สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องดัดท่อ

PIPE BENDING MACHINE

นายณรงค์เดช เสียงอ่อน
นายพิทักษ์ สีปั้นพริ้ง
นายวรพล พานิชพงษ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61911
วัน,เดือน,ปี 24 ม.ค. 2549

ว.....
ส.....

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIPE BENDING MACHINE

NARONGDECH SEANGON

PITAK SRIPANPING

WORAPOL PANITCHAPONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINERRING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องดัดท่อ

PIPE BENDING MACHINE

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายณรงค์เดช เสียงอ่อน	รหัสประจำตัว	45015549
นายพิทักษ์ สีป้นพริ้ง	รหัสประจำตัว	45015514
นายวรพล พานิชพงษ์	รหัสประจำตัว	45015573

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2547

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ. สาท กำมูล อ.วิชัย ตันติจริยางกูร	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2548

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ. ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องดัดท่อ	
	PIPE BENDING MACHINE	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายณรงค์เดช	เสียงอ่อน
	นายพิทักษ์	สีปั้นพริ้ง
	นายวรพล	พานิชพงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.สาท	คำมูล
	อ.วิชัย	ตันติจริยางกูร
ปีการศึกษา	2547	

บทคัดย่อ

เครื่องดัดท่อที่สร้างขึ้นนี้มีประโยชน์ใช้ในการดัดท่ออัตโนมัติ ซึ่งสามารถใช้ในงานอุตสาหกรรมการผลิตทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ เครื่องดัดท่อที่สร้างขึ้นนี้ อาศัยหลักการความเร็วรอบและแรงบิดของมอเตอร์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ชุดวัดความยาวท่อ ชุดหมุนท่อ และชุดดัดท่อ โดยจะนำความเร็วรอบของมอเตอร์ไปประมวลผลสัญญาณที่ PLC และรับสัญญาณมาจากเอนโค้ดเดอร์ ซึ่งเอนโค้ดเดอร์นี้จะสร้างสัญญาณที่แปรผันกับความเร็วรอบของมอเตอร์ การดัดท่อจะดัดโดยการได้รับสัญญาณค่าความยาวและรัศมีที่ต้องการมาเปรียบเทียบกับสัญญาณพัลส์เอนโค้ดเดอร์ และส่งไปประมวลผลที่PLC และแสดงผลด้วย Touch Screen PLC จะทำการสั่งให้มอเตอร์ดัดท่อตามขนาดความยาวและรัศมีที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Pipe Bending Machine
Authors	Mr.Narongdeth Seangon
	Mr.Pitak Sripanping
	Mr.Worapol Panitchapong
Thesis Advisor	Asst.Prof.Sart Kummool
	Mr.Wichai Tontijariyangoor
Year	2004

ABSTRACT

This pipe bending can work in automatic mode which use in small and large industrial. The pipe bending machine controller motor speed and torque. Consist of three parts: feeder, turning and bending. Motor speed can process by programmable logic control change to distance. Motor speed can check by encoder. The angle with checked by encoder. Programmable logic control would to commend motor bending follow distance and angle to require.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาจาก ผศ.สาท คำมูล ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลองและข้อแนะนำที่ดีในการทำโครงงานครั้งนี้

ขอกราบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ พี่ๆและน้องทุกคนอันเป็นที่รักอย่างยิ่ง ที่คอยให้กำลังใจยามอ่อนล้าและในการสนับสนุนในทุกๆเรื่อง

และที่ลืมเสียมิได้คือขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกคนที่ช่วยเหลือกันในการทำงานกันอย่างขยันขันแข็ง ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้คำปรึกษาที่ดีๆและอยู่ทำงานเป็นเพื่อนกันจนดึก

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....1

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎี.....3

2.1 Programmable Logic Control หรือ PLC.....3

2.1.1 การแบ่งชนิดของPLC.....4

2.1.2 ส่วนอินพุทของPLC.....5

2.1.3 การติดตั้งและข้อกำหนด.....8

2.1.4 Touch Screen หรือจอแบบสัมผัส.....10

2.1.5 คำสั่ง.....12

2.2 อินครีเมนท์เอนโค้ดเดอร์ (Increment encoder).....18

2.2.1 ความละเอียดของอินครีเมนท์เอนโค้ดเดอร์.....18

2.2.2 เอาท์พุทของเอนโค้ดเดอร์.....19

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....20

2.3.1 สมการพื้นฐานของมอเตอร์ (Basic Motor Equation).....20

2.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและกำลังไฟฟ้า.....21

2.3.3 การวัดแรงบิด (Measurement of Torque).....22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.4 แรงดันต้านกลับ (Back Electromotive Force, Back EMF).....22
2.3.5 เคอร์ฟแรงบิด-ความเร็วรอบ (Torque-Speed Curve).....24

บทที่ 3 แรงบิดของเครื่องดัดท่อและขั้นตอนการทำงานของเครื่องดัดท่อ.....26
3.1 ชุดวัดความยาวท่อ.....26
3.2 ชุดหมุนท่อ.....27
3.3 ชุดดัดท่อ.....27
3.4 การทำงานของเครื่องดัดท่อ.....28
3.4.1 Manual Mode.....28
3.4.2 Auto Mode.....29

บทที่ 4 ส่วนประกอบของเครื่องดัดท่อ.....32
4.1 กล่าวนำ.....32
4.2 โครงสร้างเครื่องดัดท่อ.....32
4.3 ชุดวัดความยาวท่อ.....33
4.4 ชุดหมุนท่อ.....33
4.5 ชุดดัดท่อ.....34
4.6 ชุดจับท่อ.....35
4.7 ชุดแสดงผล.....35
4.8 การออกแบบโปรแกรม.....36

บทที่ 5 ผลการทดสอบ.....37
5.1 กล่าวนำ.....37
5.2 ผลการทดสอบการวัดความยาวท่อ.....38
5.3 ผลการทดสอบการหมุนท่อ.....39
5.4 ผลการทดสอบการดัดท่อ.....40

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.1 บทสรุป.....41
6.2 ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนา.....41

บรรณานุกรม.....42

ภาคผนวก.....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

5.1 แสดงผลการทดสอบการวัดความยาวท่อที่ค่าต่างๆ.....38

5.2 แสดงผลการทดสอบการหมุนท่อที่มุมต่างๆ.....39

5.3 แสดงผลการทดสอบการดัดท่อที่ค่ามุมต่างๆ.....40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 การสื่อสารการส่งข้อมูล....3

2.2 แสดง PLC รุ่นต่างๆ....4

2.3 แสดงการต่อขยายจำนวน Input/Output ของ PLC....5

2.4 แสดงการต่ออินพุท....5

2.5 อุปกรณ์อินพุทภายนอกส่งสัญญาณที่ได้ปีที่ PLC....7

2.6 แสดงการต่อเอาท์พุท....7

2.7 การประมวลผล และส่งสัญญาณที่ได้ไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก....8

2.8 ตัวอย่างของการติดตั้งอุปกรณ์ภายนอกร่วม....9

2.9 ตัวอย่างของการติดตั้ง Rack-module ของ SIEMEN S7-300ร่วมกับ PLC....9

2.10 ตัวอย่าง Touch Screen....10

2.11 ตัวอย่างกราฟิกในScreen editor ของ Touch Screen....11

2.12 ตัวอย่างของการเชื่อมต่อและการใช้งาน Touch Screen ร่วมกับ PLC....11

2.13 ตัวอย่างของ Ladder Diagram และ Statement List....13

2.14 สัญญาลักษณ์ของ Comparison Instruction ในรูปแบบต่างๆ....14

2.15 สัญญาลักษณ์ของ Counter ในรูปแบบต่างๆ....15

2.16 ตัวอย่างการเขียนคำสั่ง NO/NC-Contact....15

2.17 ตัวอย่างการเขียนคำสั่ง Coilหรือ Output....16

2.18 ตัวอย่างการเขียนคำสั่ง Set/Reset....16

2.19 ตัวอย่างการเขียนคำสั่ง Timer....17

2.20 ตัวอย่างการเขียนคำสั่ง Counter....17

2.21 ตัวอย่างการเขียนคำสั่ง Flip-flop....18

2.22 ตัวอย่างเอนโคดเดอร์....18

2.23 แสดงถึงผลของแสงที่ผ่านในแนวเดียวกัน....19

2.24 (a) ลูกกลิ้นเอาท์พุทสี่เหลี่ยมของเอนโค้ดเดอร์ช่องเดี่ยว(b) สัญญาณเอนโค้ดเดอร์ 2 ช่องมีมุมต่างเฟสกัน 90 องศา(สองทิศทาง)....20

2.25 แสดงการวัดแรงบิด....22

2.26 วงจรแสดงทิศทางแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ....22

2.27 การจ่ายกระแสไฟฟ้าของเครื่องกลไฟฟ้า....23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.28 คอร์ฟแรงบิดความเร็วรอบ....24

3.1 ชุดมอเตอร์วัดความยาวท่อ....26

3.1 ชุดมอเตอร์หมุนท่อ....27

3.2 ชุดมอเตอร์ดัดท่อ....28

3.3 แสดงTouch Screen Manual Mode....29

3.4 แสดงTouch Screen Auto Mode....31

4.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องดัดท่อ....32

4.2 แสดงลักษณะและการติดตั้งชุดวัดความยาวท่อ....33

4.3 แสดงลักษณะและการติดตั้งชุดหมุนท่อ....33

4.4 แสดงลักษณะการติดตั้งชุดดัดท่อ....34

4.5 แสดงลักษณะการติดตั้งชุดจับท่อ....35

4.6 แสดงลักษณะชุดแสดงผล....35

5.1 แสดงเครื่องดัดท่อ....37

5.2 แสดงการทดสอบการวัดความยาวท่อ....38

5.3 แสดงการทดสอบการหมุนท่อ....39

5.4 แสดงการทดสอบการดัดท่อ....40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย

ในการภาคผลิตที่ต้องการความแม่นยำและเที่ยงตรงตลอดการทำงาน ซึ่งในการผลิตแต่ละผลิตภัณฑ์เมื่อทำการผลิตในลักษณะของอุตสาหกรรมนั้น อาจมีความต้องการผลิตเป็นจำนวนมาก ซึ่งถ้าหากใช้คนในการทำนั้นเมื่อทำได้ในช่วงเวลาต่อเนื่องกันนานๆความเหนื่อยล้าก็จะทำให้ประสิทธิภาพลดลง แต่ในขณะที่เครื่องจักรนั้นจะสามารถทำงานได้ต่อเนื่องโดยเกิดความผิดพลาดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้และถ้ามีการวางระบบที่ดีก็จะเป็นการประหยัดกว่าการใช้แรงคนในระยะยาวได้

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาในเบื้องต้นนั้นแล้วประกอบกับวิชา Projectในการศึกษาทางกลุ่มโครงงานจึงทำการศึกษาเครื่องดัดท่อ โดยแยกเป็นส่วนประกอบโครงสร้างหลักๆคือ โครงชิ้นงาน ชุดป้อนท่อ ชุดหมุนท่อ ชุดดัดท่อ ชุดควบคุม ชุด Power โดยอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้ คือ เอนโค้ดเดอร์ อุปกรณ์ต้นกำลังคือมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งเป็นมอเตอร์ที่มีชุดทดแรงทำให้มีแรงบิดค่อนข้างสูงความเร็วต่ำ ซึ่งในโครงงานที่ออกแบบและดำเนินการสร้างไว้นั้นเป็นการดัดท่อขนาดเล็ก คือ ท่อทองแดงกลวงขนาด 3/8 นิ้ว ที่ความยาว 75 cm ซึ่งที่ทำขนาดเล็กและความเร็วช้านั้นเพราะต้องการทำเพื่อการทดลอง โครงสร้างและหลักการทำงาน ซึ่งหากจะใช้ในงานอุตสาหกรรมเป็นเครื่องจักรจริงก็จะต้องเพิ่มขนาดและวัสดุ รวมถึงต้นกำลังให้มีขนาดใหญ่ขึ้น แข็งแรงขึ้น มีความเร็วที่สูงขึ้นอีกจึงจะใช้ได้ตามขนาดท่อที่ใหญ่ขึ้นได้แต่ใช้หลักการเดียวกัน ส่วนชุดควบคุมนั้นในโครงงานเลือกใช้ PLC

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อประยุกต์ใช้งาน PLC
2. เพื่อประยุกต์ใช้งานเอนโค้ดเดอร์ร่วมกับ PLC
3. เพื่อสร้างเครื่องดัดท่อขนาดเล็ก สำหรับใช้ในการทดลอง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สร้างเครื่องดัดท่อสำหรับดัดท่อขนาด 5/8 นิ้ว
2. สร้างโดยใช้หลักการทำงานทำงานของมอเตอร์ร่วมกับเอนโค้ดเดอร์
3. สร้างชุดควบคุมมอเตอร์และเอนโค้ดเดอร์โดยใช้ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาการทำงานแรงบิดและความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
2. ศึกษาการทำงานของตัวเข้ารหัส (Incremental encoder)
3. ศึกษาการทำงานของ PLC และการเขียนโปรแกรมควบคุม
4. ออกแบบฮาร์ดแวร์ของเครื่องดัดท่อทั้ง 3 ส่วน คือ ชุดวัดความยาวท่อ ชุดหมุนท่อ และชุดดัดท่อ
5. นำผลที่ออกแบบมาสร้างทั้งในส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์
6. ทดสอบการทำงานในส่วนของการวัดความยาวท่อและหมุนท่อ
7. ทดสอบการทำงานของส่วนดัดท่อ
8. ทดสอบการทำงานของเครื่องดัดท่อร่วมกันทั้งหมด และแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นตลอด จนปรับปรุงการทำงานของเครื่องดัดท่อให้ถูกต้องมากขึ้น
9. สรุปการทดลองและปัญหาในการทำงานพร้อมทั้งข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้เกิดความเข้าใจในการนำ PLC ไปประยุกต์ใช้งาน
2. ทำให้ได้เครื่องดัดท่อสำหรับงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก
3. นำความรู้มาใช้เป็นแนวทางที่จะพัฒนาในการทำงานในภาคอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

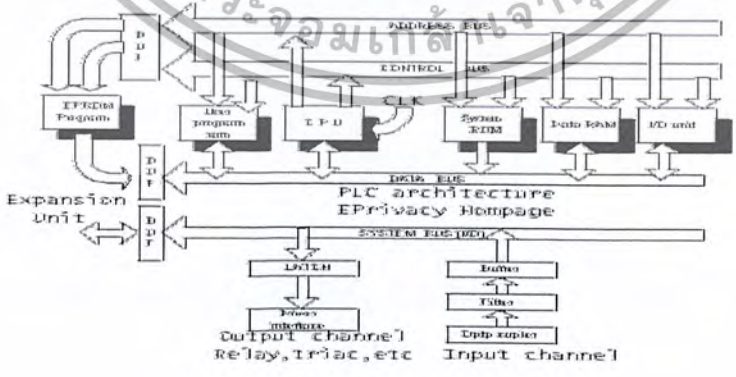
บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 Programmable Logic Control หรือ PLC

เป็นอุปกรณ์ควบคุมแบบหนึ่งที่สามารถโปรแกรมการควบคุม ให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ ซึ่งแต่เดิมได้คิดค้นขึ้นมาเพื่อ จุดประสงค์ในการนำมาใช้แทนวงจรควบคุมไฟฟ้าแบบ Relayใน โรงงานอุตสาหกรรมรม ซึ่งวงจร Relay ดังกล่าว มีความยุ่งยากในการออกแบบ มีขนาดของวงจรที่ ค่อนข้างใหญ่กินเนื้อที่ในการติดตั้งมาก หรือแม้กระทั่งการที่จะต้องเดินสายไฟจำนวนมาก (Hardwired)ซึ่งในการในการใช้PLCเข้ามาทดแทนก็จะสามารถลดปัญหาดังกล่าวลงได้

ในปัจจุบัน PLC รุ่นใหม่ๆ มีความสามารถเพิ่มขึ้นและมีราคาที่ถูกลง ดังนั้นเราก็จะเห็นว่า ไม่ใช่จะใช้แพร่หลายเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมรมเท่านั้น แต่ได้มีการนำมาใช้ประโยชน์กับ ระบบควบคุมทั่วไปอีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นไฟเขียวไฟแดงตามแยกหรือการควบคุมอุปกรณ์ใน บ้านเรือน

จะว่าไปแล้วโครงสร้างของPLCก็มีลักษณะคล้ายกับระบบ Microcomputer หรือ Microcontroller อยู่เหมือนกัน ซึ่งโครงสร้างหรือส่วนประกอบสำคัญก็ได้แก่ หน่วยจ่ายไฟ (Power Supply Unit) หน่วยรับสัญญาณเข้า (Input Unit) หน่วยประมวลผล (Processing Unit) หน่วยความจำ (Memory Unit) และส่งสัญญาณออก (Output Unit) หรืออย่างที่เพิ่มขึ้นขึ้นมาก็จะ เป็นพวกอุปกรณ์ช่วยการโปรแกรมหรือที่ เรียกว่าHand-Help(หรือHandy)หรือจะเป็นที่อุปกรณ์ที่ ใช้ในการสื่อสารการส่งข้อมูล(Communication Module)เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 แสดง การสื่อสารการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป เป็นการแสดงตัวอย่างโครงสร้างภายใน PLC ซึ่งก็เหมือนใน Computer ทั่วไปที่จะมี CPU เป็นหัวใจหลักในการจัดการระบบ ควบคุมการประมวลผลข้อมูลทั้งหมดให้เป็นไปตามที่เราได้โปรแกรมไว้ โดยจะมี EPROM ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมที่เราโปรแกรม และนอกจากนั้นก็จะมี RAM ซึ่งจะทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลชั่วคราวในขณะที่มีการประมวลผล

2.1.1 การแบ่งชนิดของPLC

PLC จะแบ่งเป็น 2 แบบ หากดูจากลักษณะภายนอก ตามที่เห็นกันส่วนใหญ่ก็จะมีแบบที่เป็นโมดูลสำเร็จ หรือ Complete Module หรือ Single Module แล้วแต่จะเรียก กับแบบ Modula ที่มีลักษณะเป็นหลายๆ โมดูล คือจะแยกส่วนต่างๆออกมาเป็น โมดูลย่อยเพื่อมาต่อรวมกันใน Rack ซึ่งจะใช้กันในระบบที่ใหญ่ๆ เพราะเนื่องจากราคาสูงกว่ามากในแบบที่มีหลายโมดูลก็จะมีส่วนประกอบหลักๆ ได้แก่ Module Rack, Power Supply Module, CPU Module และ I/O Module ต่างๆที่ต้องการใช้งาน

ภาพที่ 2.2 แสดง PLC รุ่นต่างๆ

จากรูปเป็นตัวอย่างของPLCแบบ Complete Module จะมีช่องต่อต่างๆ ซึ่งพอจะสรุปได้คร่าวๆก็จะมีดังนี้ ป้อนไฟเลี้ยง PLC ที่ช่อง 220 VAC , 24 VDC (อาจมีหรือไม่มี) จะเป็น ไฟ Output 24 Volt DC ซึ่งจะสามารถใช้ในการนำไปจ่ายให้กับอุปกรณ์พวก Input Device ที่เป็น 24VDC เช่น พวก Sensor ต่างๆและอาจจะใช้เป็น Common ให้กับ Output Device ได้ แต่จะต้องพิจารณาว่าAmp หรือกระแสที่จ่ายออกมาเพียงพอที่จะนำไปใช้งานได้หรือไม่ ในส่วนของ ช่องต่อ Input Device ก็จะใช้ต่อกับอุปกรณ์ Input ซึ่งอาจจะเป็น Input ที่เป็น AC หรือ DC ก็จะต้องสังเกตจากที่เขียนไว้บน PLC เพื่อจะได้จ่ายใช้ Input ให้เหมาะสมกับ PLC ซึ่งหากใช้ผิดประเภทก็อาจทำให้ PLC เสียหายได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็น Input แบบ DC 24V ในส่วนต่อไปก็จะเป็นส่วนของ Output Device ซึ่งช่องต่อในส่วนนี้ใน PLC แบบSingle Module นี้ส่วนมากก็จะเป็นแบบ Contact หรือ Transistor Output

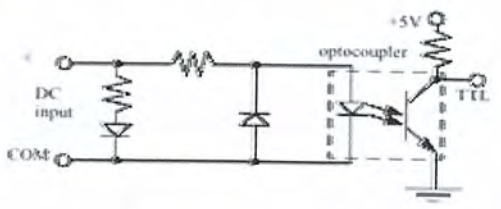
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะมี Common (ขาร่วม) รวมกัน หรือแยกกัน ซึ่งเราสามารถที่จะใช้ Output ที่ใช้ระดับแรงดันแตกต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับไฟที่จ่ายให้ Common แต่ละ Channel และจะมีส่วนของ LED Display แสดงการทำงานของ Input และ Output (ซึ่งเราจะได้พูดถึงการต่อใช้งาน Input /Output Device ในตอนต่อไป) อีกส่วนหนึ่งก็จะเป็นช่องต่อ Peripheral Device ซึ่งจะใช้ในการต่อกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการโปรแกรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Handy Programmerหรือ Computer และยังมีส่วนที่เป็น Expansion จะใช้เป็น Port ในการขยายระบบ ก็คือสามารถที่จะต่อขยายจำนวน Input/Output ของ PLC เพิ่มขึ้นได้อีกในกรณีที่จำนวน Channel ของตัวแรกไม่พอใช้งาน ซึ่งจำนวนจุดที่จะต่อเพิ่มได้ก็จะต้องดูในคู่มือของผู้ผลิตแต่ละราย สำหรับPLC ในแบบที่เป็นหลายๆ Module ก็จะมีลักษณะดังรูปก็จะมีส่วนของ Rack Case จะเป็นลักษณะของ Case ที่ใช้ในการใส่ Module ต่างๆ โดยหลักๆก็จะมี Supply Module, CPU Module, I/O Module หรืออาจจะมีในส่วนของ Communication หรือ Expansion Module ต่างซึ่งเป็นส่วนเสริม (Option)

