กดเรียกชั้น3 ก่อนกด เรียกชั้น2
3	⇑				
	⇓	@	@	1	
2	⇑				
	⇓	@	@	2	
1	⇑				

เมื่อ ⇑ แทนการเรียกขึ้น

⇓ แทนการเรียกลง

@ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเรียกขึ้น-ลง

ตารางที่ 4-5 ผลการทดสอบการเรียกลงเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 4

4.1.2.2 ทดสอบการเรียกลง เมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น3

สวิตช์กดเรียก		ชั้นที่มีการเรียก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
ชั้น	ขึ้น-ลง		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
4	⇓	@	@	1	กดเรียกชั้น4 ก่อนกด เรียกชั้น2
3	⇑				
	⇓				
2	⇑				
	⇓	@	@	2	
1	⇑				

เมื่อ ⇑ แทนการเรียกขึ้น

⇓ แทนการเรียกลง

@ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเรียกขึ้น-ลง

ตารางที่ 4-6 ผลการทดสอบการเรียกลงเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.3 ทดสอบการเรียกลง เมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น2

สวิตช์กดเรียก		ชั้นที่มีการเรียก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
ชั้น	ขึ้น-ลง		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
4	⇓	@	@	1	กดเรียกชั้น4 ก่อนกด เรียกชั้น3
3	⇑				
	⇓	@	@	2	
2	⇑				
	⇓				
1	⇑				

เมื่อ ⇑ แทนการเรียกขึ้น

⇓ แทนการเรียกลง

@ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเรียกขึ้น-ลง

ตารางที่ 4-7 ผลการทดสอบการเรียกลงเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 2

4.1.2.4 ทดสอบการเรียกลง เมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น1

สวิตช์กดเรียก		ชั้นที่มีการเรียก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
ชั้น	ขึ้น-ลง		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
4	⇓	@	@	1	กดเรียกชั้น4 ก่อนกด เรียกชั้น3,2
3	⇑				
	⇓	@	@	2	
2	⇑				
	⇓	@	@	3	
1	⇑				

เมื่อ ⇑ แทนการเรียกขึ้น

⇓ แทนการเรียกลง

@ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเรียกขึ้น-ลง

ตารางที่ 4-8 ผลการทดสอบการเรียกลงเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ทดสอบการเรียกขึ้นและลงรวมกัน

4.1.3.1 ทดสอบการเรียกขึ้นและลงรวมกัน เมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น1

สวิตช์กดเรียก		ชั้นที่มีการเรียก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
ชั้น	ขึ้น-ลง		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
4	⇓	@	@	3	กดเรียกชั้น2 ก่อนกด เรียกชั้น3,4
3	⇑	@	@	2	
	⇓	@	@	4	
2	⇑	@	@	1	
	⇓	@	@	5	
1	⇑				

เมื่อ ⇑ แทนการเรียกขึ้น

⇓ แทนการเรียกลง

@ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเรียกขึ้น-ลง

ตารางที่ 4-9 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นและลงรวมกันเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์อยู่ที่ชั้น 1

4.1.3.2 ทดสอบการเรียกขึ้นและลงรวมกัน เมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น2

สวิตช์กดเรียก		ชั้นที่มีการเรียก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
ชั้น	ขึ้น-ลง		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
4	⇓	@	@	2	กดเรียกชั้น 3,4ก่อนกด เรียกชั้น1
3	⇑	@	@	1	
	⇓	@	@	3	
2	⇑				
	⇓				
1	⇑	@	@	4	

เมื่อ ⇑ แทนการเรียกขึ้น

⇓ แทนการเรียกลง

@ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเรียกขึ้น-ลง

ตารางที่ 4-10 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นและลงรวมกันเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์อยู่ที่ชั้น 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.3 ทดสอบการเรียกขึ้นและลงรวมกัน เมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น3

สวิตช์กดเรียก		ชั้นที่มีการเรียก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
ชั้น	ขึ้น-ลง		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
4	⇓	@	@	1	กดเรียกชั้น4 ก่อนกด เรียกชั้น1,2
3	⇑				
	⇓				
2	⇑	@	@	4	
	⇓	@	@	2	
1	⇑	@	@	3	

เมื่อ ⇑ แทนการเรียกขึ้น

⇓ แทนการเรียกลง

@ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเรียกขึ้น-ลง

ตารางที่ 4-11 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นและลงรวมกันเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์อยู่ที่ชั้น 3

4.1.3.4 ทดสอบการเรียกขึ้น เมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น4

สวิตช์กดเรียก		ชั้นที่มีการเรียก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
ชั้น	ขึ้น-ลง		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
4	⇓				กดเรียกชั้น3 ก่อนกด เรียกชั้น2,1
3	⇑	@	@	5	
	⇓	@	@	1	
2	⇑	@	@	4	
	⇓	@	@	2	
1	⇑	@	@	3	

เมื่อ ⇑ แทนการเรียกขึ้น

⇓ แทนการเรียกลง

@ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเรียกขึ้น-ลง

ตารางที่ 4-12 ผลการทดสอบการเรียกขึ้นและลงรวมกันเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์อยู่ที่ชั้น 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ทดสอบฟังก์ชันการเลือกชั้น

แบ่งการทดสอบตามสภาวะเริ่มต้นได้ดังนี้

1. ทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้นที่1
2. ทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้นที่2
3. ทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้นที่3
4. ทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้นที่4

4.2.1 ทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้นที่1

ชั้นที่	ชั้นที่เลือก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
1				กดเลือกชั้นที่2 ก่อนชั้นที่3,4
2	@	@	1	
3	@	@	2	
4	@	@	3	

เมื่อ @ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเลือกชั้น

ตารางที่ 4-13 ผลการทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 1

4.2.2 ทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้นที่2

ชั้นที่	ชั้นที่เลือก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
1	@	@	1	กดเลือกชั้นที่1 ก่อนชั้นที่3,4
2				
3	@	@	2	
4	@	@	3	

เมื่อ @ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเลือกชั้น

ตารางที่ 4-14 ผลการทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้นที่3

ชั้นที่	ชั้นที่เลือก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
1	@	@	3	กดเลือกชั้นที่4 ก่อนชั้นที่2,1
2	@	@	2	
3				
4	@	@	1	

เมื่อ @ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเลือกชั้น

ตารางที่ 4-15 ผลการทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 3

4.2.4 ทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้นที่4

ชั้นที่	ชั้นที่เลือก	ผลการทดสอบ		หมายเหตุ
		ชั้นที่ลิฟต์จอด	ลำดับที่ลิฟต์จอด	
1	@	@	3	กดเลือกชั้นที่3 ก่อนชั้นที่2,1
2	@	@	2	
3	@	@	1	
4				

เมื่อ @ แทนชั้นที่ลิฟต์มีการทำงานตามฟังก์ชันการเลือกชั้น

ตารางที่ 4-16 ผลการทดสอบการเลือกชั้นเมื่อสภาวะเริ่มต้นให้ลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของลิฟต์ต้นแบบกับมอเตอร์

4.3.1 ผลการทดสอบหากำลังไฟฟ้าที่ปั๊มลมใช้เมื่อปั๊มลมเข้าถังจนเต็ม 1 ครั้ง

ครั้งที่	พลังงานไฟฟ้าที่ปั๊มลมใช้ (W.- h.)
1	16.75
2	16.50
3	16.50
4	16.00
5	16.50
เฉลี่ย	16.45

ตารางที่ 4-17 การหาค่าผลเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการปั๊มลมเต็ม 1 ครั้ง

4.3.2 ผลการทดสอบหาจำนวนครั้งที่ลิฟต์เลื่อนขึ้นถึงชั้นต่างๆเมื่อรับน้ำหนักขนาดต่างๆ

น้ำหนัก (kg.)	ชั้น 1 ถึง 2	ชั้น 1 ถึง 3	ชั้น 1 ถึง 4
1	4.5	2.5	1.5
3	4.5	2.5	1.5
5	4.5	2.5	1.5
7	4.5	2.5	1.5
9	4.5	2.5	1
11	4.5	2.5	1
13	4.5	2.5	1
15	4.5	2	1
17	4.5	2	1
19	4.5	2	1
21	4	2	1
23	4	2	1
25	4	2	1

ตารางที่ 4-18 แสดงจำนวนครั้งที่ลิฟต์ขึ้นถึงชั้นต่างๆได้ต่อการปั๊มลมเต็ม 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ผลการทดสอบหาพลังงานไฟฟ้าที่ปั๊มลมใช้เมื่อลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 4 ที่น้ำหนักขนาดต่างๆ