ภาพที่ 2.3 แสดงการต่อขยายจำนวน Input/Output ของ PLC

2.1.2 ส่วนอินพุทของPLC

เป็นส่วนที่ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกกับหน่วยประมวลผล เพื่อใช้สัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกนั้นมาเป็นเงื่อนไขในการ โปรแกรมการควบคุม โดยเมื่อสัญญาณจากภายนอกเข้ามาส่วนที่ใช้จัดการกับสัญญาณ (แรงดัน) เพื่อจัดให้ระดับแรงดันเหมาะสมที่จะนำไปประมวลผลในส่วนควบคุมต่อไป



ภาพที่ 2.4 แสดงการต่ออินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่จะนำมาต่อเป็น Input ให้กับ PLC มีหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็น Input ที่มีลักษณะการใช้งานเป็น Switch เช่นพวก Push Button ,Proximity ,Sensor Switch หรือ Switch แบบต่างๆ หรือ Input ในรูปแบบที่เป็น Digital Pulse เช่น Encoder หรือ Input ที่เป็น Analog เช่น TC ,RTD ซึ่งโดยทั่วไปInputที่เป็นAnalogจะนิยมใช้แบบ0-10Vหรือ4-20mA

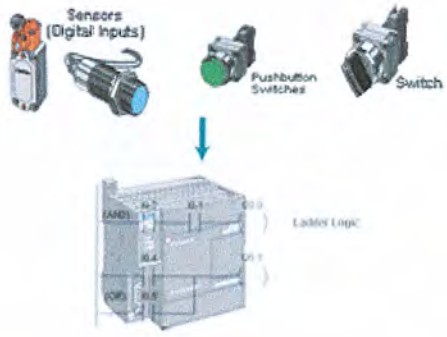
Digital Input จะเป็นอินพุตที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ที่ทำงานเป็นสวิตช์ ซึ่งจะมีเพียง 2 สถานะ คือเปิด-หรือปิด ตัวอย่างของอุปกรณ์ดิจิตอลอินพุทเช่น สวิตช์แสง (Photo Switch) ลักษณะการทำงานก็อาจเปรียบเหมือนกับ Switch ทั่วไปหรือจะพูดง่ายๆคือ ตัด-ต่อสัญญาณที่จะเป็น Input ให้ PLC โดยที่พบเห็นทั่วไปก็จะมีแบบที่เป็นตัวรับ-ตัวส่งอยู่ใน Package เดียวกัน กับอีกแบบที่จะต้องอาศัย Reflexes ในการสะท้อนสัญญาณ ส่วนการทำงานของสวิตช์ แสงทั้ง 2 แบบที่กล่าวมาก็คือเมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่มาตัดลำแสง(ในกรณีที่ใช้แผ่นสะท้อน Reflector) หรือวัตถุมาสะท้อนลำแสง(ในกรณีไม่ใช้ Reflector) ก็จะเป็นการต่อสัญญาณ(จ่ายไฟ)ให้ Input ของ PLC เพื่อจะทำงานตามเงื่อนไขของโปรแกรมที่เราได้โปรแกรมไว้ต่อไป ว่าเมื่ออินพุตตัวนี้เข้ามาจะให้ทำอะไรหรือเมื่อไม่มีอินพุทตัวนี้เข้ามาจะให้ทำอะไร

อีกตัวอย่างหนึ่งของ Input Device ก็จะเป็นพวก Proximity Switch ซึ่งจะมี 2 แบบคือ แบบที่ใช้ตรวจจับวัตถุในกรณีที่วัตถุนั้นเป็นโลหะ (Inductive) กับอีกแบบหนึ่งที่ใช้ในกรณีการตรวจจับวัตถุที่ไม่ใช่โลหะ(Capacitive)

สำหรับ input device ที่พบเห็นกันโดยทั่วไปจะมีก็จะมี 2-4 สาย ซึ่งแต่ละสายก็จะมีสีต่างๆกันโดยส่วนใหญ่แล้วสีฟ้าจะหมายถึงไฟบวก, สีน้ำตาลหมายถึงไฟลบ และสีดำ(/ขาว)จะเป็น Output ของ Sensor (แต่อย่าจำสีจะดีกว่า ควรดูลักษณะการต่อด้านข้างตัว Sensor ซึ่งจะมีบอกไว้ชัวร์กว่า) ซึ่งSensor ที่มี 2 สายส่วนใหญ่ ก็จะเป็นแบบ Dry Contact ส่วนที่มี 3 สาย ส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะของ Electronic Sensor เช่น Switch แสง,Proxy บางรุ่นและใน Electronic Sensor เองก็จะมีการแบ่งลักษณะของ Output เป็น PNP หรือ NPN ซึ่งถ้าจะให้เข้าใจง่ายลงไปกว่านั้นอีกก็คือจะให้เอาท์พุทแบบไฟบวกหรือไฟลบ

ซึ่งถ้าเป็นแบบPNP จะให้เอาท์พุทที่เป็นไฟบวก และหากเป็น NPN ก็จะให้เอาท์พุทเป็นลบ ซึ่งก็จะสัมพันธ์กับชนิดของอินพุตของ PLC ว่าอินพุทนั้นเป็นแบบไหน (SinkหรือSource) PLC จะนำสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์อินพุท มาตรวจสอบเงื่อนไขต่างๆ ตามที่เราได้โปรแกรมไว้เพื่อส่งผลที่ได้ออกเป็นเอาท์พุทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



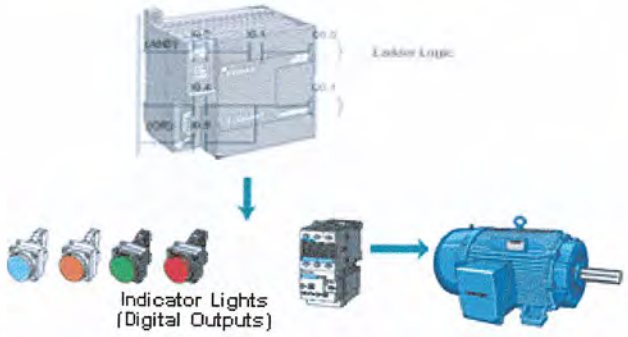
ภาพที่ 2.5 อุปกรณ์อินพุทภายนอกส่งสัญญาณที่ได้ปีที่ PLC

Output Unit จะเป็นส่วนที่เชื่อมโยงระหว่างผลของการประมวลผลที่ได้จาก CPU ไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกภายใต้เงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ และเช่นเดียวกับอินพุต เอาท์พุทก็จะมีส่วนที่จะจัดรูปแบบของแรงดันที่จะนำไปใช้งาน

ภาพที่ 2.6 แสดงการต่อเอาท์พุท

จากรูปที่ 1 จะเป็นการจัดสัญญาณเอาท์พุทแบบที่เป็นทรานซิสเตอร์สวิตช์ และในรูปที่ 2 จะเป็นการจัดสัญญาณของรีเลย์เอาท์พุทโดย Output เองนั้นก็จะมีหลักๆคือ Digital ,Analog สำหรับในส่วนของ Digital Output เองนั้นก็มีทั้งแบบที่เป็น Dry Contact หรือ Relay Out และแบบที่เป็น Switch หรือ Transistor Out คือจะเป็นลอจิก 0 ที่0 โวลต์ และเป็นลอจิก 1 ที่ 24 โวลต์ สำหรับอุปกรณ์เอาท์พุตก็จะมีหลากหลายไม่ว่าจะเป็น รีเลย์ หลอดแสดงผล โซลินอยด์ Contactor หรืออื่นๆ และก็เช่นเดียวกับอินพุทคือจะมีเอาท์พุททั้งที่ให้ไฟบวก หรือไฟลบซึ่งก็จะมีผลถึงรูปแบบการต่อใช้งานอุปกรณ์เอาท์พุทด้วยจากรูปก็เป็นตัวอย่างของอุปกรณ์เอาท์พุท ซึ่งได้ผลลัพธ์จากการประมวลผลโดยหน่วยประมวลผล และส่งสัญญาณที่ได้ไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

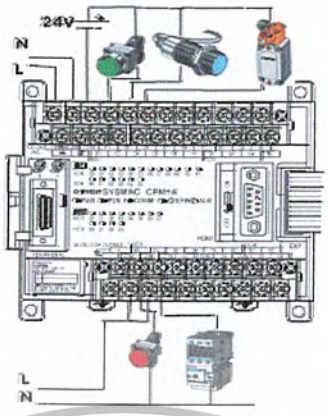


ภาพที่ 2.7 การประมวลผล และส่งสัญญาณที่ได้ไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก

2.1.3 การติดตั้งและข้อกำหนด

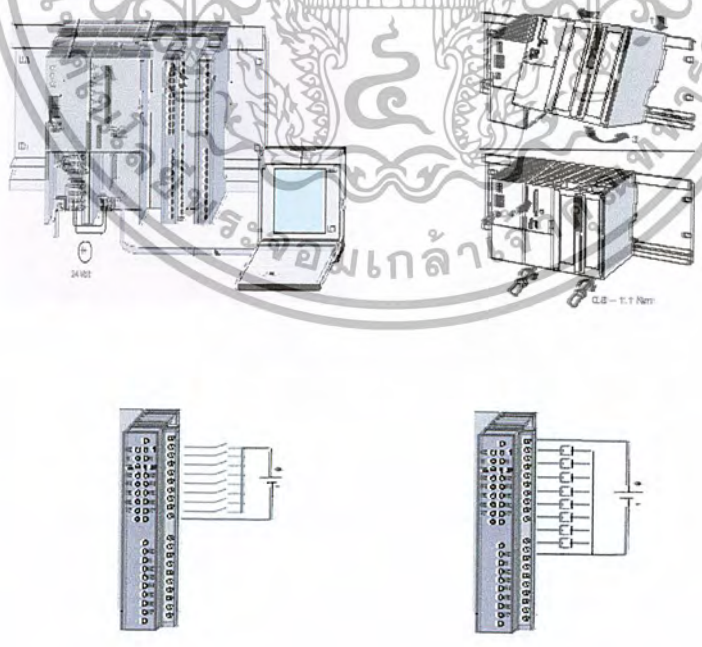
ในส่วนของ Hardware รวมถึงข้อแนะนำด้านการติดตั้งระบบกราวด์นั้นก็สามารถหาอ่านได้ในคู่มือของ PLC หรือจะดูตามWeb Site ของผู้ผลิตได้ครับ ซึ่งส่วนมากก็จะมี Data Sheet หรือ Manual ให้ Download กันมาอ่าน สำหรับในตอนนี้จะก็เป็นการDiagram Wiringสายอย่างคร่าวๆ ทั้ง PLC แบบ Compact และแบบ Modular นั้นลักษณะการต่อใช้งานก็ไม่ต่างกันมากนัก แบบของ Compact ก็จะรวมเกือบทุกส่วนที่ใช้งานหลักๆอยู่ในตัวเดียวกันทั้ง Supply CPU I/O แต่ในแบบของ Modular PLC นั้นก็จะแบ่งเป็น Module ย่อยว่าเป็นโมดูลของแหล่งจ่ายไฟ โมดูลหน่วยประมวลผล โมดูลอินพุต/เอาท์พุต โมดูลสื่อสารหรืออื่นๆ แต่ก็ไม่ได้ยุ่งยากในการต่อใช้งาน เพราะใน Rack ที่ติดตั้งโมดูลก็จะมีบัสภายใน Rack และ Socket ใส่โมดูล เพื่อเชื่อมต่อการสื่อสารโมดูลต่างๆไปยังหน่วยประมวลผลดังตัวอย่างจากรูป เป็นการต่อใช้งาน Compact PLC ซึ่งมีอินพุทเป็นแบบดิจิตอล และเอาท์พุทแบบรีเลย์เบื้องต้น ในตัวอย่างนี้เราจะใช้อินพุตเป็น 24DC และส่วนของเอาพุตจะไปขับอุปกรณ์ที่เป็น 220 AC การต่อใช้งานก็จะจ่ายไฟ Supply 220 ให้ PLC ในส่วนของอินพุต ในที่นี้จะเป็นอุปกรณ์อินพุตแบบ Source คือจะจ่ายไฟบวกเข้า PLCโดยจะต่อไฟลบเข้ากับ Com ของ PLC อินพุท และใช้ไฟบวกจากอุปกรณ์อินพุท โดยที่เมื่ออุปกรณ์ สวิตช์และเซ็นเซอร์ (PNP) ทำงานก็จะต่อไฟบวกเข้าเป็นสัญญาณอินพุทให้PLCในส่วนของเอาท์พุทซึ่งเป็นแบบรีเลย์ เอาท์พุท ก็จะใช้ L (Hot) เป็น Common ซึ่งเมื่อทำงานครบเงื่อนไขก็จะต่อLให้อุปกรณ์เอาท์พุททำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างของการติดตั้งอุปกรณ์ภายนอกร่วมกับ PLC

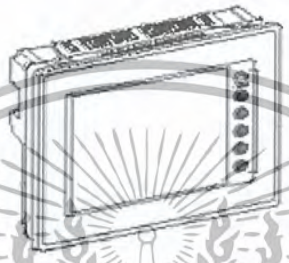
สำหรับ PLC ที่เป็นแบบ Modular ก็จะไม่ต่างกันมากนัก เพียงแต่จะการติดตัง Rack เพื่อทำการติดตั้ง Module เพิ่มเติม ซึ่งจากรูปเป็นตัวอย่างของการติดตั้ง Rack-module ของ SIEMEN S7-300 ซึ่งจะทำการติดตั้งโมดูลต่างๆเช่น Supply, CPU, Input Module, Output Module ทำการจ่ายไฟ Supply และ Wiring I/O ต่างๆ สำหรับการตั้ง Address ของ Hardware จะอยู่ในส่วนของ PLC Operation



ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างของการติดตั้ง Rack-module ของ SIEMEN S7-300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูป(ซ้าย-ขวา)ก็จะเป็นไดอะแกรมของการต่อ Input Outputโมดูลซึ่งในส่วนของอินพุตจะต่อไฟลบให้ PLC และต่อไฟบวกผ่านอุปกรณ์เพื่อเป็นเงื่อนไขของอินพุทให้ PLC และในส่วนของ output ซึ่งจะเป็นแบบสวิตช์ (ทรานซิสเตอร์เอาท์) ก็จะจ่ายไฟบวก-ลบให้ PLC ตาม Terminal และจะได้ Output แบบไฟบวก (เมื่อPLCทำครบเงื่อนไข) โดยมีข้อกำหนดในการติดตั้งโมดูลของ SIEMENS S7-300 **CPU 315-2DP** คือจะสงวน 3 Slot แรกไว้สำหรับ Supply CPU และ Interface Module โดยที่ I/O ต่างๆจะเริ่มติดตั้งได้ตั้งแต่ Slot 4 โดยจะต่อ Rack ได้ 4 Rack.....ส่วนข้อกำหนดอื่นๆสามารถหาDownloadมาอ่านได้จากWeb Site ของผู้ผลิตแต่ละราย



ภาพที่ 2.10 ตัวอย่าง Touch Screen

2.1.4 Touch Screen หรือจอแบบสัมผัส

เป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับควบคุมและการแสดงผลที่เป็นกราฟิก ซึ่งโดยส่วนใหญ่ก็จะใช้ร่วมกับ PLC เพื่อการควบคุมหรือการแสดงผลการทำงานของ PLC (แสดงข้อมูลหรือค่าของรีจิสเตอร์ต่างๆ) หากจะเปรียบเทียบกับระบบคอมพิวเตอร์อย่างง่ายๆก็คือจะมีส่วนของ Input, Processing, Output, Monitoring แล้ว PLC ก็เหมือนกับส่วนที่เป็น Processing Unit และส่วนที่เป็น Output Driveหรือเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการจ่ายสัญญาณ Output ให้กับ Load จริงๆ และในส่วนของTouch Screen ก็จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แทนในส่วนของ Input Unit เช่นพวกสวิตช์ต่างๆและส่วนที่เป็นการแสดงผลการทำงานต่างๆ

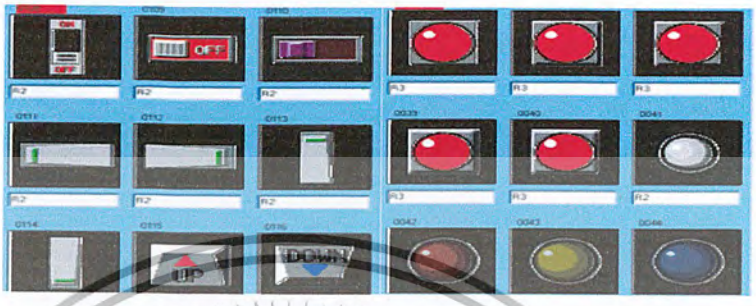
Touch Screen จะประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่คือส่วนของ Sensor Unit , Controller Sense และส่วนของ Software Device Driver รูปแบบหรือเทคนิคในการ Sensing ของ Touch Screen จะมีอยู่ 5 แบบ คือ Resistive, Capacitive, Infrared, Acoustic Wave และ Near,field,Imaging,Technical

การใช้งานTouchScreen

ในการใช้งาน Touch Screen ร่วมกับ PLC นั้นก็จะมีส่วนประกอบอยู่ 3 ส่วนหลักๆ คือ ตัว Touch Screen ,Cable links และส่วนที่เป็น Software ที่ใช้เป็น Screen Editor ซึ่งการออกแบบกราฟิกหรือระบบแสดงผลต่างๆก็จะทำใน Screen Editor นี้เมื่อออกแบบและตรวจสอบความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกต้องแล้วก็ Load ข้อมูลเข้าสู่ตัว Touch Screen หรืออาจจะเป็นการแก้ไขแบบ Online edit ซึ่งก็อาจจะกล่าวได้ว่าการออกแบบใน Screen Editor ก็จะเป็นแบบ" What You See Is What You Get" คือเราออกแบบกราฟิกในScreen Editorอย่างไรเมื่อโหลดเข้าTouch Screenก็จะเห็น(คล้ายๆ)อย่างนั้น



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างกราฟิกในScreen editor ของ Touch Screen

ในการออกแบบหน้าจอ Touch Screen นั้นภายในตัว Software จะมีส่วนประกอบของรูปสัญลักษณ์พื้นฐานต่างๆมาให้เลือกใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นสวิตช์ หลอดไฟแสดงผลหรือรูปแบบสัญลักษณ์การทำงานอื่นๆ ดังรูปตัวอย่างด้านบน เราก็เพียงเลือกสัญลักษณ์เหล่านั้นมาวางในพื้นที่แก้ไขของโปรแกรม และทำการกำหนดค่าหรือรีจิสเตอร์ต่างๆให้สัมพันธ์กับรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเขียน Ladder ใน PLC เราก็จะได้สัญลักษณ์บนหน้าจอ Touch Screen ที่ใช้ควบคุมหรือแสดงผลการทำงานของPLCซึ่งการใช้งานโดยละเอียดจะได้เขียนถึงในตอนต่อไป

ภาพที่ 2.12 ตัวอย่างของการเชื่อมต่อและการใช้งาน Touch Screen ร่วมกับ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงาน

การทำงานของ Touch Screen อาจจะกล่าวอย่างคร่าวๆก็คือการส่งและรับข้อมูลของรีจิสเตอร์ต่างๆใน PLC ไม่ว่าจะเป็น อินพุท รีเลย์ หรือเอาท์พุท มาแสดงเป็นแบบกราฟิก รูปภาพ ค่าที่เป็นตัวเลข หรืออื่นๆ บนหน้าจอ Touch Screen ซึ่งรีจิสเตอร์เหล่านี้จะสัมพันธ์กับ Ladder Diagram ที่เราได้ Program ไว้ใน PLC เช่นเมื่อเราออกแบบสวิตช์ไว้ใน Touch Screen และกำหนดค่ารีจิสเตอร์ I000 เมื่อกดปุ่มดังกล่าวใน touch screen ก็จะส่งผลให้รีจิสเตอร์ I000 ใน PLC ทำงานด้วย หรือในส่วนของสัญลักษณ์ที่เป็นหลอดแสดงผลก็จะนำข้อมูลของรีจิสเตอร์ที่เรากำหนดไว้นั้นมาแสดง เช่นกำหนดรีจิสเตอร์ของสัญลักษณ์หลอดไฟไว้เป็น R000 Touch Screen ก็จะนำข้อมูลของ Register R000 ใน PLC มาแสดง โดยหากข้อมูลใน รีจิสเตอร์เป็น 1หรือเป็นคอนแทคปิดหลอดไฟก็จะติดหากข้อมูลเป็น0หรือเป็นคอนแทคเปิดหลอดไฟแสดงผลก็จะดับ

การใช้งานแบบอื่นๆ

Touch Screen ไม่ได้เพียงเฉพาะใช้งานร่วมกับ PLC อย่างเดียวเท่านั้น แต่ตัวของ Touch Screen เองก็สามารถที่จะสามารถใช้ในงานควบคุม และแสดงผลได้โดยไม่ต้องใช้งานร่วมกับ PLC ทั้งนี้เพราะ Touch Screen เองก็จะมีทั้งหน่วยประมวลผล หน่วยความจำต่างๆเหมือนกัน และนอกจากนี้ในบางยี่ห้อยังมีอุปกรณ์เสริมต่างๆไม่ว่าจะเป็นโมดูลอินพุทหรือโมดูลเอาท์พุทที่สามารถใช้ทำงานแทน PLC ได้ โดยอาจใช้การเขียนในลักษณะที่เป็น Macro Command เพื่อประมวลผลอินพุท/เอาท์พุต และยังสามารถที่จะต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆได้ เช่นกล้องวิดีโอ บาร์โคด หรืออุปกรณ์อื่นๆ

2.1.5 คำสั่ง

คำสั่งต่างๆที่ใช้ในการโปรแกรมเงื่อนไขมีมากมาย แต่ในตอนนี้จะอธิบายคำสั่งพื้นฐานของPLCโดยคำสั่งและตัวอย่างการใช้งานของคำสั่งทั้งหมดสามารถดูได้จากคู่มือ