น้ำหนัก (kg.)	พลังงานไฟฟ้าที่ปั๊มลมใช้ (W.- h.)
1	16.50
3	16.63
5	16.70
7	16.77
9	16.85
11	16.95
13	17.02
15	17.09
17	17.15
19	17.22
21	17.34
23	17.40
25	17.48

ตารางที่ 4-19 พลังงานไฟฟ้าที่ปั๊มลมใช้เมื่อลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 4 ที่น้ำหนักขนาดต่างๆ

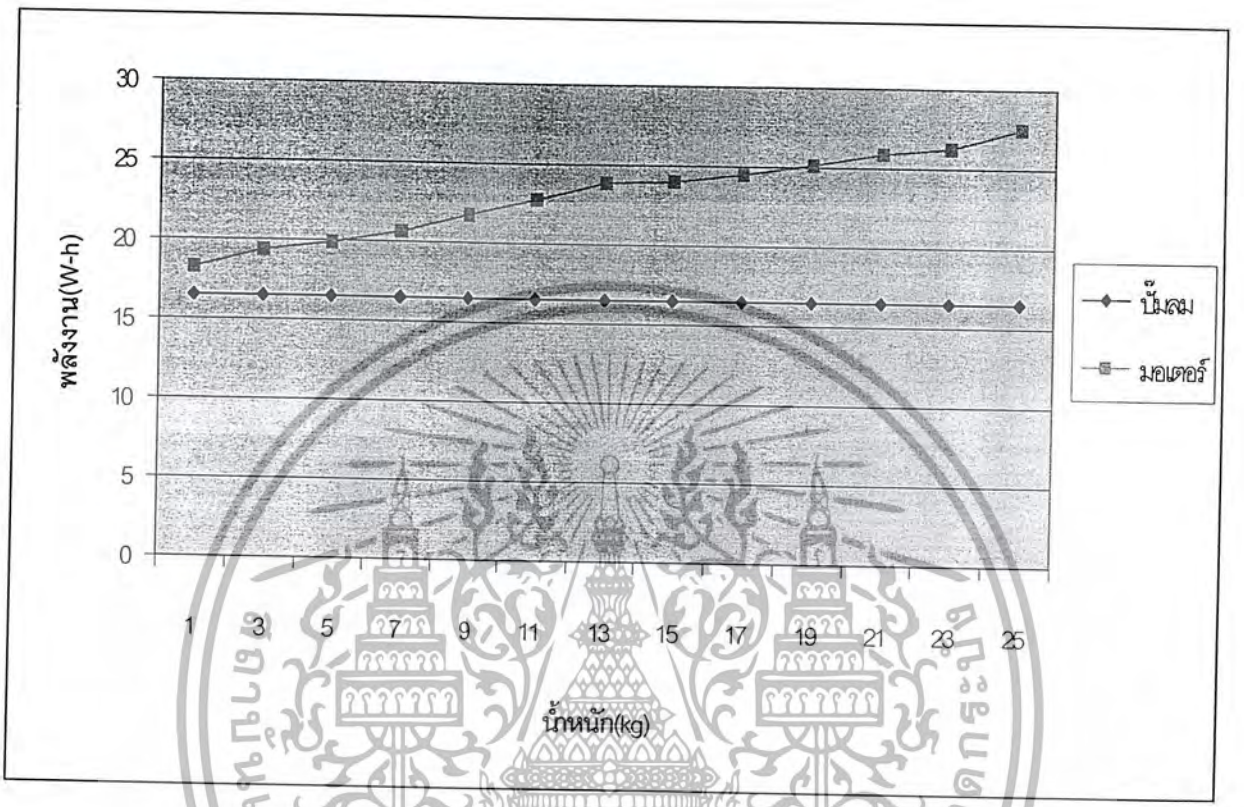
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ผลการทดสอบหากำลังไฟฟ้าและการคำนวณหาพลังงานที่มอเตอร์ใช้เมื่อทดสอบโหลดที่น้ำหนักขนาดต่างๆ

น้ำหนัก (kg.)	พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ยกน้ำหนักขึ้น (W.- h.)
1	18.21
3	19.32
5	19.86
7	20.59
9	21.78
11	22.69
13	23.82
15	24.01
17	24.56
19	25.12
21	25.87
23	26.31
25	27.54

ตารางที่ 4-20 พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการยกน้ำหนักขนาดต่างๆขึ้นสูงเท่ากับที่ลิฟต์ต้นแบบเลื่อนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-1 กราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างปั๊มลมกับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำผลการใช้พลังงานของปั๊มลมกับมอเตอร์จากกราฟรูปที่ 4-1 มาหาค่าเฉลี่ยของพลังงานไฟฟ้าแล้วเปรียบเทียบกันจะได้ผลดังนี้

น้ำหนัก (kg.)	พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ยกน้ำหนักขึ้น (W.- h.)	พลังงานไฟฟ้าที่ปั๊มลมใช้เมื่อปั๊มลมเต็ม 1 ครั้ง (W.- h.)	ผลต่างพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์กับปั๊มลมใช้ (W.- h.)
1	18.21	16.45	1.76
3	19.32	16.45	2.87
5	19.86	16.45	3.41
7	20.59	16.45	4.14
9	21.78	16.45	5.33
11	22.69	16.45	6.24
13	23.82	16.45	7.37
15	24.01	16.45	7.56
17	24.56	16.45	8.11
19	25.12	16.45	8.67
21	25.87	16.45	9.42
23	26.31	16.45	9.86
25	27.54	16.45	11.09

ตารางที่ 4-21 แสดงผลการคำนวณหาค่า%ผลต่างของพลังงานไฟฟ้าระหว่างมอเตอร์กับปั๊มลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลต่างพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์กับปั๊มลมใช้ (W.- h.)	เปอร์เซ็นต์ผลต่างพลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับพลังงานที่ปั๊มลมใช้ (%)
1.76	10.7
2.87	17.5
3.41	20.7
4.14	25.2
5.33	32.4
6.24	37.9
7.37	44.8
7.56	45.9
8.11	49.3
8.67	52.7
9.42	57.2
9.86	60
11.09	67.4
เฉลี่ย	40.13

ตารางที่ 4-22 การคำนวณหาผลเฉลี่ยของ % ผลต่างพลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับพลังงานที่ปั๊มลมใช้

ผลเฉลี่ยของ % ผลต่างพลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับพลังงานที่ปั๊มลมใช้ หาจากการเฉลี่ยค่าเปอร์เซนต์ผลต่างของพลังงานไฟฟ้าจากตารางที่ 4-21 ได้ประมาณ 40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์และสรุปผล

5.1 การทำงานของลิฟต์

ลิฟต์ต้นแบบที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ดีในระดับหนึ่ง กล่าวคือสามารถเลื่อนขึ้นลงได้ถูกต้องตามเงื่อนไขการกดเรียกลิฟต์และการกดเลือกชั้น และจุดเด่นของลิฟต์ที่ใช้แรงดันลมนี้จะมีข้อที่ดีกว่าในเรื่องของความประหยัดพลังงานซึ่งสิ่งหนึ่งที่เห็นได้ชัดเจน คือลดการสตาร์ทและสต๊อปของมอเตอร์ลงได้ รวมถึงการทำงานของลิฟต์ที่ใช้แรงดันลมจะใช้พลังงานในการปั๊มลมเข้าถุงลมขณะที่ลิฟต์ขึ้นเท่านั้นเพราะลิฟต์สามารถเลื่อนลงเองได้โดยพลังงานศักย์ที่สะสมอยู่ในลิฟต์โดยการปล่อยลมออกมา แต่การทำงานของลิฟต์ยังไม่สมบูรณ์ทั้งหมด เพราะยังมีปัญหาที่พบอยู่ได้แก่

1. ปัญหาการเอียงของห้องโดยสารลิฟต์เนื่องจากความไม่สมดุลย์ของน้ำหนัก คือถ้าวางน้ำหนักไม่ตรงกึ่งกลางจะทำให้ห้องโดยสารเอียงแล้วทำให้ลิมิตสวิตช์ที่เป็นตัวบอกตำแหน่งชั้นไม่ทำงานได้ในบางครั้ง เพราะห้องโดยสารของลิฟต์เอียงจึงไม่สัมผัสกับลิมิตสวิตช์ ทำให้การทำงานของโปรแกรมควบคุมเกิดผิดพลาดการทำงานของลิฟต์ก็ผิดพลาดไปด้วย

2. ปัญหาการเลื่อนลงของลิฟต์ที่ช้ามาก เนื่องจากวาล์วลมที่ทำหน้าที่ปล่อยลมออกจากถุงลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูระบายเล็กเกินไป แรงดันลมระบายออกได้ช้า ถึงแม้ว่าจะได้เพิ่มวาล์วปล่อยลมออกเป็นสองตัวแล้วก็ตาม แต่ก็ช่วยไม่ได้มาก ลิฟต์ก็ยังคงเคลื่อนที่ลงได้ช้าอยู่ และความเร็วลิฟต์ที่เคลื่อนที่ลงจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่กดลงบนถุงลม ความเร็วลิฟต์ลงจึงไม่คงที่

3. ปัญหาการเคลื่อนที่ลงไม่ราบรื่นของห้องโดยสาร เนื่องจากเกิดความฝืดของส่วนที่เป็นตัวประคองลิฟต์ทำให้เวลาลิฟต์เคลื่อนที่ลงจะเกิดการกระตุกเป็นช่วงๆ

4. ปัญหาการพองขึ้นของถุงลมเมื่อมีการเอาน้ำหนักบรรทุกออกและยุบตัวลงเมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุก ทำให้ห้องโดยสารไม่ตรงกับตำแหน่งชั้นและลิมิตสวิตช์ทำให้การทำงานของลิฟต์ผิดพลาดไป

5. จากการทดสอบลิฟต์ต้นแบบในการยกน้ำหนักเลื่อนขึ้น-ลงพบว่าสามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 35 กิโลกรัมซึ่งไม่ถึง 40 กิโลกรัมตามที่คำนวณไว้เนื่องจากข้อจำกัดการรับแรงดันลมของยางที่ใช้ทำถุงลมเพราะเมื่อใส่น้ำหนักมากเกินพิกัดความทนของเนื้อยาง ยางอาจแตกได้

5.2 โปรแกรมควบคุม

ในส่วนของโปรแกรมควบคุมนั้นสามารถทำงานได้ดีแล้ว โดยจากการทดสอบพบว่า ไม่ว่าจะเป็นการกดเรียกลิฟต์หรือการกดเลือกชั้น ลิฟต์ก็สามารถทำงานตามเงื่อนไขต่างๆได้ถูกต้องเหมือนลิฟต์โดยสารจริง คือถ้ากดสวิตช์ต้องการขึ้นและลิฟต์กำลังเคลื่อนที่ขึ้น ลิฟต์ก็จะหยุดรับผู้โดยสารตรงชั้นที่กดสวิตช์เรียก แต่ถ้าลิฟต์กำลังเคลื่อนที่ลงอยู่ ก็จะไม่เปิดประตูรับผู้โดยสาร ในทำนองเดียวกัน ถ้ากดสวิตช์ต้องการลงและลิฟต์กำลังเคลื่อนที่ลงอยู่ ลิฟต์ก็จะหยุดและเปิดประตูรับผู้โดยสาร แต่ถ้าลิฟต์กำลังเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ขึ้นอยู่ ก็จะไม่เปิดประตูรับ ซึ่งทำให้ผู้โดยสารไม่เสียเวลาในการเดินทางและเป็นการประหยัดพลังงาน ตลอดจนทำให้การใช้ลิฟต์เป็นไปอย่างมีระเบียบและรวดเร็ว

5.3 การทดสอบกำลังไฟฟ้า

จากกราฟรูปที่ 4-1 เป็นการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่าลิฟต์ต้นแบบมีการใช้พลังงานน้อยกว่าที่มอเตอร์ใช้ค่อนข้างมากเมื่อรับภาระน้ำหนักขนาดเท่ากัน เนื่องจากลิฟต์ต้นแบบมีข้อได้เปรียบตรงที่ปั๊มลมจะทำงานเฉพาะเมื่อลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นเท่านั้น เมื่อลิฟต์เคลื่อนที่ลง ปั๊มลมจะไม่ทำงานเพราะใช้การปล่อยลมออกจากถุงลม ปั๊มลมจึงไม่ต้องใช้กำลังไฟฟ้า แต่ลิฟต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าต้องใช้กำลังไฟฟ้าทั้งตอนเคลื่อนที่ขึ้นและลง นอกจากนี้การลดการสตาร์ทและสต๊อปของมอเตอร์ยังมีส่วนช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อีกด้วย และเมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ผลต่างของการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์เปรียบเทียบกับปั๊มลมพบว่าลิฟต์ต้นแบบมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่ามอเตอร์เฉลี่ยประมาณ 40 %

5.4 แนวทางการแก้ไขและพัฒนา

จากข้อบกพร่องต่างๆที่พบสามารถหาแนวทางการแก้ไขได้คือ สำหรับปัญหาการเอียงของห้องโดยสารลิฟต์และความฝืดตอนเคลื่อนที่ลงแก้ไขโดยปรับปรุงระบบตัวประคองลิฟต์ให้ดีขึ้นและเคลื่อนที่ขึ้น ลงได้คล่องตัวมากขึ้น อาจนำระบบลูกปืนกับรางเข้ามาใช้แทน ส่วนปัญหาการเคลื่อนที่ลงได้ช้าสามารถแก้ไขโดยใช้วาล์วปล่อยลมออกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูระบายใหญ่ขึ้นและใช้สาย PU ขนาดใหญ่ขึ้น สำหรับปัญหาการพองขึ้นของถุงลมเมื่อมีการเอาน้ำหนักบรรทุกออกและยุบตัวลงเมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกก็สามารถแก้โดยจัดทำชุดตัวล็อกห้องโดยสารเมื่อลิฟต์หยุดที่แต่ละชั้น และโดยทั่วไปแล้วห้องโดยสารลิฟต์จะมีน้ำหนักมากกว่าน้ำหนักบรรทุกอยู่แล้ว น้ำหนักบรรทุกจึงถือว่าเป็นโหลดที่น้อยที่เพิ่มเข้ามาหรือลดลงเมื่อเทียบกับน้ำหนักห้องโดยสาร การยุบลงและพองขึ้นของถุงลมจึงน่าจะน้อยลง ปัญหานี้จึงน่าจะน้อยลงเมื่อมีการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง ส่วนการรับน้ำหนักที่มากขึ้นต้องปรับปรุงตัวถุงลมให้รับแรงดันลมได้มากขึ้นสามารถรับน้ำหนักกดได้มากขึ้น

สำหรับแนวทางการพัฒนาต่อนั้นลิฟต์ที่เคลื่อนที่ด้วยถุงลมนั้นมีแนวโน้มว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้จริงโดยต้องพัฒนาและปรับปรุงวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ให้ดีขึ้นและเหมาะสมกับการใช้งานและที่สำคัญคือต้องมีความปลอดภัยสูงด้วยเช่นพัฒนาถุงลมและระบบจ่ายลมเข้าและปล่อยลมออกใหม่ให้มีประสิทธิภาพและความเชื่อถือได้สูง พัฒนาระบบป้องกันความปลอดภัยเพิ่ม โดยในระยะแรกอาจพัฒนาให้เป็นลิฟต์สำหรับใช้ขนส่งสิ่งของก่อนเนื่องจากข้อดีที่รับน้ำหนักได้มากและประหยัดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ทศพร มีบุศย์, การประยุกต์ใช้งาน PLC กับระบบควบคุมลิฟต์, สจพ., ปริญญานิพนธ์ ปี 2537

[2] ระวี ปุยะกุล, การพัฒนาชุดจำลองสถานการณ์การทำงานของลิฟต์ ควบคุมด้วย PLC แสดงผลทางคอมพิวเตอร์, สจพ., ปริญญานิพนธ์ ปี 2541

[3] ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, ระบบPLC, สมาคมสงเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), พิมพ์ครั้งที่ 6, พฤษภาคม 2545

[4] รศ.ดร.พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ,เทคนิคการซ่อมแซม เลือกประเภทและติดตั้งมอเตอร์เหนี่ยวนำ,บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน),2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลอุปกรณ์ที่ในการทดลอง

MOTOR

3 – Phase induction motor with rotor cage

Power rating : 3 Hp.

Rated voltage : Δ/Y, 220/380 V.

Rated current : 8.0/4.6 A.

Rated speed : 1435 rpm.

No. of poles : 4

Frequency : 50 Hz.

Stator slot : 36

Rotor slot : 44

PWM INVERTER

Output waveform asynchronous SPWM

Switching frequency at 2.9 kHz., Maximum motor size 5.5 kW.

PLC

OMRON TRAINING KIT

SYSMAC 28H

16 Input , 12 Output

220 V AC.

Input/Output Signal 24 V. DC.

SOLENOID VALVE

- SMC VP 542

  Pressure 0.2-0.8 Mpa.

  24 V. DC.

- CKD AB21-02-2

  Pressure 0.6 Mpa.