Normally Open Contact

สัญลักษณ์ : ─┤ ├─

ลักษณะการทำงาน :คอนแทคจะปิดเมื่อค่าที่แอดเดรสกำกับคอนแทคเป็น 1 และจะเปิดเมื่อค่าที่แอดเดรสเป็น 0

Normally Close Contact

สัญลักษณ์: ─┤/├─

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการทำงาน :คอนแทคจะปิดเมื่อค่าที่แอดเดรสกำกับคอนแทคเป็น 0 และจะเปิดเมื่อค่าที่แอดเดรสเป็น 1

Invert Power Flow

สัญลักษณ์ : --|NOT|--

ลักษณะการทำงาน : กลับสถานะของผลการทำงาน

Output Coil

สัญลักษณ์ : --( )

ลักษณะการทำงาน : เมื่อส่วนของการตรวจสอบเงื่อนไขทั้งหมดได้สถานะผลลัพธ์เป็น "จริง" ก็จะทำให้Output Coil ทำงาน

Set Reset Flip-Flop

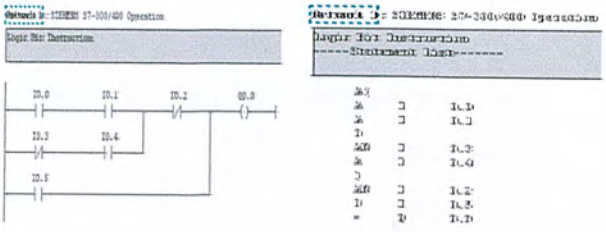
สัญลักษณ์ :

ลักษณะการทำงาน :Flip-flop จะSet (แอดเดรสที่กำกับFlip-flop และเอาท์พุทเป็น 1) ก็ต่อเมื่อ Input S เป็น 1 และ R เป็น 0 และจะ Reset ก็ต่อเมื่อ Input S เป็น 0 และ R เป็น 1 จากตัวอย่างเป็นรูปแบบของ ladder diagram และ Statement list โดยที่ Output Coli Q0.0) จะเป็นลอจิก 1 เมื่อ

1. I0.0 และ I0.1เป็น "1" และ I0.2 เป็น "0"

หรือ 2. I0.3 เป็น "0" และ I0.4 เป็น "1"

หรือ 3. I0.5 เป็น "1"



ภาพที่ 2.13 ตัวอย่างของ Ladder Diagram และ Statement List

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Comparison

คำสั่งในหมวดนี้จะเป็นการเปรียบเทียบค่าของข้อมูล 2 ข้อมูล โดยจะต้องทำการ Enable Compare Box ก่อนโดยทำการให้ขา Enable เป็นลอจิก 1 และจะทำการเปรียบเทียบค่าของ 2 ข้อมูล ซึ่งจะแทนด้วยIN1และIN2โดยสัญญาลักษณ์ของการเปรียบเทียบมีดังนี้

==I:IN1 เท่ากับIN2

> I : IN 1 มากกว่า IN 2

>= I : IN 1 มากกว่าหรือเท่ากับ IN 2

<> I : IN 1 มากกว่าหรือน้อยกว่า IN 2

< I : IN 1 น้อยกว่า IN 2

<= I : IN 1 น้อยกว่าหรือเท่ากับ IN 2

และนอกจากนี้ ก็จะต้องคำนึงถึงข้อมูลที่ต้องการจะเปรียบเทียบด้วยว่าเป็นข้อมูลแบบใด Integer, Double Integer, Real หรืออื่นๆ ซึ่ง จะใช้ Compare Box ที่ต่างกัน

ภาพที่ 2.14 สัญญาลักษณ์ของ Comparison Instruction ในรูปแบบต่างๆ

จากรูปตัวอย่าง Q4.0 จะ set ก็ต่อเมื่อ I0.0 I0.1 เป็นลอจิก "1" และ Memory แบบ Word ตำแหน่งที่ 0(MW0) จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ Memory word 2 (MW2)

Counter

ในหมวดของตัวนับหรือ Counter นี้ จะนับค่าได้สูงสุดที่ 999 ฐานสิบ โดยสามารถเลือกได้ว่าต้องการให้นับขึ้นหรือนับลง

โดยที่CUจะเป็นขาสั่งงานให้Counterนับขึ้นทีละ1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD เป็นขาสั่งงานให้ Counter นับลงทีละ 1

S ขา Set Input สำหรับการเริ่มตั้งค่า

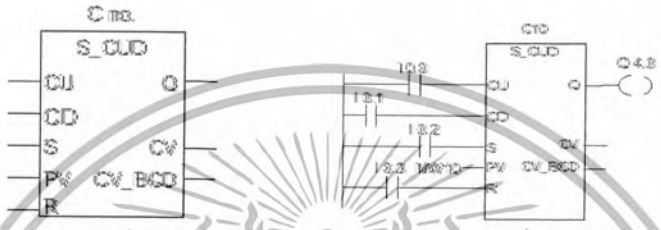
PV ค่า (จำนวนของการนับ)

R ขา Reset Input

Q เอาท์พุท

CV ค่า (จำนวน) ที่Counter นับได้ในรูปแบบ Binary

CV_BCD ค่า (จำนวน) ที่ Counter นับได้ในรูปแบบ BCD

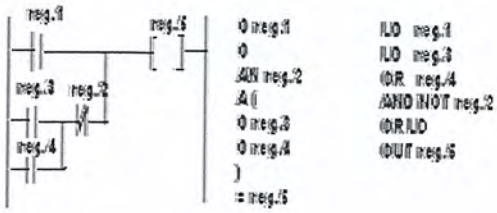


ภาพที่ 2.15 สัญญาลักษณ์ของ Counter ในรูปแบบต่างๆ

จากรูปตัวอย่างเมื่อ I0.2 เป็น ลอจิก "1" ตัวนับจะทำการโหลดค่าจำนวนที่จะนับจาก MW10 และเมื่อ I0.0 เป็นลอจิก "1" ตัวนับจะเพิ่มค่าที่นับได้ครั้งละ 1 และหาก I0.1 เป็นลอจิก "1" ตัวนับจะทำการลดค่าที่นับได้ลงทีละ 1

NO/NC-Contact

เป็นลักษณะของคอนเทคปกติเปิด (NO) และปกติปิด (NC) หรือในส่วนของ Statement List จะใช้คำสั่ง Load สำหรับปกติเปิด หรือ Load Not สำหรับปกติปิด โดยจะใช้ในกรณีที่ใช้คอนแทคดังกล่าวเป็นคำสั่งแรกที่เริ่มเขียนจากเส้นไฟ สำหรับในกรณีที่มีการนำคอนแทคมาต่อจากคำสั่งคอนแทคแรกในลักษณะอนุกรมจะใช้คำสั่ง AND และในกรณีที่นำมาต่อขนานจะใช้คำสั่ง OR ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่างๆ สำหรับการใช้งานโดยทั่วไปก็คือวางคอนแทคในแนวเส้นไฟและกำหนดหมายเลขหรือaddressของคอนแทค

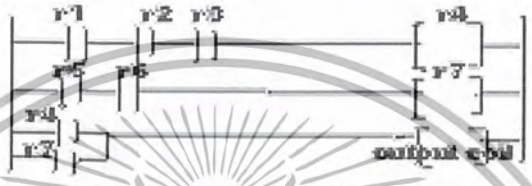


ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างการเขียนคำสั่ง NO/NC-Contact

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CoilหรือOutput

เป็นคอยล์ของอุปกรณ์ Output ก็คือเมื่อคำสั่งคอยล์มีการทำงานตามโปรแกรม ก็จะเป็นเสมือนการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ที่ Output Terminal หรืออาจใช้เป็นคอยล์ของรีเลย์ช่วยภายใน คือในบางกรณี Output 1ตัวแต่ต้องใช้เงื่อนไขในการตรวจสอบมากกว่า 1 เงื่อนไขเราก็อาจใช้คอยล์ของรีเลย์ช่วยภายในเป็นตัวเก็บสถานะของแต่ละเงื่อนไข แล้วค่อยนำคอยล์ของรีเลย์ภายในดังกล่าวไปขับคอยล์ Output อีกทีก็ได้ สำหรับการใช้งานก็เหมือนกับคอนแทคคือวางสัญญาลักษณ์คอยล์ในแนวเส้นไฟและกำหนดหมายเลขหรือaddressของคอยล์



ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างการเขียนคำสั่ง Coilหรือ Output

Set/Reset

เป็นคำสั่งที่มักใช้คู่กัน คือเมื่อเราต้องการให้รีจิสเตอร์หรือรีเลย์คอนแทคตัวใดทำงานก็ใช้คำสั่ง Set รีจิสเตอร์หรือรีเลย์ตัวนั้นก็จะทำงานหรือ On ไปตลอดจนกระทั่งเราใช้คำสั่ง Reset จึงเป็นการหยุดการทำงานดังกล่าว การใช้งานคือใช้คำสั่ง Set /Reset และตามด้วยรีจิสเตอร์ หรือหมายเลขคอนแทค(Addressเดียวกันทั้งในคำสั่งSetและReset)

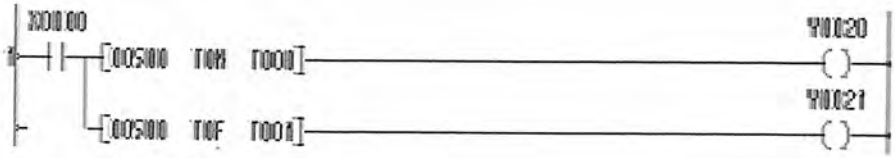
ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างการเขียนคำสั่ง Set/Reset

Timer

เป็นฟังก์ชันหรือคำสั่งที่ใช้ตั้งเวลา โดยทั่วไปจะมีการทำงานเป็น 2 โหมดหลักๆ คือ ลักษณะที่เป็น On Delay Timer และ Off Delay Timer โดยการทำงานของ On Delay Timer คือเมื่อคอนแทคทุกตัวในแนวเส้นไฟใน Ladder ต่อกันก็จะเป็นเหมือนการจ่ายไฟให้ On Delay Timer ทำงาน ซึ่ง Timer จะไม่ให้ Output ในทันที แต่จะหน่วงเวลาไว้ช่วงหนึ่งตามระยะเวลาที่ได้ตั้งไว้ และเมื่อครบกำหนดเวลาที่ตั้งไว้จึงให้ Output ออกมา ในส่วนของ Off Delay timer ลักษณะการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานก็คือ เมื่อมีคอนแทคตัวใดตัวหนึ่งจาก (คือไม่ต่อกัน) ก็จะเป็นเหมือนการตัดไฟ Timer แต่ Timer จะยังไม่หยุดทำงานในทันที คือยังมี Output ออกมาอีก และเมื่อหน่วงครบเวลาที่ตั้งไว้ในOff Delay Timer ตัวTimer ก็จะตัด Output



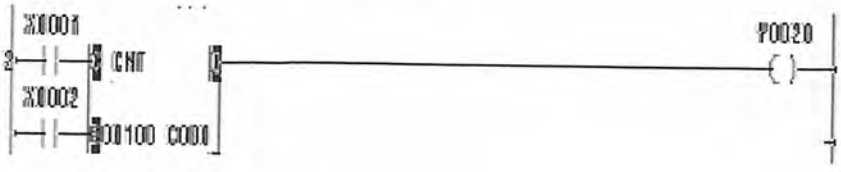
ภาพที่ 2.19 ตัวอย่างการเขียนคำสั่ง Timer

จากรูปเป็นการใช้ Timer ของ Toshiba สมมุติว่า X000 เป็นสวิตช์ เมื่อ X000 ทำงาน จะส่งผลให้ Timer ทั้ง 2 ตัวทำงาน ซึ่ง Output ,Y20จะยังไม่ทำงานจนกระทั่ง Timer นับถึงเวลาที่ตั้งไว้ (500) Y20 จึงทำงาน ในทางกลับกัน เมื่อกด X000 Y21 จะเริ่มทำงานเลยจนกระทั่งT001นับถึงเวลาที่ตั้งไว้(500)จึงหยุดทำงาน

ลักษณะการใช้งาน (ซึ่งในแต่ละยี่ห้ออาจไม่เหมือนกัน) ก็คือใส่สัญญาลักษณ์ Timer On/Off แล้วกำหนดเบอร์หรือหมายเลขของ Timer และกำหนดเวลาหน่วง โดยเวลาที่ตั้งอาจมีความละเอียด 0.1 หรือ 0.001 Sec. หรือมากกว่านี้ คือในกรณีที่ใช้ความละเอียดของ Timer เป็น 0.1 Sec. สมมุติว่าเราต้องการตั้งเวลาที่ 5 วินาที เราก็จะต้องใส่ค่า 50 ให้กับ Timer หรือ 500 ในกรณีที่ Timer มีความละเอียดเป็น0.001Sec.

Counter

ใช้เป็นตัวนับ โดยมีมีการจ่าย Input ให้ Counter ตัว Counter ก็จะเริ่มนับไปจนกระทั่งถึงจำนวนที่ได้ตั้งไว้ ก็จะจ่าย Output ออกไป ซึ่งในบางยี่ห้ออาจต้องมีการกำหนดขาที่ใช้ Enable ให้กับตัว Counter ด้วย คือต้องจ่าย Input ให้กับขา Enable (เป็น 1)ตลอดช่วงเวลาของการนับ หากหยุดจ่าย input ให้กับขา enable ตัว Counter ก็จะหยุดทำงานและ Reset ตัวเองใหม่อีกครั้ง และจะเริ่มนับได้อีกครั้งเมื่อให้ขา Enable เป็น 1สำหรับการใช้งานก็คือใส่สัญญาลักษณ์ Counter กำหนดหมายเลขCounterและกำหนดจำนวนที่ต้องการให้นับ

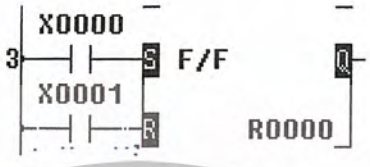


ภาพที่ 2.20 ตัวอย่างการเขียนคำสั่ง Counter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61911

Flip-flop

ลักษณะการใช้งานจะเหมือนกับคำสั่ง Set/Reset ที่ได้กล่าวไปแล้ว คือเป็นเหมือนเอาคำสั่ง Set และ Reset มาอยู่ในสัญญาลักษณ์ตัวเดียวกัน โดยในสัญลักษณ์ของ Flip-flop ก็จะมีขา Set และขา Reset เมื่อเราต้องการให้รีจิสเตอร์หรือรีเลย์ช่วยที่กำหนดให้ทำงานหรือเป็น 1 ก็จะต้อง Enable ขาSetและเมื่อต้องการให้รีจิสเตอร์ดังกล่าวหยุดทำงานหรือเป็น0ก็จะต้องEnableขาReset



ภาพที่ 2.21 ตัวอย่างการเขียนคำสั่ง Flip-flop

2.2 อินคริเมนท์เอนโค้ดเดอร์ (Increment encoder)

เอนโค้ดเดอร์ชนิดนี้ เป็นเอนโค้ดเดอร์ที่สร้างสัญญาณพัลส์แปรผันตรงกับการหมุนของเพลา(ความถี่ของพัลส์เปลี่ยนตามความเร็ว) โดยพัลส์ที่ได้สามารถนำไปหาความเร็วในการหมุนได้ อินคริเมนท์เอนโค้ดเดอร์ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือ ตัวกำเนิดแสง จานหมุน (Rotary Disk) จานอยู่กับที่ และตัวเซนเซอร์ บนแผ่นจานหมุนทำเป็นช่องโดยรอบดังแสดงในภาพที่ 2.10 และแผ่นอยู่กับที่จะมีช่องสำหรับให้แสงผ่านตรงเข้าไปยังตัวเซนเซอร์ ถ้าเป็นเอนโค้ดเดอร์ที่ใช้วัดความเร็วต่ำไม่ต้องมีแผ่นอยู่กับที่ก็ได้

ภาพที่ 2.22 ตัวอย่างเอนโคดเดอร์

2.2.1 ความละเอียดของอินคริเมนท์เอนโค้ดเดอร์

เป็นจำนวนตามเวลาของสัญญาณเอาท์พุทต่อการหมุนของเพลา 1รอบ ซึ่งบอกจำนวนพัลส์ต่อรอบหรือจำนวนไซเคิลต่อ 360 องศามุมทางกลหรือไซเคิลต่อองศาที่ใช้ทั่วไป มีความละเอียดตั้งแต่ 15 ถึง 10000 พัลส์ต่อรอบ โดยจำนวนพัลส์จะเท่ากับจำนวนช่องของแผ่นจานหมุนในทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิบัติต้องการให้แสงผ่านช่องเป็นเส้นตรงพร้อมๆกันอาจจะใช้เลนส์ หรือพาราโบลิคแฟคเตอร์ ดูภาพที่ 2.23

จำนวนพัลส์ต่อ 1 รอบของสัญญาณที่เอนโค้ดเดอร์สร้างออกมาจะเท่ากับจำนวนช่องว่างบนแผ่นจานหมุน และความกว้างของช่องว่างกับของแถบทึบระหว่างช่องว่างจะเท่ากันเพราะฉะนั้นเราสามารถคำนวณหาความกว้างของช่องว่าง (ω) ได้จาก

$$\omega = \P D / 2N \qquad 2\text{-}1$$

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของแพ็ทเทิน

N = จำนวนของความละเอียดเป็นพัลส์ต่อรอบ

ω = ความกว้างของช่องว่าง

ค่าของตัวแปรจากสมการนี้หาได้จาก ถ้าให้ D เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นหมุนของเอนโค้ดเดอร์ ค่าประมาณที่ใกล้เคียงมากของค่าความกว้างของช่องว่างแสดงได้ดังนี้

$$\omega = 0.75 \P D / 2N \qquad 2\text{-}2$$

ภาพที่ 2.23 แสดงถึงผลของแสงที่ผ่านในแนวเดียวกัน

2.2.2 เอาท์พุทของเอนโค้ดเดอร์

โดยทั่วไปแล้วสัญญาณเอาท์พุทที่ออกมาจากเอนโค้ดเดอร์โดยตรง จะมีระดับไม่เพียงพอในการควบคุมหรือสำหรับกระบวนการประมวลสัญญาณ ดังนั้นจึงต้องมีวงจรขยายและแปลงรูปร่างรูปคลื่นต่อไว้ในตัวเอนโค้ดเดอร์ด้วยเสมอ สัญญาณที่ได้จากตัวเซนเซอร์ปกติแล้วจะเป็นรูปสามเหลี่ยมหรือรูปสัญญาณซายน์ขึ้นอยู่กับความละเอียดที่ต้องการ รูปสัญญาณเหล่านี้สามารถทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เป็นรูปสัญญาณสี่เหลี่ยมได้ โดยการต่อตัวคอมพาราเตอร์เข้ากับลิเนียร์แฮมปลิไฟของเอนโค้ดเดอร์ก็จะได้เอาท์พุทเป็นรูปสี่เหลี่ยมตามต้องการ

ภาพที่ 2.24 (a) แสดงถึงลูกคลื่นเอาท์พุทสี่เหลี่ยมของเอนโค้ดเดอร์ชนิด 1 ช่อง ไม่ว่าเพลาจะหมุนในทิศทางก็ได้ ก็จะได้สัญญาณออกมาเหมือนกัน จึงเหมาะที่จะใช้กับงานที่ไม่กำหนดทิศทางเท่านั้น ส่วนในรูปที่ 2.24 (b) แสดงสัญญาณ 2 ช่องที่ได้จากเอนโค้ดเดอร์ชนิด 2 ช่องเฟสของสัญญาณ 2 ช่องนี้จะต่างกัน 90 องศาทางไฟฟ้าเราเรียกสัญญาณ 2 ช่องนี้ว่าเป็น ควอดราเจอร์ (Quartered) กันซึ่งเหมาะที่จะใช้ในการรับรู้ทิศทางการหมุนของเพลาหรือใช้ควบคุมระบบที่ซับซ้อนอื่นๆ จากสัญญาณในรูป 2.24 (b) จะเห็นได้ว่าสัญญาณทั้ง 2 ช่องจะเริ่มจาก 0 ถึง 1 และ 1 ถึง 0 ขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุนของแผ่นหมุนของเอนโค้ดเดอร์

ในอินครีเมนท์เอนโค้ดเดอร์บางชนิดจะมีพัลส์ที่แสดงถึงจำนวนรอบ ของการหมุนสำหรับใช้เป็นศูนย์ในการอ้างอิงพัลส์ที่ใช้แสดงจำนวนรอบนี้ จะเกิดขึ้น 1 พัลส์ต่อ 1 รอบโดยทั่วไปแล้วใช้บอกถึงตำแหน่งเชิงกลหรือใช้เป็นสัญญาณเคลียร์จำนวนที่นับไว้ในหน่วยเก็บข้อมูล

ภาพที่ 2.24 (a) ลูกคลื่นเอาท์พุทสี่เหลี่ยมของเอนโค้ดเดอร์ช่องเดี่ยว
(b) สัญญาณเอนโค้ดเดอร์ 2 ช่องมีมุมต่างเฟสกัน 90 องศา(สองทิศทาง)

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.3.1 สมการพื้นฐานของมอเตอร์ (Basic Motor Equation)

แรงบิดเฉลี่ยที่เกิดจากการหมุนของอาเมเจอร์ได้โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพของมอเตอร์(เช่น ความยาว รัศมีของอาเมเจอร์ เป็นต้น) ให้เป็นค่าคงที่ สมการแรงบิดจะเป็นดังนี้

$$T = K \Phi I_a \qquad 2\text{-}3$$

เมื่อ T = แรงบิดที่อาเมเจอร์

K = ค่าคงที่พารามิเตอร์ทางกายภาพของมอเตอร์

Φ = ฟลั๊กแม่เหล็กต่อขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ia = กระแสไฟฟ้าที่อาเมเจอร์

จากสมการที่ 2-3 เป็นสมการแรงบิดพื้นฐานทางไฟฟ้า ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าแรงบิดมอเตอร์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสไฟฟ้าที่อาเมเจอร์(Ia) และฟลั๊กแม่เหล็กที่เกิดจากแกนเหล็ก (Φ) ในทำนองเดียวกันเขียนเป็นสมการพื้นฐานทางกลเป็นดังนี้

$$\alpha = T / J \qquad 2\text{-}4$$

เมื่อ T = แรงบิดเอาท์พุท

α = อัตราเร่ง (Acceleration)

J = โมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of Inertia)

จากสมการ 2-4 สรุปได้ว่า การที่มอเตอร์จะหยุดหมุนได้นั้นต้องมีอัตราเร่ง (α) มากกว่าความเฉื่อยในการหมุนตัว (J) ของอาเมเจอร์

2.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและกำลังไฟฟ้า (Relationship between Torque and Power)

เอาท์พุทของมอเตอร์อาจเป็นแรงบิด (T) หรือกำลังไฟฟ้า (P)ก็ได้ อยู่ในรูปพลังงานไฟฟ้า (แรงดันไฟฟ้าคูณด้วยกระแสไฟฟ้า) ส่วน T อยู่ในรูปพลังงานกล (การหมุน) ดังสมการ 2-4 แต่ถ้าทราบค่าใดค่าหนึ่ง (P หรือ T) ก็จะคำนวณหาอีกค่าหนึ่งได้

$$T = 7.04\ P/S \qquad 2\text{-}5$$

เมื่อ T = แรงบิดเอาท์พุท

P = กำลังเอาท์พุท

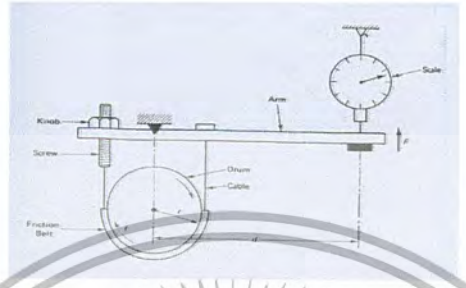
S = ความเร็วรอบ

ในกรณีถ้า P เป็นกำลังเอาท์พุทค่า T จะต้องเป็นแรงบิดเอาท์พุทด้วย และถ้า P เป็นกำลังไฟฟ้าที่อาเมเจอร์ T จะต้องเป็นแรงบิดที่อาเมเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การวัดแรงบิด (Measurement of Torque)

กำลังเอาท์พุทของมอเตอร์วัดได้ยาก แต่ถ้าทราบค่าแรงบิดเอาท์พุทที่ค่าความเร็วระดับใดระดับหนึ่งก็สามารถคำนวณหาค่ากำลังเอาท์พุทได้โดยใช้สมการ 2-5 สำหรับแรงบิดนั้นวิธีวัดง่ายที่สุดคือ ใช้การเบรกแบบอัด (Pronto Break) ซึ่งมีลักษณะตามภาพที่ 2.25



ภาพที่ 2.25 แสดงการวัดแรงบิด

2.3.4 แรงดันต้านกลับ (Back Electromotive Force, Back EMF)

ถ้าจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้อาเมเจอร์ จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในอาเมเจอร์ ซึ่งจะสร้างแรงและส่งผลให้เกิดแรงบิดจึงทำให้มอเตอร์หมุนได้ ในขณะที่มอเตอร์หมุนมีแรงดันไฟฟ้าที่อาเมเจอร์ส่วนหนึ่งที่มีทิศทางตรงข้ามกับแรงดันไฟฟ้า ที่ป้อนให้มอเตอร์เราเรียกว่า แรงดันไฟฟ้าต้านกลับ (Back EMF)

ภาพที่ 2.26 วงจรแสดงทิศทางแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ

จากสมการที่ 2-4 ทำให้ทราบว่าแรงบิดที่ทำให้มอเตอร์หมุนได้นั้นต้องมีอัตราเร่งมากกว่าอัตราเฉื่อย เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้มอเตอร์ (ดังภาพที่ 2.27) เพิ่มขึ้นต่อเนื่องทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำและทำให้เกิดแรงบิดส่งผลให้มีอัตราเร่งเพื่อหมุนอาเมเจอร์อย่างต่อเนื่องเช่นกัน จนกระทั่งมอเตอร์มีความเร็วรอบคงที่คืออัตราเร่งเท่ากับศูนย์ แรงบิดจะเป็นศูนย์ด้วย เมื่อเป็นเช่นนี้จึงสันนิษฐานตามสมการ 2-3 ได้ว่า กระแสที่อาเมเจอร์กลายเป็นศูนย์แต่เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้อาเมเจอร์อยู่ เราจึงสันนิษฐานว่ามีแรงดันไฟฟ้าอื่นที่เกิดขึ้นในขดลวดอาเมเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้เราเรียกว่าแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ (Back EMF)

ในข้อสมมติฐานของเราคือ ขณะมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบคงที่กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่อาเมเจอร์ต้องมีค่าเป็นศูนย์นั้น ตามความเป็นจริงแล้วกระแสไฟฟ้านี้ไม่มีค่าเป็นศูนย์แต่มีกระแสไฟฟ้าจำนวนหนึ่งเพื่อสร้างแรงบิดมาหักล้างความฝืดของมอเตอร์ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ต้องมีมากกว่าแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ ดังสมการต่อไปนี้

$$\acute{E}g = \acute{V}t - Ia\,Ra \qquad 2\text{-}6$$

เมื่อ $\acute{E}g$ = แรงดันไฟฟ้าต้านกลับ

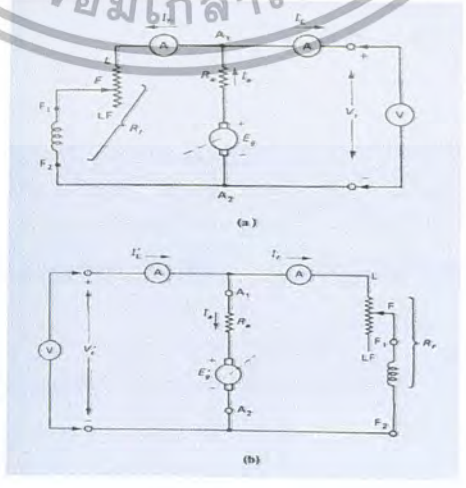
$\acute{V}t$ = แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วจ่ายให้มอเตอร์

Ia = กระแสไฟฟ้าที่อาเมเจอร์

Ra = ความต้านทานของขดลวดอาเมเจอร์

จากรูป 2.13 จะเห็นว่าทิศทางของ $\acute{E}g$ จะสวนทางกับทิศทาง ของ Ia เมื่อ Ia เป็นส่วนประกอบของสมการแรงบิด จึงสรุปได้ว่า $\acute{E}g$ เป็นตัวต้านทานแรงบิดหรือตัวต้านทานการหมุนของมอเตอร์นั่นเอง ความแตกต่างระหว่างคุณสมบัติแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าต้านกลับของมอเตอร์

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะผลิตกระแสไฟฟ้าที่อาเมเจอร์ (Ia) ส่งไปยังฟิลด์ (If) และโหลด (IL) ดังภาพที่ 2.27 a ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้าจะรับกระแสจากภายนอก (IL) จ่ายมายังฟิลด์ (If) และอาเมเจอร์ (Ia) ดังภาพที่ 2.27 b



ภาพที่ 2.27 การจ่ายกระแสไฟฟ้าของเครื่องกลไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 เคอร์ฟแรงบิด-ความเร็วรอบ (Torque-Speed Curve)

ก่อนที่จะเขียนเคอร์ฟแรงบิด-ความเร็วรอบได้ต้องหาค่าแรงบิดที่โหลด (Load Torque) เสียก่อนโดยนามการ 2-3 มาพิจารณาและกำหนดให้ค่าฟลั๊กคงที่ จะได้สมการใหม่เป็น

$$T = \acute{K}\, Ia \qquad 2\text{-}7$$

เมื่อ $\acute{K} = K\,\Phi$

ขณะมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ (อัตราความเร่งเป็น 0) แรงบิดที่เกิดขึ้นที่อาเมเจอร์เท่ากับแรงบิดที่โหลด จากสมการที่ 2-7 ถ้าให้แรงบิดที่โหลดเป็น TL

$$TL = \acute{K}\, Ia \qquad 2\text{-}8$$

จากสมการที่ 2-6 ซึ่งกล่าวได้ว่า $\acute{E}g = \acute{V}t - Ia\,Ra$ ทำให้ทราบว่า

$$Ia = (\acute{V}t - \acute{E}g) / Ra \qquad 2\text{-}9$$

แทนค่า Iaa ลงในสมการ 2-8

$$TL = [\acute{K}\,(\acute{V}t - \acute{E}g)] / Ra \qquad 2\text{-}10$$

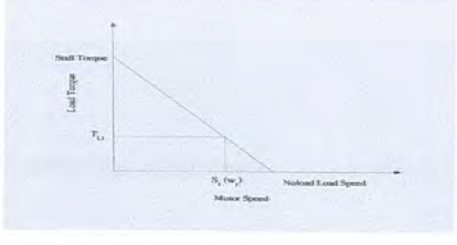
ถ้าให้ค่า $\acute{E}g$ เป็นค่าคงที่ Ka

$$TL = (\acute{K}\,\acute{V}t / Ra) - (\acute{K}\,Ka\,S / Ra) \qquad 2\text{-}11$$

ถ้าให้ $Km = \acute{K}/ Ra$ และ $Kb = (\acute{K}\,Ka) / Ra$

$$TL = Km\,\acute{V}t - Kb\omega \qquad 2\text{-}12$$

เมื่อนำส่วนประกอบในสมการ 2-12 มาเขียนเคอร์ฟโดยค่าที่ใช้เป็นค่าที่กำหนดให้จะได้เคอร์ฟแรงบิด-ความเร็วรอบในภาพที่ 2.28



ภาพที่ 2.28 เคอร์ฟแรงบิดความเร็วรอบ

จากเคอร์ฟที่ 2.28 ทำให้เราทราบว่า ขณะมอเตอร์หมุนตัวเปล่าค่าแรงบิดที่โหลดมีค่าเป็นศูนย์เมื่อต่อโหลดเข้าไปความเร็วรอบจะลดลงมา แต่ค่าแรงบิดที่โหลดจะเพิ่ม ถ้าเพิ่มโหลดอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเพื่อประโยชน์ด้านการศึกษาเท่านั้น ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเนื่องเช่นกัน จนกระทั่งในที่สุดมอเตอร์จะหยุดหมุนค่าแรงบิดต่ำที่สุดของโหลดซึ่งทำให้มอเตอร์หยุดหมุนขณะนี้เรียกว่า แรงบิดสตอล (Stall Torque)

ประโยชน์ของเคอร์ฟแรงบิดและความเร็วรอบคือ เป็นเครื่องมือทำนายความเร็วรอบของมอเตอร์ขณะขับโหลดใดๆก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
แรงบิดของเครื่องดัดท่อและขั้นตอนการทำงานของเครื่องดัดท่อ

3.1 ชุดวัดความยาวท่อ

จากการทำงานของตัวเข้ารหัสแบบเพิ่มค่า (Incremental Encoder) เมื่อนำมาต่อเข้ากับมอเตอร์และจ่ายไฟให้กับเอนโค้ดเดอร์ เอนโค้ดเดอร์จะสร้างพัลส์ที่แปรค่าตามความเร็วของมอเตอร์ที่นำมาต่อเข้าด้วยกัน โดยความถี่ของพัลส์ที่ผลิตจะมีค่าแปรผันไปตามค่าความเร็วของมอเตอร์ยิ่งความเร็วรอบมากก็ทำให้ตัวเอนโค้ดเดอร์ผลิตพัลส์ที่มีความถี่มากขึ้น เราจะนำพัลส์ที่ได้จากตัวเอนโค้ดเดอร์ไปเข้า PLC เพื่อให้ประมวลผลเป็นค่าความยาวของท่อและแสดงผลต่อไป ในการควบคุมความยาวท่อจะใช้ PLC เป็นตัวควบคุมเพื่อให้มอเตอร์หมุนให้ได้ความยาวของท่อที่ต้องการจะทำการดัด

การคำนวณหาค่าแรงบิดและกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์

จากสมการ $T = 7.04P/S$

ที่ กระแส 500 มิลลิแอมป์ แรงดัน 24 โวลท์ ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที

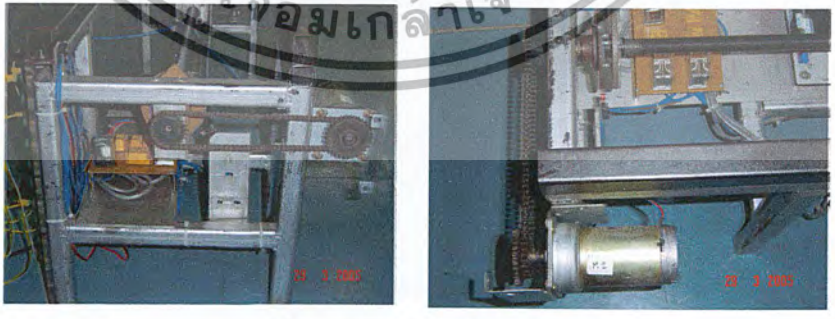
จะได้ $P = VI$

$P = (500\ mA)\ (24Volt)$

$P = 12 \quad watt$

และ $T = (7.04)\ (12)\ /\ (120)$

ได้ $T = 0.704 \quad ft\text{-}lb$



ภาพที่ 3.1 ชุดมอเตอร์วัดความยาวท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ชุดหมุนท่อ

ชุดหมุนท่อจะทำหน้าที่เป็นทั้งตัวจับและตัวหมุนท่อ โดยใช้หลักการขันสกรูในการจับท่อ เมื่อนำท่อใส่ในหัวจับซึ่งหัวจับจะถูกทำให้ถูกหมุนได้ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และในการวัดมุมจะใช้เอนโค้ดเดอร์ที่ต่อเข้ากับมอเตอร์และหัวจับซึ่งจะทำหน้าที่กำเนิดพัลส์ประมวลผลและแสดงผลต่อไป โดยการประมวลผลจะทำการแปลงจำนวนพัลส์ที่ได้จากการหมุนของมอเตอร์และหัวจับให้เป็นองศา สามารถหมุนได้ 360 องศาเพื่อให้การดัดท่อดัดได้ตามองศาที่ต้องการ เมื่อได้องศาตามที่ต้องการดัดเอนโค้ดเดอร์จะส่งสัญญาณพัลส์ตามองศาที่ต้องการส่งให้กับ PLC เพื่อให้ควบคุมมอเตอร์ให้หยุดหมุน หัวจับก็จะหยุดหมุนตามตำแหน่งองศาที่ต้องการ

การคำนวณหาค่าแรงบิดและกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์

จากสมการ $T = 7.04P/S$

ที่ กระแส 300 มิลลิแอมป์ แรงดัน 12 โวลท์ ความเร็วรอบ 6 รอบต่อนาที

จะได้ $P = VI$

$P = (300\ mA)\ (12volt)$

$P = 3.6$ watt

และ $T = (\ 7.04\ )(\ 3.6\ )/\ (\ 6\ )$

ได้ $T = 4.224$ ft-bl

ภาพที่ 3.2 ชุดมอเตอร์หมุนท่อ

3.3 ชุดดัดท่อ

เมื่อชุดวัดความยาวท่อวัดความยาวท่อได้ตามขนาดที่ต้องการดัด ซึ่งในขณะเดียวกันชุดหมุนท่อก็จะทำการหมุนท่อให้ได้มุมตามที่ต้องการดัด เมื่อท่อมาถึงชุดดัดท่อก็จะทำการดัดท่อให้ได้ตามรัศมีที่มีการหมุนจากชุดหมุนท่อ ซึ่งในการดัดท่อในแต่ละครั้งจะดัดได้ตั้งแต่ 0-180 องศา (ครึ่งวงกลม)โดยชุดดัดท่อจะใช้ PLC เป็นตัวควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้ได้รัศมีตามที่ต้องการดัด ซึ่งจะใช้เอนโค้ดเดอร์หมุนตามมอเตอร์และสร้างพัลส์ให้กับ PLC โดยจำนวนพัลส์จะเพิ่มตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนรอบการหมุนของมอเตอร์และขณะเดียวกันก็ใช้เอนโค้ดเดอร์เป็นตัวเซนเซอร์หรือเป็นตัวควบคุมของท่อที่ทำการดัด ก็จะส่งสัญญาณให้กับ PLC สั่งให้มอเตอร์หยุดหมุน PLC จะทำการควบคุมและแสดงผลไปด้วยคือ รับคำสั่งที่จะใช้ในการดัดท่อเพื่อนำไปสั่งให้มอเตอร์ทำงาน และทำการตรวจสอบโดยการรับสัญญาณจากเอนโค้ดเดอร์เพื่อเช็คค่าให้ได้ค่าตามคำสั่งหรือไม่ ซึ่งในขณะที่ตรวจสอบอยู่นั้นก็จะทำการแสดงผลที่ทำการดัดไปด้วย

การคำนวณหาค่าแรงบิดและกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์

จากสมการ $T = 7.04P/S$

ที่ กระแส 650 มิลลิแอมป์ แรงดัน 12 โวลท์ ความเร็วรอบ 9 รอบต่อนาที

จะได้ $P = VI$

$P = (650\ mA)\ (12volt)$

$P = 7.80$ watt

และ $T = (7.04)\ (7.80)\ /\ (9)$

ได้ $T = 6.1$ ft-lb

ภาพที่ 3.3 ชุดมอเตอร์ดัดท่อ

3.4 การทำงานของเครื่องดัดท่อ

การทำงานของเครื่องดัดท่อแบ่งออกเป็น 2 โหมดการทำงานได้แก่ Manual Mode และ Auto Mode

3.4.1 Manual Mode

เป็นการสั่งงานโดยใช้การกดสวิทซ์เพื่อให้ทำงานตามที่ต้องการ โดยแบ่งการควบคุมออกเป็น 3 ส่วนคือ ชุดป้อนท่อ ชุดหมุนท่อ ชุดดัดท่อ ชุดป้อนท่อ ทำการสั่งให้ท่อเดินหน้าได้โดยการกดปุ่ม M2 cw และทำให้ท่อหยุดเดินได้โดยการกดอีกครั้งที่ M2 cw และถ้าต้องการให้ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้อนท่อถอยหลังได้โดยการกดปุ่ม M2 ccw และทำให้หยุดเดินได้โดยการกดอีกครั้งที่ M2 ccw และกดอีกครั้งเพื่อต้องการที่จะหยุด

ชุดดัดท่อ ทำการสั่งให้ชุดดัดท่อทำการดัดได้โดยการกดปุ่ม M1 cw และทำการหยุดเดินโดยการกดอีกครั้งที่ M1 cw ซึ่งการดัดท่อนนั้นจะต้องทำงานคู่กับชุดดันท่อโดยการกด valve เพื่อดันประกบท่อ และกดที่ valve อีกครั้งเพื่อปล่อยการจับท่อ และเช่นเดียวกัน ถ้าต้องการให้ชุดดัดท่อกลับมาที่จุดเริ่มต้นทำได้โดยการกด M1 ccw และกดอีกครั้งถ้าต้องการทำการหยุด

ชุดหมุนท่อ ทำการหมุนได้ 360 องศา ซึ่งจะทำการหมุนตามเข็มนาฬิกาเมื่อกด M3 cw ซึ่งค่าของมุมจะเพิ่มขึ้นจนกว่าจะทำการกดหยุดโดยการกดอีกครั้งที่ M3 cw หรือมุมองศาที่หมุนไปเท่ากับ 360 องศา และถ้าต้องการให้มุมลดลงโดยทำการกด M3 ccw และกดหยุดได้โดยการกด M3 ccw อีกครั้ง แต่ถ้าไม่กดมอเตอร์ก็จะหมุนไปจนกว่าจะถึงมุม 0 องศา ก็จะหยุดหมุนไปเอง

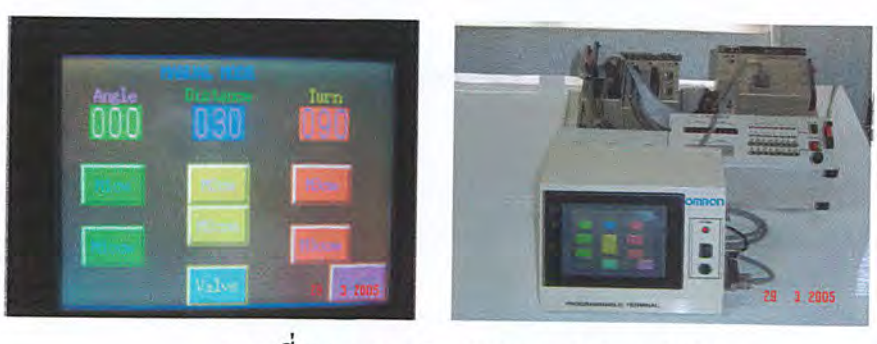
3.4.2 Auto Mode

เป็นการทำงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งก่อนที่จะทำงานได้จะต้องมีการเซตค่าต่างๆ ให้การที่จะใช้การที่จะใช้ดัด ใช้ป้อนและหมุนก่อน ซึ่งทำได้ดังนี้

โดยขั้นตอนแรกจะทำการกด Mode ให้อยู่ใน Mode Auto ก่อน โดยกดที่ Auto/M จากนั้นทำการเซตค่าชุดหมุน โดยการกดที่ช่องตัวเลขใต้คำว่า Set Turn เป็นการตั้งค่ามุมที่จะใช้หมุนในการดัดครั้งที่ 2 ซึ่งจะเซตค่าได้ตั้งแต่ 0-360 องศา โดยการกดที่เป็นตัวเลขที่อยู่ข้างๆแล้วทำการกด Enter เพื่อยอมรับค่าหรือกด Clear เมื่อต้องการตั้งค่าใหม่

จากนั้นก็ทำการเซตค่ามุมที่จะทำการดัด โดยการกดที่ช่องตัวเลขใต้คำว่า Set Angle ซึ่งจะมีอยู่ 2 ช่องด้วยกัน โดยช่องบนจะเป็นการเซตมุมดัดครั้งแรก และช่องที่ 2 เป็นการเซตมุมดัดครั้งที่ 2 ซึ่งการตั้งค่ามุมดัดจะอยู่ในช่วง 0- 180 องศา กดแป้นตัวเลขแล้วกด Enter