  24V. DC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

Mnemonic Code ควบคุมการทำงานของลิฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NETWORK 1

LD	000.01
LD	001.01
AND NOT	000.02
AND NOT	000.03
AND NOT	000.04
OR LD	
OUT	001.01

NETWORK 2

LD	000.02
LD	001.02
AND NOT	000.01
AND NOT	000.03
AND NOT	000.04
OR LD	
OUT	001.02

NETWORK 3

LD	000.03
LD	001.03
AND NOT	000.01
AND NOT	000.02
AND NOT	000.04
OR LD	
OUT	001.03

NETWORK 4

LD	000.04
LD	001.04
AND NOT	000.01
AND NOT	000.02
AND NOT	000.03
OR LD	
OUT	001.04

NETWORK 5

LD	000.05
LD	002.01
AND NOT	000.01
OR LD	
OUT	002.01

NETWORK 6

LD	000.05
LD	004.01
AND NOT	005.01
OR LD	
OUT	004.01
AND	000.01
OUT	006.01
TIM 031	#0030

NETWORK 7

LD	TIM031
OUT	005.01

NETWORK 8

LD	000.06
LD NOT	000.02
OR	003.02
AND	002.02
OR LD	
OUT	002.02

NETWORK 9

LD	000.06
LD	004.02
AND NOT	005.02
OR LD	
OUT	004.02
AND	000.02
AND NOT	003.02
OUT	006.02
TIM 032	#0030

NETWORK 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LD TIM032

OUT 005.02

NETWORK 11

LD 000.07

LD NOT 000.02

OR 003.01

AND 002.03

OR LD

OUT 002.03

NETWORK 12

LD 000.07

LD 004.03

AND NOT 005.03

OR LD

OUT 004.03

AND 000.02

AND NOT 003.01

OUT 006.03

TIM 033 #0030

NETWORK 13

LD TIM033

OUT 005.03

NETWORK 14

LD 000.08

LD NOT 000.03

OR 003.02

AND 002.04

OR LD

OUT 002.04

NETWORK 15

LD 000.08

LD 004.04

AND NOT 005.04

OR LD

OUT 004.04

AND 000.03

AND NOT 003.02

OUT 006.04

TIM 034 #0030

NETWORK 16

LD TIM034

OUT 005.04

NETWORK 17

LD 000.09

LD NOT 000.03

OR 003.01

AND 002.05

OR LD

OUT 002.05

NETWORK 18

LD 000.09

LD 004.05

AND NOT 005.05

OR LD

OUT 004.05

AND 000.03

AND NOT 003.01

OUT 006.05

TIM 035 #0030

NETWORK 19

LD TIM035

OUT 005.05

NETWORK 20

LD 000.10

LD 002.06

AND NOT 000.04

OR LD

OUT 002.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NETWORK 21

LD		000.10
LD		004.06
AND NOT		005.06
OR LD		
OUT		004.06
AND		000.04
OUT		006.06
TIM	036	#0030

NETWORK 22

LD	TIM036
OUT	005.06

NETWORK 23

LD	000.11
LD	002.07
AND NOT	000.01
OR LD	
OUT	002.07

NETWORK 24

LD	000.11
LD	004.07
AND NOT	005.07
OR LD	
OUT	004.07
AND	000.01
OUT	006.07
TIM 037	#0030

NETWORK 25

LD	TIM037
OUT	005.07

NETWORK 26

LD	000.12
LD	002.08
AND NOT	000.02
OR LD	
OUT	002.08

NETWORK 27

LD	000.12
LD	004.08
AND NOT	005.08
OR LD	
OUT	004.08
AND	000.02
OUT	006.08
TIM 038	#0030

NETWORK28

LD	TIM038
OUT	005.08

NETWORK 29

LD	000.13
LD	002.09
AND NOT	000.03
OR LD	
OUT	002.09

NETWORK 30

LD	000.13
LD	004.09
AND NOT	005.09
OR LD	
OUT	004.09
AND	000.03
OUT	006.09
TIM 039	#0030

NETWORK 31

LD	TIM039
OUT	005.09

NETWORK 32

LD	000.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD          002.10
AND NOT     000.04
OR LD
OUT         002.10
NETWORK 33
LD          000.14
LD          004.10
AND NOT     005.10
OR LD
OUT         004.10
AND         000.04
OUT         006.10
TIM  040    #0030
NETWORK 34
LD          TIM040
OUT         005.10
NETWORK 35
LD          006.01
OR          006.02
OR          006.03
OR          006.04
OR          006.05
OR          006.06
OR          006.07
OR          006.08
OR          006.09
OR          006.10
OUT         003.15
NETWORK 36
LD          001.01
LD          004.02
OR          004.03
OR          004.04
OR          004.05
OR          004.06
OR          004.08
OR          004.09
OR          004.10
AND LD
LD          001.02
LD          004.02
OR          004.04
OR          004.05
OR          004.06
OR          004.09
OR          004.10
AND LD
OR LD
LD          001.03
LD          004.04
OR          004.06
OR          004.10
AND LD
OR LD
AND NOT     003.02
OUT         003.01
NETWORK 37
LD          001.04
LD          004.01
OR          004.02
OR          004.03
OR          004.04
OR          004.05
OR          004.07
OR          004.08
OR          004.09
AND LD
LD          001.03
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

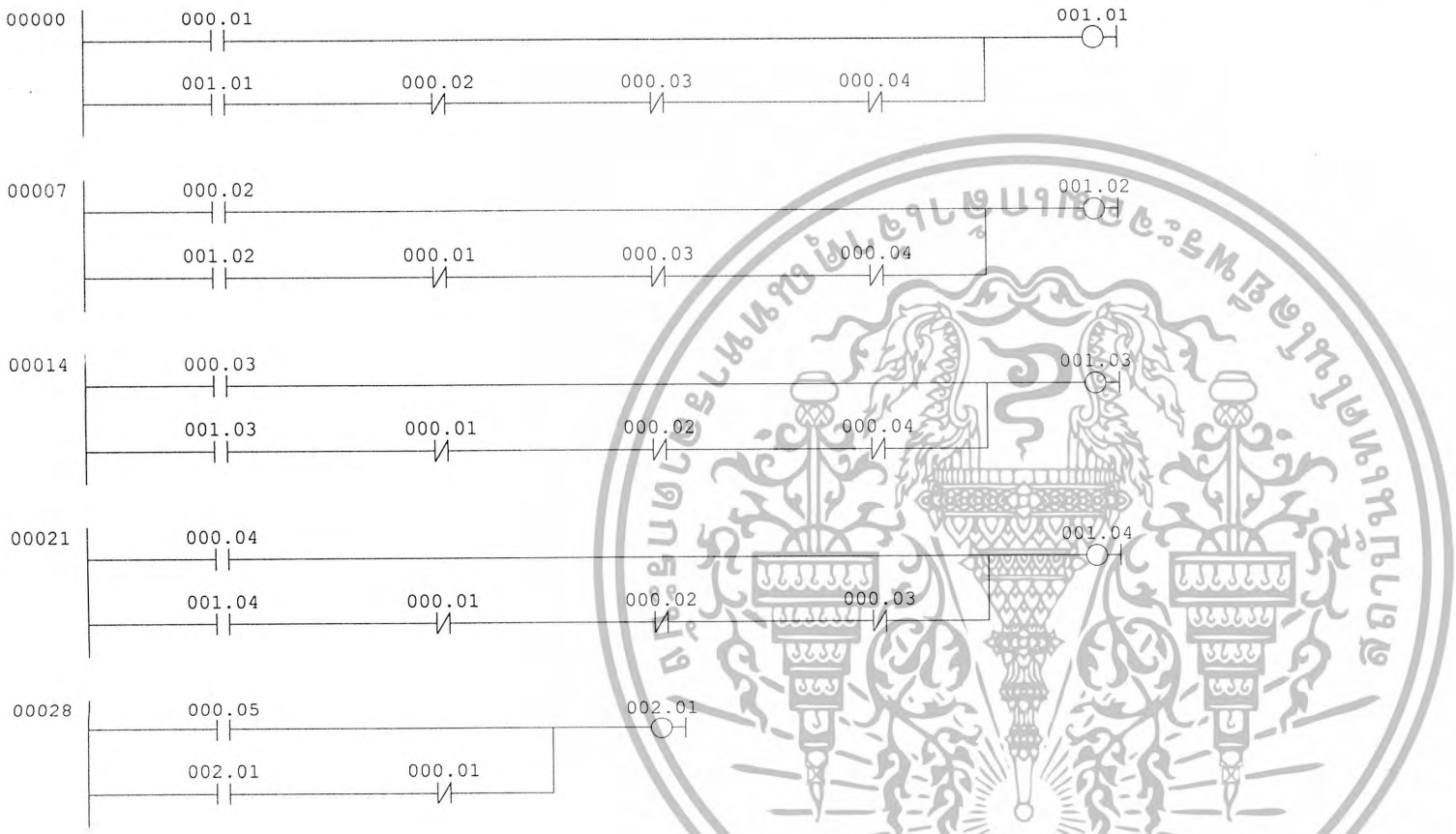
```
LD          004.01
OR          004.02
OR          004.03
OR          004.05
OR          004.07
OR          004.08
AND LD
OR LD
LD          001.02
LD          004.01
OR          004.03
OR          004.07
AND LD
OR LD
AND NOT     003.01
OUT         003.02
NETWORK 38
LD          003.01
AND NOT     003.15
OUT         002.00
NETWORK39
LD          003.02
AND NOT     003.15
OUT         002.11
NETWORK 40
END
```