จากนั้นจะทำการเซตค่าระยะในการป้อนท่อซึ่งทำได้โดยการกดเซตค่าที่ใต้คำว่า Set Distance โดยมี 2 ช่อง ช่องแรกเป็นการเซตระยะการป้อนท่อครั้งแรก และช่องที่ 2 เป็นการเซตระยะในการป้อนท่อครั้งที่ 2 ก่อนที่จะดัด การป้อนทำได้โดยการกดที่ช่องตัวเลขแล้วทำการกดแป้นตัวเลขตามค่าที่ต้องการแล้วกด Enter



ภาพที่ 3.4 แสดงTouch Screen Manual Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงานของการดัดท่อแบบ Auto

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ทำการกดมาที่ Auto/M ในโหมดของ Auto
2. ทำการเซตค่า มุมดัด ชุดหมุนท่อ และชุดป้อนท่อ
3. กด Start ชุดดัดท่อ ชุดหมุนท่อ และชุดป้อนท่อ จะหมุนกลับมาที่ 0 องศา 0 องศา และ 0 เซนติเมตร ตามลำดับ
4. นำท่อที่ต้องการดัดมาใส่ในเครื่องดัดท่อ และทำการขันเกลียวจับท่อให้แน่น
5. ทำการกด Start เพื่อทำการป้อนท่อในระยะที่เซตค่าไว้ในช่องแรก PLC จะทำการเปรียบเทียบค่าจริงกับค่า Set Point เมื่อค่าเท่ากันจะหยุดการทำงานและทำงานในขั้นต่อไป จากนั้นจะทำให้ลูกสูบทำงานจับและดันท่อ พร้อมที่จะทำการดัด ขั้นตอนต่อไปก็จะหน่วงเวลา 3 วินาที แล้วทำการสั่งให้มอเตอร์ M1 ทำการดัดตามค่ามุมที่เซตค่าไว้ในช่องแรก จากนั้นมอเตอร์ M1 จะหมุนกลับมาที่ตำแหน่ง 0 องศา และขณะเดียวกันตัวจับท่อจะกลับเข้าสู่สภาวะปกติ เพื่อให้ท่อสามารถเลื่อนไปในขั้นตอนต่อไป จากนั้นมอเตอร์ M2 จะทำการป้อนท่อตามระยะที่ 2 ที่ Set ค่าไว้ พอถึงค่าที่ตั้งไว้มอเตอร์ M2 ก็จะหยุด แล้วมอเตอร์ M3 ก็ทำการหมุนตามมุมที่ตั้งค่าไว้ใน Set turn จากนั้น ลูกสูบก็จะทำการจับท่อไว้พร้อมที่จะทำการดัด หลังจากนั้น 3 วินาที มอเตอร์ M1 จะทำการดัดท่อตามมุมที่ต้องการ แล้วลูกสูบก็ปล่อยท่อและมอเตอร์ M1 จะหมุนกลับมาที่ 0 องศา เป็นการจบการทำงานของการดัดท่อตามโปรแกรมในโหมดการทำงานแบบ Auto

ภาพที่ 3.5 แสดงTouch Screen Auto Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ส่วนประกอบของเครื่องดัดท่อ

4.1 กล่าวนำ

เครื่องดัดท่อที่มีการผลิตใช้ในอุตสาหกรรมปกติซึ่งเป็นเครื่องที่มีขนาดใหญ่ ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ในการจับท่อและดัดท่อทำให้สามารถดัดท่อขนาดใหญ่ที่มีความหนาและแข็งแรงได้ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้จัดทำโครงงานเครื่องดัดท่อที่มีโครงสร้างขนาดเล็กที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกับเครื่องดัดท่อขนาดใหญ่ โดยการใช้อุปกรณ์เซนเซอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กซึ่งใช้แรงในการดัดและจับไม่มากนักและส่วนของการควบคุมจะใช้ PLCควบคุมซึ่งจะกล่าวถึงการออกแบบส่วนประกอบ

ภาพที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องดัดท่อ

4.2 โครงสร้างเครื่องดัดท่อ

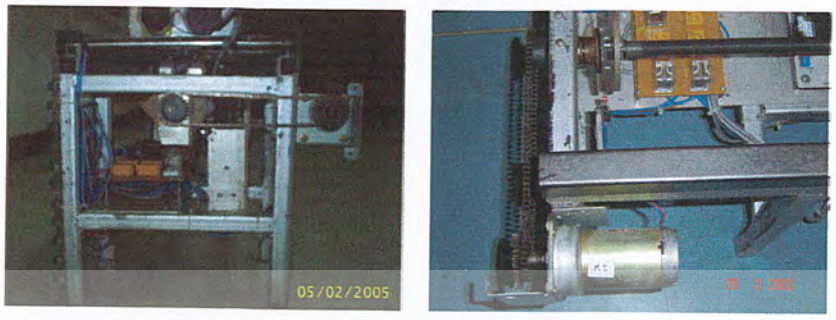
ลักษณะของโครงสร้างเครื่องดัดท่อมีดังนี้

1. โครงสร้างทำจากเหล็กทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 2.54 × 2.54 เซนติเมตร และหนา 1.5 มิลลิเมตร
2. ยึดติดโดยการเชื่อมไฟฟ้า
3. ขนาดของโครงสร้าง กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร และสูง 30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ชุดวัดความยาวท่อ

ชุดวัดความยาวท่อมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.2 แสดงลักษณะและการติดตั้งชุดวัดความยาวท่อ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 โวลต์ 500 มิลลิแอมป์ ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที มีชุดทดเฟืองภายใน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนมอเตอร์ 0.6 เซนติเมตร
2. เอนโค้ดเดอร์ขนาด 500 พัลส์ต่อรอบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร
3. การเชื่อมต่อทางกลระหว่างมอเตอร์กับเอนโค้ดเดอร์โดยใช้สายพานยึดติดแกน
4. เกลียวส่งท่อยาว 1 เมตร
5. เฟืองที่แกนมอเตอร์ขนาด 21 ฟัน
6. เฟืองที่แกนเพลาขนาด 25 ฟัน
7. ยึดกระเดื่องติดกับแกนเพลาด้วยสกรู และติดลิมิตสวิทช์เพื่อเป็นตัวเซนเซอร์

4.4 ชุดหมุนท่อ

เป็นการประกอบโครงสร้างอยู่บนล้อเลื่อนตามรางความยาว 1 เมตร ซึ่งประกอบด้วย

ภาพที่ 4.3 แสดงลักษณะและการติดตั้งชุดหมุนท่อ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดัน 24 โวลท์ กระแส 300 มิลลิแอมป์ เส้นผ่านศูนย์กลางแกนมอเตอร์ขนาด 0.6 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เอนโค้ดเดอร์ 500 พัลส์ต่อรอบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกนเอนโค้ดเดอร์ 0.8 เซนติเมตร

3. หัวจับท่อเลือกใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร

4. การเชื่อมต่อทางกลระหว่างมอเตอร์ หัวจับท่อ และเอนโค้ดเดอร์โดยการใช้เฟือง

5. เฟืองแกนหัวจับท่อขนาด 38 ฟัน

6. เฟืองแกนมอเตอร์ขนาด 20 ฟัน

7. เฟืองแกนเอนโค้ดเดอร์ 19 ฟัน

8. โครงหน้าแปลนยึดมอเตอร์กับเอนโค้ดเดอร์ ทำจากแผ่นแสตนเลสหนา 1 มิลลิเมตร

4.5 ชุดดัดท่อ

ประกอบด้วยหัวดัดท่อซึ่งเป็นเหล็กกลึงเป็นอุปกรณ์จับรีดท่อตามแนวแกน X โดยใช้มอเตอร์เป็นตัวต้นกำลัง

ภาพที่ 4.4 แสดงลักษณะการติดตั้งชุดดัดท่อ

ส่วนประกอบของชุดดัดท่อ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 12 โวลท์ 650 มิลลิแอมป์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกนมอเตอร์ 0.8 เซนติเมตร ความเร็วรอบ 9 รอบต่อนาที

2. เอนโค้ดเดอร์ 500 พัลส์ต่อรอบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกนเอนโค้ดเดอร์ 0.8 เซนติเมตร

3. หัวดัดท่อทำจากเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.5 เซนติเมตร ลึก 1 เซนติเมตร

4. ตัวรีดท่อทำจากเหล็ก กว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 4 เซนติเมตร ยึดติดกับลูกสูบเพื่อเลื่อนเข้าออก และง่ายต่อการนำท่อใส่เพื่อดัด

5. แกนหัวดัดทำจากแสตนเลส 27 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.8 มิลลิเมตร

6. เชื่อมต่อแรงจากมอเตอร์ไปที่แกนหัวดัดด้วยเฟือง

7. การเชื่อมต่อเอนโค้ดเดอร์กับเอนโค้ดเดอร์ด้วยสายพาน

8. เฟืองที่แกนมอเตอร์ขนาด 31 ฟัน

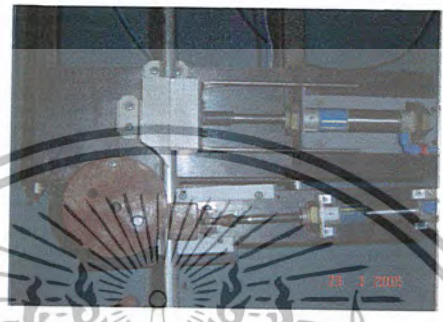
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เฟืองที่หัวดัดขนาด 110 ฟัน

10. อัตราทดแรงขนาด 3.5

4.6 ชุดจับท่อ

ทำจากอลูมิเนียมหล่อกลึงให้เป็นรูป ขนาดความกว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร ล่องลึก 1 เซนติเมตร ประกบจับท่อด้วยลูกสูบ ใช้นิวแมติกส์ขนาดแรงดันลม 10 bar



ภาพที่ 4.5 แสดงลักษณะการติดตั้งชุดจับท่อ

4.7 ชุดแสดงผล

ในเครื่องดัดท่อจะมีการแสดงผลทั้งหมด 3 ส่วน คือ ชุดวัดความยาวท่อ ชุดหมุนท่อ และชุดดัดท่อ ดังนั้นจึงมีการใช้ Program Terminal หรือ Touch Screen เพื่อให้ง่ายต่อการแสดงผลและง่ายต่อการควบคุมและใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน

การประมวลผลของเครื่องดัดท่อนั้นจะมีหลักการคล้ายๆกันทั้ง 3 ส่วนคือ เมื่อได้รับสัญญาณพัลส์จากเอน โค้ดเดอร์แล้วจะทำการเปรียบเทียบกับค่า Set Point จากนั้นจะทำการแสดงผลเมื่อได้ค่าตามค่าเป้าหมายแล้วก็จะมีการสั่งมอเตอร์ให้ทำงาน

ภาพที่ 4.6 แสดงลักษณะชุดแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 การออกแบบโปรแกรม

การออกแบบโปรแกรมการทำงานของเครื่องดัดท่อแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. แบบ Manual ใช้ควบคุมโดยการกดสวิทซ์ควบคุมการทำงานส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์ควบคุมทั้งหมดได้แก่ มอเตอร์และโซลินอยด์

2. แบบ Auto Mode

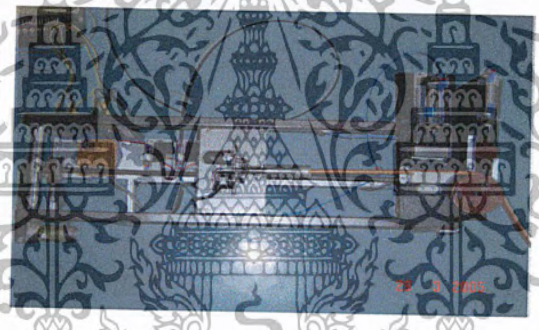
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดสอบ

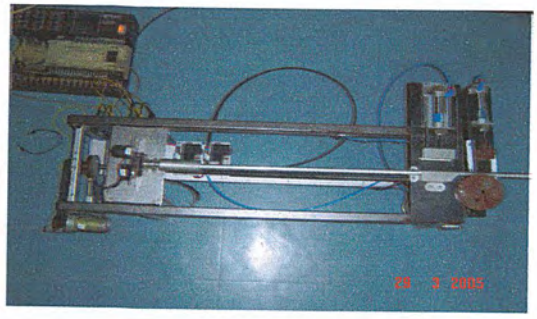
5.1 กล่าวนำ

ในส่วนของการทดสอบนั้นเป็นการทดสอบในแต่ละส่วนของเครื่องดัดท่อ (Pipe Bending Machine) นั้นคือ ชุดวัดความยาวท่อ ชุดหมุนท่อ และชุดดัดท่อเพื่อทำงานร่วมกับชุดทดลอง PLC และตัวแสดงผล Touch Screen โดยการทดสอบจะป้อนค่าต่างๆที่ต้องการให้กับชุดรับข้อมูลของ Touch Screen และ PLC ก็จะทำการประมวลผลและดำเนินการตามโปรแกรมจนสิ้นสุดโปรแกรม ชุดแสดงผลจะแสดงผลการทดสอบและตรวจวัดความถูกต้องในการทำงานของส่วนต่างๆของเครื่องดัดท่อที่ใช้ในการทดสอบเป็นท่อทองแดง ขนาด 5/8 นิ้ว



ภาพที่ 5.1 แสดงเครื่องดัดท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.2 แสดงการทดสอบการวัดความยาวท่อ

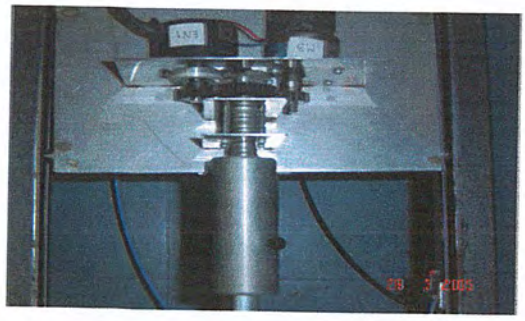
5.2 ผลการทดสอบการวัดความยาวท่อ

ในส่วนของการวัดความยาวท่อของเครื่องดัดท่อนั้นจะทดสอบโดยการตั้งค่าในโปรแกรมให้ทำการป้อนท่อที่ความยาวต่างๆ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ส่งให้ชุดป้อนท่อ จากการทดสอบได้ผลดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดสอบการวัดความยาวท่อที่ค่าต่างๆ

ครั้งที่	ความยาวท่อที่ต้องการวัด (เซนติเมตร)	ความยาวท่อที่วัดได้ (เซนติเมตร)
1	0	0
2	5	6
3	10	11
4	15	16.5
5	20	21
6	25	26
7	30	31
8	35	32
9	40	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.3 แสดงการทดสอบการหมุนท่อ

5.3 ผลการทดสอบการหมุนท่อ

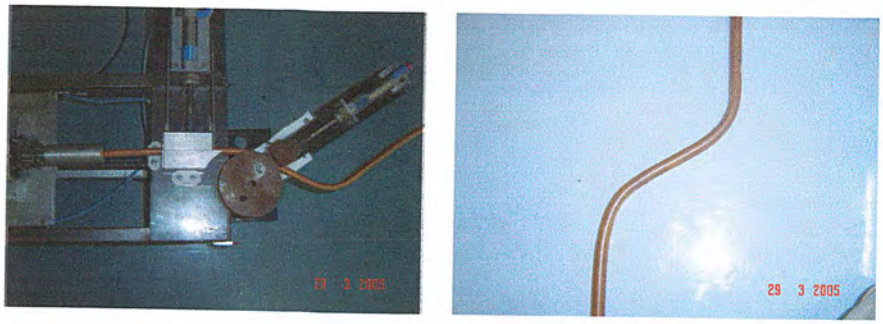
ในส่วนชุดหมุนท่อของเครื่องดัดท่อจะทดสอบโดยการตั้งค่าในโปรแกรมให้แปลงจำนวนพัลส์ของเอนโค้ดเดอร์เป็นองศา โดยการให้หมุนท่อจากนั้นวัดมุมที่ท่อหมุนไปเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งให้ในโปรแกรม

จากการทดสอบได้ผลดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดสอบการหมุนท่อที่มุมต่างๆ

ครั้งที่	มุมที่ต้องการหมุนท่อ (องศา)	มุมที่เครื่องหมุนท่อได้ (องศา)
1	0	0
2	30	28
3	45	47
4	60	61
5	90	92
6	180	180
7	270	273
8	360	358

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.4 แสดงการทดสอบการดัดท่อ

5.4 ผลการทดสอบการดัดท่อ

ในส่วนชุดดัดท่อของเครื่องดัดท่อทำการทดสอบโดยการให้เครื่องดัดท่อดัดท่อตามค่าที่ตั้งไว้ในโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมจะทำการแปลงจำนวนพัลส์ของเอนโค้ดเดอร์เป็นมุม(องศา)จากนั้นถอดท่อที่ดัดออกมาเพื่อทำการวัดมุมเพื่อเปรียบเทียบกับมุมที่ตั้งค่าไว้ในโปรแกรม

จากผลการทดสอบได้ผลดังตารางที่ 5.3

ตารางที่5.3 แสดงผลการทดสอบการดัดท่อที่ล่ามุมต่างๆ

ครั้งที่	มุมที่ต้องการดัดท่อ (องศา)	มุมที่เครื่องดัดท่อทำได้ (องศา)
1	0	0
2	30	31
3	45	46
4	60	59
5	90	91
6	180	179

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

จากการศึกษาและดำเนินการการจัดทำโครงงานเครื่องดัดท่อ ซึ่งทำให้สามารถเรียนรู้และประยุกต์ใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์คือเอนโค้ดเดอร์ ออกแบบเครื่องดัดท่อจนสามารถที่จะดัดท่อจริงจากการทดสอบการดัดท่อซึ่งสามารถดัดท่อได้ทั้ง 3 แกน ซึ่งก็สามารถทำได้ตรงตามวัตถุประสงค์แต่ในการทำโครงงานครั้งนี้มีข้อติดขัดอยู่บ้างในบางกรณี ในการดัดท่ออาจเกิดรอยบุบ เสียรูปทรง อันเนื่องมาจากการถูกบีบจากตัวรีดท่อแข็งไม่เข้าจังหวะกับหัวดัด และปัญหาในการใส่ท่อ จับท่อ และการนำท่อออกเพราะว่าตัวรีดท่อยังคงจับท่ออยู่

6.2 ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนา

ในที่นี้ข้อเสนอแนะในการที่จะนำไปพัฒนาไปใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กคือ ต้องเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้าง และพัฒนาแก้ไขหัวจับท่อให้สะดวกในการป้อนท่อ นำท่อเข้า และนำท่อออกได้ง่ายขึ้นกว่าเดิม และเพิ่มความยาวในการดัดท่อให้เหมาะสมกับงานต่อไป และการควบคุมสามารถทำการสั่งงานจากคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1].มงคล ทองสงคราม, **เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง,** พิมพ์ครั้งที่ 2, บริษัท รามาการพิมพ์

[2]. **WWW.ORRONEXPRESS.COM/, ความรู้ PLC เบื้องต้น**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STATEMENT LIST

ADDRESS	INSTRUCTION	DATA
00000	LD	000.00
00001	DIFU	010.00
00002	LD	000.01
00003	DIFU	010.01
00004	LD	000.02
00005	OUT	010.02
00006	LD	000.03
00007	OUT	010.03
00008	LD	000.04
00009	OUT	010.04
00010	LD	000.05
00011	OUT	010.05
00012	LD	000.06
00013	OUT	010.06
00014	LD	000.07
00015	OUT	010.07
00016	LD	000.08
00017	OUT	010.08
00018	LD	000.09
00019	DIFU	010.09
00020	LD	010.09
00021	AND	010.10
00022	KEEP	010.10
00023	LD NOT	010.10
00024	IL	
00025	LD	000.10
00026	DIFU	011.00
00027	LD	000.11
00028	DIFU	011.01

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADDRESS	INSTRUCTION	DATA
00029	LD	000.12
00030	DIFU	011.02
00031	LD	000.13
00032	DIFU	011.03
00033	LD	000.14
00034	DIFU	011.04
00035	LD	000.15
00036	DIFU	011.05
00037	LD	011.00
00038	AND	011.06
00039	OR	011.01
00040	KEEP	011.06
00041	LD	011.01
00042	AND	011.07
00043	OR	011.00
00044	KEEP	011.07
00045	LD	011.02
00046	AND	011.08
00047	OR	011.03
00048	KEEP	011.08
00049	LD	011.03
00050	AND	011.09
00051	OR	011.02
00052	KEEP	011.09
00053	LD	011.04
00054	AND	011.10
00055	OR	011.05
00056	KEEP	011.10
00057	LD	011.05
00058	AND	011.11
00059	OR	011.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADDRESS	INSTRUCTION	DATA
00060	KEEP	011.11
00061	LD	010.00
00062	AND	015.00
00063	KEEP	015.00
00064	ILC	
00065	LD	010.10
00066	IL	
00067	LD	010.07
00068	OR	011.12
00069	AND NOT	012.08
00070	AND NOT	010.08
00071	OUT	011.12
00072	DIFU	011.13
00073	LD	010.10
00074	LD	011.13
00075	AND	012.00
00076	OR LD	
00077	LD	012.01
00078	AND	013.00
00079	OR LD	
00080	LD	012.02
00081	AND	013.01
00082	OR LD	
00083	LD	012.03
00084	AND	013.02
00085	OR LD	
00086	LD	012.04
00087	AND	013.03
00088	OR LD	
00089	LD	012.05
00090	AND	013.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADDRESS	INSTRUCTION	DATA
00091	OR LD	
00092	LD	012.06
00093	AND	013.05
00094	OR LD	
00095	LD	012.07
00096	AND	013.06
00097	OR LD	
00098	DIFU 011.14	
00099	LD NOT	012.00
00100	AND NOT	012.01
00101	AND NOT	012.02
00102	AND NOT	012.03
00103	AND NOT	012.04
00104	AND NOT	012.05
00105	AND NOT	012.06
00106	AND NOT	012.07
00107	LD	011.14
00108	LD NOT	011.12
00109	SFT	012
00110		012
00111	LD	253.13
00112	CMP	210
00113		220
00114	AND	255.06
00115	OUT	013.09
00116	LD	013.12
00117	AND	013.11
00118	LD	CNT003
00119	CNT	003
00120		DM0600
00121	ILC	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADDRESS	INSTRUCTION	DATA
00122	LD	010.06
00123	LD	CNT000
00124	CNT	000
00125		#0030
00126	LD	001.02
00127	AND	CNT000
00128	AND NOT	010.04
00129	@INC	DM0500
00130	LD	001.03
00131	AND	CNT000
00132	AND NOT	010.05
00133	AND NOT	013.07
00134	@DEC	DM0500
00135	LD	253.13
00136	CMP	#0000
00137		DM0500
00138	AND	255.06
00139	OUT	013.07
00140	LD	010.05
00141	@MOV	#0000
00142		DM0500
00143	LD	012.01
00144	OUT	TR0
00145	CMP	DM0100
00146		DM0500
00147	AND	255.06
00148	LD	TR0
00149	AND	010.04
00150	OR LD	
00151	OUT	013.00
00152	LD	012.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADDRESS	INSTRUCTION	DATA
00153	OUT	TR0
00154	CMP	DM0200
00155		DM0300
00156	AND	255.06
00157	LD	TR0
00158	AND	010.02
00159	OR LD	
00160	OUT	013.01
00161	LD	255.00
00162	AND	001.00
00163	AND NOT	010.02
00164	AND NOT	014.02
00165	@INC	DM0300
00166	LD	255.00
00167	AND	001.01
00168	AND NOT	010.03
00169	AND NOT	013.08
00170	AND NOT	014.03
00171	@INC	DM0300
00172	LD	10.03
00173	@MOV	#0000
00174		DM0300
00175	LD	253.13
00176	CMP	#0000
00177		DM0300
00178	AND	255.06
00179	OUT	013.08
00180	LD	012.03
00181	AND	010.03
00182	OUT	013.02
00183	LD	012.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADDRESS	INSTRUCTION	DATA
00184	TIM	001
00185		#0030
00186	LD	012.03
00189	ADD	DM0500
00190		DM0110
00191		DM0400
00192	CLC	
00193	LD	012.04
00194	CMP	DM0500
00195	DM0400	
00196	LD	255.06
00197	OR	010.04
00198	AND LD	
00199	OUT	013.03
00200	LD	253.13
00201	CMP	#0000
00202		DM0220
00203	AND	255.06
00204	OUT	013.10
00205	LD	012.05
00206	TIMH	004
00207		DM0700
00208	LD	TIM004
00209	OUT	013.04
00210	LD	013.13
00211	AND	013.11
00212	AND NOT	013.09
00213	AND NOT	013.15
00214	@INC	DM0220
00215	LD	013.14
00216	AND	013.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADDRESS	INSTRUCTION	DATA
00217	AND NOT	013.10
00218	@INC	DM0220
00219	LD	253.13
00220	AND NOT	013.11
00221	TIMH	002
00222		#0005
00223	LD	TIM002
00224	OUT	013.11
00225	LD	001.04
00226	DIFU	014.00
00227	LD	001.05
00228	DIFU	014.01
00229	LD	014.00
00230	OR	013.13
00231	AND NOT	CNT003
00232	AND NOT	013.14
00233	OUT	013.13
00234	LD	014.01
00235	OR	013.14
00236	AND NOT	CNT003
00237	AND NOT	013.13
00238	OUT	013.14
00239	LD	013.13
00240	OR	013.14
00241	OUT	013.12
00242	LD	253.13
00243	MOV	#0001
00244		DM0610
00245	LD	012.03
00246	ADD	DM0610

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADDRESS	INSTRUCTION	DATA
00247		DM0210
00248		DM0600
00249	CLC	
00250	LD	253.13
00251	MOV	#0360
00252		DM0710
00253	LD	012.04
00254	MUL	DM0210
00255		#2332
00256		DM0720
00257	CLC	
00258	LD	012.04
00259	DIVL	DM0720
00260		DM0710
00261		DM0700
00262	CLC	
00263	LD	253.13
00264	CMP	#0360
00265		DM0220
00266	AND	255.06
00267	OUT	013.15
00268	LD	012.06
00269	TIM	005
00270		#0030
00271	LD	012.06
00272	OUT	TR0
00273	CMP	DM0300
00274		DM0120
00275	AND	255.06
00276	LD	TR0
00277	AND	010.02

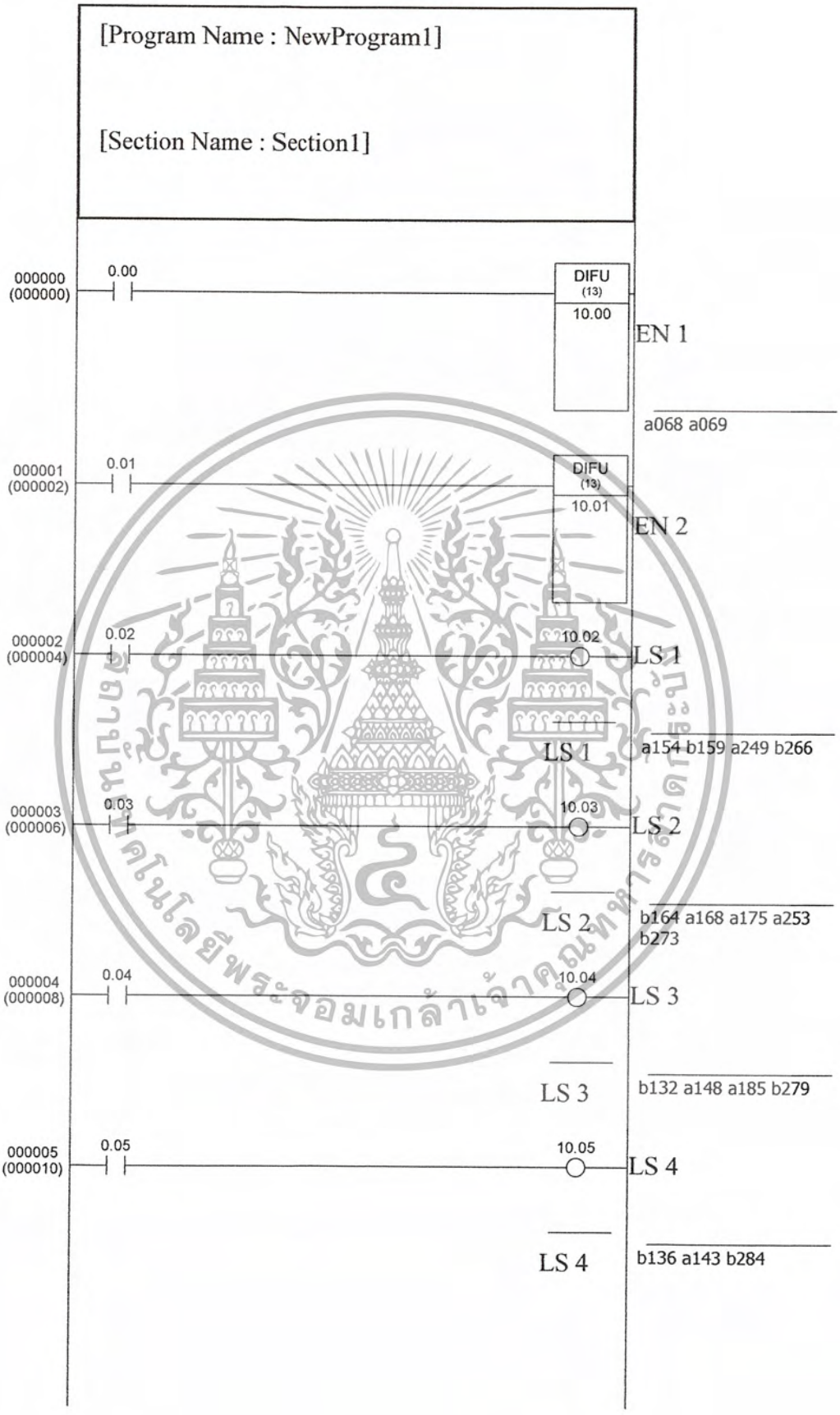
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADDRESS	INSTRUCTION	DATA
00278	OR LD	
00279	OUT	013.05
00280	LD	012.07
00281	AND	010.03
00282	OUT	013.06
00283	LD	253.13
00284	CMP	#0180
00285		DM0300
00286	AND	255.06
00287	OUT	014.02
00288	LD	253.13
00289	CMP	#0000
00290		DM0300
00291	AND	255.06
00292	OUT	014.03
00293	LD	TIM001
00294	OR	TIM005
00295	OR	011.06
00296	AND NOT	010.02
00297	AND NOT	001.01
00298	OUT	001.00
00299	LD	012.00
00300	OR	012.03
00301	OR	012.07
00302	OR	011.07
00303	AND NOT	010.03
00304	ND NOT	001.00
00305	OUT	001.01
00306	LD	012.01
00307	OR	012.04
00308	OR	011.08

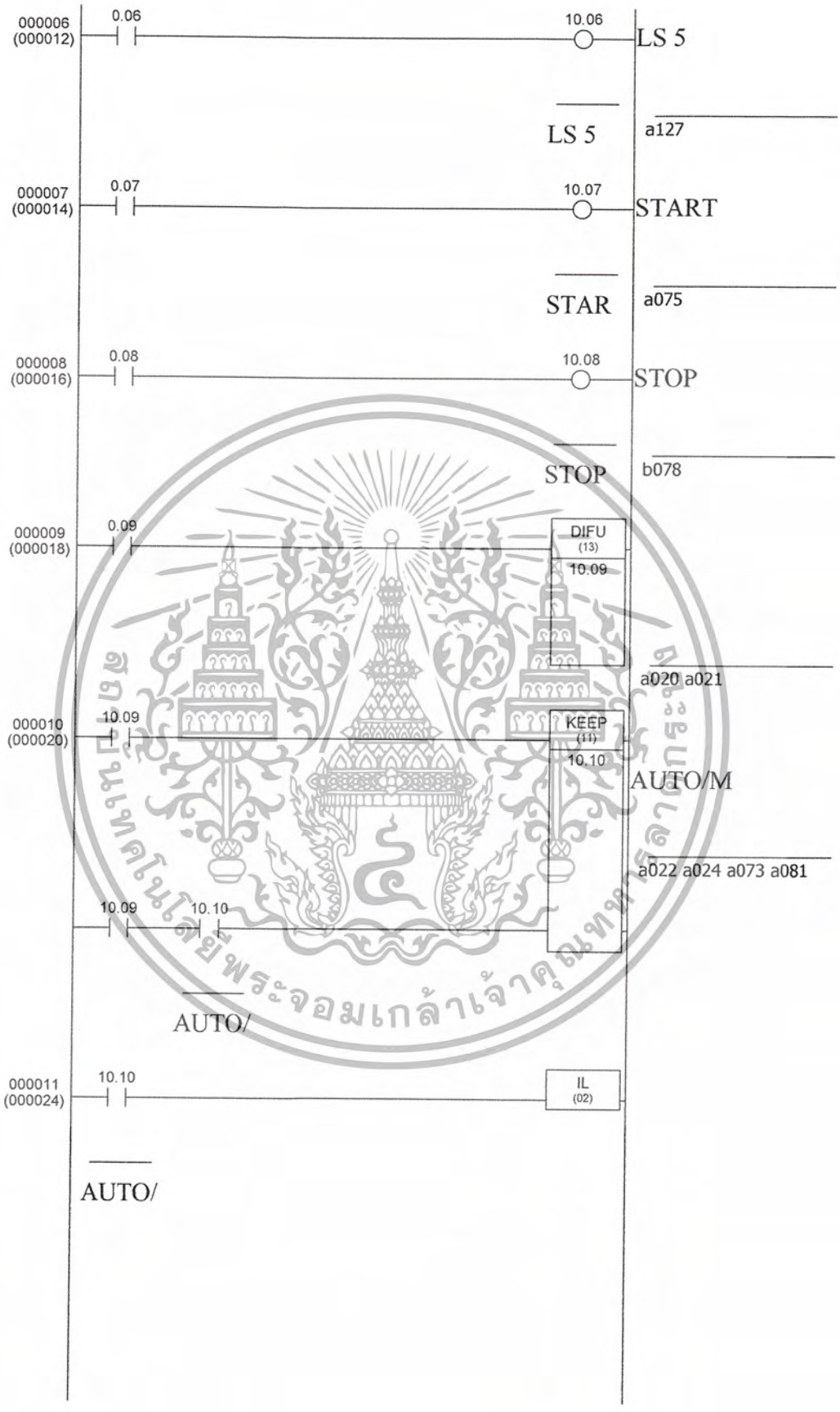
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADDRESS	INSTRUCTION	DATA
00309	AND NOT	010.04
00310	AND NOT	001.03
00311	OUT	001.02
00312	LD	012.00
00313	OR	011.09
00314	AND NOT	010.05
00315	AND NOT	001.02
00316	OUT	001.03
00317	LD	012.05
00318	OR	011.10
00319	AND NOT	013.15
00320	AND NOT	001.05
00321	OUT	001.04
00322	LD	012.00
00323	OR	011.11
00324	AND NOT	013.10
00325	AND NOT	001.04
00326	OUT	001.05
00327	LD	012.02
00328	OR	012.06
00329	OR	015.00
00330	OUT	001.06
00331	LD	012.02
00332	OR	012.06
00333	OR	015.00
00334	OUT	001.07
00335	END	

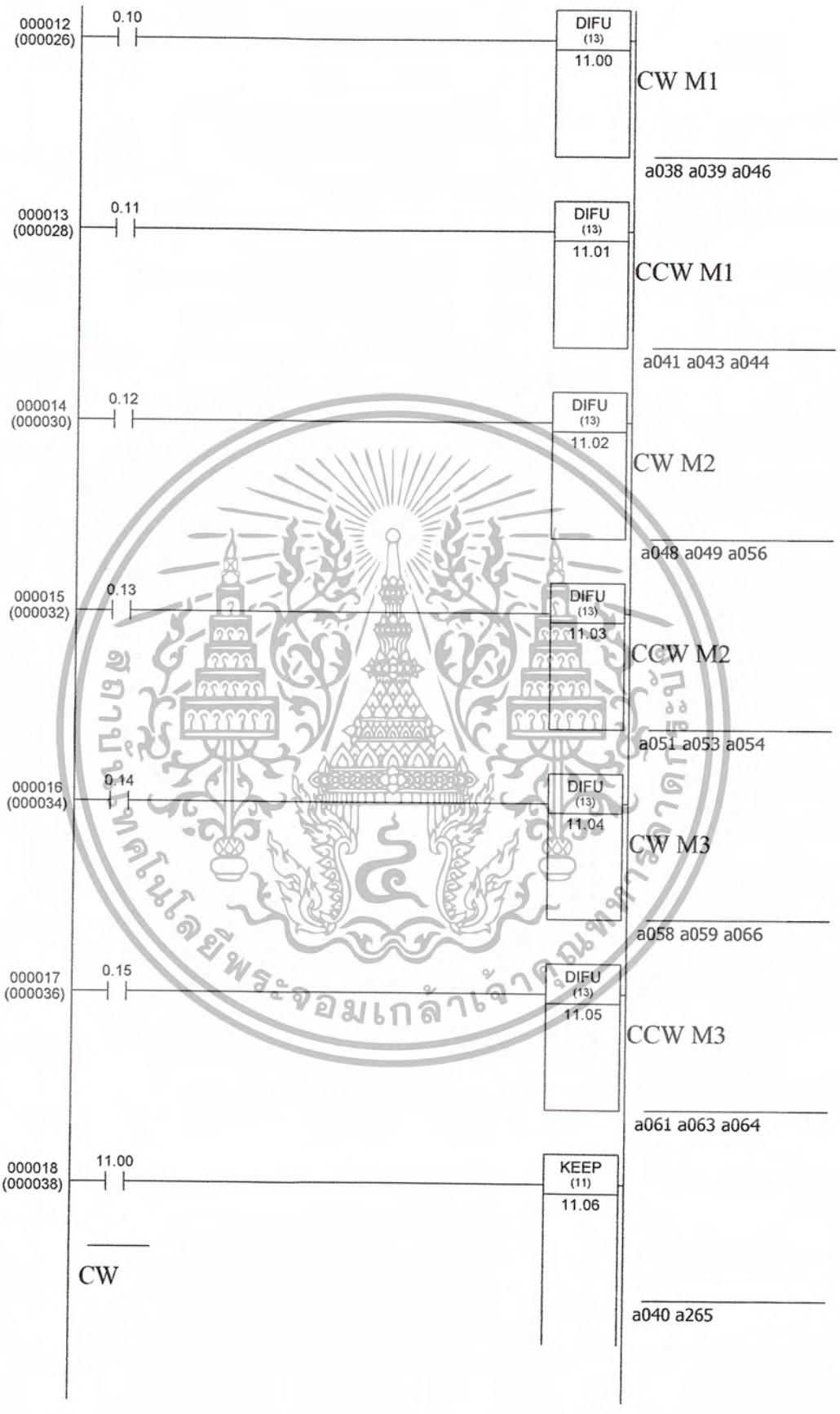
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



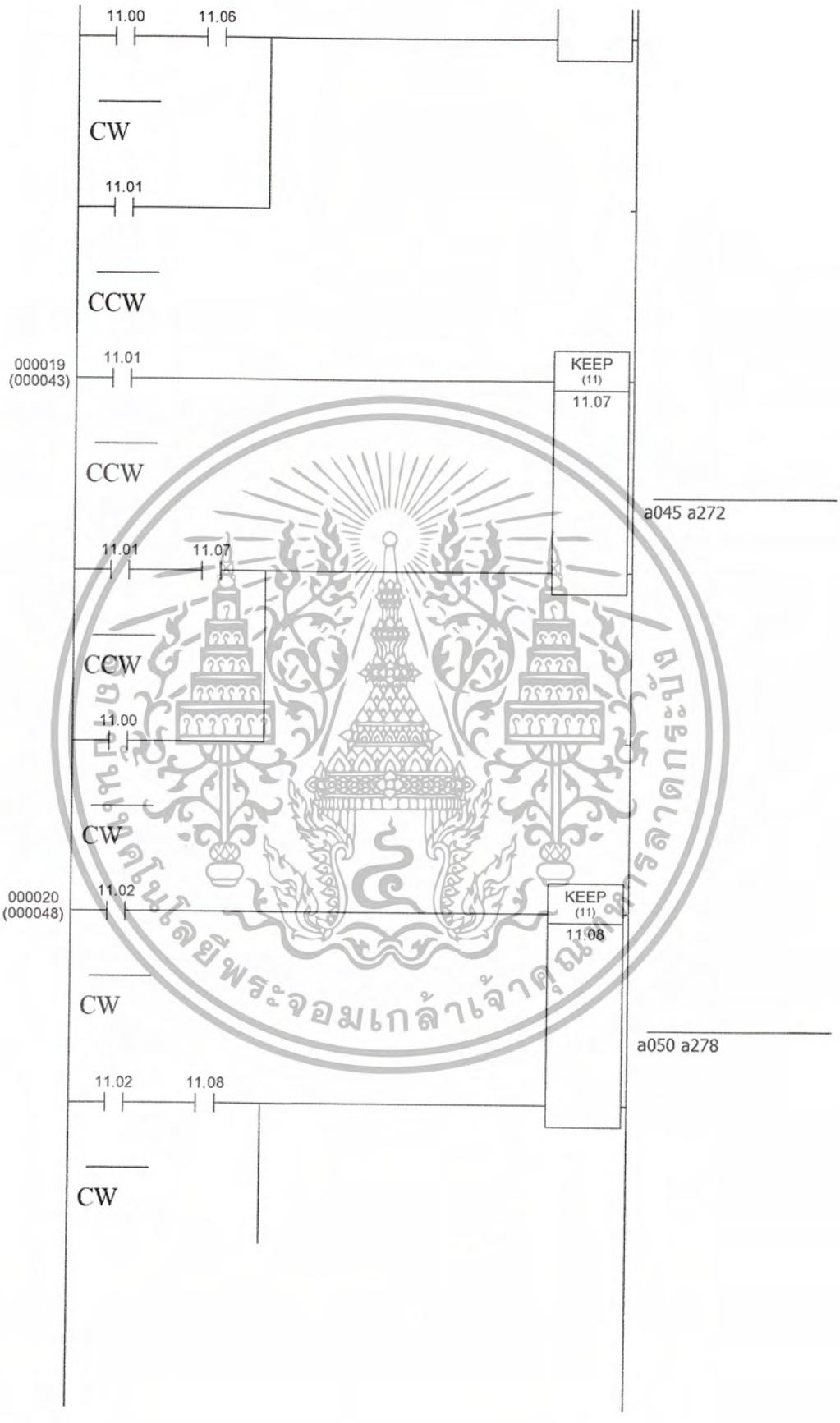
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