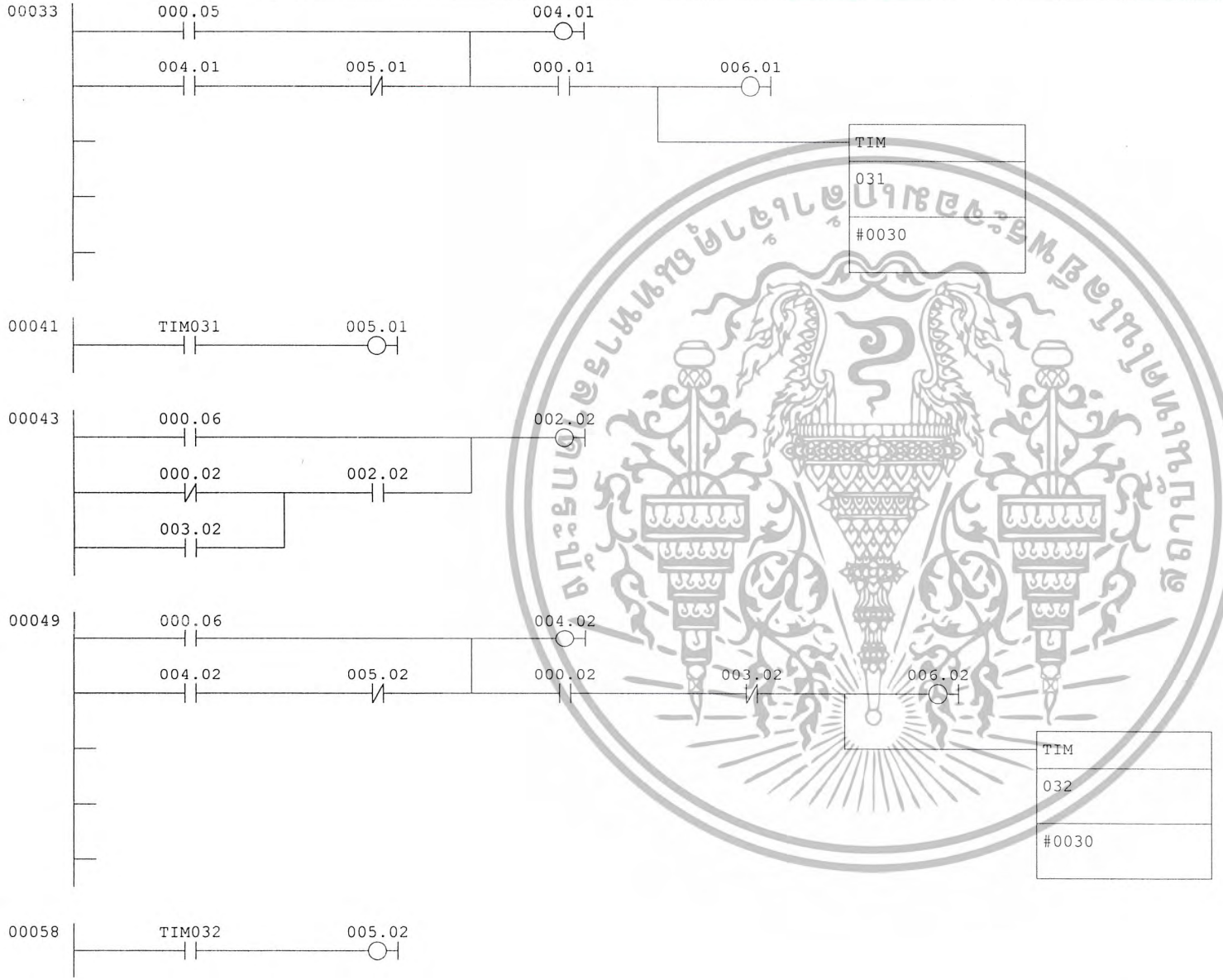
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

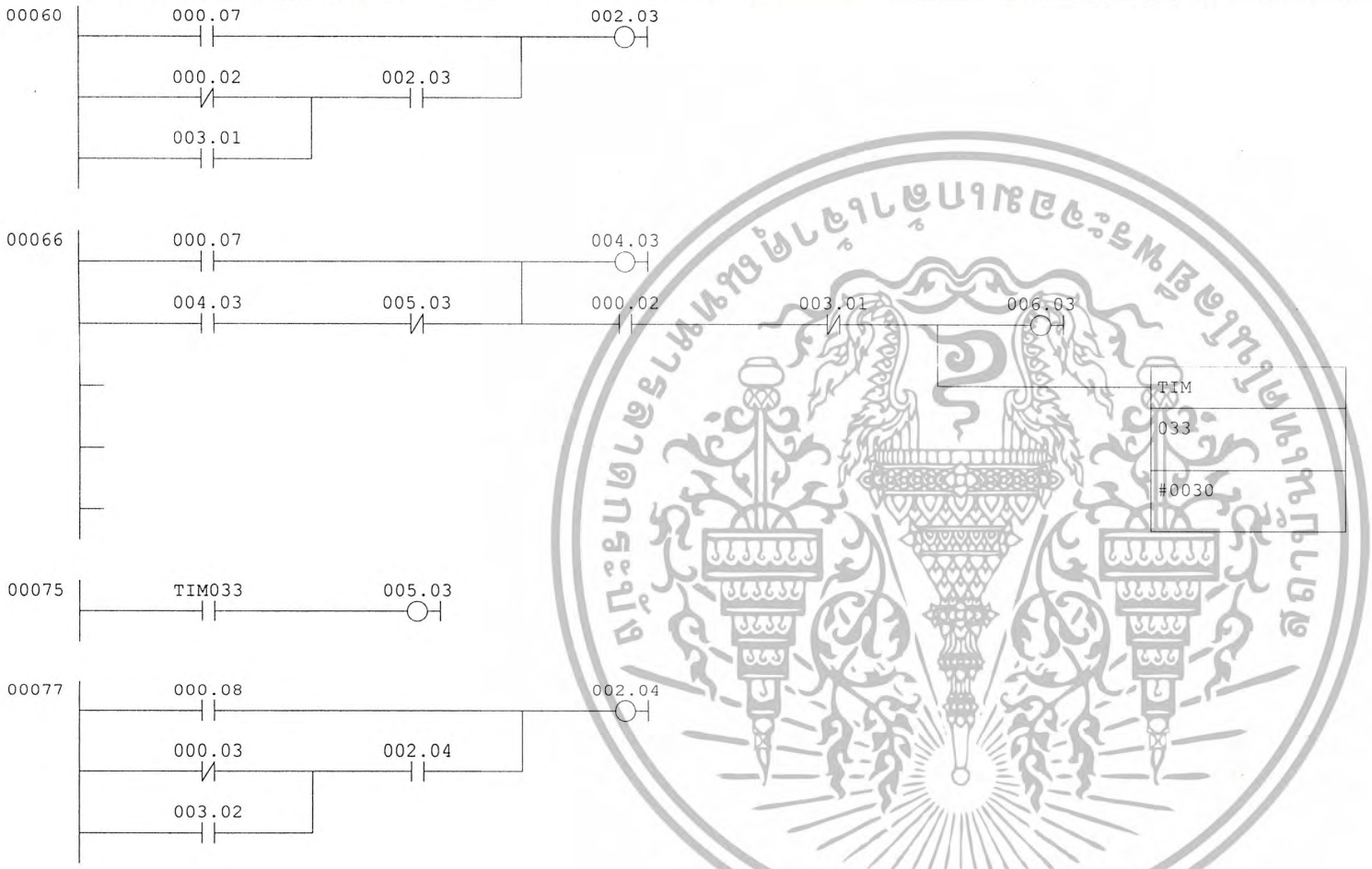
ภาคผนวก ค

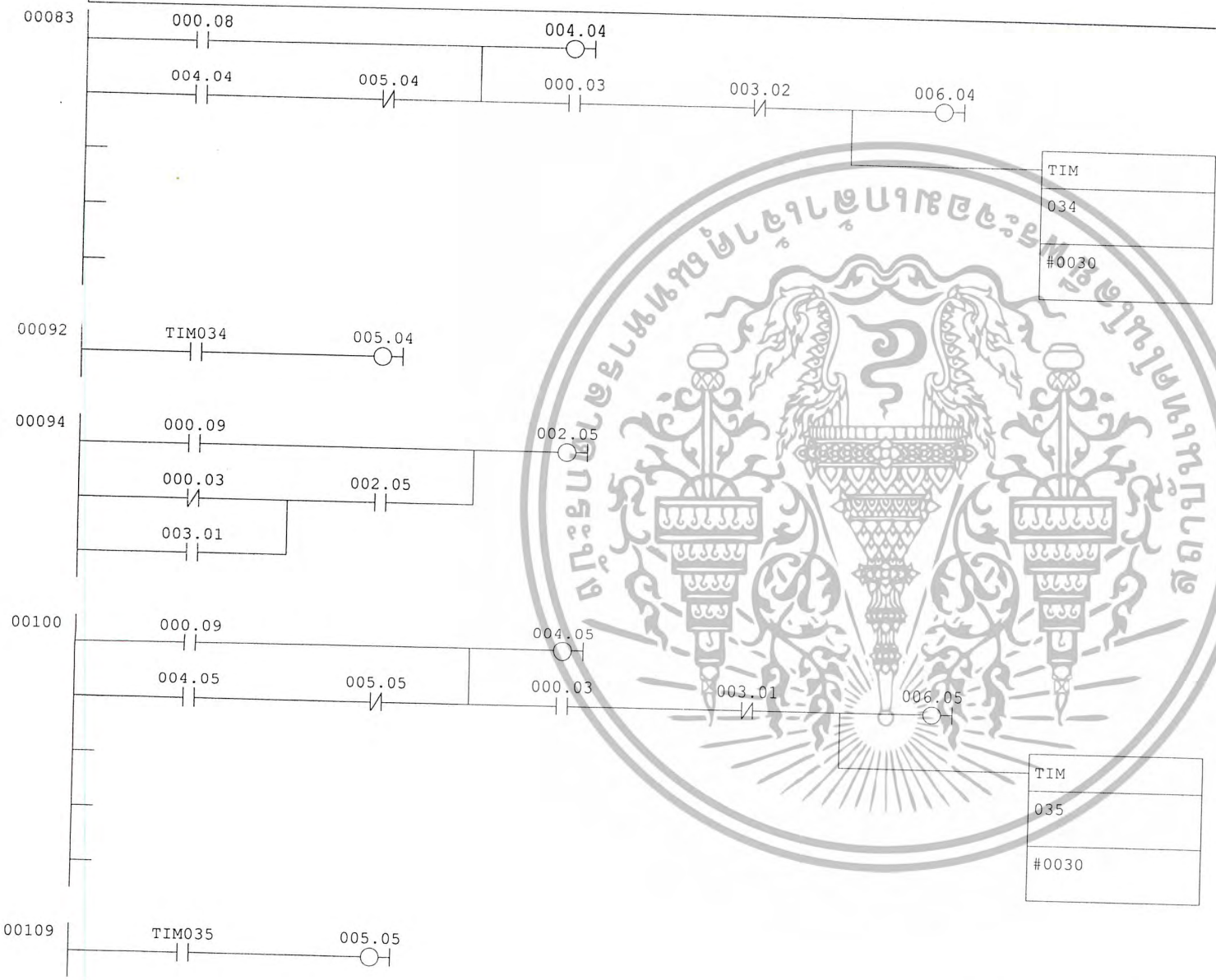
โปรแกรม LADDER ควบคุมการทำงานของลิฟต์

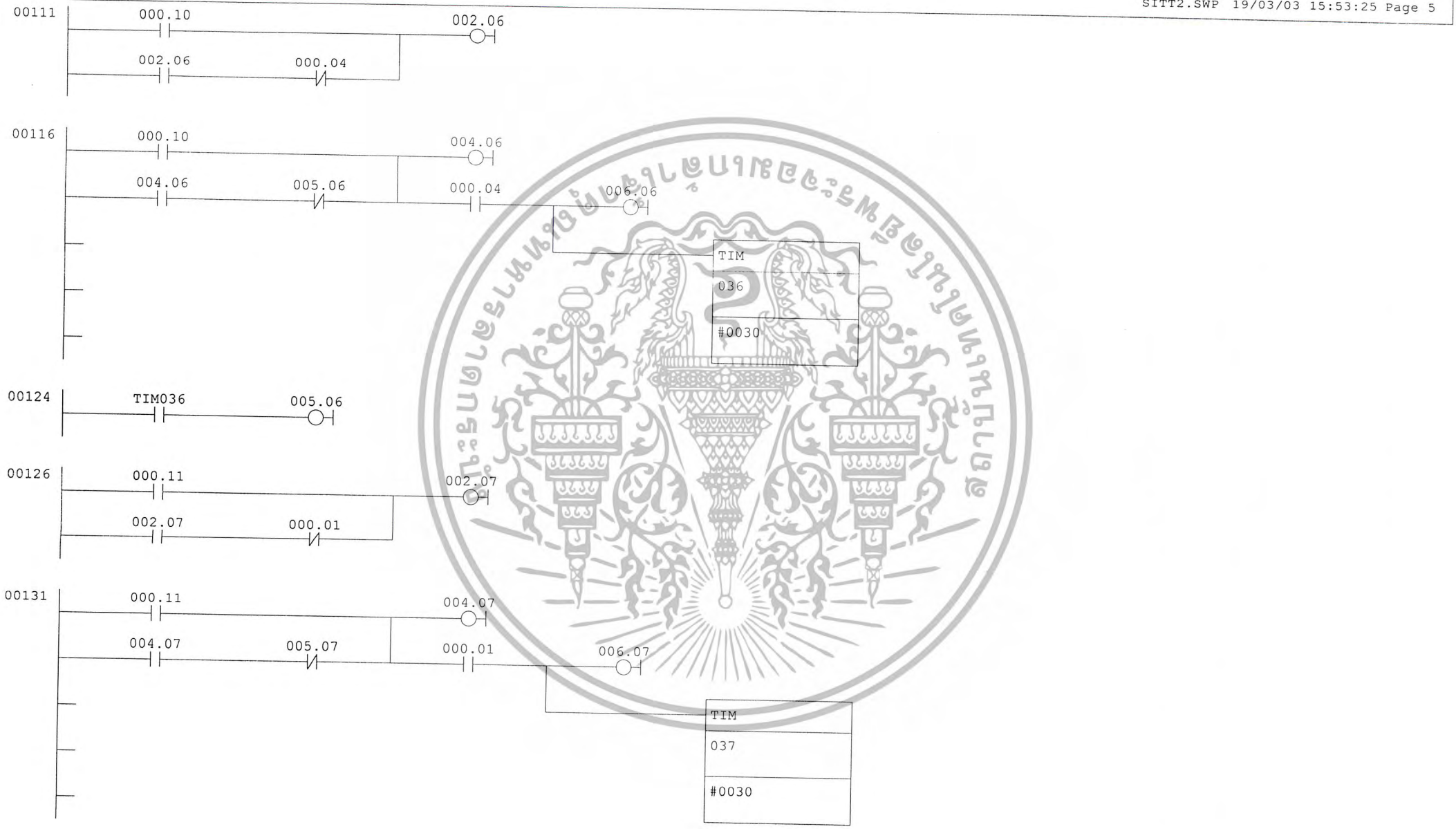
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