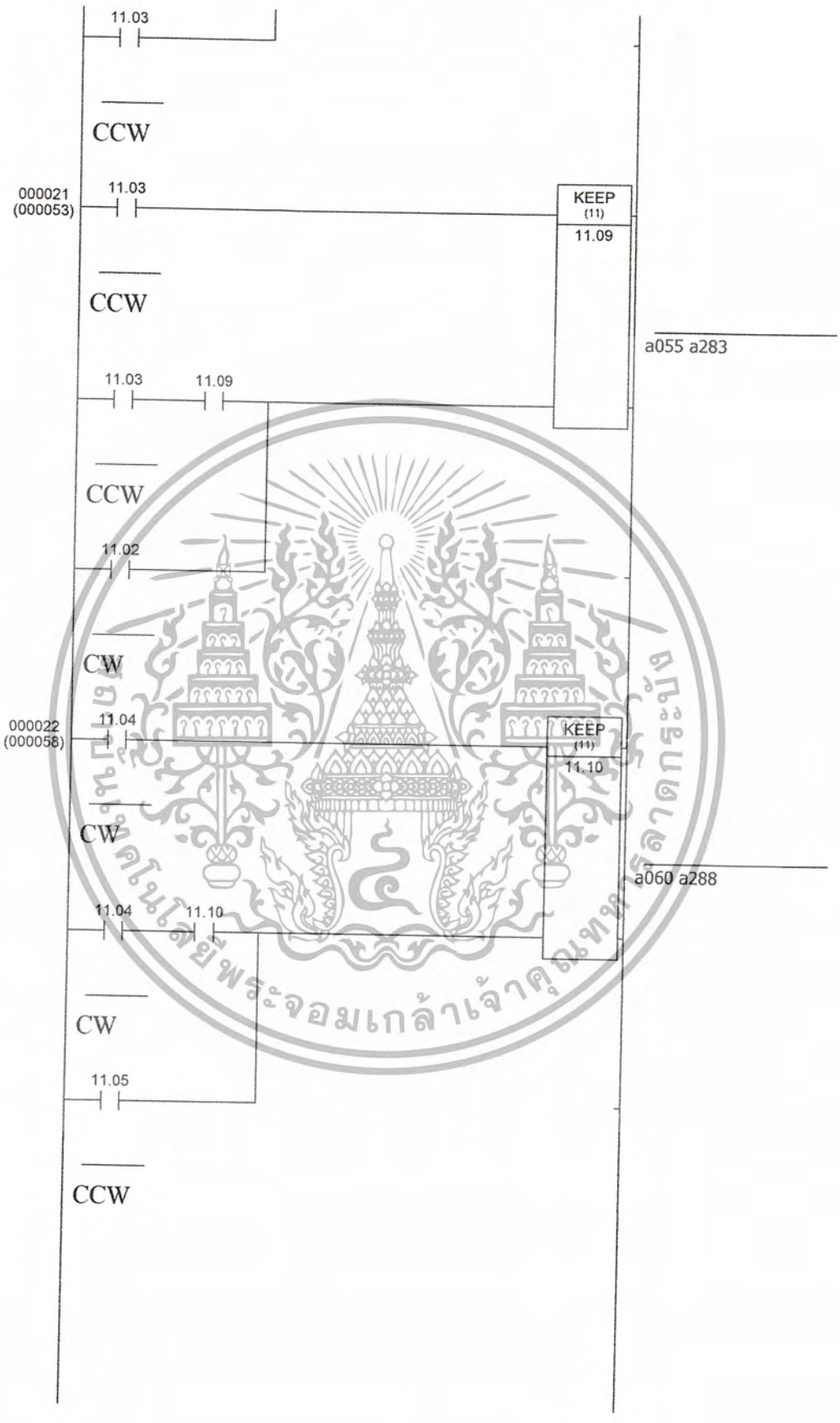
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



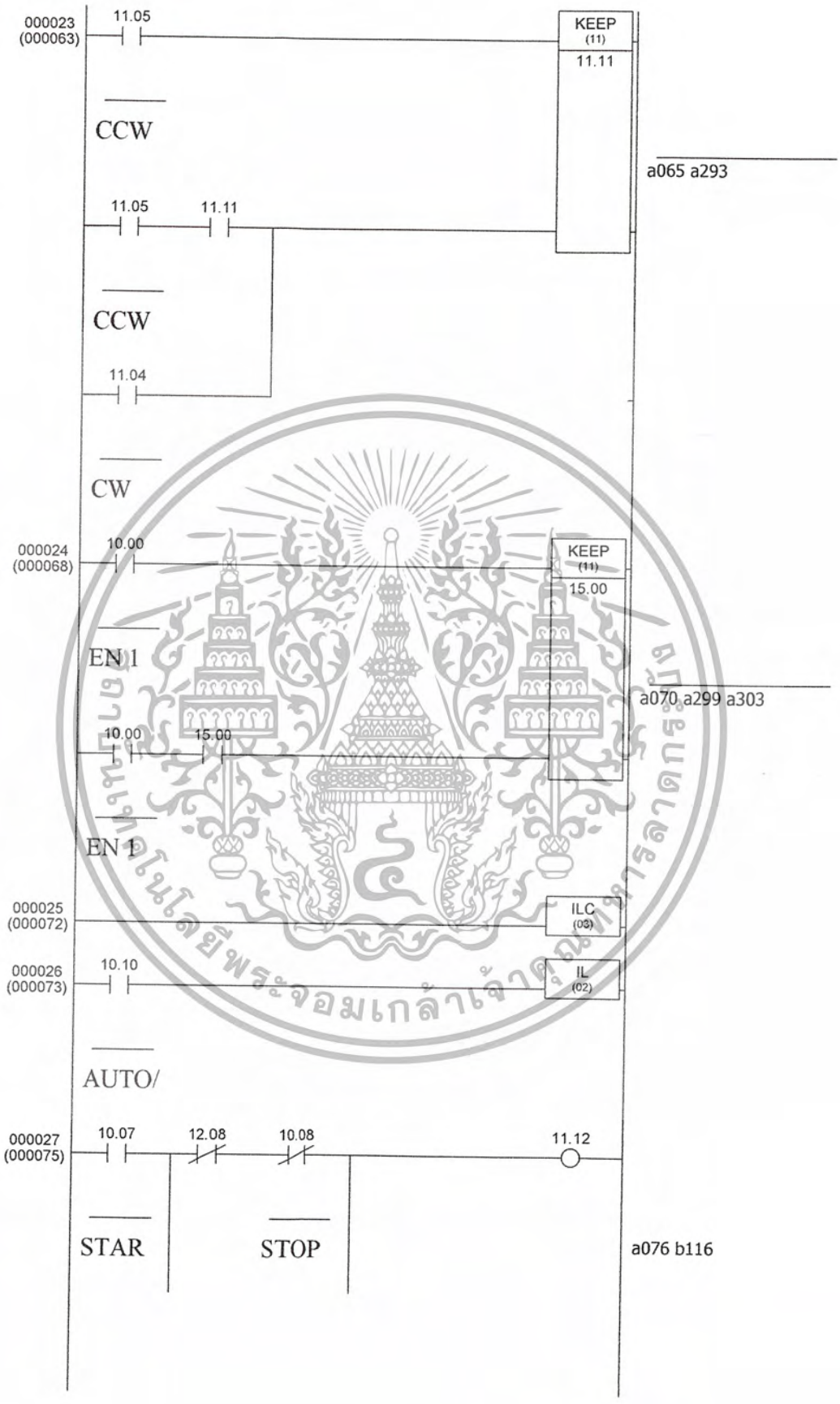
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



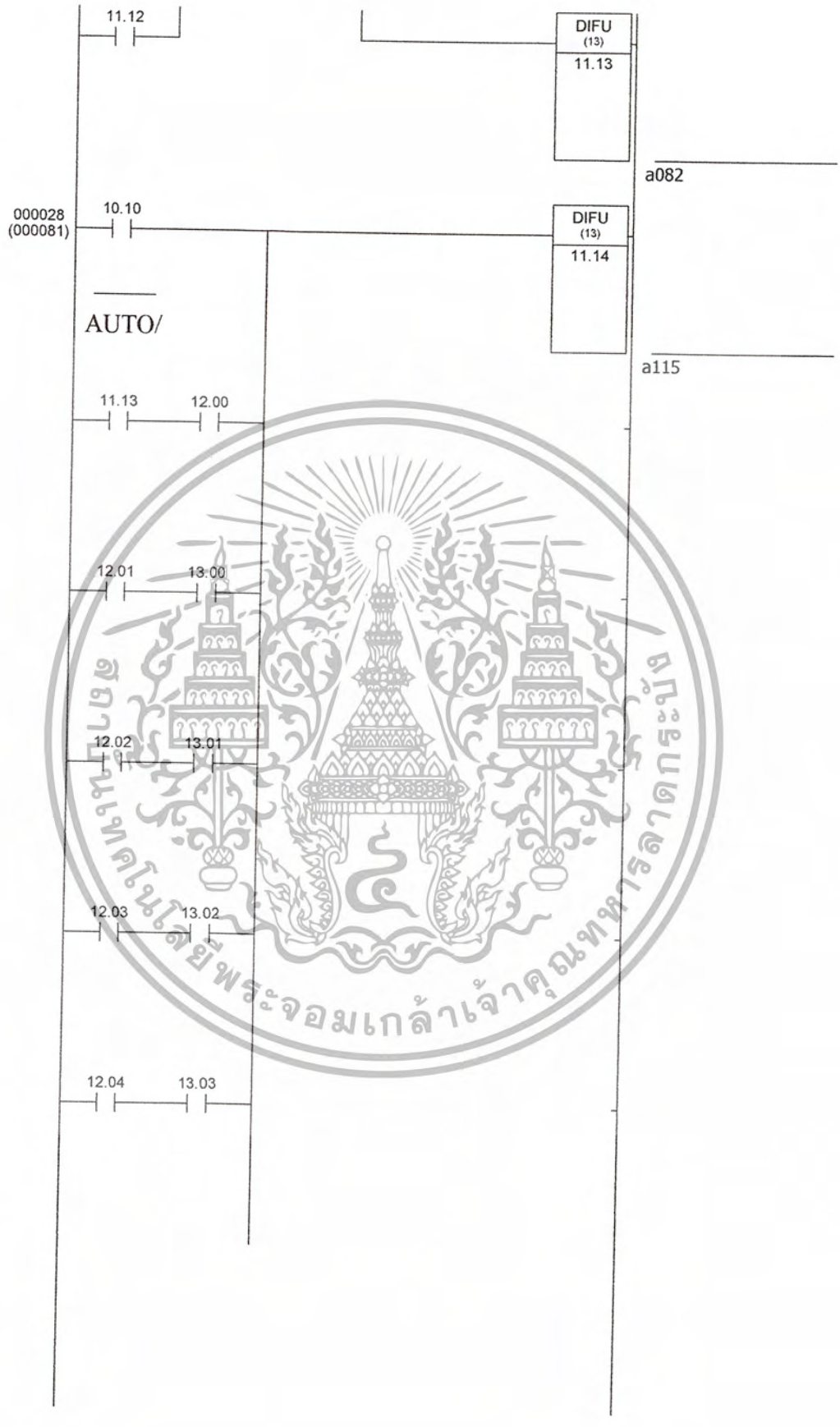
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

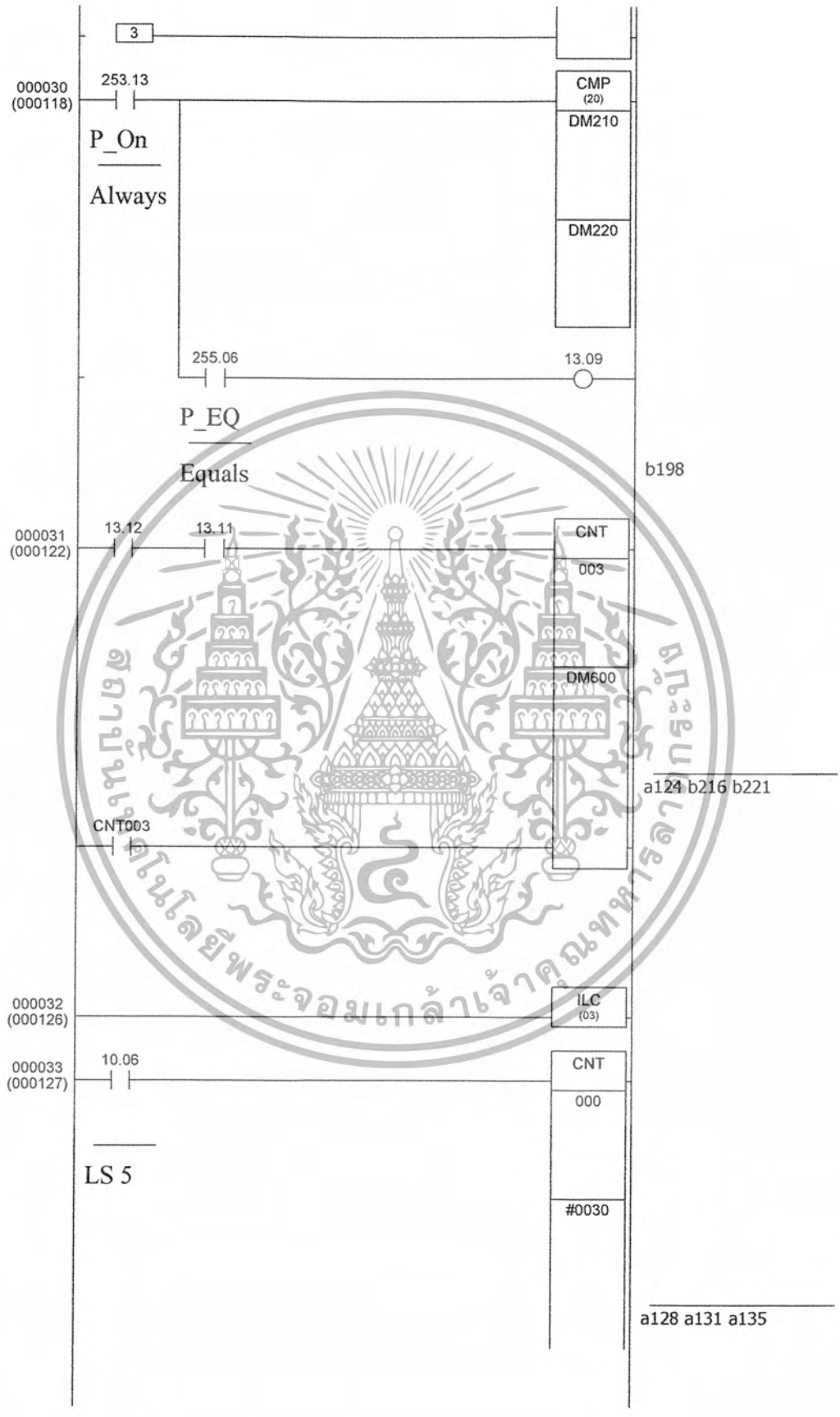


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



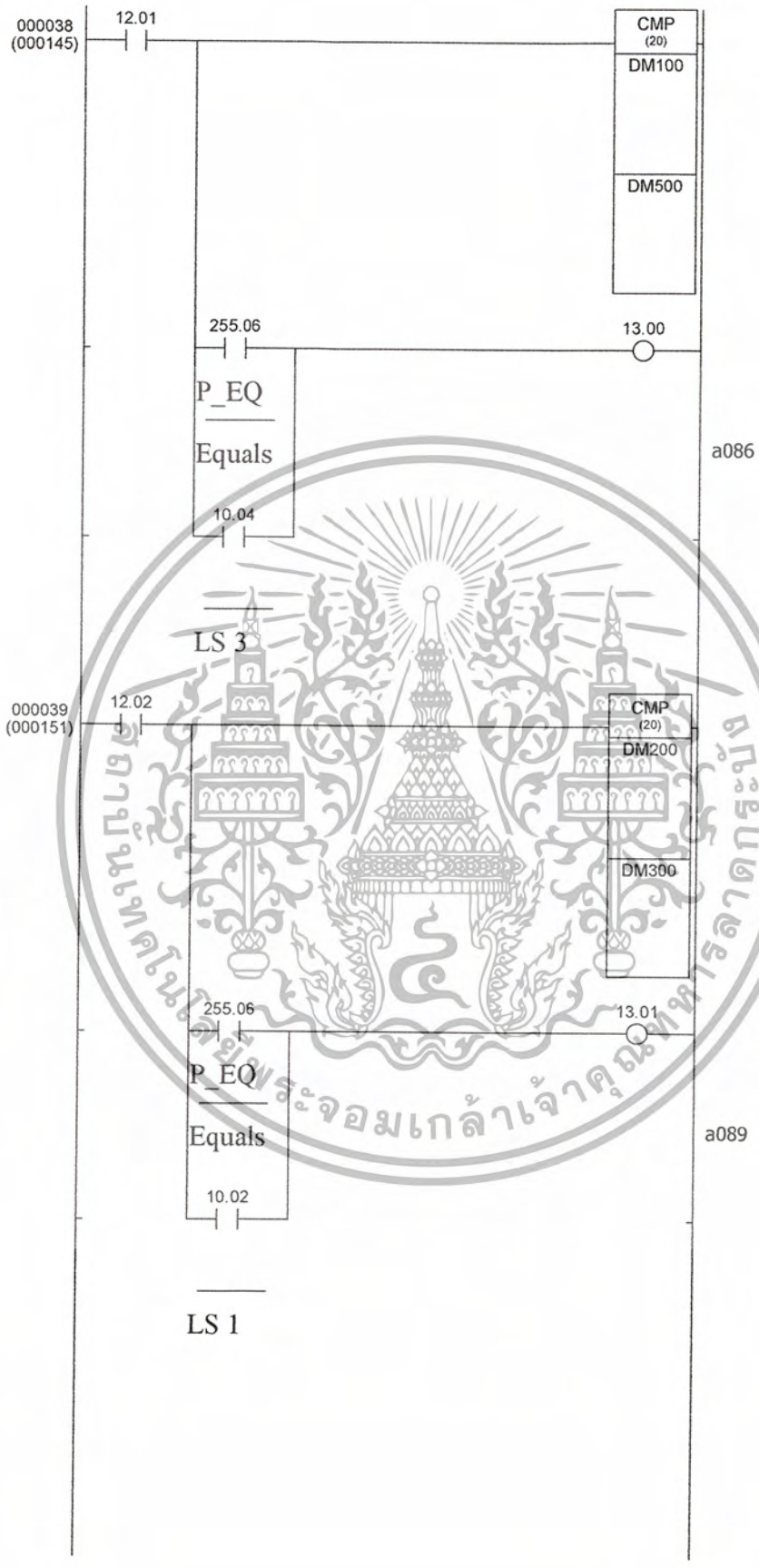
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

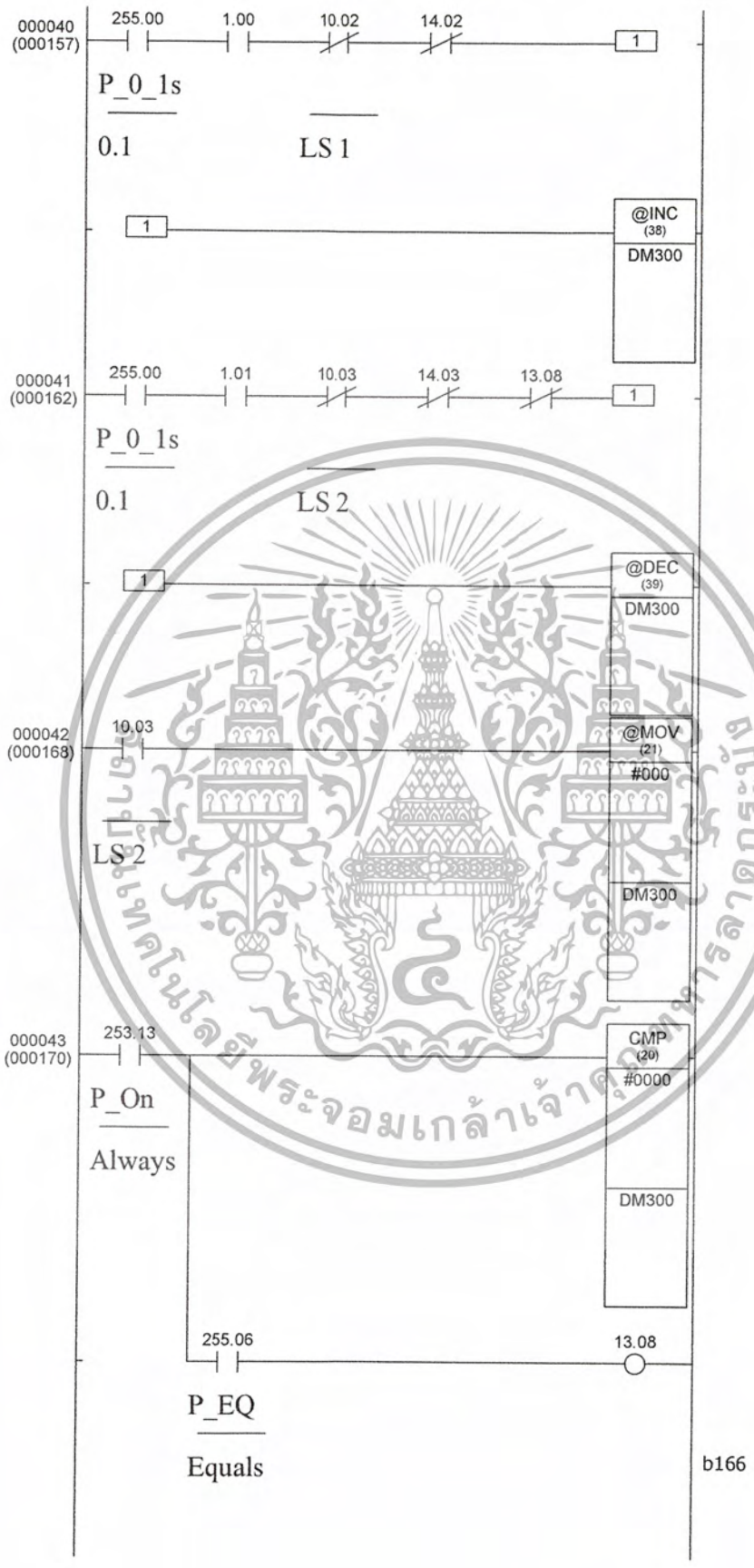


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

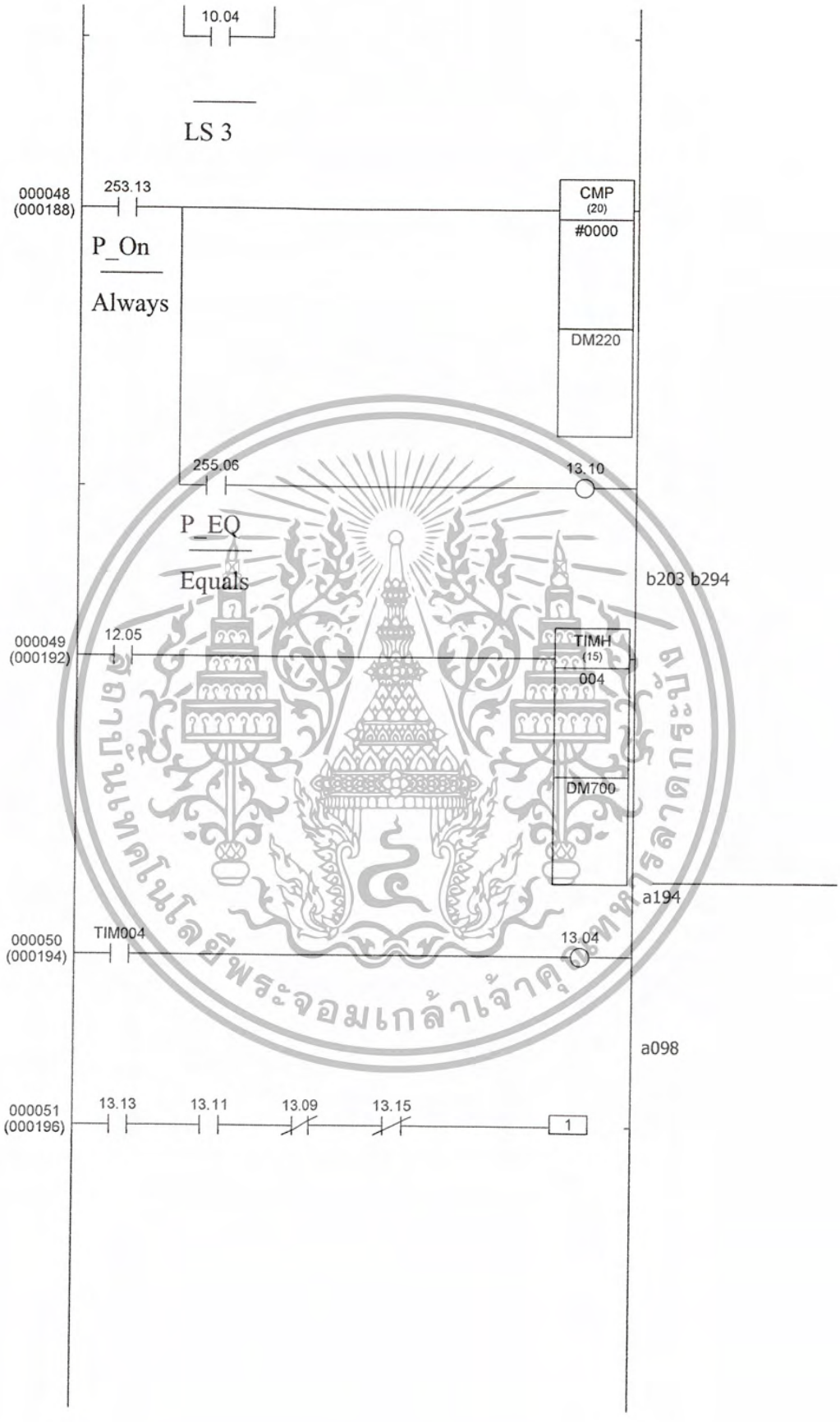


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

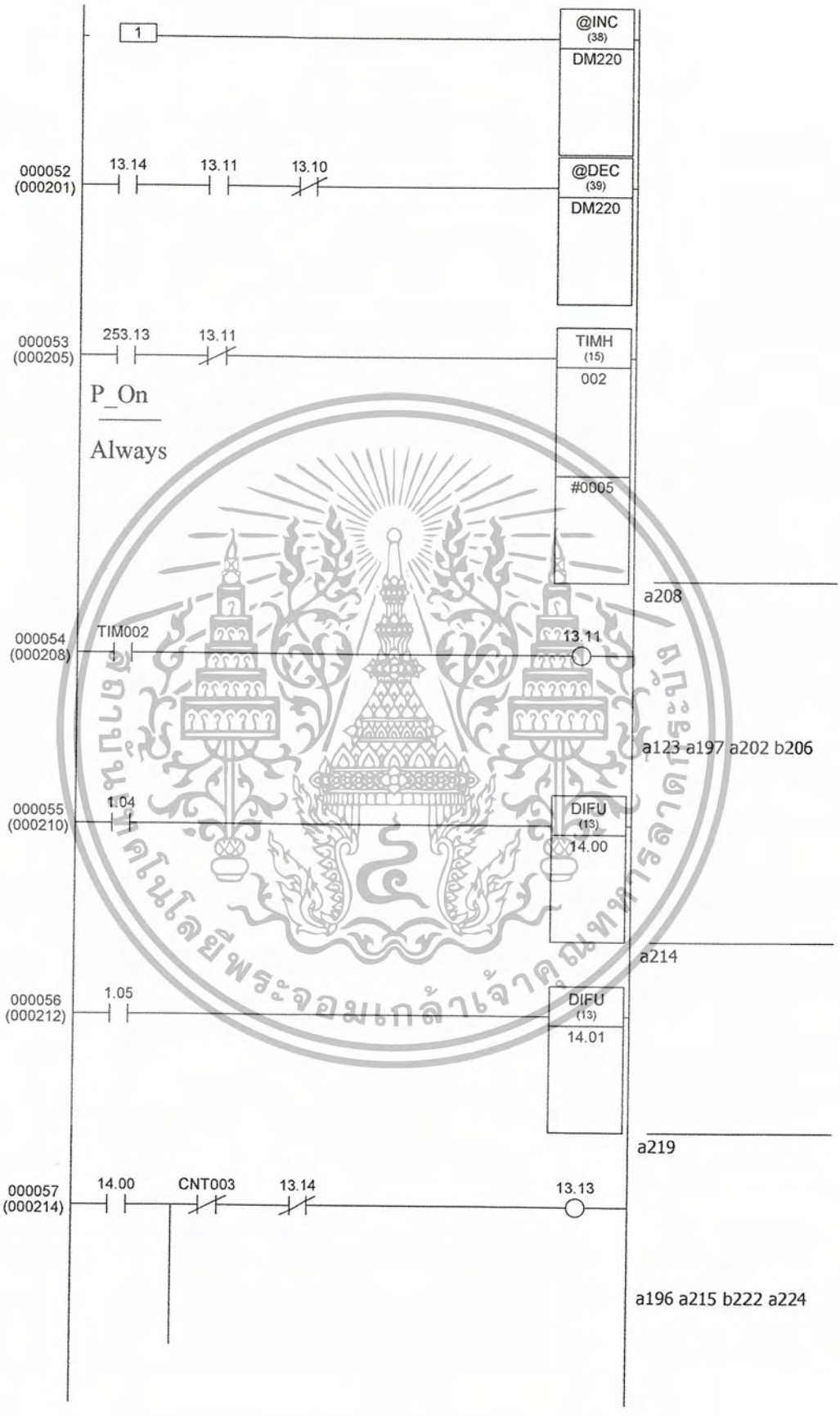


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

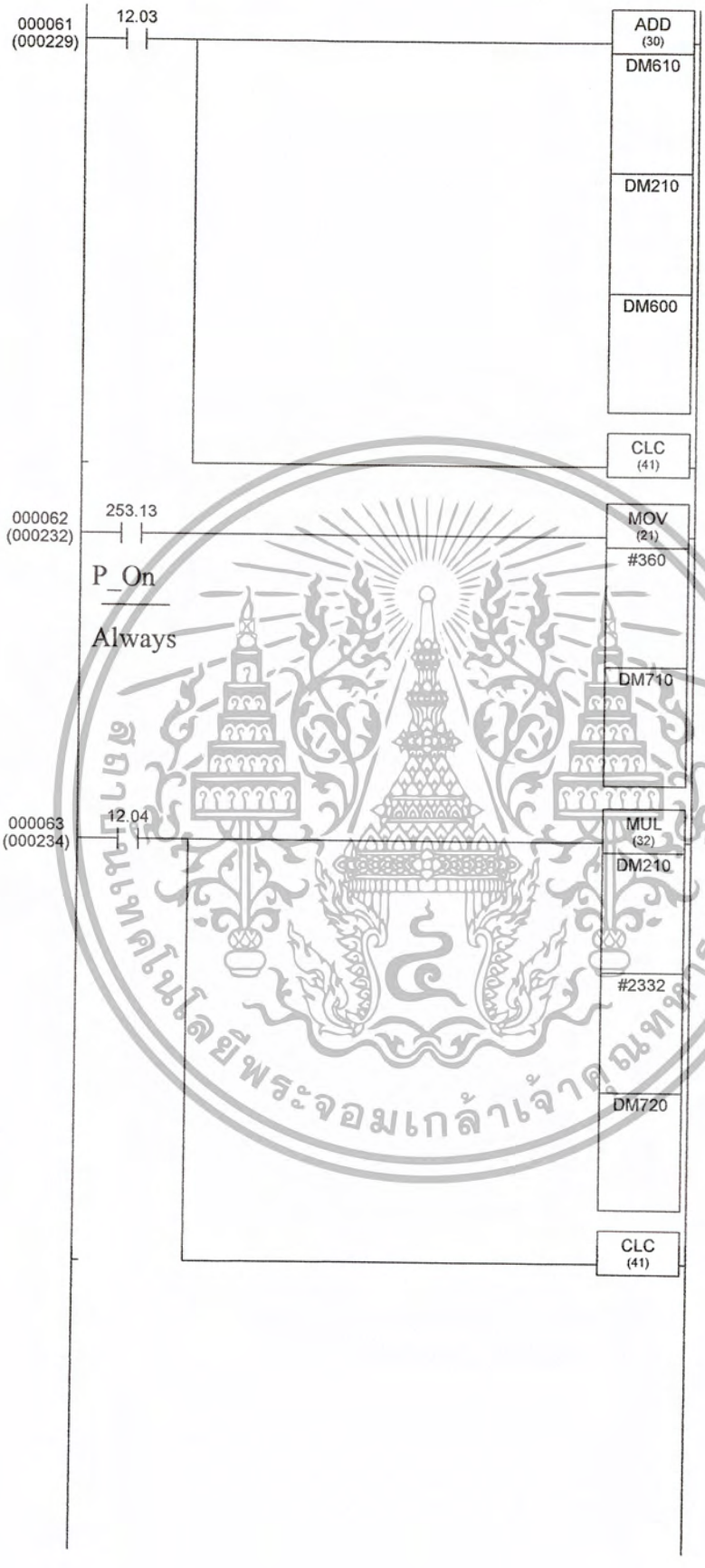


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

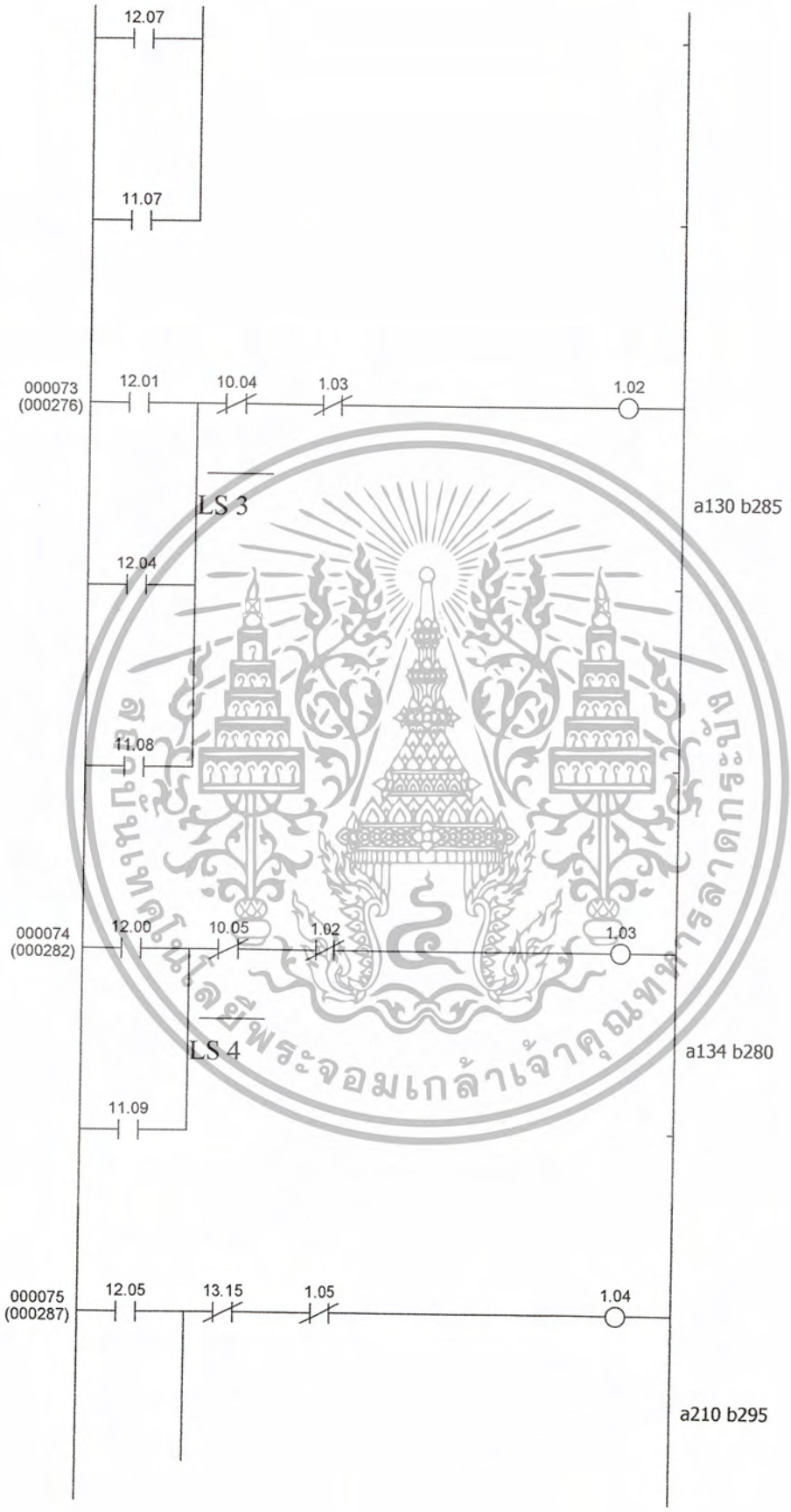


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

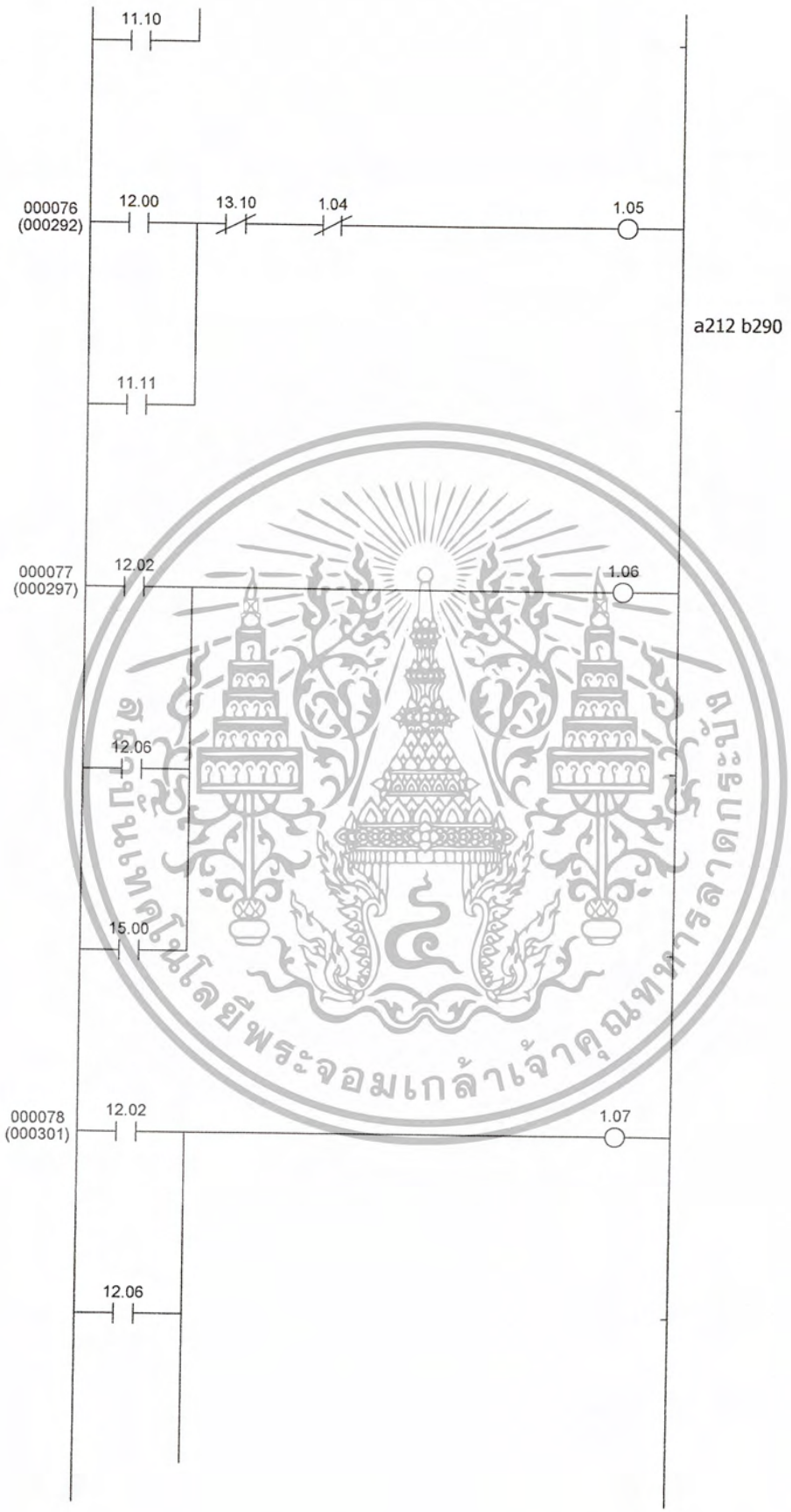
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

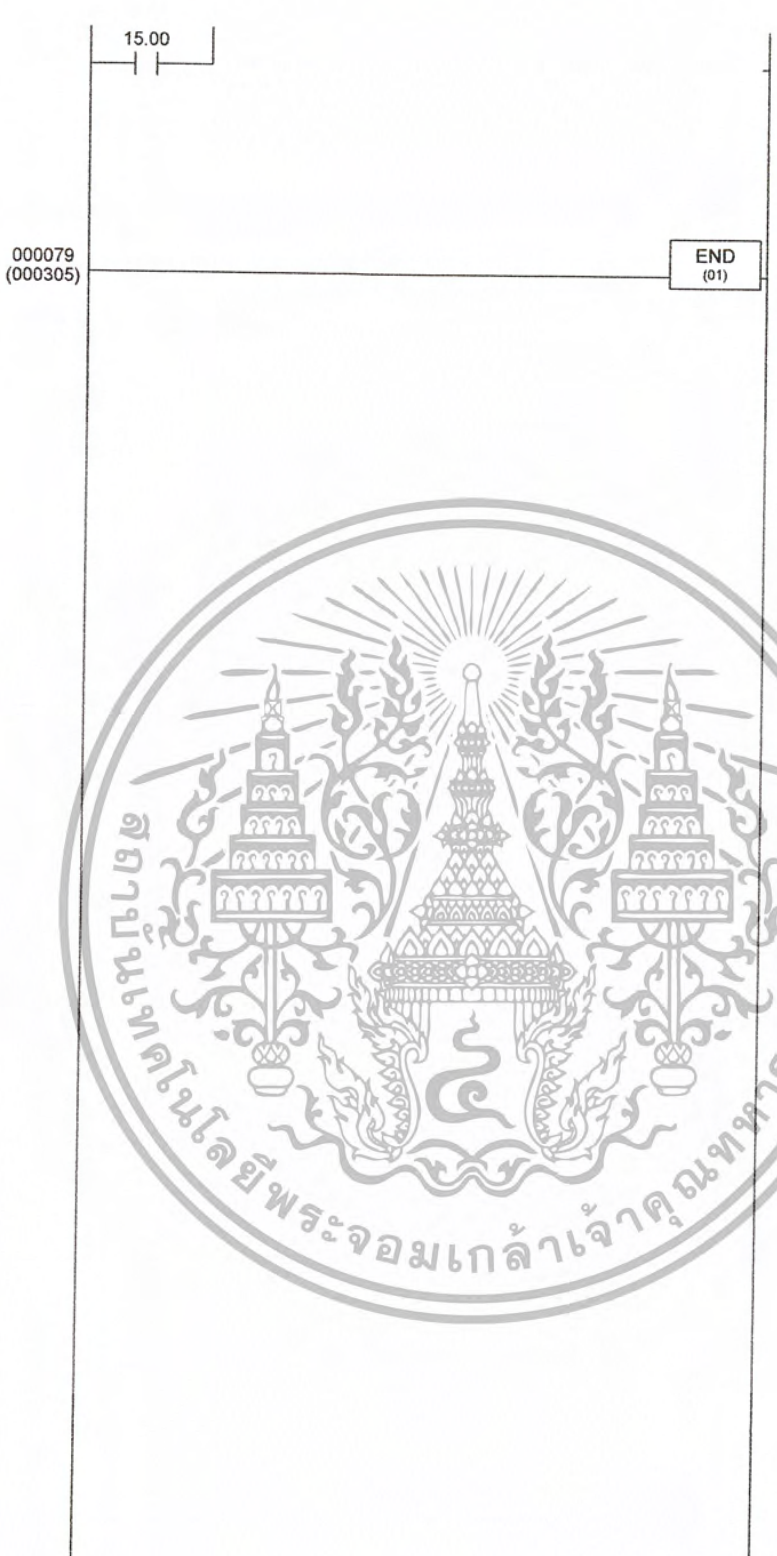
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้