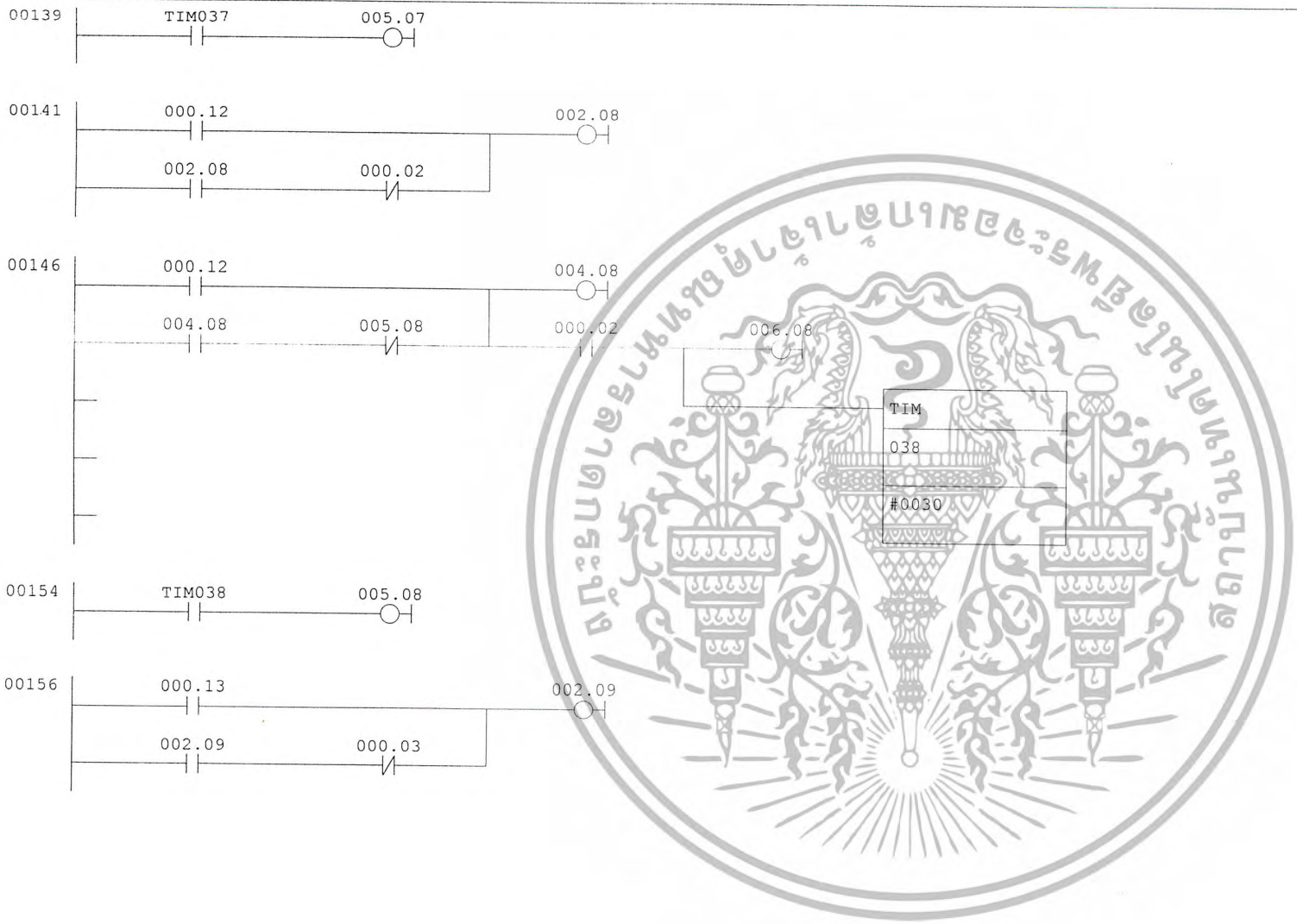

00000
000.01
001.01
001.01
000.02
000.03
000.04
00007
000.02
001.02
001.02
000.01
000.03
000.04
00014
000.03
001.03
001.03
000.01
000.02
000.04
00021
000.04
001.04
001.04
000.01
000.02
000.03
00028
000.05
002.01
002.01
000.01

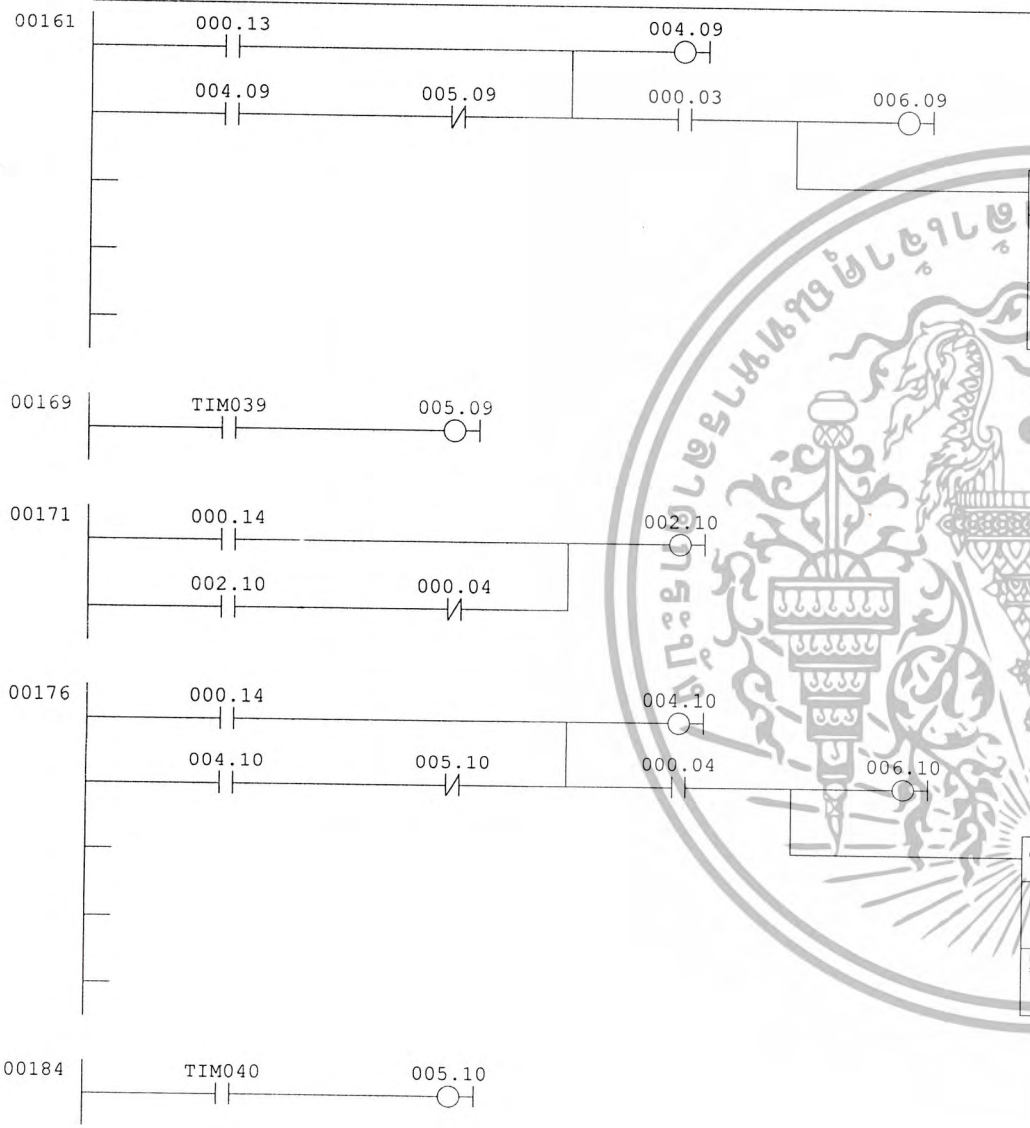

00033
000.05
004.01
004.01
005.01
000.01
006.01
TIM
031
#0030
00041
TIM031
005.01
00043
000.06
002.02
000.02
002.02
003.02
00049
000.06
004.02
004.02
005.02
000.02
003.02
006.02
TIM
032
#0030
00058
TIM032
005.02

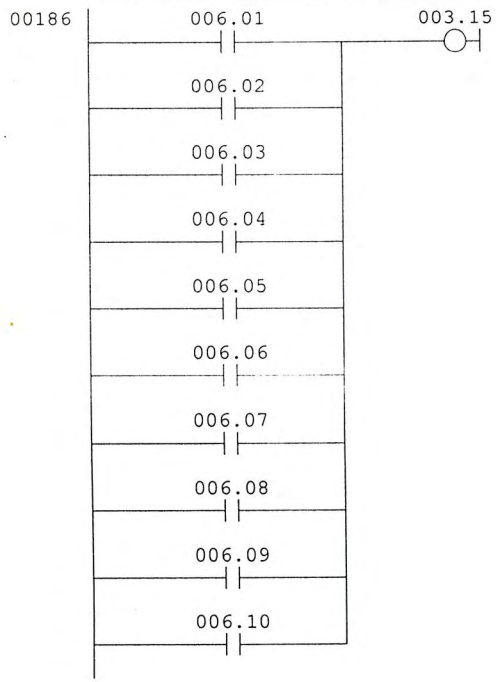

00060
000.07
002.03
000.02
002.03
003.01
00066
000.07
004.03
004.03
005.03
000.02
003.01
006.03
TIM
033
#0030
00075
TIM033
005.03
00077
000.08
002.04
000.03
002.04
003.02

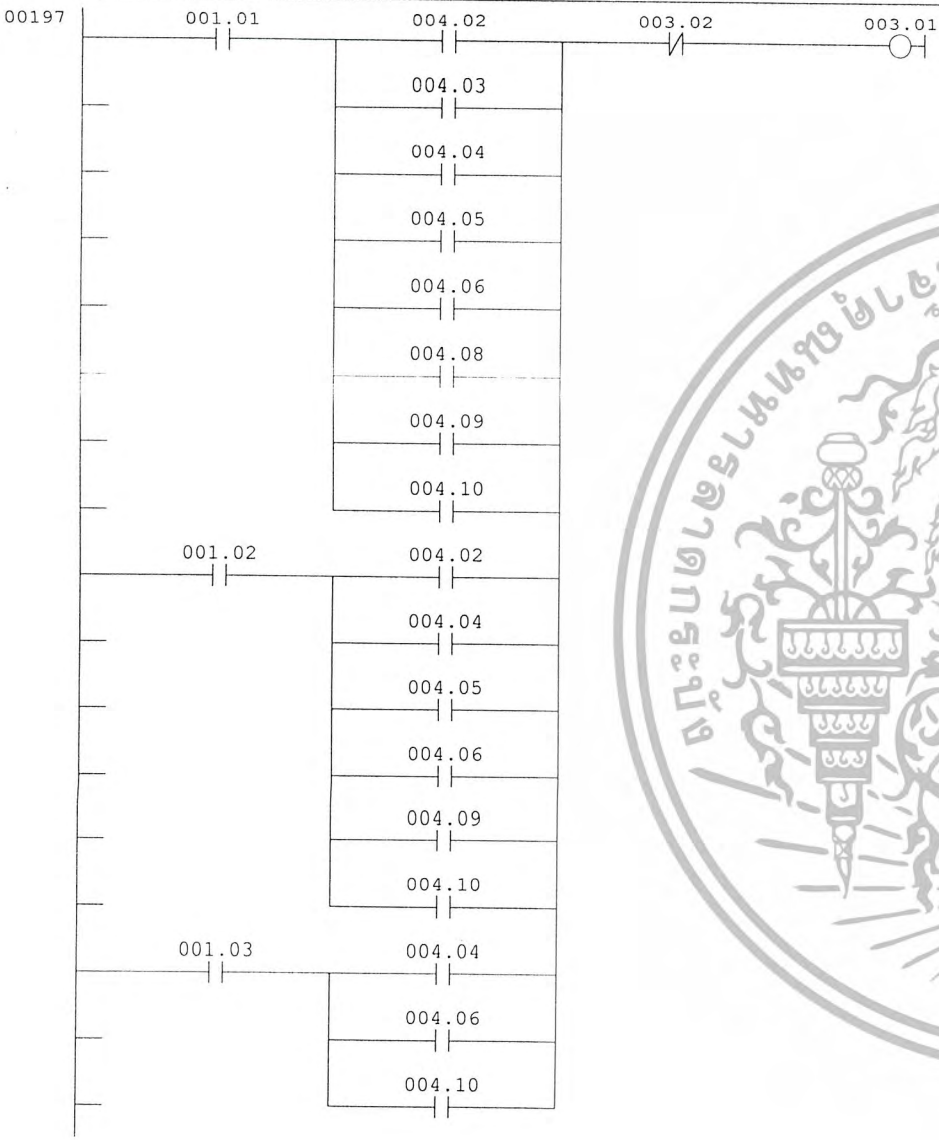

00083
000.08
004.04
004.04
005.04
000.03
003.02
006.04
TIM
034
#0030
00092
TIM034
005.04
00094
000.09
002.05
000.03
002.05
003.01
00100
000.09
004.05
004.05
005.05
000.03
003.01
006.05
TIM
035
#0030
00109
TIM035
005.05


00111
000.10
002.06
002.06
000.04
00116
000.10
004.06
004.06
005.06
000.04
006.06
TIM
036
#0030
00124
TIM036
005.06
00126
000.11
002.07
002.07
000.01
00131
000.11
004.07
004.07
005.07
000.01
006.07
TIM
037
#0030

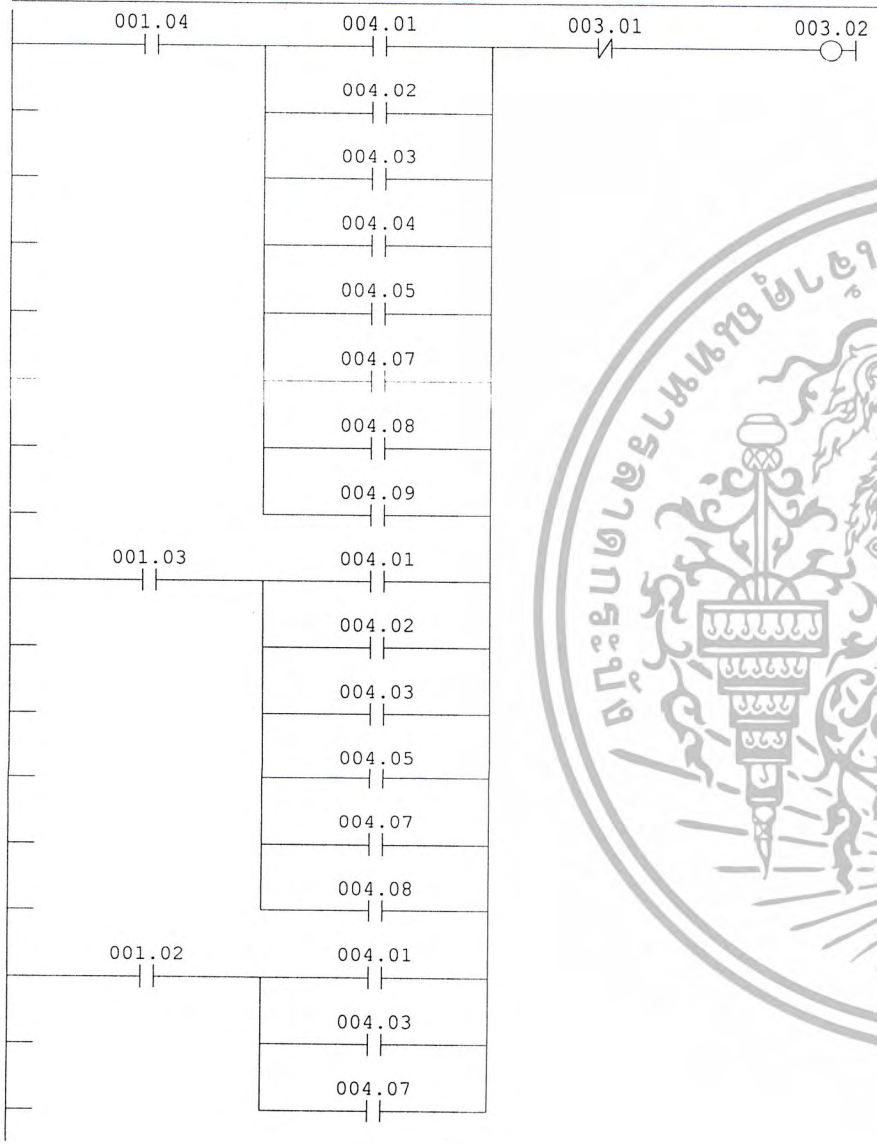

00139
TIM037
005.07
00141
000.12
002.08
002.08
000.02
00146
000.12
004.08
004.08
005.08
000.02
006.08
TIM
038
#0030
00154
TIM038
005.08
00156
000.13
002.09
002.09
000.03


00161
000.13
004.09
004.09
005.09
000.03
006.09
TIM
039
#0030
00169
TIM039
005.09
00171
000.14
002.10
002.10
000.04
00176
000.14
004.10
004.10
005.10
000.04
006.10
TIM
040
#0030
00184
TIM040
005.10

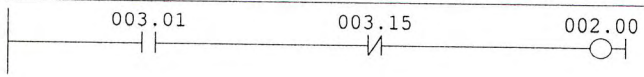

00186
006.01
003.15
006.02
006.03
006.04
006.05
006.06
006.07
006.08
006.09
006.10


00197
001.01
004.02
003.02
003.01
004.03
004.04
004.05
004.06
004.08
004.09
004.10
001.02
004.02
004.04
004.05
004.06
004.09
004.10
001.03
004.04
004.06
004.10

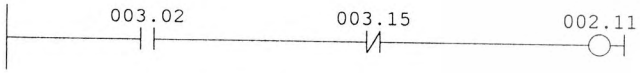
00224


001.04
004.01
003.01
003.02
004.02
004.03
004.04
004.05
004.07
004.08
004.09
001.03
004.01
004.02
004.03
004.05
004.07
004.08
001.02
004.01
004.03
004.07

00251



00254



00257